



# Ympäristömyötäisyyden kehittäminen venealalla

Kirjoittajat: Hannele Tonteri, Heidi Auvinen, Tuomas Helin ja Max Johansson

Luottamuksellisuus: julkinen

## Tiivistelmä

Tutkimus tuo esiin kestäväen kehityksen luomia mahdollisuuksia ja haasteita venealalla. Elinkaariarviointi menetelmän avulla on laskettu huviveneiden elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset ympäristömyötäisyyden kehittämisen lähtökohdiksi. Lisäksi esitetään malli toimialalle ympäristötiedon siirtoon lähisidosryhmien välillä. Tutkimuksen sisältö on kohdistettu huviveneiden valmistajille, ja tutkimus on toteutettu yhteistyössä Venealan Keskusliiton Finnboat ry:n ja huviveneitä valmistavien yritysten kanssa. Kansainvälistä yhteistyötä toteutettiin erityisesti ICOMIA International Council of Marine Industry kanssa.

Elinkaariarvioinnin esimerkit toteutettiin ABS-muovista, lujitemuovista tai alumiinista valmistettaviin 4–6 metrisiin kattamattomiin perämoottoriveneisiin, n. 6–7 -metrisiin katettuihin perämoottoriveneisiin sekä suuriin n. 15 metrisiin purjeveneisiin. Venekohtaiset lähtötiedot kerättiin suomalaisilta venevalmistajilta. Perämoottoriveneiden lähtötiedot olivat kattavia, ja siten tuloksia voidaan pitää Suomessa valmistettuja perämoottoriveneitä hyvin edustavina. Suurista purjeveneistä raportoitiin alustavia tuloksia, mutta purjeveneiden lähtötiedot eivät olleet riittävän kattavia venetyypin ympäristövaikutusten tason arvioimiseksi.

Tutkimuksessa tarkasteltiin huviveneiden elinkaariarvioinnin tuloksia hiilijalanjälkenä sekä EI99 -menetelmän mukaisina haittapisteinä. Tutkituilla perämoottoriveneillä käyttövaiheen osuus hiilijalanjäljen muodostumisessa oli yli 80 %, ja toiseksi merkittävin on raaka-aineen valmistus noin 10 %. Tutkituilla perämoottoriveneillä EI99-menetelmällä lasketusta arvosta käyttövaiheella on suurin ympäristövaikutus noin 70 % ja raaka-aineen valmistuksella noin 6 % koko elinkaaren arvosta. Valmistuksen ja kokoonpanon ympäristövaikutukset olivat vähäisiä koko huviveneen elinkaaren ympäristövaikutuksista samoin kuin loppukäytön.

Veneala toimii valmistuksen, myynnin ja tuotteiden käytön kannalta monen sidosryhmän kanssa. Tärkeimpiä sidosryhmiä ovat alihankkijat, tavaran toimittajat ja viranomaiset sekä ennen kaikkea veneilijät. Tiedonsiirto eri sidosryhmien kanssa edellyttää vakiintunutta ympäristötiedon keräysjärjestelmää. Tyypin III ympäristöseloste sopii huviveneiteollisuuden ympäristövaikutusten tiedonvälitysmalliksi. Selosteet edellyttävät elinkaariarvioinnin toteuttamista. Ympäristöselosteisiin tulisi liittää toimialalla yhteisesti sovitulla tavalla lasketut tärkeimmät ympäristövaikutukset, energian ja luonnonvarojen kuluminen ja päästöt sekä kuvaus suosittelusta tavasta käsitellä huvivene elinkaaren loppuvaiheessa, kun siitä halutaan luopua.

Veneilyn elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arvioinnin vakiinnuttaminen luo toimialalle valmiudet yrityksen sisäiseen tiedonsiirtoon esim. hankinnassa ja tuotesuunnittelussa sekä yritystenväliseen tiedonsiirtoon ympäristövaikutuksista, ja se tukee olemassa olevaa ympäristöraportointia yrityksissä. Samalla luodaan valmiudet, joilla veneilijälle pystytään tuottamaan tietoa veneilyn ympäristövaikutuksista sellaisessa muodossa, että veneilijä pystyy hyödyntämään sitä omassa toiminnassaan.

## Abstract

This study examines the possibilities and challenges set by sustainable development in the leisure boating industry. The environmental impacts of the complete life cycle of selected leisure boats were studied using life cycle assessment (LCA) methodology with the purpose of further improving the environmental performance of the industry. The study promotes a model for the communication of environmental data and performance among stakeholders. The results of the study are directed mainly at leisure boat manufacturers. The study was carried out in co-operation with Finnboat (the Finnish Marine Industries Federation) and Finnish leisure boat manufacturers. International co-operation was executed in particular with the International Council of Marine Industry Associations (ICOMIA).

Life cycle assessment was carried out on open outboard motor boats of 4-6 metres, cabin outboard motor boats of 6-7 metres and sailing boats of around 15 metres. The motor boats studied included boats with glass fibre laminate, ABS plastic and aluminium hull structures. The inventory data for outboard motor boats was complete and of sufficient coverage, and the results thus suitably representative of outboard motor boats manufactured in Finland. The coverage of inventory data for large sailing boats, however, was limited; as a consequence, environmental impact results are preliminary and cannot be considered representative of this class.

Results of the environmental impact assessment for leisure boats were reported both as carbon footprint (kgCO<sub>2</sub>eq) and EcoIndicator 99 points. The use phase of outboard motor boats was responsible for over 80% of life cycle greenhouse gas (GHG) emissions and raw material manufacturing approx. 10%. The total environmental impacts were assessed using EI99 methodology and the results were similar to the carbon footprint: approx. 70% of the environmental impacts were caused by the use phase and approx. 6% by raw material manufacturing. The environmental impacts arising from the manufacturing and assembly of the boat and from the end-of-life phase were of minor significance.

The leisure boating industry maintains close relations with many stakeholders through manufacturing, sales and customers. The main stakeholders are subcontractors, raw material suppliers, environmental authorities and boaters. An established environmental data collection system is needed for the transmission of reliable environmental data among different stakeholders. The Type III environmental product declaration (EPD) has the potential to be developed as a means of environmental communication for the boating industry. Life cycle assessments are a prerequisite for EPDs. An EPD should include the most significant environmental impacts typical of the industry, energy and raw material consumption, emissions and a description of the recommended end-of-life boat treatment for the specific boat. The data must be calculated according to commonly agreed rules.

Establishing assessment of the life cycle environmental impacts of boating creates a readiness for internal and external environmental data communication in the boating industry, e.g. between purchases, product development and subcontractors. Environmental data obtained with LCA also supports existing environmental reporting. These activities pave the way for unbiased environmental performance communication for customers in a useful and comprehensive format.

## Alkusanat

Tutkimus toteutettiin osana Tekesin ohjelmaa Vene 2007–2011. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda esiin venealan uudistumisen haasteet ja mahdollisuudet kestäväen kehityksen näkökulmasta. Tutkimuksessa toteutettiin kansainvälistä yhteistyötä International ICOMIA Council of Marine Industry Associations kanssa.

Rahoitus: Tekes, VTT, Venealan Keskusliitto Finnboat ry

Tutkimuksen toteuttamiseen osallistuneet yhteistyötahot:

VTT (koordinaattori)  
Tekes - teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus  
Venealan Keskusliitto Finnboat ry, Helsinki

Bella-Veneet Oy, Kuopio  
Fiskars, Inhan Tehtaat Oy Ab, Ähtäri  
Juha Snell Oy, Kellokoski  
Konekesko Oy Termalin, Mikkeli  
Nauticat Yachts Oy, Riihikoski  
Nautor Oy Ab, Pietarsaari  
Päijän-Vene Ky, Vesivehmaa  
Seliö Boats Oy, Sammatti  
Silver-Veneet Oy, Ähtäri  
Terhi Oy, Rymättylä

Johtoryhmän jäsenet:

Jouko Huju, Venealan Keskusliitto Finnboat ry  
Kaj Gustafsson, Nauticat Yachts Oy  
Matti Evola, Tekes  
Hannele Tonteri, VTT, projektipäällikkö  
Riikka Virkkunen, projektin vastuullinen johtaja  
Markku Hentinen, VTT Expert Services Oy

Espoo 30.6.2010

Tekijät:

Hannele Tonteri<sup>1</sup>, Heidi Auvinen<sup>1</sup>, Tuomas Helin<sup>1</sup>, Max Johansson<sup>2</sup>

1 VTT

2 VTT Expert Services Oy

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	1
Abstract .....	2
Alkusanat .....	3
Sanasto .....	5
1 Johdanto .....	7
2 Kestävä kehitys venealalla .....	7
2.1 Yhteiskunnan asettamat haasteet ja vaatimukset venealalle .....	7
2.2 Veneilyn yhteiskunnalle tuoma lisäarvo ja mahdollisuudet .....	10
2.3 Venealalla jo tehdyt parannukset .....	11
3 Huviveneiden elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset .....	12
3.1 Elinkaariarviointimenetelmän esittely .....	12
3.1.1 Yleistä .....	12
3.1.2 Menetelmän päävaiheet .....	14
3.1.3 Menetelmän vahvuudet ja kritiikki .....	17
3.2 Huviveneiden elinkaariarvioinnin tavoitteet ja laajuus .....	18
3.2.1 Tutkittavat venetyypit .....	18
3.2.2 Toiminnallinen yksikkö .....	19
3.2.3 Tuotejärjestelmän rajaus .....	19
3.3 Huviveneiden elinkaaren vaiheiden kuvaus ja tietolähteet .....	21
3.3.1 Raaka-aineiden valmistus .....	22
3.3.2 Komponenttien valmistus .....	23
3.3.3 Veneen valmistus .....	25
3.3.4 Kuljetukset .....	30
3.3.5 Käyttövaihe .....	31
3.3.6 Huolto .....	32
3.3.7 Käytöstä poisto .....	33
3.4 Esimerkinomaisia hiilijalanjälki- ja haittapistetuloksia veneille .....	35
3.4.1 Perämoottoriveneet .....	35
3.4.2 Suuret purjeveneet .....	41
3.4.3 Herkkyystarkastelut .....	45
3.5 Tulosten tarkastelu .....	46
4 Ympäristöraportointi lähisidosryhmille .....	48
4.1 Yhdennetty tuotepolitiikka .....	48
4.2 Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet .....	49
5 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	53
6 Yhteenveto .....	54
Lähdeviitteet .....	55

## Sanasto

### Eco-indicator 99 -haittapiste

Elinkaariarvioinnin tuloksia voidaan tarkastella arvottamalla ja pisteyttämällä erilaisia ympäristövaikutuksia esimerkiksi Eco-indicator 99 -menetelmällä. Yksi EI99 -piste vastaa yhtä tuhannesosaa yhden eurooppalaisen aiheuttamasta ympäristökuormituksesta vuositasona. Pisteet eivät ole absoluuttisia vaan niiden tarkoituksena on mahdollistaa vertailu esimerkiksi erilaisten tuotteiden suhteellisten erojen välillä.

### Elinkaari

Tuotteen elinkaarella tarkoitetaan tuotteen eliniän kaikkia vaiheita kattaen esimerkiksi raaka-aineiden hankinnan, tuotteen valmistusprosessin, kuljetukset, käytön ja kunnossapidon, uudelleenkäytön, kierrätyksen ja käsittelyn jätteenä.

### Elinkaariarviointi, elinkaarianalyysi (LCA, life cycle assessment)

Elinkaariarviointi on menetelmä, jolla voidaan arvioida tuotteen elinkaaren aikana aiheutuvat ympäristövaikutukset. Elinkaariarvioinnin toteuttamista tukee ISO 14040 -standardisarja.

### Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>e)

Kasvihuonekaasujen yhteenlaskettu vaikutus muunnettuna vastaamaan hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) ilmastovaikutusta. Muunnos tehdään käyttäen ilmaston lämmittävää vaikutusta kuvaavaa kerrointa, ilmastonlämmityspotentiaalia (GWP, global warming potential). Kertoimet tunnetuimmille kasvihuonekaasuille ovat: hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) 1, metaani (CH<sub>4</sub>) 25 ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O) 298.

### Hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljellä kuvataan tuotteen elinkaaren aikana syntyviä yhteenlaskettuja kasvihuonekaasupäästöjä muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.

### Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos-termiä käytetään ihmisen toiminnan aiheuttamasta, erityisesti kasvihuonekaasupäästöistä johtuvasta, globaalista ilmaston lämpenemisestä. Ilmaston muutoksella voidaan tarkoittaa myös muista syistä johtuvia merkittäviä pitkän aikavälin muutoksia.

### Kasvihuonekaasu

Kasvihuonekaasuilla tarkoitetaan kaasuja, jotka päästävät lävitseen lyhytaaltoisen auringonvalon mutteivät maapallon pinnasta säteilevää pidempiaaltoista säteilyä. Siten kasvihuonekaasut aiheuttavat kasvihuoneilmionä tunnettua maapallon lämpenemistä.

### Kestävä kehitys

Kestävä kehityksen päämäärä on turvata nykyisten ja tulevien sukupolvien mahdollisuudet hyvään elämään jatkuvan ja ohjatun yhteiskunnallisen muutoksen avulla. Sen keskeisimmät osa-alueet ovat ekologinen, sosiaalinen ja kulttuurillinen sekä taloudellinen kestävyys, jotka pyritään huomioimaan tasavertaisina yhtä lailla paikallisessa, alueellisessa kuin maailmanlaajuisessa päätöksenteossa ja toiminnassa.

**LCA, life cycle assessment (elinkaariarviointi)**

Elinkaariarviointi on menetelmä, jolla voidaan arvioida tuotteen elinkaaren aikana aiheutuvat ympäristönäkökohdat sekä potentiaaliset ympäristövaikutukset. Elinkaariarvioinnin toteuttamista tukee ISO 14040 -standardisarja.

**LCI, life cycle inventory analysis (inventaarioanalyysi)**

Inventaarioanalyysi on elinkaariarvioinnin toinen vaihe. Siinä selvitetään tutkittavan järjestelmän syöte- ja tuotosvirrat eli materiaali, jäte- ja energiavirrat sekä päästöt ympäristöön. Inventaarioanalyysiin sisältyy määritellyn selvityksen kannalta tarvittava tiedon kerääminen.

**LCIA, life cycle impact assessment (vaikutusarviointi)**

Vaikutusarviointi on elinkaariarvioinnin kolmas vaihe. Vaikutusarvioinnissa arvioidaan järjestelmän syötteiden ja tuotosten aiheuttamia potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Vaikutusarvioinnin tarkoitus on tuottaa lisätietoa tuotejärjestelmän inventaarioanalyysin tulosten arvioinnin avuksi, jotta niiden merkitys ympäristön kannalta ymmärrettäisiin entistä paremmin.

**Yhdennetty tuotepolitiikka**

Euroopan unionissa omaksuttu lähestymistapa, jossa pyritään vähentämään tuotteiden elinkaaren aikaisia haitallisia ympäristövaikutuksia.

**Ympäristömerkki, ympäristöseloste**

Ympäristömerkit ja -selosteet ovat työkaluja, joilla välitetään tietoa tuotteen aiheuttamista ympäristökuormituksesta. Ympäristömerkkien ja -selosteiden laadintaa ohjeistaa ISO 14020 -standardisarja.

**Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu (Eco-Design, Design for the environment)**

Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu pyrkii vähentämään tuotteen ympäristökuormitusta koko tuotteen elinkaaren aikana.

**Ympäristövaikutus**

Ympäristövaikutus on esimerkiksi tuotteen elinkaareen liittyvän toiminnan aiheuttama muutos ympäristössä. Ympäristövaikutus voi olla negatiivinen tai positiivinen.

## 1 Johdanto

Tutkimus perustuu EU:n määrittelemän yhdenmetytyn tuotepolitiikan (Integrated Product Policy, IPP) pohjalta tuotelähtöiseen elinkaariajatteluun. Yhdenmetyt tuotepolitiikka on lähestymistapa, jolla pyritään vähentämään tuotteiden elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia raaka-aineiden hankkimisesta tuotantoon, jakeluun, käyttöön ja käytön jälkeiseen käsittelyyn saakka. Tuotteiden elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten vähentämisen avaintahoina nähdään sekä tuotteita valmistavat yritykset että niitä hankkivat ja käyttävät kuluttajat.

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on tuoda esiin kestäväen kehityksen luomia mahdollisuuksia ja haasteita venealalla, selvittää elinkaariarvioinnin menetelmän avulla huviveneiden elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset ympäristömyötisyyden kehittämisen lähtökohdiksi sekä esittää malli toimialalle ympäristötiedon siirtoon lähisidosryhmien välillä. Tutkimuksen sisältö on kohdistettu huviveneen valmistajille, ja se on toteutettu yhteistyössä Venealan Keskusliiton Finnboat ry:n ja huviveneitä valmistavien yritysten kanssa. Kansainvälistä yhteistyötä toteutettiin erityisesti ICOMIA International Council of Marine Industry kanssa.

Veneilyn ympäristövaikutuksia on tutkittu aiemmin seuraavasti. European Confederation of Nautical Industries (ECNI) on kartoittanut vuonna 2007 julkaistussa raportissa veneilyn ympäristövaikutuksia. Raportissa on arvioitu mm. hiilivetyjen ja muiden aineiden päästöjä, öljyä, pilssivettä, veneilyn aiheuttamaa melua, jätevettä, harmaata vettä, jätteitä, myrkkymaaleja, ympäristön aineellisia vahinkoja sekä kalakantojen häviötä. [ECNI 2007]. Veuro [2007] on puolestaan tutkinut huviveneilyn elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia osana selvitystä, jossa perehdyttiin eri vapaa-ajan vieton luonnonvarojen kulutukseen MIPS-menetelmällä. Huviveneistä työhön oli valittu soutuvene, lasikuitu- sekä alumiinirunkoiset pulpettimoottoriveneet sekä pieni purjeverene. Tutkimuksessa todettiin, että satamalla ja matkustuksella satamaan on merkittävä rooli luonnonvarojen kulutusten kannalta. Perämoottorin polttoaineen käytöllä on puolestaan suurin vaikutus ilmapäästöjen kategoriassa. Oulasvirta ja Leinikki [2003] ovat selvittäneet veneilyn vaikutuksia luonnonsatamien vesikasvillisuuteen ja pohjaeläimistöön.

## 2 Kestävä kehitys venealalla

Tässä kappaleessa selvitetään ja arvioidaan kestäväen kehityksen asettamia mahdollisuuksia, haasteita ja vaatimuksia venealalla. Selvitys keskittyy kestäväen kehitykseen erityisesti ympäristövaikutusten näkökulmasta.

### 2.1 Yhteiskunnan asettamat haasteet ja vaatimukset venealalle

Sekä huviveneiden valmistus- että käyttövaiheeseen liittyy erinäisiä ympäristön hyvinvointiin tähtääviä haasteita ja vaatimuksia. Osa rajoituksista on lainsäädännöllisesti sitovia ja osa perustuu vapaaehtoisiiin kansallisiin tai kansainvälisiin sopimuksiin tai muihin suosituksiin. Huviveneen valmistusprosessia koskevat säännökset ovat pääosin yleisiä, koko teollisuutta koskevia määräyksiä esimerkiksi myrkyllisten aineiden käyttöön liittyen. Käyttövaiheen vaatimukset taas koskevat suurelta osin kaikkea vesiliikennettä tai vesiympäristössä tapahtuvaa virkistystoimintaa. Euroopan unionin huvivenedirektiivin myötä veneiden valmistus ja myynti on saanut myös omat, tarkemmat vaatimuksensa. Olennaisia, lainsäädännön ja sopimusten ulkopuolelle jääviä osa-alueita ovat toistaiseksi muun muassa huviveneen elinkaaren loppu-



vaihe kierrätysmahdollisuuksineen ja hiilidioksidipäästöt sekä valmistuksen tuotantoprosesseissa että käytön aikana.

Euroopan unionissa **huvivenedirektiivin** muutos 2003/44/EY on ensimmäisen kerran asettanut sitovat rajat huviveneisiin asennettujen moottoreiden melu- ja pakokaasupäästöille. Vuonna 2005 voimaan astunut, direktiivin 94/25/EY [EU 1994] korvannut huvivenedirektiivin muutos rajoittaa hiilimonoksidi-, hiilivety-, typen oksidi-, hiukkas- ja melupäästöjä moottorityyppiin ja nimellistehoon perustuen. Nämä yhdisteet ovat luonteeltaan sellaisia, että niiden päästöjä voidaan vähentää moottoriteknisin toimenpitein. Samojen yhdisteiden päästöjä rajoitetaan myös esimerkiksi tieliikenteen ajoneuvojen Euroluokituksella. Hiilidioksidi- ja rikin oksidipäästöt riippuvat sen sijaan suoraan moottorin käyttämän polttoaineen määrästä. Niiden vähennystoimenpiteitä ei voida suorittaa puhtaasti moottoriteknisin ratkaisuin, vaan esimerkiksi energiatehokkuusparannuksilla, polttoaineen rikkipitoisuutta laskemalla tai valitsemalla pienitehoisempi, vähemmän polttoainetta kuluttava moottori. [EU 2003]

Huvivenedirektiivin asettamat vaatimukset koskevat nimenomaan venevalmistajaa, mutta huomiota on suunnattu myös käyttövaiheeseen: valmistajan edellytetään toimittavan asiakkaalleen omistajan käsikirjan, jonka ohjeistusta seuraten moottorin melu- ja pakokaasupäästöt pysyvät normaaleissa käyttöolosuhteissa koko tavanomaisen käyttöajan direktiivin rajoissa. Edellisten lisäksi huvivenedirektiivi velvoittaa muun muassa varustamaan septitankilla, eli käymäläjätevesisäiliöllä tai muulla vastaavalla järjestelmällä, kaikki veneet, joissa on käymälä. [EU 2003]

Huvivenedirektiiviin ollaan valmistelemassa uudistusta, joka alustavien suunnitelmien mukaan astuisi voimaan vuonna 2015. On odotettavissa, että huviveneissä käytettävien moottorien päästörajat tulevat hieman tiukentumaan, kun taas melupäästöt säilynevät vuonna 2005 voimaantulleen direktiivin tasolla [Hentinen 2010].

Eurooppalainen standardi **EN ISO 10240:2004** "Small craft – Owner's manual" ohjeistaa huvivenedirektiiviä yksityiskohtaisemmin omistajan käsikirjan laatimisessa. Standardi neuvoo muun muassa ympäristön huomioonottamiseen liittyvien tietojen ja ohjeiden antamista käsikirjassa. Kolme omistajan käsikirjassa annettavan ohjeistuksen piiriin kuuluvaa aihetta ovat ympäristömääräysten ja -arvojen noudattaminen, käymälä- ja jätevesien oikeaoppinen tyhjentäminen ja kansainvälisten vesien saastumista kieltävien määräysten kunnioittaminen. [EN ISO 10240:2004]

**MARPOL 73/78** on kansainvälinen yleissopimus, joka säätelee merenkulun ympäristönsuojelua maailmanlaajuisesti [Merenkulkulaitos 2009]. MARPOL 73/78 -yleissopimus ei varsinaisesti koske huviveneilyä, mutta esimerkiksi sen käymäläjätevesiä ja ilmansuojelua käsittelevät liitteet ovat olleet taustana myös huviveneitä koskevien säännöksiin, kuten Suomen alusjätelain laadinnassa. Niin kutsuttu **alusjätelaki** eli laki aluksista aiheutuvan ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä 16.3.1979/300 kieltää erilaisten jätteiden päästämisen aluksesta veteen ja ohjeistaa satamien alusjätteen vastaanottovelvoitteista.

Euroopan unionin direktiivi 1999/13/EY ohjeistaa orgaanisten liuottimien käytöstä, ja direktiivin soveltamisalaan kuuluu myös veneenvalmistus, mikäli tietyt kynnys ehdot esimerkiksi liuottimien vuotuisesta kulutuksesta täyttyvät [EU 1999]. Kemiallisista liuottimista syntyviä VOC-päästöjä (volatile organic compound, haihtuvat orgaaniset yhdisteet) rajoitetaan myös täydentävässä niin kutsutussa **liuotindirektiivissä** 2004/42/EY, jossa asetetaan rajat VOC-päästöille tietyissä maaleissa, lakoissa ja ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa [EU 2004]. Direktiivi koskee myös veneilyalaa siinä määrin kun valmistuksessa tai huoltotoimenpiteissä käytetään kyseisiä valmisteita.





*Kuva 1. Myös huviveneilijöiden käyttöön tarkoitetut ympäristöön liittyvät tunnukset Sinilippu (vasemmalla) ja Pidä Saaristo Siistinä ry:n Roska-Roope (oikealla).*

Eräs vaikutuskanava huviveneilijöiden käyttäytymiseen ja siten veneilyn käytönaikaisiin ympäristövaikutuksiin on erilaisten liittojen ja seurojen toiminta. Esimerkiksi Suomen Veneilyliitto ry ja Suomen Purjehtijaliitto ry tarjoavat veneilijöille tietoa ja ohjeistusta ympäristöön liittyvistä määräyksistä ja suosituksista. Ympäristömyötäistä toimintatapaa kannustetaan huomioitavaksi myös purjehdus- ja veneseurojen tasolle.

Euroopan unionin jätepolitiikka perustuu niin kutsuttuun jätehierarkiaan, jonka mukaan ”jätteen syntyminen olisi ehkäistävä, ja jos sitä ei voida ehkäistä, jäte olisi käytettävä uudelleen, kierrätettävä tai hyödynnettävä niin pitkälti kuin mahdollista. Kaatopaikoille olisi sijoitettava mahdollisimman vähän jätettä” [Euroopan yhteisöjen komissio 2005]. Venealalla jätehierarkian tavoitteita voidaan tuotannossa yksinkertaisimmillaan toteuttaa vähän jätettä tuottavilla prosesseilla ja kierrättämällä kaikki mahdollinen tuotantojäte. Ajatteluun kuuluu myös mahdollisimman kierrätettävien valmistusmateriaalien valinta. Käyttövaiheessa jätehierarkian arvot toteutuvat viisaalla käyttöiän maksimoinnilla esimerkiksi huoltotoimenpitein ja ”second-hand” venemarkkinoita kannustamalla. Heikoimmin jätehierarkia on venealalla toistaiseksi omaksuttu käytöstäpoistovaiheessa. Kierrätys ja muu materiaalien hyödyntäminen on vielä varsin pientä ja suuri osa veneistä jätetään luontoon tai toimitetaan kaatopaikalle.

## 2.2 Veneilyn yhteiskunnalle tuoma lisäarvo ja mahdollisuudet

Veneilyn elinkaaren eri vaiheista aiheutuvien ympäristövaikutusten tiedostaminen ja lisääntyvä tieto eivät rajoitu pelkästään negatiivisiin vaikutuksiin. Minimoitavien ympäristöhaittojen rinnalla voidaan tunnistaa sekä yksilölle että koko yhteiskunnalle hyötyä tuottavia positiivisia vaikutuksia ja mahdollisuuksia. Sitoutuminen kestävän kehityksen periaatteisiin onkin huviveneilyn kohdalla erityisen luonnollista, sillä veneilyala hyötyy hyvinvoivasta ympäristöstä ja kestävän kehityksen periaattein toimiva veneala hyödyttää vastavuoroisesti ympäristöä.

Yhtenä huviveneilyn hyötynä voidaan nähdä lisääntyvä luonnon tuntemus ja sen monimuotoisuuden ymmärtäminen. Veneily opettaa kunnioittamaan ympäristöä ja arvostamaan sen hyvinvoinnin luomia mahdollisuuksia. Tällöin myös ympäristönsuojelu koetaan mielekkääksi [Ilmalahti 2009]. Veneily yhdessä muiden vesiympäristön aktiviteettien ohella saavuttaa varsin laajan osan väestöstä, ja sen avulla voidaan myös tehokkaasti kiinnittää suuren kohderyhmän huomiota ympäristöasioihin varsin konkreettisella tavalla [ECNI 2009].

Huviveneily voidaan luokitella paitsi vapaa-ajan harrastukseksi, myös turismiksi. Veneilyn tuoma turismi on mahdollistanut esimerkiksi kehittyneempien ja monipuolisempien elintarvike- ja jätehuoltopalvelujen tarjonnan monille haja-asutusseuduille. Veneilyturismi linkittyy vahvasti ympäristön tilaan ja laatuun. [Ilmalahti 2009]



*Kuva 2. Gullkronan venesatama [Finnboat 2008a].*

Veneily kannustaa aktiiviseen luonnon tarkkailuun ja veneilijöistä onkin apua erilaisissa havainnointi- ja seurantatehtävissä. Veneilijöiden havainnot tiettyjen eläin- ja kasvilajien tai levien esiintymisestä ja muut ympäristön tilaan liittyvät havainnot ovat avuksi esimerkiksi tutkimuksessa. [Ilmalahti 2009]

Suomessa järjestettiin vuodesta 2004 lähtien, sittemmin päättynyt, Vesikansa-niminen hanke, jossa tuotettiin opas omatoimiseen vesistöntarkkailuun. Pro Saaristomeri -ohjelman, Pidä Saaristo Siistinä ry:n ja Varsinais-Suomen Agenda 21:n yhteistyönä toteuttaman Vesikansahankkeen keskeinen tavoite oli kannustaa Lounais-Suomen asukkaita ja muita alueella liikkuvia omatoimisiin ja pysyviin vesiensuojelutekoihin. Opaskirjaseen tarkoitus oli innostaa veneilijöitä vesistöjen tarkkailuun. Omatoimisen vesistöseurannan koottuja tuloksia julkaistiinkin vuosina 2004-2006 Suomen ympäristökeskuksen sivuilla. [Suomen ympäristökeskus 2009b]

Veneilyyn liittyy edellä mainittujen lisäksi myös monia muita positiivisia vaikutuksia, joiden liitännät ympäristön hyvinvointiin voivat olla enemmän tai vähemmän suoria. Näitä ovat erilaiset sosiaaliset, terveydelliset ja taloudelliset vaikutukset [ECNI 2009], kuten ulkoilun ja liikunnan tuoma kansanterveydellinen hyöty.

### 2.3 Venealalla jo tehdyt parannukset

Venealalla voidaan tunnistaa runsaasti jo toteutettuja ympäristömyötäisyyttä tukevia parannuksia sekä yleisellä tasolla että yksittäisten venevalmistajien toiminnassa. Esimerkiksi kaksitahtimoottoreita paremmalla hyötysuhteella ja puhtaammilla pakokaasupäästöillä toimivien nelitahtimoottorien yleistymisen on merkittävään parannukseen tähtäävä trendi. Huomiota kiinnitetään paitsi veneen valmistuksen ja käytön ympäristömyötäisyyteen, myös käytöstä poistamiseen. Kuusakoski Oy ja venealan keskusliitto Finnboat ry käynnistivät vuonna 2005 kansainvälisestikin ainutlaatuisen projektin, jossa selvitettiin veneiden käytön jälkeisiä kierrätysmahdollisuuksia. Projektin aikana toteutettiin muun muassa koeluontoinen kierrätyskampanja.

Tämän tutkimusprojektin toteutukseen osallistuneiden kymmenen venevalmistajan haastatte-  
luissa nousi esiin muun muassa seuraavia käytännön esimerkkejä jo tehdyistä parannuksista  
koskien veneen valmistusprosessia:

- Materiaalitehokkuuden parantaminen ml. jätemäärien pienentäminen.
- Tuotannon jätteiden hyödyntäminen:
  - Lasikuitujäte energiantuotantoon
  - ABS-muovijäte kierrätetään takaisin ABS-levytuotantoon
  - Liuotinjäte käsitellään kovetteella (ongelmajätteestä muokataan vähemmän kuormittavaa kaatopaikkajätettä).
- Materiaalivalinnat:
  - Kierrätysalumiinin käyttö raaka-aineena
  - Filmivanerin sijaan alumiinia
  - Asetonin käyttöä vähennetty
  - ”Miljöohartsien” ja vähempistyreenisten aineiden valitseminen
  - Pakkausmateriaalivalinnat ja niiden käyttötavat.
- Lämmön tuottaminen uusiutuvilla kotimaisilla polttoaineilla, kuten puuhakkeella tai –  
pelleteillä, sekä tuotannon polttokelpoisilla jätteillä.
- Lämmön talteenottojärjestelmät tuotantolaitoksilla.
- Kuljetuskaluston ja kuljetusten optimointi.

### 3 Huviveneiden elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset

Tässä kappaleessa tutkitaan ja arvioidaan veneiden elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset  
elinkaariajattelua ja elinkaariarvioinnin standardisoitua menetelmää hyödyntäen. Kappaleessa  
esitellään elinkaariarvioinnin perusteet ja toteutus tässä tutkimuksessa. Veneiden elinkaaren  
eri vaiheiden ympäristövaikutukset raportoidaan kahdelle eri venetyyppiesimerkille ilmas-  
tonmuutosvaikutusta kuvaavana hiilijalanjälkenä, sekä kokonaisvaltaisemmin muitakin ympä-  
ristövaikutuksia huomioivina haittapisteinä.

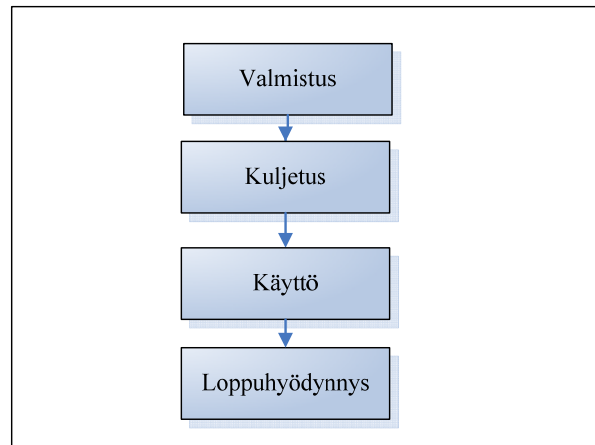
#### 3.1 Elinkaariarviointimenetelmän esittely

Elinkaariarviointimenetelmä on standardoitu menetelmä eri toimintojen ympäristövaikutusten  
arviointiin. Elinkaariarviointia ohjaavat standardit ISO 14040:2006 ja ISO:14044:2006. Tässä  
kappaleessa esitellään itse menetelmä, sen päävaiheet ja sen vahvuudet ja heikkoudet.

##### 3.1.1 Yleistä

Elinkaariajattelussa huomioidaan tuotteen koko elinkaaren vaiheet aina kehdestä hautaan  
(kuva 3). Kehdestä hautaan kuvaa siis tuotteen elinkaarta käsittäen raaka-aineiden ja energian  
hankinnan ja jalostuksen, tuotteen valmistuksen, kuljetukset, käytön sekä käytöstä poiston  
vaiheet.

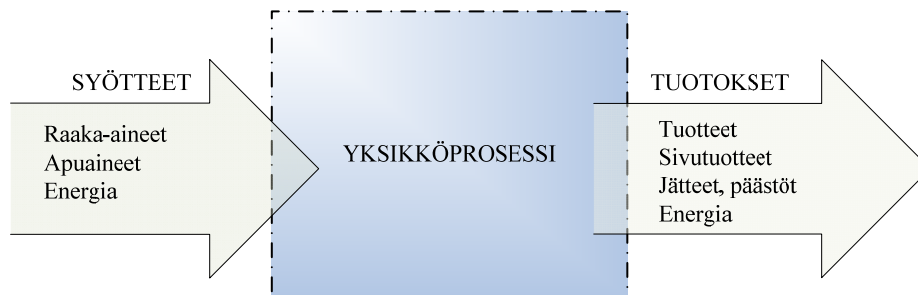




Kuva 3. Esimerkki yksinkertaisesta tuotejärjestelmästä.

Elinkaariarviointi (LCA, life cycle assessment) on ISO-standardoitu menetelmä tuotteen tai palvelun mahdollisten ympäristövaikutusten selvittämiseksi [SFS-EN ISO 14040:2006, SFS-EN ISO 14044:2006]. Elinkaariarvioinnissa tarkastellaan tuotteen koko elinkaaren aikaisia energia- ja massavirtoja, jotta kaikki merkittävät tuotteen ympäristövaikutukset tulevat huomioituiksi. Elinkaarimallinnus kuvaa elinkaariarvioinnin toteuttamista mallintamalla, esimerkiksi laskentaohjelmalla. Mallintamiseen liittyy myös usein inventaaritiedon hallinta ja tuotejärjestelmän visualisointi.

Tutkittavan tuotteen tai palvelun, kuten huviveneilyn, elinkaaren vaiheet jaetaan yksikköprosesseiksi (kuva 3). Yksikköprosessi on elinkaariarvioinnissa pienin yksikkö, jolle määritetään syötteet ja tuotokset. Se voi olla esimerkiksi kuljetus-, valmistus- tai jätteenkäsittelyprosessi. Syötteillä ja tuotoksilla tarkoitetaan seuraavan kuvan mukaisesti massa- tai energiavirtoja yksikköprosessiin (syöte) tai yksikköprosessista (tuotos) (kuva 4).



Kuva 4. Elinkaariarvioinnin taseajattelun periaate.

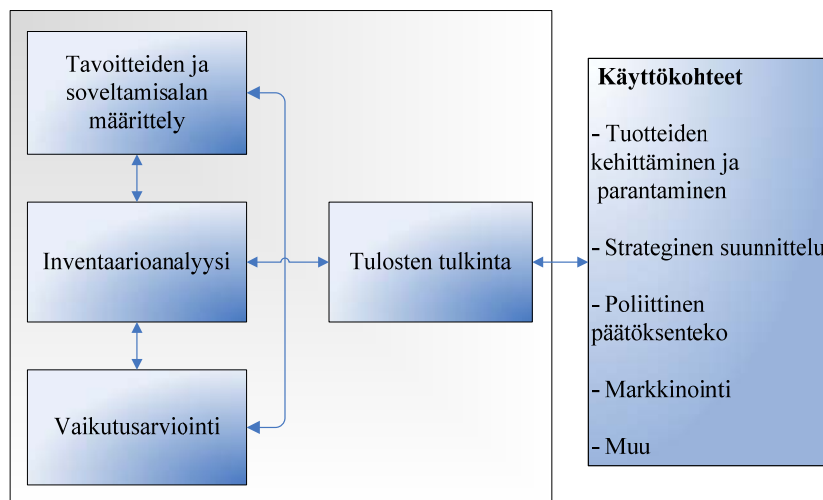
Kaikkia tuotteen valmistukseen liittyviä yksikköprosesseja, syötteitä ja tuotoksia ei laajuuden vuoksi voida ottaa mukaan tarkasteluun, vaan virrat ja prosessit valitaan elinkaarimallinnukselle asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Valituista yksikköprosesseista muodostuu tuotejärjestelmä (kuva 3).

Elinkaariarvioinnissa tulokset suhteutetaan aina toiminnalliseen yksikköön. Tämä käsite perustuu siihen, että samaan lopputulokseen voidaan päästä eri toiminnoin. Toiminnallisen yksikön täytyy olla mitattavissa oleva suure, joka parhaiten kuvaa sitä tarvetta jonka tuote täyttää. Toiminnallinen yksikkö voi olla esimerkiksi 100 m<sup>2</sup> ruohoalueen leikkuu yhden vuoden ajan. Ruohonleikkuu voidaan hoitaa kolmella eri menetelmällä: moottoroidulla tai käsin työnnettä-

vällä leikkurilla tai antamalla vuohen hoitaa ruohonleikkuu [Wenzel et al 1997, 22]. Huviveneilyä tarkasteltaessa toiminnallisen yksikön valitseminen ei ole näin yksiselitteistä. Voidaan perustellusti kysyä, onko huviveneilyssä keskeisintä huviveneilyyn käytetty aika, veneellä taitettu matka vai jonkun muun mitattavissa olevan tarpeen täyttämisen.

### 3.1.2 Menetelmän päävaiheet

Elinkaariarviointi jaetaan ISO-standardien (ISO 14040 ja ISO 14044) mukaan neljään osaan: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi sekä tulosten tulkinta (kuva 5).



Kuva 5. Elinkaariarvioinnin pääpiirteet ja käyttökohteita [SFS-EN ISO 14040 2006, 24].

Nuolet vaiheiden välillä kuvaavat elinkaariarvioinnin vaiheiden keskinäistä vuorovaikutuksellisuutta: esimerkiksi tuotejärjestelmän rajaukseen voidaan palata vielä tulosten tulkinnan vaiheessa.

#### 3.1.2.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittäminen

Elinkaariarvioinnin tavoitteissa määritellään miten ja kenelle selvitys tehdään sekä mitä tarkoitusta selvityksen on tarkoitus palvella kohdeorganisaatiossa. ISO-standardien 14040 ja 14044 mukaan elinkaariarvioinnin käyttökohteita voivat olla markkinointi, poliittinen päätöksenteko, tuotesuunnittelu ja strateginen suunnittelu. Soveltamisalan määrittämisvaiheeseen kuuluu järjestelmän rajaus, prosessikulkukaavion tekeminen ja toiminnallisen yksikön määrittely. Rajauskohteena ovat tuotejärjestelmän yksikköprosessit, syötteet ja tuotokset. On syytä muistaa, että lopulliset oletukset ja rajoitukset vaikuttavat elinkaariarvioinnin lopputulokseen. [SFS-EN ISO 14040 2006, 30]

Järjestelmätason rajaukseen elinkaariarvioinnin ISO-standardit jättävät paljon tulkinnanvaraa. Valinnassa tulisi huomioida ensisijaisesti elinkaariarvioinnin tavoitteet. Tarkastelu voidaan tehdä klassisesti kehdestä hautaan (cradle-to-grave), jolloin huomioidaan koko elinkaari mukaan lukien loppuhyödynnys. Jos elinkaariarviointi tehdään yritysten väliseen viestintään, tarkastelun rajat voidaan asettaa kehdestä tehtaan portille (cradle-to-gate).

#### 3.1.2.2 Inventaarioanalyysi (LCI)

Inventaarioanalyysissä tuotetaan, kerätään ja dokumentoidaan tarvittava data sekä lasketaan kvantitatiivinen ympäristötase toiminnalliselle yksikölle [Baumann & Tillman 2004, 97]. Tie-

donhankinta on paitsi työläin vaihe elinkaarimallinnuksessa, myös ratkaisevin vaihe tulosten laadun ja tutkimuksen uskottavuuden kannalta. Tuoteketjukohtaiset tai prosessikohtaiset tiedot kerätään suoraan toimittajilta ja valmistajilta, ja sekundääritieto (kirjallisuus- tai keskiarvotieto) hankitaan esimerkiksi valmiista tietopankeista. Tietopankkien data perustuu esimerkiksi maantieteellisen alueen tai valittujen tuotantolaitosten keskiarvoon.

Yrityksessä on harvoin valmiissa paketissa tarpeeksi yksityiskohtaisia tietoja elinkaariarvioinnin tarpeisiin. Data pitää usein jalostaa tuotantolaitoksen näkökulmasta tuotekohtaiseksi, kun tietoja kerätään inventaarioanalyysiä varten. Kokoonpanotuotteen elinkaariarvioinnissa tuotteiden materiaalijakauman selvittämiseen voidaan käyttää BOM (Bill of Materials) -listaa, jos sellainen on tehty. BOM:ssa on esitetty lopputuotteen materiaalit ja komponentit hierarkisesti esimerkiksi listana.

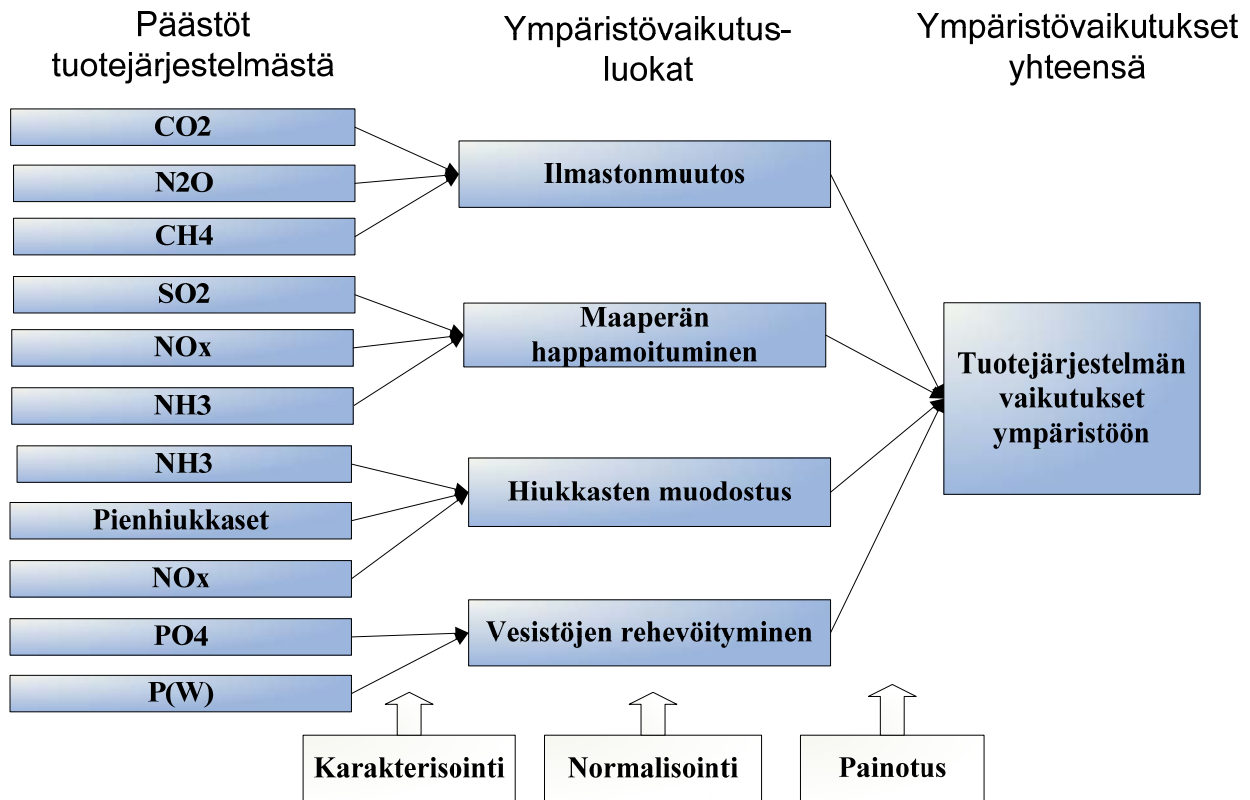
Tiedon dokumentointi on olennainen osa tiedonhankintaa. Dokumentoinnilla varmistetaan tiedon siirron sujuvuus henkilöltä toiselle. Läpinäkyvään dokumentointiin kuuluu aina prosessikuvaus. Huolellisella dokumentaatiolla helpotetaan tulosten raportointia ja tiedon laadun arviointia. Kattavan raportoinnin avulla voidaan myös välttää päällekkäisten tietojen käyttäminen elinkaariarvioinnissa.

### 3.1.2.3 Vaikutusarviointi (LCIA)

Vaikutusarvioinnissa arvioidaan syötteiden ja tuotosten ympäristövaikutusta ja vaikutusten merkittävyyttä [SFS-EN ISO 14040 2006, 8]. Vaikutusarviointi on eniten kriittistä keskustelua aiheuttava vaihe elinkaariarvioinnissa, sillä se perustuu osittain subjektiivisiin valintoihin. Eri vaikutusarviointimenetelmissä korostetaan eri ympäristövaikutuksia. Tämän takia kahdella menetelmällä voidaan saada toisistaan eroavat tulokset. Vaikutusarviointi on kuitenkin oleellinen osa elinkaarilaskentaa, jotta tuotteen ympäristövaikutuksia voidaan hahmottaa. Inventaarioanalyysin määrällinen selvitys ei vielä arvota keskenään eri virtojen vaikutusta ympäristöön.

Vaikutusarviointi jakautuu päästöjen luokitteluun, ympäristövaikutusluokkien ja -indikaattorien valintaan, ja päästöjen karakterisointiin. Karakterisoinnista voidaan edetä normalisoinnilla ja painotuksella, jolloin ympäristövaikutukset voidaan esittää yhdellä luvulla (kuva 6). Ympäristövaikutus voidaan ajatella vaikutusketjuksi, jonka alkuna on esimerkiksi päästö ilmakehään. Ilmakehäpäästö aiheuttaa monen eri välivaiheen kautta haittavaikutuksen elävään tai elottomaan ympäristöön. Vaikutusarvioinnissa tarkasteltavat ympäristökysymykset sijoitetaan ympäristövaikutusluokkiin, joita ovat esimerkiksi happamoituminen, rehevöityminen ja ilmastonmuutos. Vaikutusluokkaindikaattori kuvaa vaikutusluokkaa määrällisesti. Se voi olla ilmastonmuutoksen tapauksessa infrapunasäteilypakote watteina pinta-alayksikköä kohti ( $W/m^2$ ). Karakterisointikerroin on vaikutusarviointimenetelmästä riippuvainen lukuarvo, jolla voidaan yhteismitallistaa eri virrat samaksi yksiköksi ja saadaan tuloksena vaikutusluokan indikaattoritulos. Ilmastonmuutoksen tapauksessa vaikutusluokan indikaattoritulos ilmoitetaan kilogrammoina hiilidioksidiekvivalenttia ( $kg CO_2e$ ) toiminnallista yksikköä kohti. [SFS-EN ISO 14044 2006, 46]





Kuva 6. Vaikutusarvioinnin pääperiaatteet tuotejärjestelmän päästöistä eri ympäristövaikutusluokiksi ja yhteenlasketuksi ympäristövaikutukseksi. Kuvassa on esitelty esimerkin vuoksi vain muutama ympäristövaikutusluokka.

Elinkaariarvioinneissa käytetään valmiita karakterisointi- ja painotuskertoimia sisältäviä vaikutusarviointimenetelmiä. Vaikutusarviointimenetelmistä laajimmin tunnustettuja menetelmiä ovat Eco-indicator 99 (EI99), CML ja ReCiPe. ISO 14040/14044 -standardit eivät ota kantaa vaikutusarviointimenetelmän valintaan ja menetelmän valinta riippuu usein tilanteesta. ILCD-oppaassa on arvoitettu alustavasti muutamia yleisesti käytössä olevia vaikutusarviointimenetelmiä [ILCD Handbook 2008].

Tässä työssä käytetään Eco-indicator 99 (EI99) -vaikutusarviointimenetelmää. Menetelmässä elinkaariarvioinnin tulos voidaan tiivistää yksinkertaisimmallaan yhteen toiminnan ympäristövaikutuksia kuvaavaan indikaattoripisteeseen. EI99:ssä kukin ympäristöhaitta (luonnonvarojen hyödyntäminen, päästö tai elintilan muutos) jaotellaan kolmeen luokkaan: ihmisterveyteen, ekosysteemin ja luonnonvaroihin. Yhteismitallistamalla kolme eri haittaluokkaa päästään indikaattoritulokseen, joka on yksi lukuarvo ns. EI99 -haittapistemäärä. Tuhat EI99 -haittapistettä vastaa yhden eurooppalaisen keskimäärin vuodessa aiheuttamaa ympäristö- rasitetta. Millään ympäristövaikutusten arviointimenetelmällä ei kuitenkaan voida kuvata kaikkia ympäristövaikutuksia vaan niistä merkittävimmät. Tässä työssä haittapisteet koostuvat yhdeksän eri ympäristövaikutusluokan yhteenlasketusta ympäristö- rasituksesta. Huomioitavat ympäristövaikutusluokat ovat ilmastonmuutos, otsonikato, karsinogeeniset vaikutukset, orgaanisten yhdisteiden aiheuttamat hengitysvaikutukset, epäorgaanisten yhdisteiden aiheuttamat hengitysvaikutukset, ekotoksisuus, mineraalien ja fossiilisten polttoaineiden louhinta sekä happamoituminen ja rehevöityminen. Veneilyn ympäristövaikutuksia käsittelevässä tutkimuksessa on huomioitava se, että Eco-indicator 99 -menetelmä ei laske ympäristövaikutusta rehevöitymistä aiheuttavien yhdisteiden suorille päästöille vesiin. Menetelmässä vesien happamoituminen ja rehevöityminen mallinnetaan ainoastaan epäsuorasti ilmaan johdetuista päästöistä, joista osa päättyy laskeutumaan vesistöihin.

Tässä työssä raportoidaan myös tuotejärjestelmän ilmastovaikutus eli hiilijalanjälki. Hiilijalanjälkilaskennassa tarkastellaan vain yhtä elinkaariarvioinnin ympäristövaikutusluokkaa, vaikutusta ilmastomuutokseen. Hiilijalanjälkilaskenta perustuu elinkaarimallinnuksen ISO 14040 -standardisarjaan, joka ei kuitenkaan ole riittävän yksiselitteinen keskenään vertailukelpoisten hiilijalanjälkilaskelmien saavuttamiseksi. Hiilijalanjälkilaskennalle on tulossa oma standardinsa ISO 14067 vasta vuonna 2011 ja siksi British Standards Institutionin (BSI) julkaisemaa standardin tapaista epävirallista hiilijalanjälkilaskennan ohjeistusta [BSI PAS 2050:2008] käytetään toistaiseksi hiilijalanjäljen laskennan perustana laajalti. Koko elinkaaren aikaiset hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), metaanin (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduulin (N<sub>2</sub>O) päästöt otetaan huomioon laskennassa. Näiden eri kasvihuonekaasujen ilmastovaikutukset yhteismitallistetaan Hallitustenvälisen ilmastopaneelin (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) määrittämällä karakterisointikertoimilla, CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 25 ja N<sub>2</sub>O = 298 [IPCC 2007]. Tulos ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttitonneina, kg CO<sub>2</sub>e.

### 3.1.2.4 Tulosten tulkinta

Tulosten tulkintavaiheessa varsinaisen tulkinnan lisäksi kartoitetaan tutkimuksen rajoitukset, arvioidaan lähtötietojen laatu ja suoritetaan tarvittaessa herkkyystarkastelut. Elinkaariarvioinnin tuloksissa ei koskaan pystytä kuvaamaan kaikkia toiminnan ympäristövaikutuksia kattavasti ja siksi valitut ympäristövaikutusluokat ja tutkimuksen rajoitukset tulee raportoida selkeästi tulosten tulkintavaiheessa. Herkkyystarkastelut tulee suorittaa niille prosessin vaiheille, joissa käytetään epävarmuutta lisääviä oletuksia [SFS ISO 14044:2006, 88–92]. Herkkyysanalyysillä voidaan tarkastella tehtyjen oletusten ja käytettyjen muuttujien vaikutusta kokonaistulokseen.

### 3.1.3 Menetelmän vahvuudet ja kritiikki

Elinkaariarviointia pidetään menetelmänä työläänä laajan tiedonkeruun vuoksi. Tiedonkeruu käsittää kokonaisvaltaisessa elinkaariselvityksessä raaka-ainetason, valmistuksen, käytön, käytöstä poiston ja hyödyntämisen tai loppusijoituksen. Toisaalta juuri siksi, että elinkaariarviointi kattaa koko tuotteen arvoketjun, voidaan sen avulla välttää taakansiirto ympäristövaikutusten arvioinnissa. Taakansiirrolla tarkoitetaan ympäristövaikutusten siirtämistä eri elinkaaren vaiheiden ja maantieteellisten alueiden välillä. [Baumann & Tillman 2004, 21–22]

Vaikka elinkaariarviointi menetelmänä onkin mahdollisimman kattava ja perusteellinen, on tilanteita, joihin se ei sovellu tai joissa sitä tulisi käyttää jonkun toisen työkalun kanssa. Elinkaariarvioinnissa ei huomioida paikallisia näkökohtia, jolloin paikallisia ympäristövaikutuksia ei voida arvioida tarkasti. Klassisesti menetelmässä ei huomioida taloudellisia eikä sosiaalisia näkökohtia muuten kuin painotuksen kautta. Elinkaariarviointi ei ole myöskään tarkoitettu riskinarviointiin. [Baumann & Tillman 2004, 21–22]

Elinkaariarvioinnin lisäksi on myös muita toiminnalliseen yksikköön perustuvia menetelmiä kuten MIPS (Material Input per Service Unit). Siinä määritetään pelkästään määrällinen tase (esimerkiksi kiloina) laskettavalle systeemille. MIPS-menetelmässä syöte- ja tuotosvirrat oletetaan ympäristövaikutusten kannalta homogeeniseksi, eikä siis tehdä vaikutusarviointia, jolla pyritään tunnistamaan merkittävimmät ympäristövaikutukset. Tästä johtuen MIPS-menetelmän heikkous on se, että siinä ympäristön kannalta haitallisemmat materiaalit eivät saa niille todellisuudessa kuuluvaa suurempaa painoarvoa. Näin ollen syötteenä oleva kilo vettä ja kilo lyijyä vaikuttavat yhtä merkittävältä MIPS-menetelmässä.

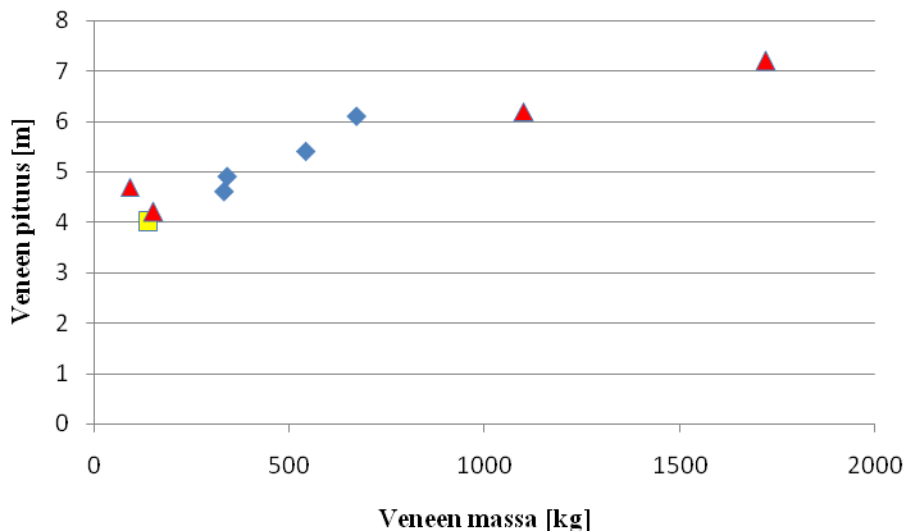
## 3.2 Huviveneiden elinkaariarvioinnin tavoitteet ja laajuus

Tässä työn osiossa tehtiin elinkaariarviointi ja hiilijalanjälkilaskenta eräille Suomessa valmistettaville huviveneille venetyyppikohtaisesti soveltaen standardien ISO 14040:2006 ja ISO 14044:2006 ohjeistuksia. Elinkaariarviointi toteutettiin pienille perämoottoriveneille sekä suurille purjeveneille. Työn tavoitteena oli tuottaa ympäristötietoa huvivenealan toimijoiden käyttöön tuotekehitystä sekä sidosryhmäviestintää varten. Siten tutkimus on osoitettu sekä suomalaisille huvivenealan toimijoille että huvivenealan ympäristövaikutuksista kiinnostuneille kuluttajille.

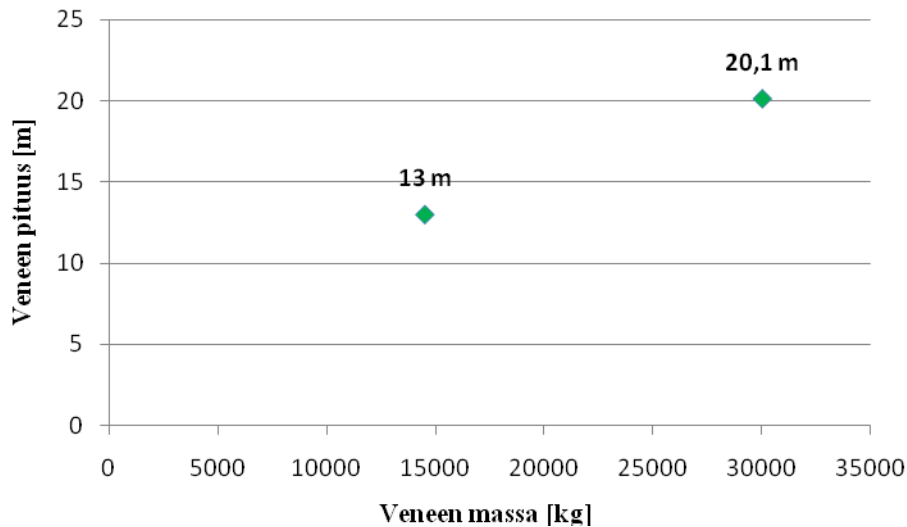
### 3.2.1 Tutkittavat venetyypit

Elinkaariarviointien kohteeksi valittiin Suomessa valmistettavia, keskenään hyvinkin erilaisia huviveneitä. Näitä ovat ABS-muovista, lujitemuovista tai alumiinista valmistettavat 4–6 metriset kattamattomat moottoriveneet, n. 6–7 metriset katetut moottoriveneet sekä n. 15 metriset purjeveneet. Tässä työssä ei tehdä elinkaarimallinnusta esimerkiksi suurille, yli kymmenmetrisille moottoriveneille, pienille purjeveneille eikä moottorittomille huviveneille. Tutkimus ei siis pyri kattamaan kaikkia eri venetyyppejä, vaan esittämään esimerkinomaisia tuloksia eräille melko tyypillisille veneille. Tutkimuksessa käytetyt tiedot ovat peräisin yhdeltätoista suomalaiselta venevalmistajalta. Saatujen tietojen perusteella tutkimuksen veneet jaettiin seuraavaan kahteen ryhmään:

1. Pienet perämoottoriveneet. Runko, kansi ja sisämoduuli on valmistettu ABS-muovista, lujitemuovista tai alumiinista (kuva 7).
2. Suuret lujitemuovirunkoiset, moottorilla varustetut purjeveneet (kuva 8).



Kuva 7. Tutkimuksen kohteena olevien pienien perämoottoriveneiden kokojakauma (9 kpl). Kuvaajassa on merkitty lujitemuoviset veneet punaisella kolmiolla, alumiiniveneet sinisellä nelikulmiolla ja ABS-veneet keltaisella neliöllä.



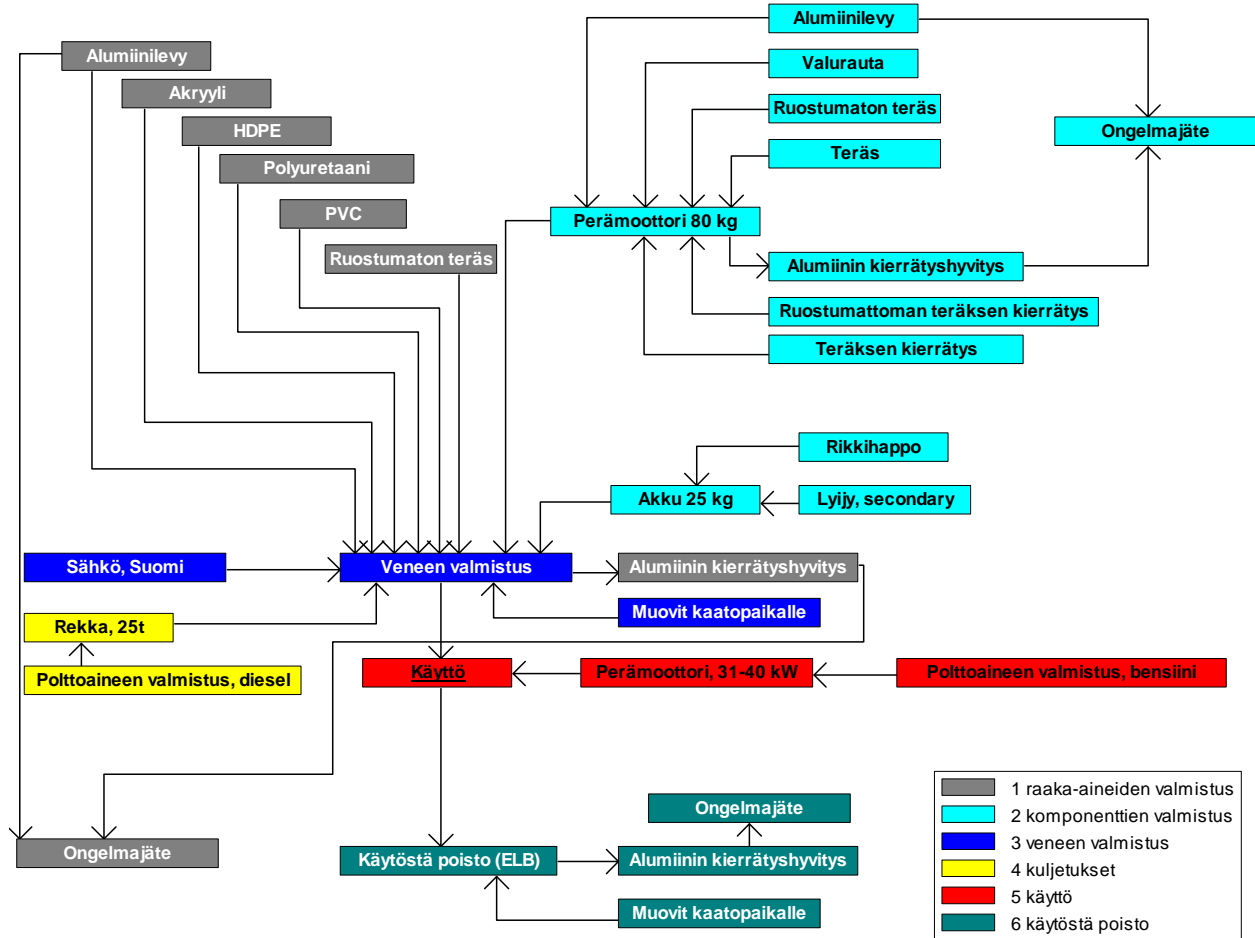
Kuva 8. Tutkimuksen kohteena olevien suurien purjevereiden kokojakauma (2 kpl).

### 3.2.2 Toiminnallinen yksikkö

Toiminnallisen yksikön valitseminen huviveneilylle ei ole yksiselitteistä, varsinkin kun tässä työssä arvioitiin hyvin erilaisia huviveneitä. Ympäristövaikutusten tarkastelu on luontevaa yhtä venettä tai venekiloa kohden, jos halutaan keskittyä ominaispäästöihin ja ympäristövaikutusten pienentämismahdollisuuksien selvittämiseen veneiden valmistajan näkökulmasta. Käyttäjän kannalta luontevampi toiminnallinen yksikkö on huviveneilytunti, päivä tai kuljettu kilometri, huviveneilyn täyttämän tarpeen mukaisesti. Koska tutkimuksen tavoitteena on tuottaa ympäristötietoa pääasiassa venealan yritysten käyttöön, valittiin toiminnalliseksi yksiköksi hiilijalanjälkilaskennassa ja elinkaariarvioinnissa venekilo.

### 3.2.3 Tuotejärjestelmän rajaus

Tarkasteltavien huviveneiden tuotejärjestelmä jaettiin kuuteen elinkaaren vaiheeseen: raaka-aineiden valmistus, komponenttien valmistus, veneen valmistus, kuljetukset, käyttö ja käytöstä poisto (kuva 9). Eri elinkaaren vaiheet on kuvattu yksityiskohtaisesti kappaleessa 3.3 *Huviveneiden elinkaaren vaiheiden kuvaus ja tietolähteet*.



Kuva 9. Tuotejärjestelmän raja. Esimerkkinä alumiinirunkoisten moottoriveneiden tuotejärjestelmä.

Seuraavassa on kuvattu yleisesti kaikille venetyypeille tehtyjä rajoituksia ja perusteita niiden tekemiselle. Eri venetyyppien elinkaaret eroavat osin suurestikin toisistaan ja poikkeukset alla olevista rajoituksista on eritelty tämän kappaleen loppupuolella. Materiaalivirroista on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle ne, joilla on arvioitu olevan vain pieni ympäristövaikutus pienen massaosuutensa johdosta. Sisustus- ja varustusmateriaalien osalta on jouduttu rajaamaan tutkimuksen ulkopuolelle joitakin massaltaan merkittäviäkin materiaaleja, joista ei saatu tarvittavaa dataa tutkimuksen toteutuksen aikana.

Raaka-aineiden valmistuksesta huomioitiin tärkeimmät venerungon sekä mahdollisen kannen ja sisämoduulin materiaalit. Veneiden sisustuksista ja varustelusta huomioitiin kaikille venetyypeille ikkunat ja kaiteet sekä purjeverneissä turkit, laipiot ja sähköjohdot. Purjeverneiden kölimateriaali on sisällytetty tutkimukseen, mutta purjekankaita ei puuttuvan datan vuoksi. Muut sisustusmateriaalit rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle joko vähäisen merkityksen perusteella (merkityksetön osuus veneen massasta) tai datan saatavuuden ongelmien vuoksi. Raaka-aineiden kuljetuksia komponenttien valmistajille ei huomioitu, mikäli niitä ei ollut sisällytetty LCA-tietokannoista poimittuun dataan. Ne materiaalit rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle, joiden osuus veneen massasta oli vähäinen.

Komponenttien valmistuksessa huomioitiin moottorit ja akut. Ne komponentit rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle, joiden osuus veneen massasta oli vähäinen.

Veneen valmistuksesta huomioitiin sähkön ja lämmön kulutus sekä veneiden valmistuksesta syntyvät merkittävät jätevirrat. Ilmapäästöt ja jätteen määrä on otettu huomioon mahdollisimman tarkasti, mutta valmistajilta saadun tiedon taso niiden osalta oli vaihtelevaa.

Kuljetuksista huomioitiin veneen maantiekuljetus valmistajalta jälleenmyyjälle, asiakkaalle tai ulkomaille vietävien veneiden osalta lähtösatamaan. Kuljetuksista huomioitiin kuljetusajoneuvon moottorin pakokaasupäästöt sekä tarvittavan polttoainemäärän valmistus. Tässä tutkimuksessa on voitu kerätä tietoja ainoastaan kuljetuksista venevalmistajalta jälleenmyyjälle tai asiakkaalle, ja puutteellisen muun tiedon takia muut kuljetukset rajattiin työn ulkopuolelle. Kuljetusten osalta ei pyritä kuvaamaan kokonaiskuormitusta, vaan keskitytään siihen osaan, johon venevalmistaja voi osaltaan vaikuttaa.

Käyttövaiheesta tutkimuksessa huomioitiin veneen moottorin pakokaasupäästöt sekä polttoaineen valmistuksen aiheuttama kuormitus. Käyttövaiheesta ei ole huomioitu veneilyyn liittyvää kuormitusta joka aiheutuu esimerkiksi veneilijän matkoista kotoa venesatamaan, veneilyn aikana syntyvää jätettä tai säilytykseen liittyviä resurssitarpeita. Veuro (2007) on tosin todennut satamaan tapahtuvat siirtymät merkittäväksi osaksi huviveneilyn materiaalien kokonaiskulutusta. Nyt tehty työ keskittyy venevalmistajan näkökulmaan ja siten oletuksista hyvin riippuvaiset satamaan kulkemisen päästöt on rajattu työn ulkopuolelle. Myös veneen kuljetukset sataman, säilytys- tai huoltopaikan välillä rajattiin ulkopuolelle. Huolto on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle useimmille venetyypeille oletettavasti pienten ympäristövaikutusten johdosta, mutta myös luotettavan datan puuttuessa.

Veneen elinkaaren loppupäästä huomioitiin venerungon käytöstä poisto kierrätyksen, jätteenpoltton tai kaatopaikkasijoituksen keinoin. Myös kierrätykseen kelpaavat sisustuksen ja moottorin metalliosat on mallinnettu kierrätettäviksi, mikäli niitä on kertynyt vähintään 10 kg venettä kohden. Kierrätyksestä saatavien materiaalien ja jätteenpoltosta saatavan energian positiiviset ympäristövaikutukset on huomioitu tuotejärjestelmän laajennuksella. Näin vältetty materiaalien tai energian tuotanto on luettu huviveneen tuotejärjestelmän hyväksi ns. vältetyt päästöt huomioimalla.

Huviveneiden elinkaaren viimeinen vaihe, käytöstä poisto, on erilainen alumiinisille ja muovisille runkomateriaalille. Alumiinirungon oletetaan päätyvän kierrätykseen kun taas ABS-muovirungon ja lujitemuovirungon loppusijoitettavaksi kaatopaikalle. Oletukset ovat Suomessa vallitsevan tilanteen mukaisia. Energiahyötykäyttöä jätteenpolttolaitoksella tarkastellaan herkkyytarkasteluissa.

Työssä tarkastellut suuret purjeveneet poikkeavat materiaalijakaumansa puolesta merkittävästi moottoriveneistä. Pienille moottoriveneille yksin runkomateriaali kattaa yli 90 % veneen massasta kun taas purjeveneelle merkittäviä ovat myös köli, merkittävimmät sisustusmateriaalit ja mastot purjeineen. Mastot ja purjeet on rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle, johtuen materiaalien ympäristödatan puutteesta.

Lyijykölin lisäksi merkittävimmät sisustusmateriaalit eli vanerista ja tiikistä valmistetut turkit ja laipiot sekä PVC-muovista ja kuparista valmistetut sähköjohdot on huomioitu.

### 3.3 Huviveneiden elinkaaren vaiheiden kuvaus ja tietolähteet

Tarkasteltavien huviveneiden tuotejärjestelmä jaettiin kuuteen elinkaaren vaiheeseen: raaka-aineiden valmistus, komponenttien valmistus, veneen valmistus, kuljetukset, käyttö ja käytöstä poisto. Huviveneiden valmistuksen inventaariodata perustuu suoraan kymmeneltä suomalaiselta huviveneiden valmistajalta vuosina 2008 ja 2009 kerättyihin tietoihin. Valmistuksessa

tarvittavien materiaalien, komponenttien ja energian tuotantoon sekä käytöstä poiston jälkeisiin toimiin liittyvät tiedot on poimittu elinkaaritietokannoista, kuten Ecoinvent ja Idemat.

### 3.3.1 Raaka-aineiden valmistus

Tiedot veneenvalmistuksen raaka-aineista ja niiden määristä on tässä tutkimuksessa kerätty suoraan venevalmistajilta. Näiden tietojen perusteella on koostettu taulukko 1, jossa esitellään ABS-muovi-, lujitemuovi- ja alumiinivalmisteisten pienten moottoriveneiden pääraaka-aineet ja niiden pääasialliset tehtävät veneen rakenteessa.

*Taulukko 1. Eri venetyyppien pääraaka-aineet ja niiden tehtävät.*

Venetyyppi	Raaka-aine	Tehtävä
ABS-vene	ABS-muovilevy	Runko- ja kansimateriaali
	Polyuretaanivaaho	Kelluke
Lujitemuovivene	Polyesterihartsit & styreeni	Runko- ja kansimateriaali
	Lasikuitu	Lujite
	Peroksidi	Kovetin
	Polyuretaanivaaho	Kelluke
Alumiinivene	Merialumiini (AlMg3)	Runko- ja kansimateriaali
	Polyuretaanivaaho	Kelluke

Suomessa valmistetaan moottoriveneitä näistä kaikista runkomateriaaleista. Tutkimuksessa tarkasteltujen purjeveneiden rungot on valmistettu lasikuidusta ja polyesteristä.

Tutkimukseen on myös sisällytetty tärkeimpiä sisustusmateriaaleja, etenkin purjeveneiden osalta. Tutkimuksessa käytetyt tiedot perustuvat osin venevalmistajien tietoihin ja osin VTT:n lujitemuovi- ja venetekniikan asiantuntija-arvioihin. Veneiden sisustuksista ja varustelusta huomioitiin kaikille venetyypeille ikkunat ja kaiteet sekä purjeveneissä turkit, laipiot ja sähköjohdot. Myös purjeveneiden kölimateriaali on sisällytetty tutkimukseen. Matkaveneiden ikkunat ovat yleensä karkaistua lasia. Valmiit luukut ovat tyypillisesti karkaistua lasia tai akryylilevyä. Pulpettiveneiden tuulilasit tehdään usein akryylilevystä. Kaiteet veneisiin tehdään yleisimmin haponkestävästä teräksestä. Materiaalina käytetään myös alumiinia ja jotkin osat kaiteesta voivat olla puuta. Purjeveneiden turkit ja laipiot valmistetaan osin vanerista ja osin tiikipuusta. Monessa avoveneessä turkki on kuluva osa, jonka voi sanoa kestävän 10–15 vuotta. Hyttiveneessä turkki eli lattia on paremmin suojassa säältä ja ultravioletisäteilyltä, joten hyttiveneen turkin uusiminen tulee kysymykseen perusteellisemmän huollon yhteydessä ehkä 20–30 vuoden välein. Vain suurissa purjeveneissä käytetään tutkimuksen kannalta merkittäviä määriä sähköjohtoja. Sähköjohdot on valmistettu kuparista ja muovieristeestä. Purjeveneiden kölit muodostavat merkittävän osan purjeveneiden massasta, tutkimuksessa tarkastelluissa venetyypeissä noin 30 %. Kölien pääraaka-aine on lyijy.

Elinkaariarvioinnissa käytetyt tiedot kullekin veneenvalmistuksessa käytetyn raaka-aineen valmistukselle on poimittu eri tietokannoista, taulukko 2.



Taulukko 2. Lähteet eri veneenvalmistuksen raaka-aineiden inventaariotiedoille.

Raaka-aine tai prosessi	Tietolähde
ABS-muovilevy	Idemat 2005
ABS-muovirouhe	Ecoinvent 2009
Akryyli	Ecoinvent 2009
Alumiinilevy	EAA 2007&2008
Asetoni	Ecoinvent 2009
Polyeteeni	Idemat 2005
Kupari	Idemat 2001
Laakalasin valmistus ja karkaisu	Ecoinvent 2009
Lasikuitu	Idemat 2005
Lyijy	Ecoinvent 2009
Isosyanaatti	Ecoinvent 2009
Polyesterihartsit ja styreeni	Ecoinvent 2009
Polyuretaanivaaho	Ecoinvent 2009
PVC-muovi	Ecoinvent 2009
Ruostumaton teräs	ISSF 2009
Tiikin sahaus	Vares 2010
Trooppinen runkopuu (tiikki)	Ecoinvent 2009
Vaneri	Vares 2009

### 3.3.2 Komponenttien valmistus

Komponenteilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa veneeseen asennettavia moottoreita ja akkuja. Pienissä huviveneissä käytetään perämoottoreita ja purjeveneissä sisämoottoreita. Moottorikoot on tutkimuksessa valittu venevalmistajien kokosuositusten mukaan. Taulukko 3 esittää tyypillisen perämoottorin materiaali-jakauman, jota on tämän tutkimuksen piirissä käytetty myös sisämoottoreiden materiaali-jakauman pohjana.

Taulukko 3. Perämoottorin materiaali-jakauma massan suhteen laskettuna [Veuro 2007].

Perämoottorin materiaalit	Osuus moottorin painosta [%]
Nuorrutettu teräs	25
Haponkestävä tai ferriittinen ruostumaton teräs	17
Valurauta	13
Silumiini, eli valettava Al	34
Erilaiset muoviseokset	5
Erilaiset maalit	< 1
ZnMgAl korroosionestoanodeja	1
Sähkölaittekomponentteja	3
Si-sintrittejä	< 1
Erilaisia öljytuotteita	2
Yhteensä	100

Moottorin käyttöikäksi arvioidaan tässä työssä 10 vuotta, joka on EU:n direktiivin 2003/44/EY:n määrittämä minimikäyttöikä moottoreille. Painoksi arvioidaan (riippuen veneen koosta ja suositellusta moottoritehosta) perämoottoreille noin väliltä 30–200 kg ja sisämoottoreille noin väliltä 200–300 kg. Käytöstä poistetut moottorit voidaan toimittaa veloitus-



setta metallinkeräykseen. Moottoripolttoaine, öljyt ja muut nesteet tulee tyhjentää moottorista ja hävittää ongelmajätteenä.

Huviveneilyyn liittyy usein sähköntarvetta, joka katetaan yhdellä tai useammalla akulla. Tehävänsä mukaan akkua nimitetään käynnistys- tai käyttöakuksi. Venekäyttöön tarkoitettut akut ovat pääasiassa lyijyakkuja, joissa elektrodeina käytetään lyijylevyjä ja elektrolyytinä rikkihappoliuosta. Perinteisessä lyijyhappoakussa rikkihappoliuos on akussa nestemäisenä, jolloin vuotojen mahdollisuus ja latauksessa haihtuva vetykaasu voivat aiheuttaa ongelmia. Uudemmissa akuissa, joilla lyijyhappoakut ovat vähitellen korvautumassa, elektrolyytinä toimiva rikkihappoliuos sitoutetaan jonkin apuaineen avulla kiinteämpään muotoon, jolloin vuotojen ja haihtumien riskit poistuvat. Geeliakuissa akkuneste on saatettu geelimäiseen muotoon, kun taas AGM-akuissa (absorbent glass mat) akkuneste on imeytetty lasikuitukankaaseen. Lyijyhappoakku ja AGM-akku sopivat sekä käynnistys- että käyttöakuiksi, mutta geeliakku soveltuu vain käyttöakuksi. Lyijyakkujen lisäksi akkumarkkinoille on saapunut myös ensimmäinen venekäyttöön tarkoitettu litiumioniakku. Litiumakkujen hintakehitys ja käyttökokemukset tulevat vaikuttamaan siihen, yleistyykö kyseinen akkutyyppe myös veneilyalalla. [Ilmalahti 2009]

Taulukko 4 kuvaa tyypillisen venekäyttöönkin sopivan lyijyhappoakun materiaalijakauman sen massan suhteen. Geeli- tai AGM-akun materiaalijakaumat eivät poikkea tästä olennaisesti, sillä akkujen toimintaperiaate, ja siten myös materiaalien käyttö, on käytännöllisesti sama.

*Taulukko 4. Lyijyhappoakun materiaalijakauma painon suhteen laskettuna [Exide Oy 2006].*

Lyijyhappoakun materiaalit	Osuus akun painosta [%]
Levyrunko (lyijy)	32
Aktiivinen massa (lyijyoksidi)	32
Elektrolyytti (rikkihappoliuos)	29
Muovikuori / muoviosat	7
Yhteensä	100

Lyijyakkujen käyttöikä rajoittuu noin kymmeneen vuoteen, ja käytöstä poistuttuaan ne ovat ongelmajätettä. Koska lyijypohjaiset akut kuuluvat tuottajavastuun piiriin, on akun jättäminen ongelmajätekeräykseen omistajalle maksutonta. Lyijyakkujen loppukäsittelyprosessissa lyijy ja muut raskasmetallit otetaan talteen, hapot neutraloidaan ja kuoren muovimateriaalit hyödynnetään esimerkiksi polttamalla energiaksi. [Ilmalahti 2009]

Tässä työssä on oletettu akkujen käyttöikäksi 10 vuotta ja veneessä käytettävän keskimäärin kahta akkua yhtäaikaista. Erikokoisten akkujen painot, riippuen veneen ja moottorin koosta, on arvioitu välille 15–60 kg.

Elinkaariarvioinnissa käytetyt tiedot kullekin komponenttien valmistukselle käytetylle raaka-aineelle on poimittu eri tietokannoista, taulukko 5.

*Taulukko 5. Lähteet eri komponenttien raaka-aineiden inventaariotiedoille.*

Raaka-aine	Tietolähde
Alumiinilevy	EAA 2007&2008
Lyijy	Ecoinvent 2009
Rikkihappo	Ecoinvent 2009
Ruostumaton teräs	ISSF 2009
Teräs	IISI 2000
Valurauta	Idemat 1998

### 3.3.3 Veneen valmistus

Huviveneen valmistusprosessilla tarkoitetaan tässä venevalmistajan tehtaalla tapahtuvaa asennus- ja kokoonpanotyötä. Valmistuksen vaiheita ovat esimerkiksi runkomateriaalin työstäminen ja kokoonpano, verhoilu ja sisustaminen sekä mahdollisesti ohjaus-, sähkö-, wc- ja polttoainejärjestelmien asentaminen. Lopuksi vene pakataan varastoitavaksi tai suoraan jälleenmyyjälle tai asiakkaalle. Paitsi raaka-aineiden kulutus, veneen valmistuksesta otetaan huomioon myös tuotantoprosessiin liittyvä energian kulutus.

Veneiden valmistuksen tiedot saatiin tutkimukseen osallistuneilta kymmeneltä suomalaiselta venealan yritykseltä (taulukko 6). Venevalmistajiin oltiin yhteyksissä jo tutkimuksen alkuvaiheessa, ja tiedonkeruuta alustettiin haastattelunomaisissa keskustelutilaisuuksissa puhelimitse ja tuotantolaitosvierailuilla. Valmistusprosesseissa käytettävien raaka-aineiden laatu- ja määrätiedot, veden, sähkön ja lämmön kulutustiedot sekä tiedot kuljetuksista, jätteistä ja päästöistä kerättiin Excel-lomakkeelle, jonka mallipohja on esitetty liitteessä A.

Tutkimukseen osallistuvat venevalmistajat ostavat kaikki sähkönsä ulkopuoliselta taholta, mutta lämpöenergian hankinnassa on päädytty hyvin erilaisiin ratkaisuihin. Esimerkkejä saatiin niin sähkölämmityksestä ja kaukolämmön hyödyntämisestä kuin omasta lämmöntuotannosta käyttäen polttoaineena öljyä, haketta tai puupellettejä. Elinkaaren aikana tarvittavan energian tuotantoon liittyvät oletukset ovat keskeisiä selvitysten lopputulosten kannalta. Veneessä käytettävien materiaalien jalostukseen ja komponenttien valmistukseen tarvittavan energian tuotantopäästöt on sisällytetty tietopankeista saatuihin tietoihin. Niissä tehtyihin oletuksiin ei siten voida vaikuttaa. Veneen valmistuksessa tarvittavan sähkön tuotannosta aiheutuneet päästöt ja ympäristövaikutukset on sen sijaan laskettu Ecoinvent-tietopankissa olevien Suomessa kulutetun sähkön inventaariotietojen perusteella [Ecoinvent 2009].

*Taulukko 6. Lähteet veneenvalmistuksen inventaariotiedoille.*

Tiedonkeruuseen osallistuneet venealan yritykset
Bella-veneet Oy, Kuopio
Fiskars Inhan Tehtaat Oy Ab, Ähtäri
Juha Snell Oy, Tuusula
Konekesko Termalin, Mikkeli
Nauticat Yachts Oy, Riihikoski
Oy Nautor Ab, Pietarsaari
Päijän-Vene Ky, Asikkala
Seliö Boats Oy, Sammatti
Silver Boats Ltd, Ähtäri
Terhi Oy, Rymättylä

Huviveneiden pääasiallisia runkomateriaalivaihtoehtoja on viisi: lujitemuovi, kestormuovi, puu, alumiini ja teräs. Näistä selvästi yleisin on lujitemuovi, joka tyypillisimmillään on lujittavien lasikuitujen ja polyesterihartsin muodostama komposiitti. Lujitemuovi- ja kestormuoviveneiden etuja ovat mm. materiaalin keveys ja suhteellisen helppo huollettavuus. [Savolainen 2009]. Alumiini- ja teräsveneiden vahvuuksia taas ovat metallien hyvät mekaaniset ominaisuudet ja korkea kierrätysaste. Venemateriaaleista ainoa uusiutuvaksi luokiteltava on puu. Puun etuihin kuuluu materiaalin uusiutuvuuden lisäksi esimerkiksi soveltuvuus polttoon energijätteenä. Haittoihin kuuluvat puumateriaalin kasvun vaatima suuri pinta-alan tarve, trooppisten puulaatujen kestävän tuotannon vaikea todennettavuus ja veden kanssa jatkuvasti kosketuksissa olevan puun vaatimat käsittelyt.

### 3.3.3.1 Lujitemuovirunko

Lujitemuoveilla tarkoitetaan rakennetta lujittavien kuitujen ja matriisiaineena toimivan muovivaiheen muodostamaa komposiittia. Tällaisen rakenteen etuja myös veneenvalmistuksessa ovat erityisesti komposiittimateriaalin lujuus ja jäykkyys yhdistettynä varsin alhaiseen ominaispainoon. Muita etuja ovat esimerkiksi muotoilunvapaus, hyvä kemiallinen kestävyys ja matalat tuotantokustannukset. [Saarela 2007] Toisaalta nykyisten muovimateriaalien käyttö tarkoittaa riippuvuutta öljystä.



*Kuva 10. Lujitemuovivene Aquador 21 WAE, valmistaja Bella [Finnboat 2008a].*

Lujitemuovien matriisiaineeksi sopivat sekä kerta- että kestormuovit. Veneteollisuudessa käytetään pääasiassa kertamuoveihin kuuluvia polyesteri-, vinyylisteri- ja epoksihartseja. Näistä kaksi ensimmäistä sisältävät noin 35–45 % painostaan styreeniä ja niiden kovettumisen aikaansaavana koveteaineena käytetään peroksidia. Useita epoksiryhmiä sisältävän epoksihartsin kovetteeksi käy esimerkiksi amiini. Veneteollisuuden suosimia lujitteita ovat lasi-, hiili- ja aramidikuidut, joista lasikuitu on selvästi käytetyin. Venerungon ulko- ja sisäpinnat käsitellään gelcoat- ja topcoat-valmisteilla, jotka ovat suojaavia polyesterihartsipohjaisia pinnoiteaineita. [Saarela 2007]

Lujitemuoviveneet valmistetaan yleisimmin laminointimenetelmillä, joita ovat ruiskulaminointi ja käsinlaminointi joko märkä- tai kuivamenetelmällä. Ruiskulaminoinnissa kuitu ruiskutetaan yhdessä hartsin kanssa ruiskutuspuolilla avomuottiin. Ruiskutuspuolilla tehtävä on katkoa lujite haluttuun pituuteen ja ohjata se hartsiaineeseen sekoitettuna muotin pintaan. Käsin tehtävässä märkälaminoinnissa lujite kostutetaan nestemäisessä hartsiin ja asetellaan kerroksittaiseksi rakenteeksi avomuottiin. Kuivamenetelmällä tarkoitetaan prepreg-puolivalmisteiden käyttöä, joissa lujite on esikyllästetty hartsiin ja sisältää itsessään kaikki kovettumiseen tarvittavat ainesosat. Muita veneteollisuudessa käytettyjä valmistusmenetelmiä ovat injektio menetelmiin kuuluvat alipaine- ja paineinjektio (RTM-menetelmä, resin transfer molding). Näissä lujite asetellaan muottiin, joka sitten suljetaan alipaineinjektiossa alipainekalvolla tai joustavalla muottipuoliskolla ja paineinjektiossa kiinteällä muottipuoliskolla. Hartsi injektoidaan muottiin joko ali- tai ylipainetta hyödyntäen. [Pouttu 2005, Saarela 2007]

Tyypillisimmillään lujitemuoviveneen valmistusprosessi laminointimenetelmällä sisältää seuraavat vaiheet:

1. Muotin kiillotus ja käsittely irrotusaineella.
2. Muotin maalaaminen gelcoatilla (veneeseen ulkopinta).
3. Laminointi.
4. Laminaatin pinnan maalaaminen topcoatilla (veneeseen sisäpinta).
5. Laminaatin kovettuminen.
6. Kappaleen irrottaminen muotista.
7. Muotojen ja aukkojen leikkaukset ja hionta.

Tässä tutkimuksessa tarkastellut lujitemuovirunkoiset huviveneet on kaikki valmistettu lasikuiduilla lujitetusta polyesterihartsista. Kahden tarkastellun purjeveneeseen rungoissa esiintyy sekä polyesterihartsia että vinyyliesterihartsia, mutta varsinaisessa laskennassa jälkimmäinenkin on korvattu polyesterihartsilla vinyyliesterihartsin valmistuksen puutteellisten elinkaaritietojen vuoksi. Lujitteen osuus venerungon komposiittirakenteessa on 30–50 % painon suhteen. Pääasiallinen valmistusmenetelmä on kaikkien perämööttöriveneiden kohdalla avolaminointimenetelmiin lukeutuva ruiskulaminointi, joskin eräissä tapauksissa pienempiä osia valmistetaan käsinlaminointi- tai RTM-menetelmällä. Gelcoat- ja topcoat-pinnoitteet ovat suurimmaksi osaksi polyesterihartsipohjaisia, ja niiden styreenipitoisuus on noin 30–45 %.





*Kuva 11. Lujitemuovipurjevene Nauticat 321, valmistaja Nauticat Yachts Oy [Finnboat 2008a].*

### 3.3.3.2 ABS-muovirunko

ABS-muovi (akryylinitriilibutadienistyreeni) eli iskunkestävän polystyreenin ja akryylinitriilin kopolymeeri on kestävä muovi, joten sitä voidaan toistuvasti muokata erilaisten lämpö- ja painekäsittelyjen avulla. Veneteollisuuden materiaalina ABS-muovin etuna on erittäin suuri iskutietoisuus, jonka ansiosta runkomateriaali on joustavaa, eikä murtumia pääse syntymään helposti [Terhi 2007]. Kestomuovimateriaalit ovat yleensä hieman lujitemuovirakenteita painavampia [ECNI 2009]. ABS-muovi on myös kohtuullisen helppohoitoinen runkomateriaali [Terhi 2007].



*Kuva 12. ABS-muovivene More Fun C, valmistaja Terhi [Finnboat 2008a].*

Veneteollisuuden käyttämä valmistusmenetelmä ABS-veneiden tuotannossa on kestopuovien yleisin lämpömuovausmenetelmä, alipainemuovaus. Alipainemuovauksessa ABS-levy lämmitetään ja muovataan sitten alipaineen avulla muottia vasten, jolloin muotin muodot kopioituvat ABS-materiaaliin [TAIK 2010]. Sekä veneen sisä- että ulkokuori valmistetaan alipainemuovaamalla omissa muoteissaan ja niiden väliin jäävä tila täytetään umpisoluisella, vettä imemättömällä polyuretaanivaahdolla. Näin aikaansaadaan iskunkestävä ja käytännössä uppoamaton kerrosrakenne. [Terhi 2007]

### 3.3.3.3 Alumiinirunko

Alumiini on huviveneen runkomateriaalina kestävä ja kevyt. Primäärisen alumiinin tuotantoprosessi bauksiitista on erittäin energiaintensiivinen prosessi, mutta tätä kompensoi alumiinin hyvä kierrätettävyys. Myös veneteollisuudessa voidaan hyödyntää sekundääristä, eli kierrätysalumiinia, ja toisaalta käytöstä poistetun alumiiniveneen runkomateriaali voidaan jälleen palauttaa kierrätysmateriaaliksi. Verrattuna primäärialumiinin tuotantoon, kierrätysalumiinia voidaan tuottaa jopa 95 % pienemmällä energiamäärällä [ECNI 2009].



Kuva 13. Alumiinivene Buster XXL, valmistaja Fiskars [Finnboat 2008a].

Alumiiniveneet valmistetaan muotoonleikatuista alumiinilevyistä ja -profiileista. Rungon komponentit kootaan pääosin hitsaamalla. Kelluvuuden takaamiseksi pienten (<6 m) veneiden runko varustetaan sivukoteloilla, jotka täytetään sopivalla kellunta-aineella.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen alumiiniveneiden pääasiallinen alumiiniseos on merialumiiniseos 5754 (AlMg3) ja kellunta-aineena on käytetty polyuretaanivaahtoa. Tarkasteltavana on myös huvivene, jonka runkomateriaalina on alumiini, mutta sisäelementti on valmistettu lasikuiduilla vahvistetusta lujitemuovista ruiskulaminoitimenetelmällä.

### 3.3.3.4 Tuotannon jätteet ja päästöt

Venetuotannossa käytettävistä runkomateriaaleista huomattava osa, lasikuituveneiden tapauksessa noin 10 %, päätyy jätteeksi [Saarinen 2009]. Hävikki riippuu valmistusmateriaaleista ja -menetelmistä, sekä venetyypistä. Muutoin tuotannossa syntyvä jäte koostuu esimerkiksi puu-, pakkausmateriaali- ja liuotinjätteestä. Venetuotannon valmistus- ja kokoonpanovaiheessa ei aiheudu merkittäviä määriä päästöjä ilmaan, eikä niiden määrätietoja ole vähäisen tarkkailun vuoksi juurikaan saatavilla. Alumiiniveneen kohdalla päästöjä kuitenkin syntyy hitausvaiheessa ja lasikuituveneiden kohdalla styreeni-, asetoni- ja muina VOC-haihtumina. Vesipäästöjä ei synny käytännössä lainkaan.

Tuotannon jätteiden uudelleenkäyttö- ja kierrätysmahdollisuudet yhdessä muiden hyötykäyttövaihtoehtojen kanssa vaihtelevat riippuen sekä materiaaleista, että tuotantolaitoksen sijainnista. Esimerkiksi alumiiniveneiden tuotannossa syntyvä alumiinileikkausjäte toimitetaan metallinkeräykseen, kun taas ABS-veneiden valmistuksessa syntyvä ABS-rouhe voidaan kierrättää takaisin ABS-levytuotantoon. Myös lasikuitujätettä olisi mahdollista kierrättää uudelleenkäytettäväksi, mutta mahdollisuudet tähän ovat toistaiseksi vähäisiä teknisistä ja taloudellisista haasteista johtuen. Pääasiallisesti lasikuituveneiden tuotannossa syntyvä jäte toimitetaankin Suomessa joko energiajätteenä jätteenpolttolaitoksille tai sekajätteen mukana kaatopaikoille. Mahdollisuudet lasikuitujätteen hävittämiseen vaihtelevat alueittain: eräiden kuntien jätehuoltomääräyksissä energiajätettä tuottavat teollisuuskiinteistöt velvoitetaan varustettavaksi erillisillä keräysvälineillä, kun taas toisaalla energiajätteen keräämisestä ei ole annettu mitään säädöksiä. Kunnallisten jätehuoltomääräyksiä taustalla ovat alueelliset valmiudet vastaanottaa ja hyödyntää energiajätettä, ja erot johtuvat muun muassa jätteenpolttolaitosten vähäisestä määrästä. Jätehuollon kannalta epätehokkaalla alueella energiajätteen kohdentaminen hyötykäyttöön voi tulla yritykselle kalliiksi, joten insentiivien puuttuessa hyödynnettävissä oleva jäte päätyy usein jätehierarkian arvojen vastaisesti kaatopaikalle. Teollisuus vastaa itse jätehuollostaan ja hankkii jätehuoltopalvelunsa luvanvaraisesti toimivilta palveluntarjoajilta, mutta kuntien jätehuoltomääräysten ohjauksen merkitystä ei voi vähätellä. Jätehuoltomääräysten toteutumista valvoo paikallinen ympäristöviranomainen.

Venetuotannossa syntyy myös jonkin verran ongelmajätettä, kuten liuotin- ja tislausjätettä sekä kyllästettyä puujätettä. Esimerkiksi liuotinjäte voidaan kuitenkin saattaa kiinteään muotoon kovetinaineeseen sekoittamalla, jolloin sekin voidaan hävittää sekajätteen joukossa.

### 3.3.4 Kuljetukset

Huviveneen elinkaari pitää sisällään monia vaiheita, joihin liittyy erilaisia kuljetustapahtumia. Valmistusvaiheen piiriin kuuluvia kuljetuksia ovat esimerkiksi raaka-aineiden ja komponenttien kuljetukset tehtaille, kuljetukset eri tehtaiden välillä sekä kuljetukset venevalmistajalta jälleenmyyjälle tai suoraan veneenomistajalle. Käyttövaiheessa kuljetuksia kertyy itse veneen käyttämisen eli veneilyn lisäksi erilaisista maakuljetuksista satamien ja säilytyspaikkojen välillä. Myös huoltoon voi liittyä kuljetuksia. Käytöstä poistamisen yhteydessä vene kuljetetaan vielä loppukäsittelykohteeseensa.

Pääosa huviveneen elinkaaren aikaisista kuljetuksista, pois lukien itse veneily, tapahtuu Suomessa maakuljetuksina rekoilla ja perävaunuyhdistelmillä. Merkittävin kuljetuksista johtuva kuormitus arvioidaan syntyvän käyttövaiheeseen liittyvistä maakuljetuksista kun venettä siirretään esimerkiksi toiseen satamaan, säilytyspaikkaan tai huoltopisteeseen. Näitä kuljetuksia voi kertyä veneen pitkän eliniän aikana runsaasti, mutta toisaalta niistä löytyy hyvin vähän luotettavaa tutkimustietoa.



Suomalaiset venevalmistajat ovat kansainvälisiä toimijoita ja suomalaisia veneitä viedään myös paljon ulkomaille. Ulkomaille viedyistä, Suomessa valmistetuista veneistä valtaosa päättyy Norjaan ja Ruotsiin [Finnboat 2008b]. Siten kuljetuksista suurin osa rajoittuu 1500 km säteelle. Merkittävä osa valtioiden välisistä vientikuljetuksista tapahtuu laivalla ja kohde- maassa tuontisatamasta jälleenmyyjälle tai kuluttajalle maantiekuljetuksin.

Tässä työssä on kuljetuksista huomioitu veneen kuljettaminen valmistajalta jälleenmyyjälle tai suoraan asiakkaalle maantiekuljetuksin.

### 3.3.5 Käyttövaihe

Tässä tutkimuksessa huviveneen käytöstä aiheutuvilla päästöillä tarkoitetaan sekä polttoai- neen valmistuksen että käyttövaiheen aikaisen polttoaineen palamisen aiheuttamia päästöjä.

Polttoaineen tuotannossa syntyvät päästöt ilmaan aiheutuvat pääosin raakaöljyn hankinnan ja kuljetusten, öljynjalostusprosessin sekä valmiin öljytuotteen kuljetusten päästöistä. Lähtöai- neistona polttoaineen valmistuksen liittyvissä päästöissä käytetään Fortumin julkaisemia pääs- tökertoimia, jotka perustuvat näiden kolmen vaiheen yhteispäästöihin [Fortum 2002].

Varsinaiset käytönaikaiset päästöt ilmaan, eli veneeseen asennetun polttomoottorin päästöt lasketaan VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmän huvivenemallia hyödyntäen [VTT 2008]. Mallia käytetään pääasiassa vuotuisten huviveneilystä aiheutuvien valtakunnallisten päästöjen laskentaan Suomessa, ja se pitää sisällään tietoja muun muassa Suomen huvivenekannasta, huviveneiden päästökertoimista [Lundén 1993, Naturvårdverket 1992] ja käyttömääristä [Rä- sänen et al. 2005].

Tässä tutkimuksessa tarkastelluissa pienissä huviveneissä käytetään pääosin bensiinikäyttöisiä perämoottoreita. Näiden venetyyppien elinkaarimallinnuksessa on valittu valmistajan mootto- risuosituksen kokoinen bensiinikäyttöinen nelitahtiperämoottori ja purjeveneille dieselkäyt- töinen sisämoottori. Koko venekannan huomioiden suurin osa perämoottoriveneistä on vielä toistaiseksi kaksitahtisia, mutta kasvavan myynnin ansiosta nelitahtisten tai yhtä vähäpäästöis- ten kaksitahtisten koneiden arvioidaan pian saavuttavan saman määrällisen tason. Viime vuo- sina nelitahtiset ovat hallinneet myyntitilastoja [Finnboat 2008b] järjestelmällisesti yli 70 % myyntiosuudella. Tämän perusteella voidaan todeta nelitahtisen moottorityypin olevan nyky- tilannetta ja etenkin tulevaisuutta parhaiten kuvaava vaihtoehto, ja siksi tämän tutkimuksen laskennassa käytetään yksinomaan nelitahtimoottoreita.

Huviveneen vuotuiset päästöt ilmaan lasketaan tietyinkokoiselle ja -tyyppiselle moottorille kertomalla keskenään tarkasteluvuoden käyttötunnit (taulukko 7), moottorin keskimääräinen käyttöteho ja päästökerroin (taulukko 8). Veneiden keskimääräiseksi käyttötehoksi arvioidaan 50 % nimellistehosta. Huviveneen vuotuinen polttoaineenkulutus saadaan vastaavasti kerto- malla keskenään tarkasteluvuoden käyttötunnit, moottorin keskimääräinen käyttöteho ja polt- tonesteenkulutus. Bensiinikäyttöisen nelitahtimoottorin kulutus on 279 g/kWh ja dieselkäyt- töisellä 233 g/kWh. [Mäkelä et al. 2009]

*Taulukko 7. Huviveneiden vuotuiset käyttöajat 2008 [Mäkelä et al. 2009].*

	Bensiini, 4-tahti Perämoottorivene	Diesel Sisämoottorivene
Keskimääräiset käyttötunnit [h/a]	25	50
Käyttötuntien korjauskerroin 2008	0,9	0,7
Käyttötunnit 2008 [h/a]	22,5	35



Taulukko 8. Huviveneilyn päästökertoimet moottorityypin mukaan [Mäkelä et al. 2009].

Moottorityyppi	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PM [g/kWh]	CH <sub>4</sub> [g/kWh]	N <sub>2</sub> O [g/kWh]	CO <sub>2</sub> [g/kg]	SO <sub>2</sub> [g/kg]
Bensiini, 4-tahti	143	12	7,3	0,45	0,48	0,025	3133	0,016
Diesel	3,8	1,2	14	0,42	0,041	0,021	3148	0,020

Venemoottoreissa on perinteisesti käytetty moottoribensiineitä ja kevyttä polttoöljyä. Vuonna 2004 tuli käyttöön uusi polttoneste nimeltään moottoripolttoöljy. Kevyt polttoöljy on tähän asti jouduttu tekemään sopivaksi sekä lämmityskäyttöön että moottoreiden polttoaineeksi. Tällöin valmistuksessa on jouduttu tekemään kompromisseja öljyn ominaisuuksien suhteen, jotta se toimisi kohtuullisesti kummassakin käytössä. [Räsänen et al. 2005]

Kevyen polttoöljyn ja moottoripolttoöljyn käytöstä huviveneilyssä on sittemmin luovuttu, ja nykyisin dieselmoottorilla varustettujen huviveneiden polttoaineeksi sallitaan yksinomaan tieliikenteessäkin käytetty, korkeammin verotettu dieselöljy. Muutoksen taustalla on vuonna 2007 Suomessa säädetty laki (1307/2007), joka kieltää kevyen polttoöljyn ja moottoripolttoöljyn käytön huviveneilyssä. Käytännössä tämä laki toimeenpantiin velvoittamalla 1.1.2008 lähtien öljy-yhtiöt toimittamaan huoltoasemille huvivenekäyttöön kevyesti verotettujen polttoöljyjen sijaan ainoastaan dieselöljyä. [Tullihallitus 2007]

### 3.3.6 Huolto

Erilaiset huolto- ja ylläpitotoimet kuuluvat olennaisena osana huviveneilyyn. Veneen runko, moottori, ohjaus- ja hallintalaitteet sekä veneilyyn liittyvät turvallisuusvarusteet vaativat säännöllisten huoltotoimenpiteiden noudattamista, jotta veneilystä voidaan nauttia turvallisesti läpi sen täyden käyttöiän. Oikean huollon lisäksi myös oikea säilytys sekä veneilykauden aikana että talviolosuhteissa vaikuttavat suuresti veneen kuntoon ja suunnitellun käyttöiän saavuttamiseen. Perinteisesti veneilijä on itse huolehtinut veneilyyn liittyvistä huolto- ja säilytystoimenpiteistä, mutta vuonna 2007 valmistuneen selvityksen mukaan yhä useampi veneilijä olisi kiinnostunut ostamaan nämä palvelut ammattitoimijalta [Hentinen 2007]. Veneilyharrastukseen kaivataan lisää helppoutta ja vaivattomuutta, ja toistaiseksi vähäisesti saatavilla oleville säilytys-, huolto- ja vikaantumispalveluille nähdään kasvavaa kysyntää [Hentinen 2007].

Veneilykauden aikana nykyaikaiset muovi- ja alumiinirunkoisten veneiden huoltotoimenpiteiksi riittää säännöllinen puhdistus ja pesu neutraalilla pesuaineella kuten mäntysuopaliuoksella. Lasikuituveneelle riittää usein jo pelkkä painepesurilla annettu vesipesu. Pesutarpeen tiheyden vaikuttaa esimerkiksi se, tapahtuuko veneily suolaisessa vai makeassa vedessä, vesistön yleinen tila sekä se, säilytetäänkö venettä vedessä vai nostetaanko se mahdollisimman usein maalle tuulettumaan. Pesuaineiden, venevahojen ja kiillotusaineiden valinnassa tulee huomioida niiden sopivuus venemateriaaleihin. Esimerkiksi kuparia sisältävät valmisteet eivät sovellu alumiinipintojen käsittelyyn.

Ennen jäiden tuloa tulee vene nostaa pois vedestä ja valmistella se asianmukaisesti talvisäilytykseen. Pilssivedet ja moottorin jäähdytysvesi tyhjennetään, vene pestään perusteellisesti ja tyhjennetään irtolaisesta tavarasta. Vene säilytetään talven yli ilmastisesti peitettyinä, mieluiten katoksen alla tai venevajassa.

Uuteen veneilykauteen valmistaudutaan veneen kevätkunnostuksella, jolloin on paras aika suorittaa tarvittavat korjaustoimenpiteet kuten korjata mahdolliset gelcoat-vauriot. Ennen vesille lähtöä on myös syytä tarkistaa sähkölaitteiden toimivuus ja turvavarusteiden taso. Mikäli

vene viedään merelle, voi olla tarpeen maalata sen pohja antifouling-maalilla, joka estää vesieliöiden kiinnittymisen. Antifouling-käsittelyä ei kuitenkaan tarvita merivesioloissakaan, mikäli venettä pidetään vesillä enintään kaksi viikkoa kerrallaan ja säilytetään siis pääasiassa maalla. Nykyiset markkinoilla olevat valmisteet perustuvat sisältämänsä kuparin tai sinkin vaikutuksiin ja niiden päästöjä veteen on rajoitettu niiden myrkyllisyyden vuoksi [Suomen ympäristökeskus 2009a]. Vesiympäristölle vielä haitallisempien tinayhdisteiden käyttö kiellettiin vuodesta 2003 lähtien [Räsänen 2005].

Myös huviveneen perämoottori vaatii säännöllisen huollon vähintään kerran vuodessa, yleensä nämä toimenpiteet on käteväntä suorittaa ennen talvea kun vene nostetaan maihin. Vuosittaisiin huoltotoimiin kuuluu öljyjen vaihto ja makeavesihuuhtelu syöpymisen estämiseksi. Mikäli moottori altistuu pakkaselle, tulee moottorin jäähdytysvedet tyhjentää pois. Lisäksi tulee voidella kaikki voideltavat osat sekä vaihtaa korroosionestoanodit.

Tässä tutkimuksessa huolto on rajattu elinkaariarvioinnin ulkopuolelle, koska ympäristövaikutukset ovat useimmille venetyypeille oletettavasti pienet ja koska luotettavaa ympäristödataa huolloille ei ollut saatavissa.

### 3.3.7 Käytöstä poisto

Asianmukaisesti käytettynä ja huollettuna huviveneen elinikä voi yltyä 30–50 vuoteen. Keskimääräisen veneen käyttöiän arvioidaan kuitenkin haarukoituvan eri lähteiden mukaan noin 20–40 vuoteen [ECNI 2009, ICOMIA 2008, Ilmalahti 2009]. Vuosittain käytöstä poistuvien veneiden määrä Suomessa on noin 3 000 kappaletta [Savolainen 2009]. Nämä käytöstä poistuneet veneet eivät vielä toistaiseksi ole tuottajavastuun piirissä, eikä niiden sisältämiä materiaaleja kierrätetä tai hyödynnetä vielä kovinkaan tehokkaasti. Suomessa, kuten muuallakaan maailmassa, ei ole vielä sitovia, venevalmistajia velvoittavia kierrätystä ja käytöstä poistoa koskevia säädöksiä. Käytöstä poistuvista veneistä käytetään yleisesti kansainvälisesti vakiintunutta termiä ELB (End of Life Boat).

Nykytilanteessa käytöstä poistuneen huviveneen hävittäminen on Suomessa veneen omistajan vastuulla. Pahimmassa tapauksessa veneestä hankkiudutaan eroon esimerkiksi polttamalla, upottamalla se vesistöön tai yksinkertaisesti hylkäämällä se rannan lähetyville. Oikeaoppisessa tapauksessa omistaja toimittaa veneen käytöstä poistettuja veneitä vastaanottavaan jäte- tai kierrätyskeskuksen kaatopaikalle. Yleensä jäteveneiden vastaanottamisesta myös peritään maksu, joka jää kuluttajan eli veneenomistajan maksettavaksi. Irrotetut veneenakut kuuluvat ongelmajätteeseen ja venemoottorit metallijätteeseen, joiden vastaanottamiseen kotitalouksilta ei liity erillisiä maksuja. Polttoaineet, öljyt ja muut nesteet tulee poistaa moottorista ja koko veneestä ja toimittaa soveltuvaan jätekeräykseen.

Kaatopaikkajätteeksi päätyneen sijaan käytöstä poistuneille huviveneille on kehitteillä myös ympäristömyönteisempiä vaihtoehtoja. Materiaalien ja/tai energian talteenottoon liittyvät mahdollisuudet ovat jo osin käytössä, mutta erilaiset taloudelliset ja tekniset ongelmat haittaavat niiden vakiintumista. Keskeisiä ongelmia ovat esimerkiksi merkittäviin kuljetuskustannuksiin johtava jäteveneiden hajaantunut sijainti, sekä kemikaalien käytön aiheuttama materiaalien epäpuhtaus. Osa käytöstä poistuneista veneistä päättyy kuitenkin kierrätettäväksi. Arviolta 80 % kierrätykseen saapuvista veneistä on lujitemuovista ja ABS-muovista valmistettuja veneitä ja 20 % puu- tai metallirunkoisia. Kierrätetyt, käytöstä poistuneet veneet ovat pääasiassa pieniä, alle 6 metrisiä veneitä. Nämä pienet avoveneet ovat helpommin romutettavissa ja murskattavissa kuin suuremmat, joissa on usein murskaamista haittaavia kansirakenteita ja kölejä. Suuret veneet tarvitsevat usein esikäsitteilyn nokkaleikkurilla ennen murskaamista. [Savolainen 2009].

Tässä työssä käytöstä poiston oletetaan olevan erilainen metallisille ja muovisille materiaaleille. Alumiinrunгон oletetaan päätyvän kierrätykseen kun taas ABS-muovirungon ja lujitemuovirungon loppusijoitettavaksi kaatopaikalle. Oletukset ovat nykytilanteen mukaisia. Muoveja pystytään hyödyntämään tietyin rajoituksin myös kierrätysmateriaaleina tai energiana, mutta käyttö on Suomessa vähäistä. Muovien energiahyötykäytön ympäristövaikutuksia tarkastellaan tässä työssä herkkyystarkastelun avulla. Taulukko 9 listaa eri käsittelyprosessien ympäristötiedon lähteet.

*Taulukko 9. Lähteet eri käytön jälkeisten käsittelyprosessien inventaariotiedoille.*

Käsittelyprosessi	Tietolähde
Alumiinin kierrätys	EAA 2007&2008
Ongelmajätteiden käsittely	Ecoinvent 2009
Muovin kaatopaikkasijoitus	Ecoinvent 2009
Muovin poltto energiaksi	Ecoinvent 2009, Jätelaitosyhdistys 2010
Ruostumattoman teräksen kierrätys	ISSF 2009
Teräksen kierrätys	IISI 2000

### 3.3.7.1 Lujitemuovin käytön jälkeinen käsittely

Lujitemuovi on jätteenä inertti, eli se ei juuri reagoi kemiallisesti muiden aineiden kanssa. Pääosa sekä tuotannon että käytöstä poistuneen veneen lujitemuovijätteestä loppusijoitetaan kaatopaikoille. On kuitenkin olemassa muita potentiaalisia vaihtoehtoja, joskin tekniset ja taloudelliset seikat ovat vielä toistaiseksi vaikeuttaneet niiden yleistymistä.

Käytöstä poistetun huviveneen lujitemuovimateriaaleja voitaisiin periaatteessa kierrättää kahdella tavalla: hyödyntämällä niitä sekoitettuna neutraaliseen lujitemuovimassaan tai käyttämällä murskettua lisämateriaalina asfaltinvalmistuksessa [ICOMIA 2007]. Lujitemuovijätteen menekki on kuitenkin varsin pieni, kun taas kustannukset uudelleenkäytettävän materiaalin talteenottamiseksi ja käyttämiseksi ovat verrattain suuret.

Lujitemuovin lämpöarvo on korkea ja veneiden lujitemuovijätteen voidaan siten arvioida soveltuvan jätteenpoltoon energian tuottamiseksi. Puhtaan hartsijätteen lämpöarvo onkin noin 30 MJ/kg ja kovetetun hartsijätteen on tutkittu kelpaavan rinnakkaispoltoon ja jätteenpolttolaitoksille [Siik 2007]. Suomessa on jo useita polttolaitoksia, jotka vastaanottavat murskattua lujitemuovijätettä maksua vastaan, ja eräät venevalmistajat toimittavatkin tuotantojätteenä syntyvän lujitemuovijätteen energiantuotantoon. Sen sijaan käytöstä poistettujen veneiden lujitemuovijätettä ei vielä ole pystytty hyödyntämään muun muassa sen likaisuuden aiheuttamien polttoteknisten ongelmien ja kustannussyiden takia.

Sementtiteollisuudessa käytöstä poistetun veneen lujitemuovijätettä voitaisiin hyödyntää sekä energiantuotannossa että materiaalien uudelleenkäytössä. Lujitemuovimateriaalien polttaminen klinkkeriuunissa vastaa sementinvalmistuksen lämmöntarpeisiin, ja muodostuvaa tuhka-ainesta voidaan edelleen hyödyntää sementissä tarvittavana seosaineena. [ICOMIA 2007]

### 3.3.7.2 ABS-muovin käytön jälkeinen käsittely

Yhdyskuntajätteen seassa kerättävän muovijätteen kierrätys materiaalina on ongelmallista, koska eri muovilaatujen erottaminen toisistaan sekajätteen joukosta on vaikeata. Käytöstä poistetuista veneistä erilliskerätty ABS-muovi saadaan kuitenkin talteen homogeenisenä ja voidaan siten hyödyntää materiaalina tai energiana käytöstä poiston jälkeen. Kuusakoski Oy

vastaanottaa ja käsittelee kierrätyskelpoista ABS-muovijätettä Suomessa [Kuusakoski Oy 2010]. Kestomuovista valmistettuja, käytöstä poistettuja veneitä on kerätty valmistajan toimesta ja niitä on satunnaisesti toimitettu Suomessa kierrätettäväksi. Muovijäte on hyvä jättepolttoaine korkean, yli 30 MJ/kg lämpöarvonsa johdosta. Suomessa jätteenpolttolaitokset ovat CHP-laitoksia jotka tuottavat sähköä ja kaukolämpöä yhdyskunnan tarpeisiin [Jätelaitosyhdistys 2010].

Tässä työssä ABS-muovijäte oletetaan sijoitettavan kaatopaikalle vallitsevan tilanteen mukaisesti.

### 3.3.7.3 Alumiinin käytön jälkeinen käsittely

Alumiiniveneiden käytöstä poiston jälkeen veneen alumiini voidaan kierrättää materiaalina, koska kierrätysalumiini on haluttu ja arvokas uusioalumiinin raaka-aine. Alumiinin ominaisuudet säilyvät kierrätyksen jälkeenkin malmeista tehdyn raaka-alumiinin kaltaisina ja sen jalostaminen alumiiniharkoiksi on edullisempaa kuin raaka-alumiinin [EAA 2008]. Alumiiniveneessä käytetystä alumiinista jopa 95 % voidaan käyttää uudelleen sulatoilla alumiinituotteiden raaka-aineena [ECNI 2009].

Käytöstä poistetut alumiinituotteet käsitellään ensin tarvittaessa repimillä, leikkureilla ja gravitaatioerottimilla ja paalaimilla. Sen jälkeen kierrätetty alumiini johdetaan alumiinisulatoille, joissa niistä tehdään alumiiniharkkoja. Alumiinista saadaan talteen koko kierrätysprosessissa noin 90–95 %, tarvittavasta esikäsittelystä ja sulatusprosessista riippuen [EAA 2008].

Alumiinin hyvästä kierrätettävyydestä huolimatta tämän hetken tarve alumiinille on monin verroin suurempi kuin mitä kierrätysalumiinia on saatavilla. Vain 35 % maailmanlaajuisesta alumiinin tarpeesta voidaan kattaa kierrätysalumiinilla. Sen vuoksi elinkaarilaskennassa tulee laskea kierrätettävissä olevan alumiinin määrä ainoastaan elinkaaren loppuvaiheessa, ei tutkia tuotteen valmistuksessa alun perin käytettyä kierrätysmateriaalin osuutta. [EAA 2007]

## 3.4 Esimerkinomaisia hiilijalanjälki- ja haittapistetuloksia veneille

Tässä raportissa tutkimuksessa tarkasteltujen huviveneiden elinkaariarvioinnin tuloksia esitetään pääasiassa hiilijalanjälkenä, eli hiilidioksidiekvivalenttikiloina, sekä Eco-indicator 99 -haittapisteinä. Kilo- tai pistemäärät voidaan esittää esimerkiksi summattuna koko veneen elinkaaren yli tai osuuksina elinkaaren eri vaiheille. Mikäli halutaan vertailla erikokoisien veneiden suhteellisia ympäristökuormituksia, voidaan kilo- tai pistemääräiset tulokset jakaa jollakin veneen kokoa korreloivalla luvulla kuten veneen painolla tai pituudella.

Tulokset esitetään omina kokonaisuuksinaan pienille perämoottoriveneille (pituudeltaan noin 4–7 m) ja suurille purjeveneille (pituudeltaan noin 13–20 m). Näiden kahden ryhmän tuloksia ei tule verrata keskenään, sillä laskennan toteutus ja tarkkuustaso poikkeavat hieman toisistaan.

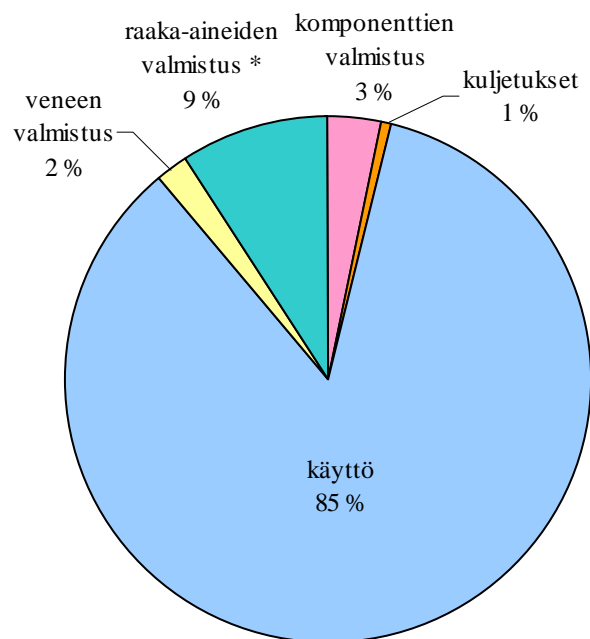
### 3.4.1 Perämoottoriveneet

Tässä osiossa esitetään esimerkinomaiset elinkaariarvioinnin tulokset noin 4–7 metrin pituisille perämoottoriveneille.

### 3.4.1.1 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki kuvaa tuotteen elinkaaren aikana syntyviä yhteenlaskettuja kasvihuonekaasupäästöjä muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi (CO<sub>2</sub>e). Muunnos tehdään käyttäen ilmaston lämmittävää vaikutusta kuvaavaa kerrointa, ilmastonlämmityspotentiaalia (GWP, global warming potential). Tässä tutkimuksessa hiilijalanjäljen laskennassa huomioidaan kolme tärkeintä kasvihuonekaasua, ja niille käytetään seuraavia IPCC:n Neljännen arviointiraportin kertoimia: hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) 1, metaani (CH<sub>4</sub>) 25 ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O) 298 [IPCC 2007]. SYKE:n (Suomen ympäristökeskus), MTT:n (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) ja VTT:n ENVIMAT-tutkimuksessa (Suomen talouden materiaalivirtojen ympäristövaikutukset) suomalaisen keskimääräiseksi hiilijalanjäljeksi on arvioitu noin 10 000 hiilidioksidiekvivalenttikiloa.

Kuva 14 esittää perämoottorikäyttöisten huviveneiden hiilijalanjäljen suhteelliset osuudet elinkaaren eri vaiheissa keskiarvona tutkimuksessa tarkastelluille yhdeksälle veneelle. Käytöstäpoistovaiheen osuus, joka osalle veneistä oli negatiivinen ja osalle positiivinen, on sisällytetty kuvaajassa \*-merkillä korostettuun raaka-aineiden valmistusvaiheeseen ja eroaa siten tässä raportissa muualla käytetystä elinkaaren vaihetta kuvaavasta termistä ”raaka-aineiden valmistus”.



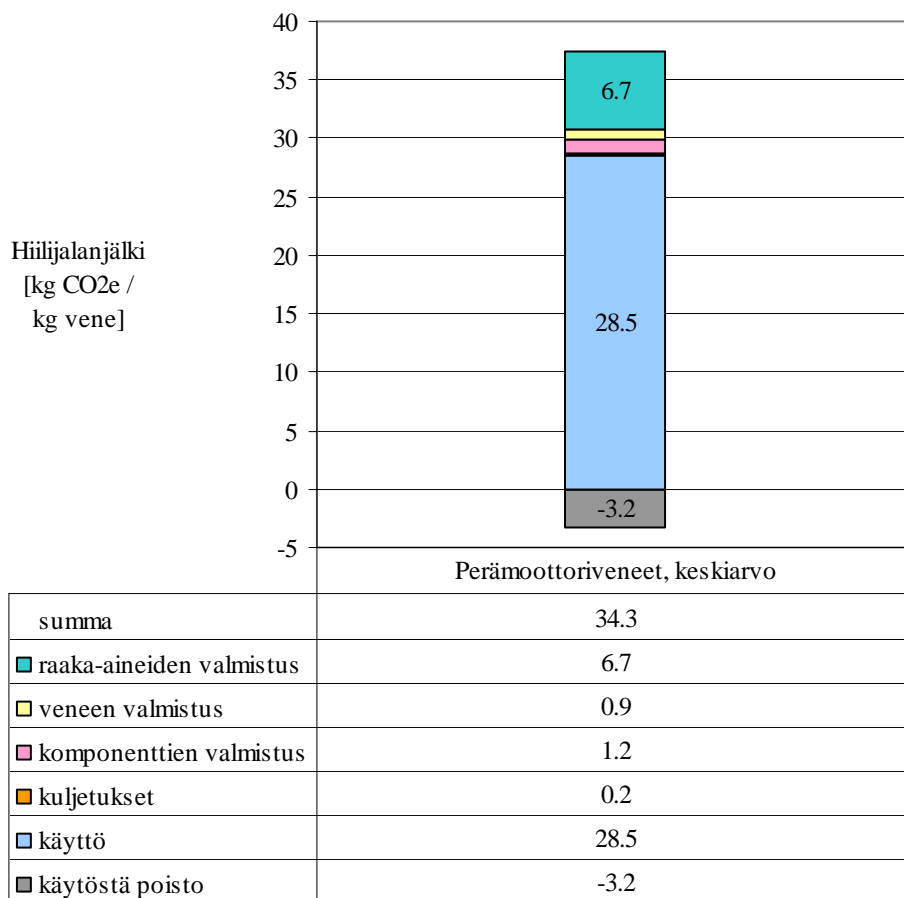
*Kuva 14. Perämoottoriveneiden hiilijalanjäljen osuudet elinkaaren eri vaiheissa (keskiarvo kaikista tutkimuksen perämoottoriveneistä, 9 kpl). Käytöstä poistamisen vaikutukset on sisällytetty vaiheeseen raaka-aineiden valmistus\*.*

Kuva 14 osoittaa, että käyttövaihe aiheuttaa valtaosan perämoottoriveneen koko elinkaaren ajalta lasketusta hiilijalanjäljestä (85 %). Toiseksi merkittävin osuus on raaka-aineiden valmistuksen ja käytöstä poiston yhteenlaskettu vaikutus (9 %). Veneen valmistuksen, komponenttien (moottorit ja akut) valmistuksen sekä kuljetusten osuudet hiilijalanjäljestä jäävät pieniksi, niistä kukin kattaa alle 5 %.

Perämoottoriveneiden hiilijalanjäljestä 96 % muodostuu hiilidioksidista (CO<sub>2</sub>). Muut kaksi päästökomenttia, metaani (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O), kattavat hiilidioksidiekvivalen-

teiksi muunnettuina kumpikin noin 2 % koko hiilijalanjäljestä. Hiilidioksidi on siis hallitseva kasvihuonekaasu huviveneen elinkaarta tarkasteltaessa.

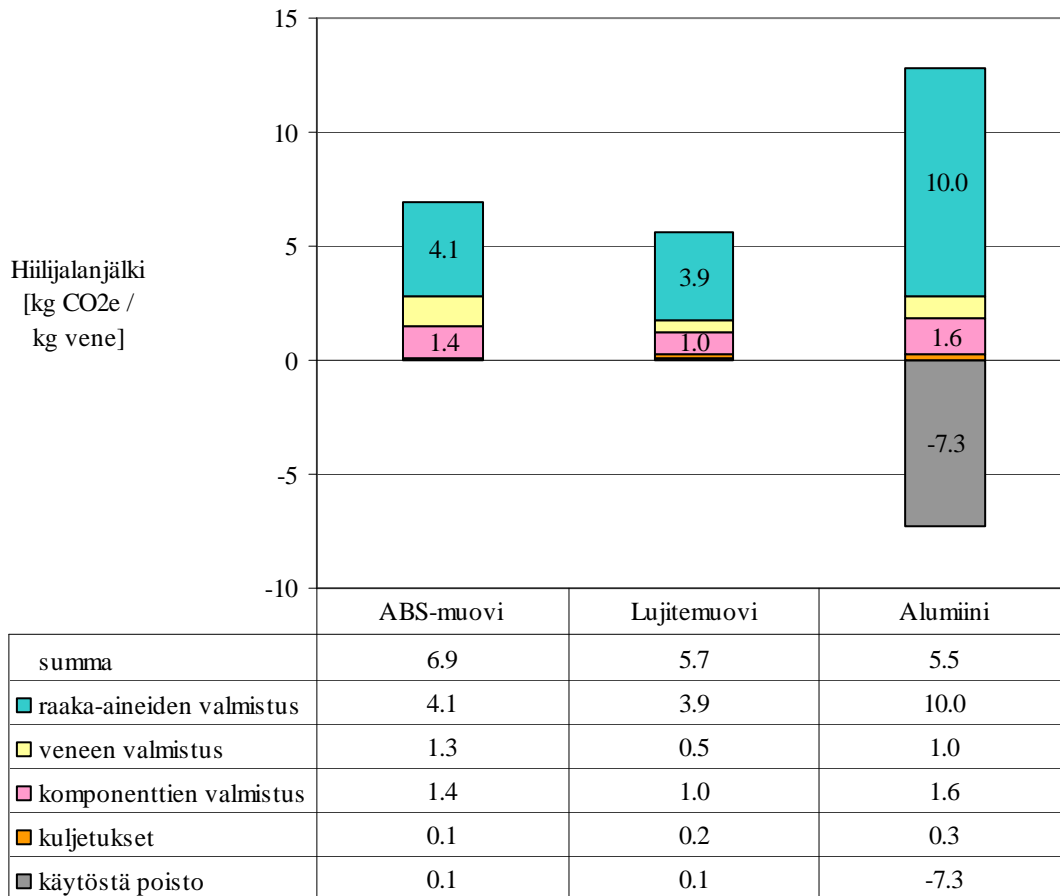
Kuva 15 esittelee tutkimuksessa tarkasteltujen perämoottorikäyttöisten veneiden hiilijalanjäljen suhteutettuna veneen kokoon, yksikössä hiilidioksidiekvivalenttikilo per venekilo [kg CO<sub>2</sub>e / kg vene]. Hiilijalanjälki on laskettu keskiarvona kaikista tutkimuksen yhdeksästä perämoottoriveneestä. Kuvaajan palkeissa pysty akselin positiiviselle puolelle sijoittuvat elinkaaren vaiheet aiheuttavat ympäristökuormitusta, eli tässä tapauksessa erityisesti ilmakehän lämpenemistä. Pysty akselin negatiiviselle puolelle sijoittuvat elinkaaren vaiheet taas edustavat vältettyä ympäristökuormitusta. Tietyn elinkaaren vaiheen sisällä saattaa olla sekä negatiivisia että positiivisia vaikutuksia; kuvaajassa vaiheet on esitetty summana kunkin yksittäisen vaiheen ylitse.



Kuva 15. Perämoottoriveneiden hiilijalanjälki [kg CO<sub>2</sub>e] veneen painoa [kg vene] kohti. Keskiarvo kaikista tutkimuksen perämoottoriveneistä (9 kpl). Negatiiviset luvut kuvaavat esimerkiksi kierrätyksen avulla vältettyä kuormitusta.

Kuva 15 vahvistaa aiemman piirakkakuvaajan tapaan käyttövaiheen hallitsevan roolin perämoottoriveneen hiilijalanjäljessä. Veneen ja komponenttien valmistusvaiheen sekä kuljetusten aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt jäävät eri materiaaleista valmistettujen perämoottoriveneiden kesken varsin pieniksi ja samansuuruisiksi. Kun eri vaiheiden tulokset lasketaan etumerkki huomioiden yhteen, saadaan hiilijalanjäljen suuruudeksi keskimäärin 34.3 kg CO<sub>2</sub>e / kg vene.

Kuva 16 näyttää perämoottoriveneiden hiilijalanjälkitulokset keskiarvona samasta materiaalista valmistetuille veneille. Kuva on laadittu venevalmisajan näkökulmasta jättäen käyttövaiheen huomioimatta.



Kuva 16. Perämoottoriveneiden hiilijalanjälki [kg CO<sub>2</sub>e] veneen painoa [kg vene] kohti eriteltynä runkomateriaalin mukaan (ABS-muovi, lasikuitulujitteinen muovikomposiitti sekä alumiini). Ei sisällä käyttövaiheen osuutta hiilijalanjäljestä. Negatiiviset luvut kuvaavat esimerkiksi kierrätyksen avulla vältettyä kuormitusta.

Kuva 16 osoittaa, että alumiiniveneiden raaka-aineiden valmistusvaiheeseen liittyvä osuus hiilijalanjäljestä venekiloa kohti on merkittävästi muovivalmisteisten veneiden vastaavaa lukua suurempi, yli kaksinkertainen. Tämä johtuu alumiinin valmistusprosessin energiaintensivisestä luonteesta. Alumiiniveneiden tilannetta vertailussa parantaa kuitenkin sen kierrätettävyyttä veneen käytöstäpoistovaiheessa. Kierrätetty ilmenee alumiiniveneen hiilijalanjälkeä kuvaavan palkin negatiivisena osana. Kokonaisuutta tarkastellessa voidaan pääasiassa alumiinin kierrätyksen avulla vältetty kuormitus (7.3 kg CO<sub>2</sub>e / kg vene) vähentää raaka-aineiden valmistuksen aiheuttamasta kuormituksesta (10 kg CO<sub>2</sub>e / kg vene). Vähennyslaskun tulos (2.7 kg CO<sub>2</sub>e / kg vene) on samaa luokkaa kuin muovirunkoisten veneiden vastaavat luvut, eikä alumiinivene siis jää kokonaisuuden kannalta näitä huonommaksi vaan jopa aavistuksen vähemmän kuormittavammaksi.

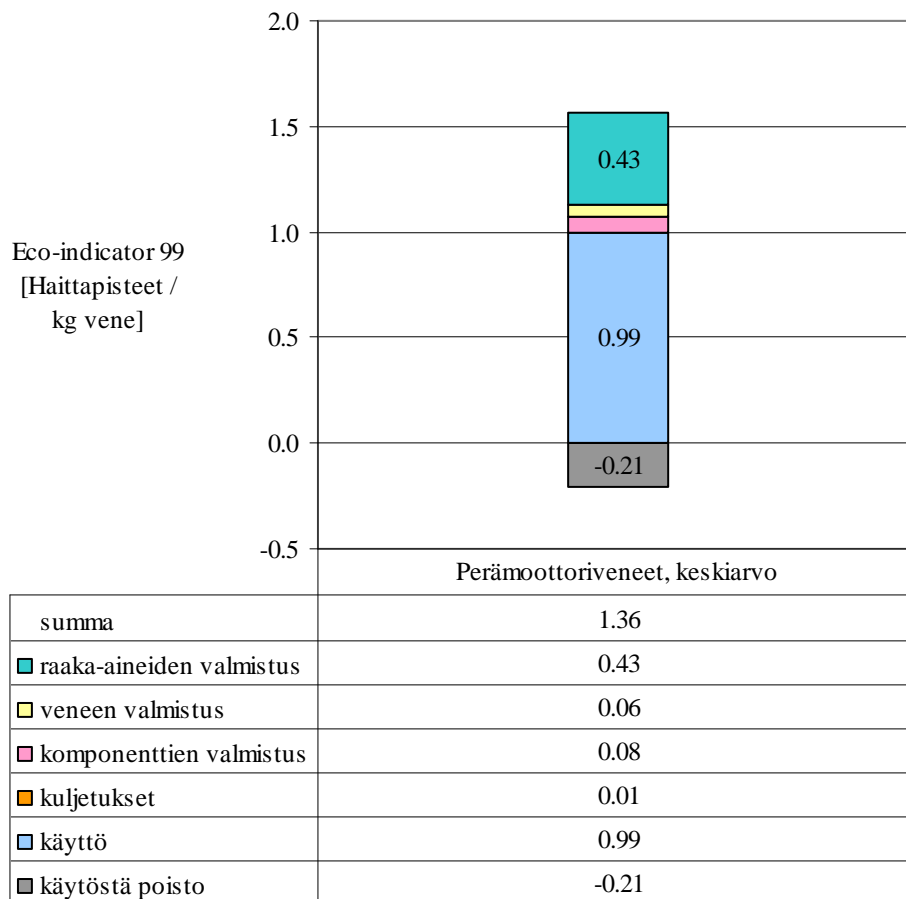
### 3.4.1.2 Eco-indicator 99 -haittapisteet

Elinkaariarvioinnin tuloksia voidaan tarkastella arvottamalla ja pisteyttämällä erilaiset ympäristövaikutukset jonkin säännösten mukaan. Tässä tutkimuksessa tulokset esitetään Eco-



indicator 99 -menetelmän pisteinä. Eco-indicator -haittapisteiden lukuarvo ei sellaisenaan ole havainnollinen, vaan pisteiden tarkoituksena on mahdollistaa vertailu esimerkiksi erilaisten tuotteiden suhteellisten erojen välillä. EI99-pisteet on skaalattu siten, että yksi haittapiste vastaa yhtä tuhannesosaa yhden eurooppalaisen aiheuttamasta ympäristökuormituksesta vuositasolla. [EI99 2000]

Kuva 17 esittelee tutkimuksessa tarkasteltujen perämoottorikäyttöisten veneiden ympäristövaikutusarvioinnin tulokset Eco-indicator 99 -haittapisteinä suhteutettuna veneen kokoon, yksikössä pisteet per venekilo. Haittapisteet on laskettu keskiarvona kaikista tutkimuksen yhdeksästä perämoottoriveneestä. Kuvaajan palkeissa pystyakselin positiiviselle puolelle sijoittuvat elinkaaren vaiheet aiheuttavat kuormitusta luonnon ympäristölle, luonnonvaroille ja ihmisen terveydelle. Pystyakselin negatiiviselle puolelle sijoittuvat elinkaaren vaiheet taas edustavat vältettyä kuormitusta. Tietyn elinkaaren vaiheen sisällä saattaa olla sekä negatiivisia että positiivisia vaikutuksia, kuvaajassa vaiheet on esitetty summana kunkin yksittäisen vaiheen ylitse.



*Kuva 17. Perämoottoriveneiden Eco-indicator 99 -pisteet [haittapisteet] veneen painoa [kg vene] kohti. Keskiarvo kaikista tutkimuksen perämoottoriveneistä (9 kpl). Negatiiviset luvut kuvaavat esimerkiksi kierrätyksen avulla vältettyä kuormitusta.*

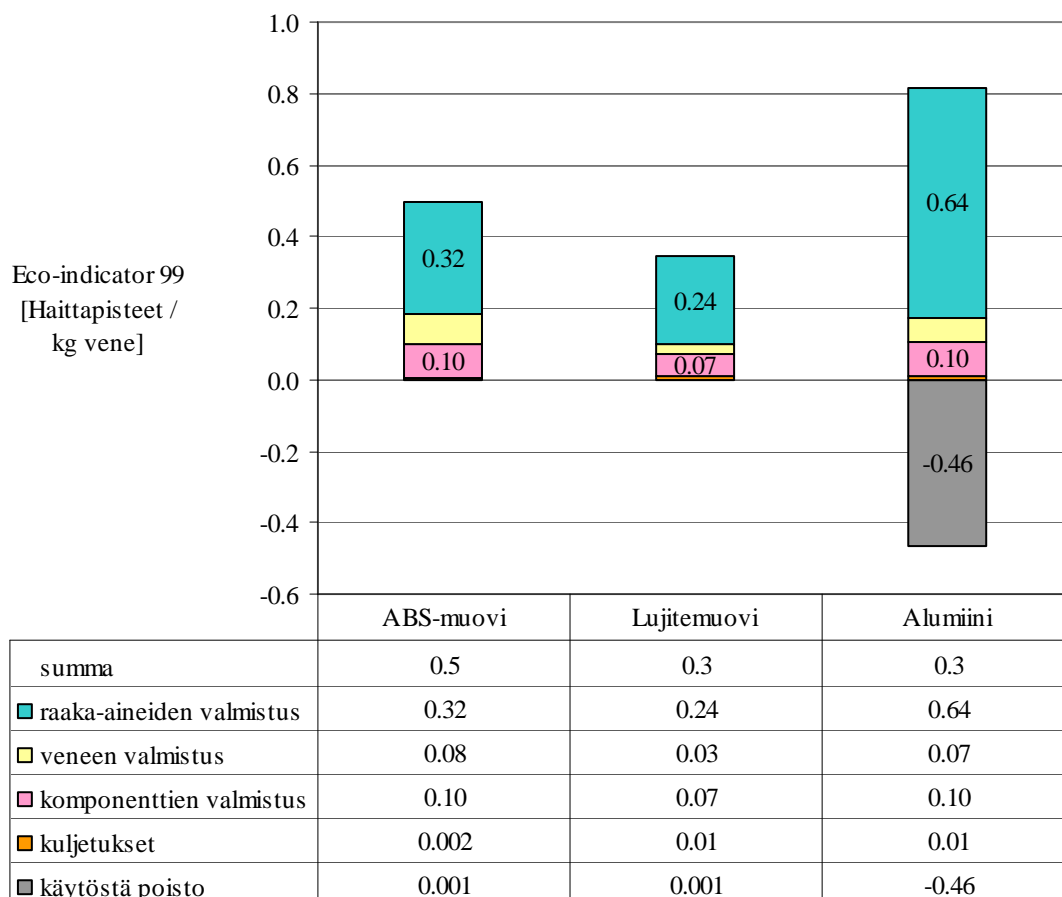
Kuva 17 on muodoltaan hyvin samanlainen kuin vastaavalla tavalla hiilijalanjäljelle tuotettu kuvaaja (kuva 15). Merkittävin ero elinkaaren eri vaiheiden suhteellisessa kuormituksessa EI99-haittapisteinä mitattuna hiilijalanjälkeen verrattessa on se, että käyttövaiheen osuus muihin vaiheisiin verrattuna on pienempi. Tämä johtuu siitä, että käyttövaiheessa tapahtuvan polttoaineen palamisen suurimpia ympäristövaikutuksia on nimenomaan vapautuvien kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus. Muiden elinkaaren vaiheiden kuormitukset keskit-



tyvät taas enemmän muihin vaikutusluokkiin, eivätkä ne siksi saa niin paljon näkyvyyttä hiilijalanjäljessä kuin haittapisteissä. Erityisesti raaka-aineiden valmistuksen ja toisaalta myös käytöstä poistamisen merkitys korostuvat haittapisteissä. Kun eri vaiheiden tulokset lasketaan etumerkki huomioiden yhteen, saadaan hiilijalanjäljen suuruudeksi keskimäärin 1.36 pistettä / kg vene.

Kun eri ympäristövaikutusten haittapisteluvut perämoottoriveneen koko elinkaaren yli lasketaan yhteen, saadaan yhden perämoottoriveneen yhden käyttövuoden aikaiseksi kuormitukseksi noin 26 pistettä. Luku on laskettu keskiarvona tutkimuksen yhdeksästä perämoottoriveneestä. Mikäli tulos halutaan kohdentaa yhtä veneilijää kohti, voidaan luku jakaa edelleen yhtä venettä keskimäärin käyttävien henkilöiden lukumäärällä. Keskimääräiseksi käyttäjämääräksi voidaan arvioida 2–3 henkilöä, ja jakamalla edellä saatu pistemäärä 2.5:llä saadaan yhden veneilijän arvioiduksi haittapisteluvuksi noin 10 pistettä. Kun keskimääräinen eurooppalaisen vuotuinen kuormitus EI99 -pisteillä laskien on noin 1 000 pistettä, vastaisi tässä tutkimuksessa saatu arvio tästä yhtä prosenttia.

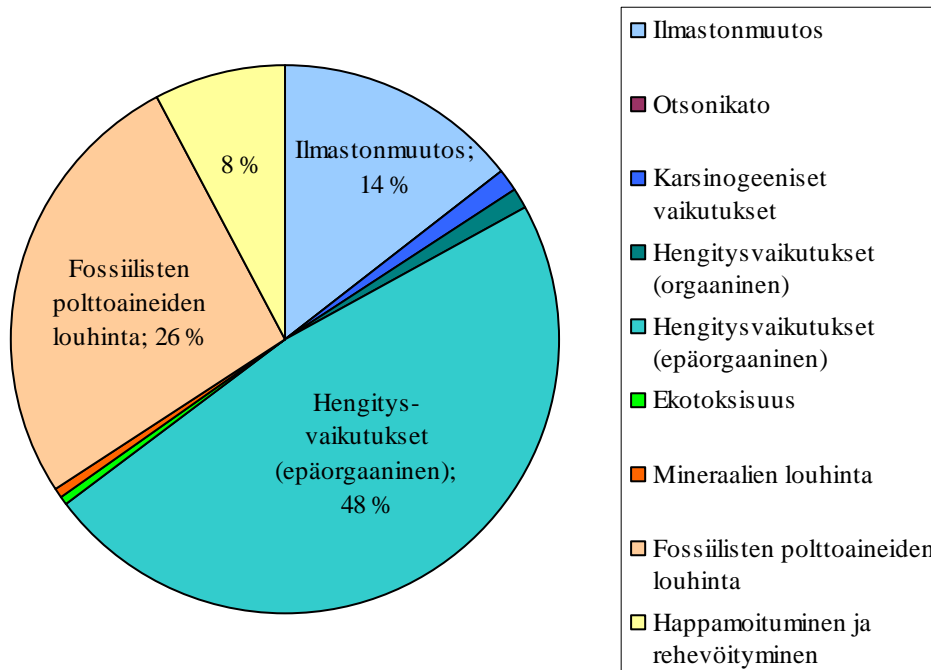
Kuva 18 näyttää perämoottoriveneiden EI99-haittapistetulokset keskiarvona samasta materiaalista valmistetuille veneille. Kuva on laadittu venevalmistajan näkökulmasta jättäen käyttövaihe huomioimatta.



*Kuva 18. Perämoottoriveneiden Eco-indicator 99 -pisteet [haittapisteet] veneen painoa [kg vene] kohti eriteltynä runkomateriaalin mukaan (ABS-muovi, lasikuitulujuitteinen muovikomposiitti sekä alumiini). Ei sisällä käyttövaiheen osuutta haittapisteissä. Negatiiviset luvut kuvaavat esimerkiksi kierrätyksen avulla vältettyä kuormitusta.*

Kuva 18 korostaa edelleen alumiiniveneiden tapauksessa vältetyn päästön saavuttamista kiertäytymisen keinoin. Alumiiniveneiden käytöstäpoistovaiheessa vältetty kuormitus (0.46 pistettä / kg vene) voidaan vähentää raaka-aineiden valmistuksen aiheuttamasta kuormituksesta (0.64 pistettä / kg vene). Vähennyslaskun tulos (0.18 pistettä / kg vene) jää muovivalmisteisten veneiden vastaavaa lukua pienemmäksi.

Kuva 19 jakaa perämoottoriveneen elinkaaren aikaisen kuormituksen EI99-haittapisteinä mitattuna eri vaikutusluokkiin.



Kuva 19. Perämoottoriveneiden Eco-indicator 99 -haittapisteiden jakautuminen eri vaikutusluokkiin (keskiarvo kaikista tutkimuksen perämoottoriveneistä, 9 kpl).

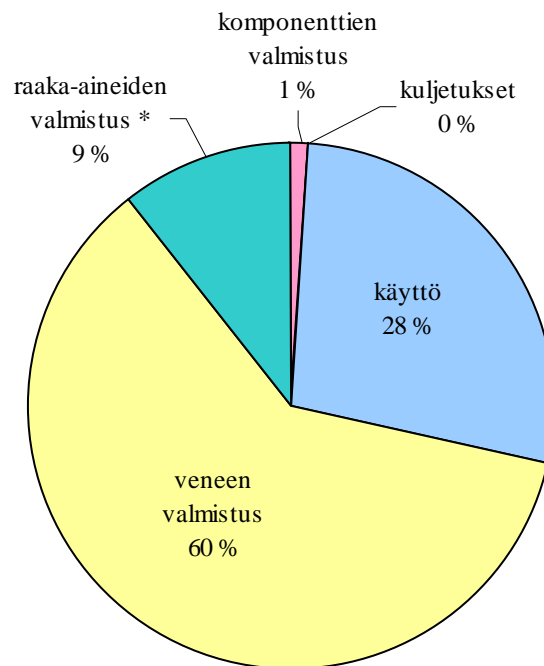
Kuva 19 osoittaa, että selvästi suurin osa kuormituksesta, lähes puolet, muodostuu epäorgaanisen aineksen aiheuttamista hengitysvaikutuksista. Tästä merkittävin osa koostuu käyttövaiheessa tapahtuvan polttoaineen palamisen synnyttämistä typen oksidipäästöistä (NO<sub>x</sub>). Toiseksi merkittävin vaikutusluokka on noin neljänneksen kokonaisuudesta kattava fossiilisten polttoaineiden louhinta. Ilmastonmuutos yltää vaikutusluokkien välisessä vertailussa kolmanneksi 14 %:lla perässään 8 %:sta vastaava happamoituminen ja rehevöityminen. Loput vaikutusluokat jäävät alle 2 % osuuksiin kokonaisuudesta.

### 3.4.2 Suuret purjeverneet

Tässä osiossa esitetään esimerkinomaiset elinkaariarvioinnin tulokset noin 13–20 metrin pituisille moottorein varustetuille purjeverneille.

#### 3.4.2.1 Hiilijalanjälki

Kuva 20 esittää purjeverneiden hiilijalanjäljen suhteelliset osuudet elinkaaren eri vaiheissa keskiarvona tutkimuksessa tarkastelluista kahdesta veneestä. Käytöstäpoistovaiheen osuus on sisällytetty kuvaajassa \*-merkillä korostettuun raaka-aineiden valmistusvaiheeseen.

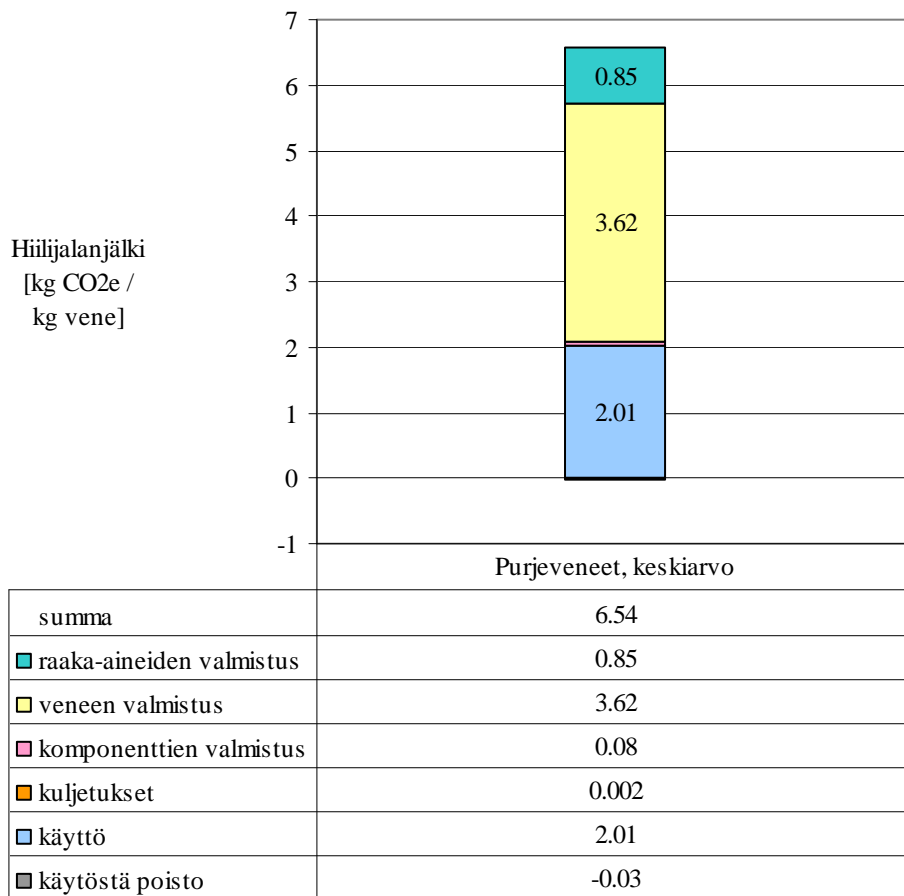


Kuva 20. Suurten purjevereiden hiilijalanjäljen osuudet elinkaaren eri vaiheissa (keskiarvo kaikista tutkimuksen purjeveistä, 2 kpl). Käytöstä poistamisen vaikutukset on sisällytetty vaiheeseen raaka-aineiden valmistus \*.

Kuva 20 osoittaa, että purjevereiden tapauksessa merkittävin vaihe hiilijalanjäljen kannalta on veneen valmistusvaihe (60 %). Käyttövaiheen osuudeksi näillä perinteisistä purjevereistä poiketen melko suurilla moottoreilla varustetuilla aluksilla jää reilu neljännes (28 %). Kolmanneksi merkittävin osuus on raaka-aineiden valmistuksen ja käytöstä poiston yhteenlaskettu vaikutus (9 %). Komponenttien (moottorit ja akut) valmistuksen sekä kuljetusten osuudet hiilijalanjäljestä jäävät hyvin pieniksi.

Purjevereiden hiilijalanjäljestä 96 % muodostuu hiilidioksidista (CO<sub>2</sub>). Muut kaksi päästökomponenttia, metaani (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O), kattavat hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuna 3 ja 1.5 % koko hiilijalanjäljestä. Hiilidioksidi on siis hallitseva kasvihuonekaasu myös purjevereen elinkaarta tarkasteltaessa.

Kuva 21 esittelee tutkimuksessa tarkasteltujen purjevereiden keskiarvoisen hiilijalanjäljen suhteutettuna veneen kokoon, yksikössä hiilidioksidiekvivalenttikilo per venekilo [kg CO<sub>2</sub>e / kg vene].

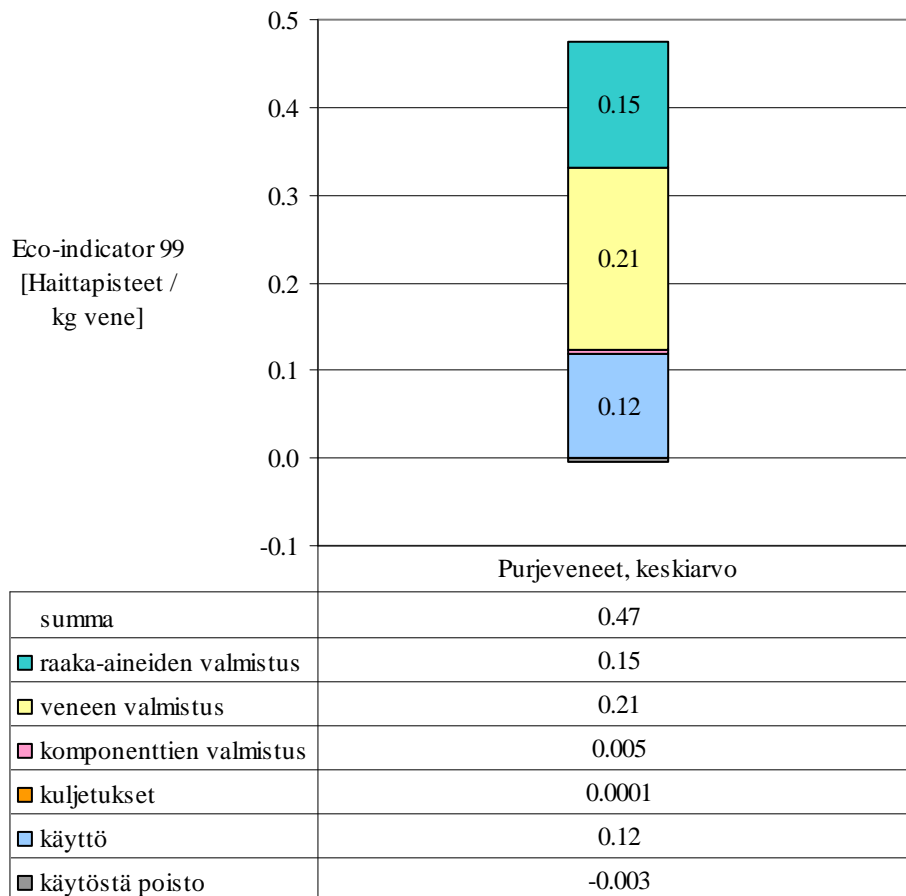


Kuva 21. Suurten purjeveneiden hiilijalanjälki [kg CO<sub>2</sub>e] veneen painoa [kg vene] kohti. Keskiarvo kaikista tutkimuksen purjeveneistä (2 kpl). Negatiiviset luvut kuvaavat esimerkiksi kierätyksen avulla vältettyä kuormitusta.

Kuva 21 vahvistaa aiemman piirakkakuvaajan tapaan veneen valmistusvaiheen merkittävän roolin purjeveneiden kohdalla. Kuvaajan lukuarvoja ei tule suoraan verrata vastaavaan, perämoottoriveneitä koskevaan pylväsdiaagrammiin. Tutkimuksen purjeveneet olivat painoltaan yli kymmenkertaisia tarkasteltuihin perämoottoriveneisiin verrattuna, ja purjeveneiden kohdalla elinkaariarvioinnin laskelmien tarkkuustaso jää perämoottoriveneisiin verrattuna karkeammalle tasolle, sillä rakenteissa ja komponenteissa huomioidut perusmateriaalit ja -osat kattavat purjeveneiden painosta suhteellisesti pienemmän osan. Toisin sanoen laskelmien rajauksissa ulkopuolelle jätetyt rakenneosat ja materiaalit ovat purjeveneiden kannalta huomattavasti suurempi virhetekijä.

### 3.4.2.2 Eco-indicator 99 -haittapisteet

Kuva 22 esittelee tutkimuksessa tarkasteltujen purjeveneiden vaikutusarvioinnin tulokset Eco-indicator 99 -haittapisteinä suhteutettuna veneen kokoon, yksikössä pisteet per venekilo.

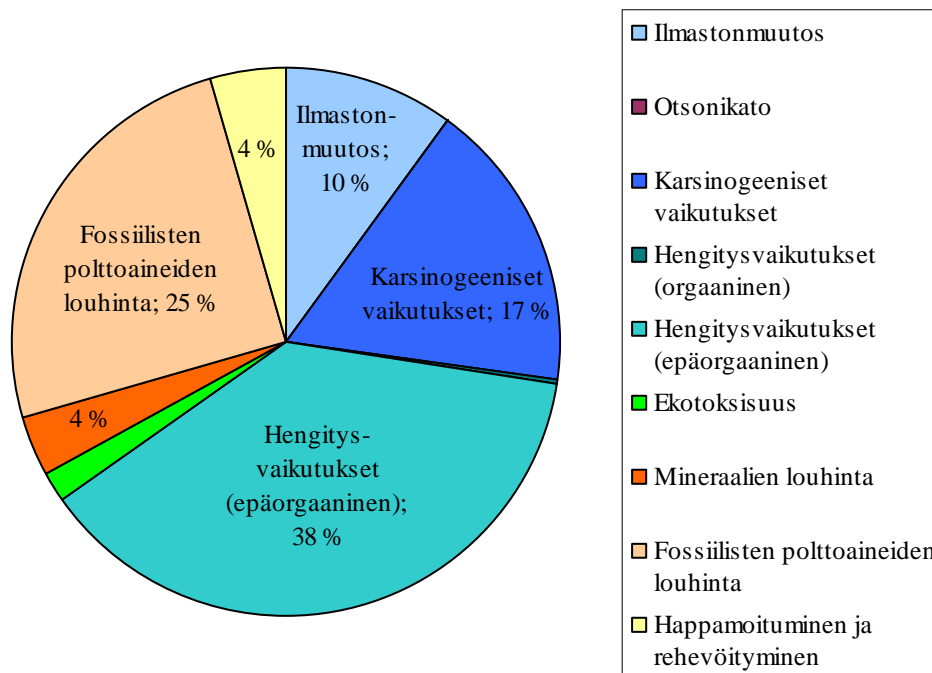


Kuva 22. Suurten purjeveneiden Eco-indicator 99 -pisteet [haittapisteet] veneen painoa [kg vene] kohti. Keskiarvo kaikista tutkimuksen purjeveneistä (2 kpl). Negatiiviset luvut kuvaavat esimerkiksi kierrätyksen avulla vältettyä kuormitusta.

Kuva 22 on muodoltaan hyvin samanlainen kuin vastaavalla tavalla hiilijalanjäljelle tuotettu kuvaaja (kuva 21). Merkittävin ero elinkaaren eri vaiheiden suhteellisissa kuormituksissa haittapisteinä mitattuna hiilijalanjälkeen verrattuna on se, että käyttövaiheen osuus muihin vaiheisiin verrattuna on pienempi. Tämä johtuu siitä, että käyttövaiheessa tapahtuvan polttoaineen palamisen suurimpia ympäristövaikutuksia on nimenomaan vapautuvien kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus. Muiden elinkaaren vaiheiden kuormitukset keskittyvät taas enemmän muihin vaikutusluokkiin, eivätkä ne siksi saa niin paljoa näkyvyyttä hiilijalanjäljessä kuin haittapisteissä. Kuvaajan lukuarvoja ei tule verrata vastaavaan, perämoottoriveneitä koskevaan pylväsdiagrammiin.

Kun eri ympäristövaikutusten haittapisteluvut purjeveneiden koko elinkaaren yli lasketaan yhteen, saadaan yhden purjeveneiden yhden käyttövuoden aikaiseksi kuormitukseksi noin 359 pistettä. Mikäli halutaan kohdentaa tulos purjehtijaa kohti, voidaan luku jakaa edelleen yhtä purjevenettä keskimäärin käyttävien henkilöiden lukumäärällä. Keskimääräiseksi käyttäjämääräksi voidaan arvioida 4–6 henkilöä, ja jakamalla edellä saatu pistemäärä 5:llä saadaan yhden veneilijän arvioiduksi haittapisteluvuksi noin 72 pistettä. Kun keskimääräinen eurooppalaisen vuotuinen kuormitus Eco-indicator 99 -pisteillä laskien on noin 1 000 pistettä, vastaisi tässä tutkimuksessa saatu arvio tästä noin 7 prosenttia.

Kuva 23 jakaa purjeveneiden elinkaaren aikaisen kuormituksen Eco-indicator 99 -haittapisteinä mitattuna eri vaikutusluokkiin.



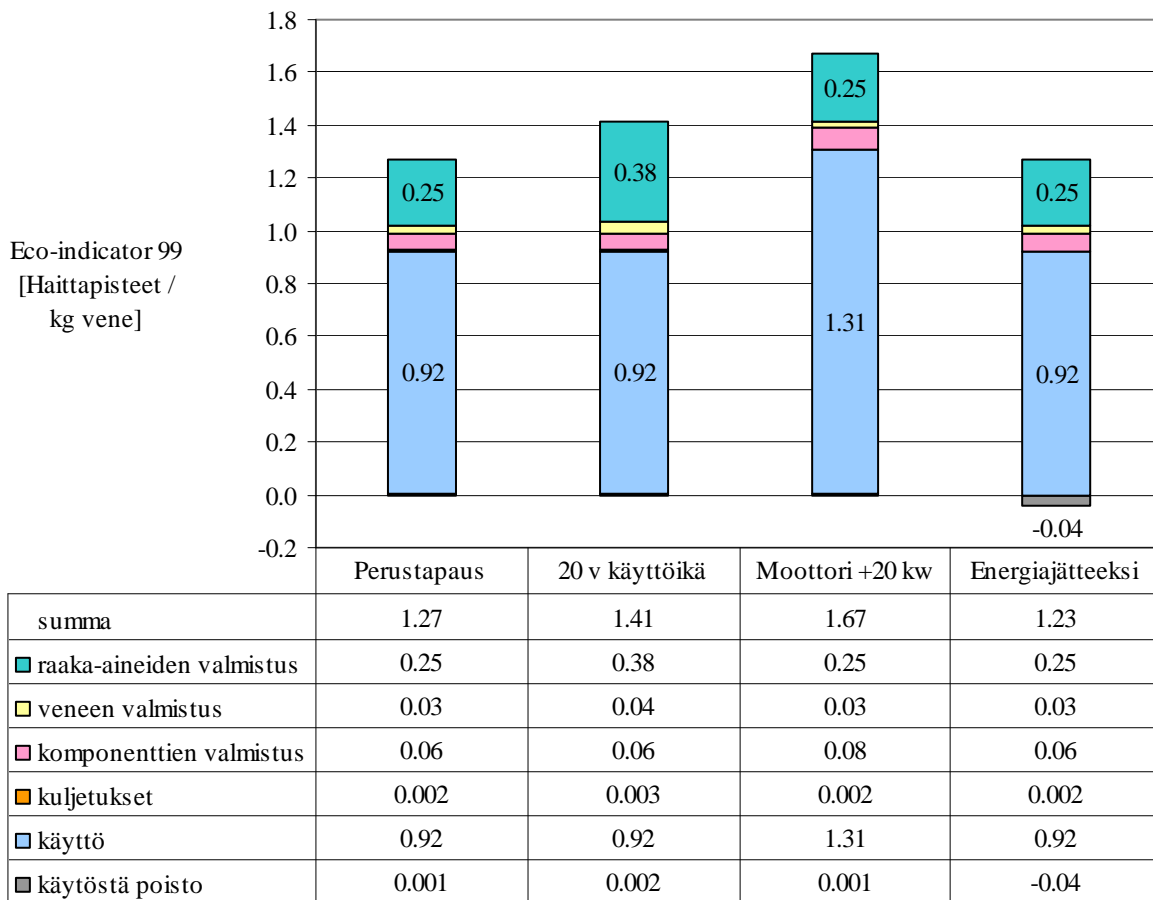
Kuva 23. Suurten purjevereiden Eco-indicator 99 -haittapisteiden jakautuminen eri vaikutusluokkiin (keskiarvo kaikista tutkimuksen purjevereistä, 2 kpl).

Kuva 23 osoittaa, että suurin osa kuormituksesta, reilu kolmannes, muodostuu epäorgaanisen aineksen aiheuttamista hengitysvaikutuksista. Tästä merkittävin osa koostuu käyttövaiheessa tapahtuvan polttoaineen palamisen synnyttämistä typen oksidipäästöistä (NO<sub>x</sub>) sekä veneen valmistusvaiheessa vapautuvista hiukkaspäästöistä. Toiseksi merkittävin vaikutusluokka on noin neljänneksen kokonaisuudesta kattava fossiilisten polttoaineiden louhinta. Kolmanneksi vaikutusluokkien välisessä vertailussa sijoittuu luokka karsinogeeniset vaikutukset (17 %), ja neljänneksi ilmastonmuutos (10 %). Karsinogeeniset vaikutukset aiheutuvat pääosin kölin liijymateriaalin valmistuksen aiheuttamista arsenikin vesipäästöistä. Loput vaikutusluokat jäävät alle 5 % osuuksiin kokonaisuudesta.

### 3.4.3 Herkkyystarkastelut

Kuva 24 esittää Eco-indicator 99 -haittapisteiden herkkyystarkastelun tulokset, jotka on laskettu eräälle lasikuitulujitteiselle muovikomposiittiperämoottoriveneelle. Vene valittiin tarkasteluun siten, että se parhaiten näyttäisi herkkyystarkastelussa analysoitavien muutosten vaikutukset ilman eri syistä johtuvaa tulosten vääristymistä. Muutokset, joiden suhteen herkkyystarkastelut on suoritettu, ovat:

- Käyttöiän muuttaminen perustapauksen 30 käyttövuodesta 20:een. Tarkastelun aikajänteinä säilyy perustapauksen määrittelemä 30 vuotta, eli perustapauksessa veneilyssä riittää yksi vene, kun taas herkkyystarkastelun oletuskäyttöiällä 20 v ajanjaksolla tarvitaan ”puolitoista” venettä.
- Moottorikoon kasvattaminen noin 20 kW:lla (noin 18 % kasvu) valmistajan suosittelemaan perustapauksen moottorivalintaan verraten. Muutos vaikuttaa sekä käyttövaiheeseen että komponenttien valmistusvaiheeseen.
- Käytöstäpoistomenetelmän vaihtaminen perustapauksen kaatopaikkasijoituksesta energijätteenä polttamiseen.



Kuva 24. Eco-indicator 99 -haittapisteiden herkkyyystarkastelu erälle lasikuitulujitteiselle muovikomposiittiveneelle verrattuna 30 vuoden käyttöikäällä laskettuun perustapaukseen. Herkkyyystarkastelu on suoritettu seuraavien kolmen muuttujan suhteen: käyttöikä, moottorikoko ja käytöstäpoistomenetelmä.

Kuva 24 osoittaa kuinka suuri merkitys laskennan lähtöoletuksilla, kuten käyttöikä, tai muilla valinnoilla, kuten tässä tapauksessa moottorikoon valinnalla ja käytöstäpoistomenetelmällä on. Oletukset ja valinnat tulee aina kuvata mahdollisimman läpinäkyvästi, jotta mahdolliset eri laskentatulosten vertailut suoritetaan varmasti vertailukelpoisten lukujen välillä. Käytöstä poistamisen vaihtoehto energiajätteenä polttaen taas osoittaa teoreettisen hyödyn, joka ympäristömyötäisellä valinnalla voitaisiin saavuttaa. Muovin polttaminen jätteenpolttolaitoksessa tuottaa sähkö- ja lämpöenergiaa, jolloin saavutetaan kokonaisuuden kannalta etua verrattuna tilanteeseen, jossa venerunko toimitetaan kaatopaikalle ja vastaava määrä sähköä ja lämpöä tuotetaan muilla keinoin.

### 3.5 Tulosten tarkastelu

Tämä tutkimus on tässä laajuudessaan ensimmäinen venetoimialalla toteutettu elinkaariarvioinnin menetelmää hyödyntävä selvitys huviveneen koko elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Tutkimustulokset eivät pyri antamaan täydellisen kattavia vastauksia ja lukuarvoja, vaan osoittamaan elinkaariarvioinnin menetelmän soveltuvuus venealan ympäristömyötäisyyden parantamisen työkaluna ja kartoittaa pääpiirteittäin veneilyn ympäristökuormituksen laatua ja määrää elinkaaren eri vaiheissa.



Elinkaariarvioinnin laskelmien pohjaksi saadut materiaalien ja energian käyttöä ja määrää koskevat tiedot saatiin tutkimukseen suomalaisilta venevalmistajilta. Venekohtaisiksi allokoituja lähtötietoja ei ole kerätty millään vakiintuneella menetelmällä, ja eri valmistajien toimittamat tiedot on saatettu tuottaa eri käytäntöihin perustuen. Valmistajien kyselylomakkeeseen (Liite A) toimittamat tiedot olivat myös osittain puutteellisia erityisesti pienemmillä yrityksillä, jotka eivät seuraa esimerkiksi ilmanpäästöjään. Lähtötietoja on tarvittaessa täydennetty asiantuntija-arvioinnin keinoin ja tietojen käsittelyssä esiin tulleita puutteita tai poikkeamia on pyritty tasoittamaan. Käsiteltyjen pienten perämootoriveneiden osalta tulokset ovat lähtötietojen runsauden, kattavuuden ja vertailtavuuden suhteen tarkemmalla tasolla kuin suurilla purjeveneillä, joita tutkimuksessa käsiteltiin vain kaksi kappaletta. Kokonaisuutena tarkastellen eri venevalmistajien toimittamat tiedot tukivat hyvin toisiaan ja samaa venetyyppiä edustavat tiedot todettiin suuruusluokaltaan yhteneviksi.

Pienien perämootoriveneiden koko elinkaaren hiilijalanjäljen tulokset osoittavat, että maltillisellakin vuotuisella käyttötuntiarviolla ja käyttöiällä nimenomaan veneily, eli käyttövaihe, nousee merkittävimäksi elinkaaren vaiheeksi. Perämootorissa palavan polttoaineen ja polttoaineen valmistuksen hiilijalanjälki kattavat tämän tutkimuksen laajuudessa tehdystä kokonaihiilijalanjäljestä keskimäärin 85 %. Tyypillisen purjeveneen tapauksessa moottorin käyttö jää hyvin vähäiseksi, mutta tässä tutkimuksessa tarkasteltujen, suurin apumoottorein varustettujen purjeveneiden, käyttövaihe kattoi koko hiilijalanjäljestä runsaan neljänneksen. Mikäli käyttövaiheen käsite laajennetaan sisältämään myös muita veneilyyn liittyviä toimia, kuten talvisäilytys, huollot, veneen kuljetukset ja veneilijän siirtyminen veneilypaikalle, kasvaa käyttövaiheen hiilijalanjälki entisestään. On myös huomattava, että veneilyyn käytetyn ajan ja toisaalta veneilijän omaksumien tapojen ja käyttäytymisen erot aiheuttavat käyttövaiheen suhteen suurta vaihtelua, mikäli tarkastelu viedään yksilötasolle.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on huomioida erityisesti venevalmistajan näkökulma ja vaikutusmahdollisuudet veneen elinkaaren ympäristökuormituksen hallitsemiseksi. Veneen valmistuksen energiankulutuksesta aiheutuva hiilijalanjälki perämootoriveneen valmistusprosessissa osoittautui hyvin pieneksi, kun taas suurilla purjeveneillä veneen valmistusvaihe kattoi yli puolet koko hiilijalanjäljestä. Raaka-aineiden valmistus vastasi sekä pienten perämootoriveneiden että suurten purjeveneiden hiilijalanjäljestä noin 10 %, mutta eri materiaalien välillä nähtiin melko suuria eroja. Materiaalivalinnoilla on kuitenkin näennäistä suurempi merkitys kokonaisuuden kannalta, sillä materiaalien valinnoilla vaikutetaan paitsi raaka-ainetuotannon ympäristökuormitukseen, myös muihin elinkaaren vaiheisiin. Materiaalivalinnat määräävät esimerkiksi veneen valmistusprosessin tekniikat ja työstötarpeen, käytönaikaiset huoltotoimenpiteet ja käytöstä poistamisen mahdollisuudet. Elinkaarimenetelmän avulla voidaan tuottaa tietoa, jonka pohjalta venevalmistaja voi tehdä materiaalien suhteen ympäristömyötäisiä valintoja, jotka mahdollistavat ympäristömyötäisen jatkumon myös veneen muissa elinkaaren vaiheissa.

Ympäristövaikutusarvioinnin Eco-indicator 99 -haittapisteinä mallinnetut tulokset huviveneiden elinkaaren eri vaiheissa noudattelivat pitkälti hiilijalanjälkilaskennassa saatuja suhteellisia osuuksia. Haittapistetulokset elinkaaren vaiheille ohjasivat siis samoihin johtopäätöksiin. Ainoa merkittävä ero hiilijalanjälkeen oli käyttövaiheen suhteellisen osuuden kutistuminen johdun käytön vaikutusten keskittymisestä ilmastonmuutos-vaikutusluokkaan. Haittapisteiden etu suppeaan hiilijalanjälkeen verrattuna onkin kokonaisvaltainen eri ympäristövaikutusten tarkastelu.

Ympäristövaikutusarvioinnin tuloksia tarkasteltiin myös jakaumana eri vaikutusluokkiin, joista merkittävimäksi sekä pienille perämootoriveneille että suurille purjeveneille osoittautui epäorgaanisten yhdisteiden aiheuttamat hengitysvaikutukset. Muut merkittävät vaikutusluokat olivat fossiilisten polttoaineiden louhinta, ilmastonmuutos ja purjeveneiden kohdalla myös

karsinogeeniset vaikutukset. Tulokset ovat jo sellaisenaan uutta tietoa ja kokonaiskuvan myötä voidaan alkaa tunnistamaan kehitystarpeita ja -mahdollisuuksia. Näitä ovat muun muassa veneen käyttövaiheen ja eräiden materiaalien valmistukseen liittyvien vaiheiden riippuvuus fossiilisista polttoaineista, pakokaasupäästöjen hengitysvaikutukset ja materiaalien valmistukseen liittyvät vesipäästöt.

Tässä tutkimuksessa suoritettiin herkkyystarkastelu eräiden lasikuitulujitteisten muovikomposiittiveneiden haittapisteinä mitattaville tuloksille käyttäen muuttujina käyttöikä, moottorikokoa ja käytöstäpoistomenetelmää. Herkkyystarkastelut osoittivat yhtäläillä lähtöoletusten suuren merkityksen tulosten tulkinnassa kuin esimerkin parannustoimenpiteen vaikutusarvioinnista elinkaarimenetelmän keinoin. Elinkaarimenetelmä on hyödyllinen työkalu tutkittaessa erilaisten vaihtoehtojen, kuten käytöstäpoiston menetelmän tai eri materiaalivalintojen ympäristömyötäisyyttä. Vertailtavien kokonaisuuksien lähtöoletuksien yhdenmukaisuus tulee aina varmistaa, pienikin eriävä lähtöoletus voi muuttaa kokonaisuutta merkittävästi. Lähtöoletusten valinnassa on syytä noudattaa tavoitteiden kannalta tarkoituksenmukaista ja läpinäkyvää lähestymistapaa.

Selvitys huviveneiden elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista elinkaariarvioinnin menetelmää hyödyntäen toteutettiin tässä tutkimuksessa pääosin asetettujen tavoitteiden mukaisella tasolla. Tavoitteista jouduttiin tinkimään lähinnä eräiden elinkaaren vaiheiden laajuuden suhteen ja osin puutteellisten inventaari- tai elinkaaritiedon vaatimien yksinkertaistuksien muodossa. Avoin yhteistyö venealan eri toimijoiden kanssa mahdollisti laskennan läpiviemisen aina lähtötietojen keruusta tulosten tulkintaan.

## 4 Ympäristöraportointi lähisidosryhmille

Tässä kappaleessa esitellään ISO-standardinmukaiset ympäristöraportoinnin työkalut: tyyppin I, II ja III ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Selvitys toimii lähtökohtana ympäristöselosteiden muodon, käytettävyyden ja tarpeen pohdinnalle venealalla.

### 4.1 Yhdennetty tuotepolitiikka

Euroopan unionin panostus ympäristömyötäisyyden lisäämiseksi käy ilmi muun muassa *Vihreä kirja yhdennetystä tuotepolitiikasta* –raportista. Julkaisu esittelee strategian, joka pyrkii vahvistamaan ja suuntaamaan uudelleen Euroopan unionin alueen tuotelähtöisiä ympäristöpolitiikkoja ja edistämään ekologisesti kestävien tuotteiden markkinoiden kehittymistä. Lähtökohtana tälle on nk. yhdennetyn tuotepolitiikan lähestymistapa. [Euroopan yhteisöjen komissio 2001]

Euroopan yhteisöjen komissio [2001] määrittelee yhdennetyn tuotepolitiikan (Integrated Product Policy, IPP) seuraavasti:

”Yhdennetty tuotepolitiikka on lähestymistapa, jolla pyritään vähentämään tuotteiden elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia raaka-aineiden louhimisesta tuotantoon, jakeluun, käyttöön ja jätehuoltoon saakka.”

Tuotteiden ekologisen kestävyysparantamisen avaintahoina nähdään sekä tuotteita valmistavat yritykset että niitä hankkivat kuluttajat. Näiden ryhmien ohjaamiseksi toivottuun suuntaan tarvitaan ensisijaisesti tietoa mutta mahdollisesti myös konkreettisempia kannustimia. Yhdennetty tuotepolitiikka pyrkii vaikuttamaan erityisesti seuraaviin päätöksenteon vaiheisiin: [Euroopan yhteisöjen komissio 2001]

- ekologinen tuotesuunnittelu
- kuluttajien tekemät tietoihin perustuvat valinnat
- tuotteiden hinnat (saastuttaja maksaa -periaate).

Yhdennetyn tuotepolitiikan lähestymistavan pääperiaatteita on sittemmin tarkennettu Euroopan yhteisöjen komission tiedonannossa [2003] kattamaan seuraavat viisi aluetta:

- elinkaariajattelu: kokonaisvaltaisuus, tehokkaiden parannustoimenpiteiden löytäminen
- yhteistyö markkinoiden kanssa: kannustimet
- osapuolten osallistuminen: kaikki sidosryhmät aktivoidaan (yritykset, kuluttajat ja viranomaiset)
- jatkuva parantaminen: ei pyritä vain tiettyyn yksittäiseen tavoitteeseen
- erilaisten poliittisten välineiden käyttö: sekä vapaaehtoiset aloitteet että määräykset, sekä paikalliset että kansainväliset toimenpiteet.

Julkaisussa mainitaan myös erilaisten ympäristömerkkien ja ympäristöselosteiden hyödyntäminen osana strategian toteutumista.

## 4.2 Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet

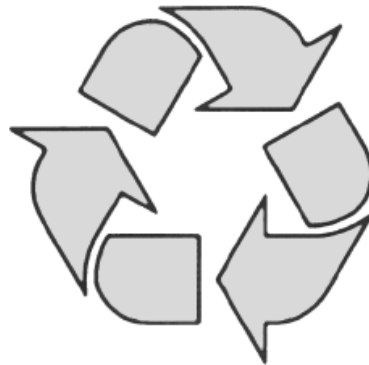
Ympäristömerkit ja -selosteet ovat ympäristöjohtamisen työkaluja, joiden avulla välitetään sidosryhmille tietoa jonkin tuotteen tai palvelun aiheuttamasta ympäristökuormituksesta, usein erityisesti sen pienuudesta. Tiedon avulla pyritään kasvattamaan ympäristöä vähemmän kuormittavien tuotteiden kysyntää ja tarjontaa markkinoilla. Tietoa tuottava ja välittävä taho voi olla esimerkiksi tuotteen valmistaja, maahantuoja tai jälleenmyyjä, ja kohdeyleisö voi muodostua esimerkiksi kuluttajista tai yrityksistä. Kansainvälinen standardisointijärjestö ISO (International Organization for Standardization) on laatinut ympäristömerkeistä ja -selosteista 14020-standardisarjan, jonka standardit on jalkautettu myös suomalaisiksi kansallisiksi standardeiksi. Ympäristöselosteita koskevat standardit ohjaavat eri käyttötarkoitukseen tuotettavan ympäristötiedon tuottamista ja välittämistä hallitulla tavalla, jolloin tiedon vaatimukset paikkansa pitävyyden, todistettavuuden ja merkityksellisyyden osalta toteutuvat. Standardit korostavat tuotteen kaikkien elinkaaren vaiheiden huomioimisen merkitystä. [ISO 14020]

Lista ISO 14020-sarjan standardeista:

- ISO 14020 Environmental labels and declarations – General principles
- ISO 14021 Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)
- ISO 14024 Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling – Principles and procedures
- ISO 14025 Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures

Tyyppin II ympäristömerkit (omaehtoiset ympäristöväittämät) [ISO 14021] ovat väitteen, symbolin tai grafiikan muodossa esitettyjä tietoja tuotteen ympäristönäkökohdista. Omaehtoinen ympäristöväittäjä ei vaadi riippumattoman kolmannen osapuolen sertifiointia, mutta sen tulee kuitenkin olla luotettava, todennettu ja tieteellisesti pätevä. Välittyvän viestin tulee olla selkeä ja ymmärrettävä. Ympäristöväittäjä ei saa olla liian yksilöimätön tai ylimalkainen, joten yleiset termit kuten ”ympäristöystävällinen” tai ”vihreä” eivät kelpaa ympäristöväittäjäksi sellaisenaan. Ympäristöväittäjä voi sen sijaan tarjota tietoa esimerkiksi tuotteen kierrätettävyydestä, pidemmästä käyttöiästä tai pienennetystä energiankulutuksesta. Esimerkki jo

vakiintuneesta erityissymbolista on kolmen kiertävän nuolen muodostama Mobius Loop -kierrätysmerkki (kuva 25).



*Kuva 25. Tyypin II ympäristömerkki Mobius Loop kertoo tuotteen kierrätettävyydestä.*

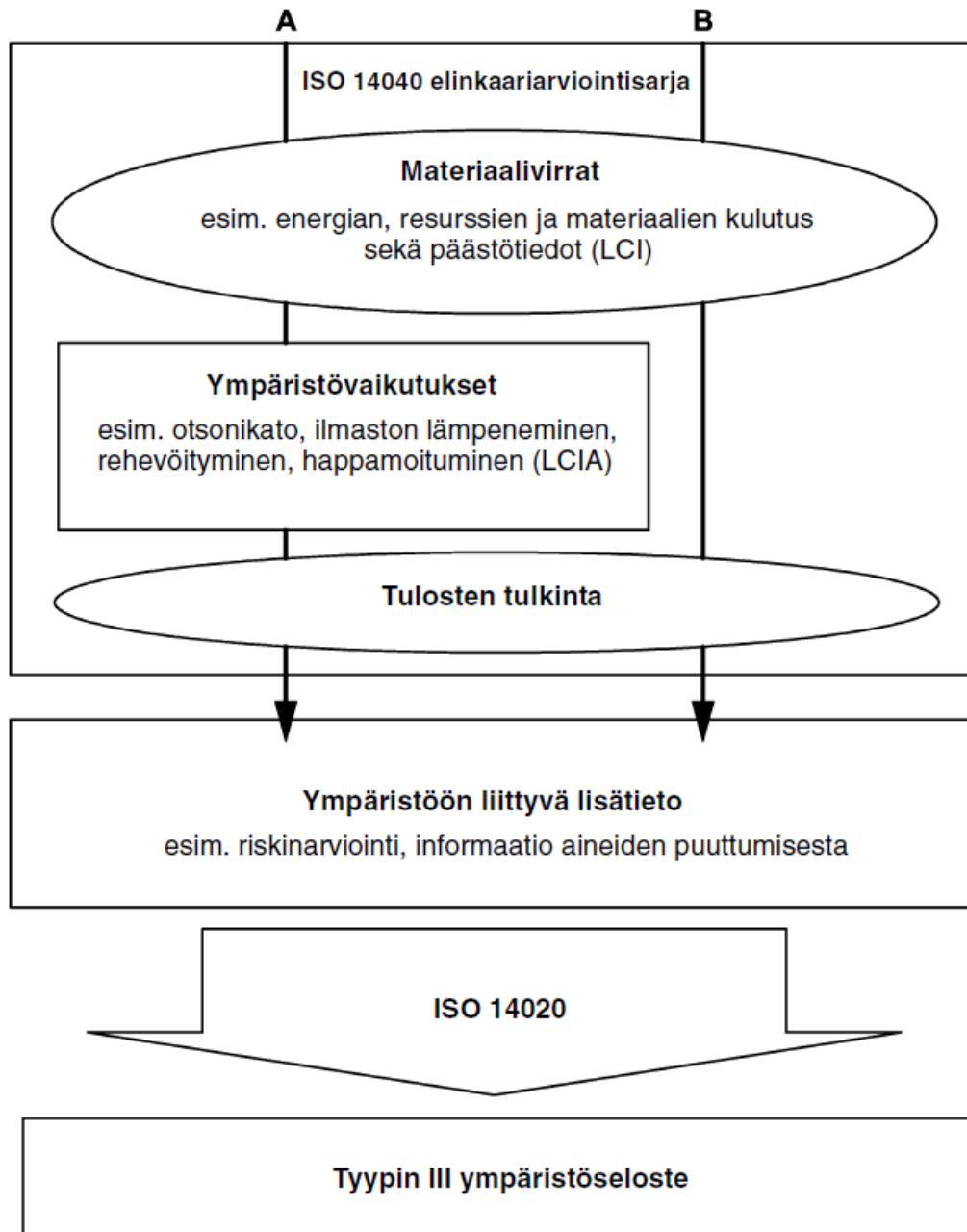
Tyypin I ympäristömerkit [ISO 14024] perustuvat tietyn ympäristömerkkiohjelman määrittelemiin vaatimuksiin koskien jotakin tuoteryhmää. Ympäristömerkkiohjelma toimii siis kolmantena osapuolena valvoen merkin ehtojen täyttymistä ja myöntää merkin ehdot toteuttaville tuotteille. Ohjelmatoimija voi olla julkinen tai yksityinen organisaatio ja sen toimintakenttä voi olla paikallinen, kansallinen tai kansainvälinen. Tyypin I ympäristömerkit edesauttavat vertailua tietyn tuoteryhmän sisällä ja siksi ohjelmaan osallistumisen tulee vapaaehtoisuuden lisäksi olla avointa. Esimerkki kansainvälisestä tyypin I ympäristömerkistä on Euroopan ympäristömerkki (kuva 26). Kukkamerkin myöntämisperusteet kattavat tuotteen koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset, ja merkin myöntämisen vaatimustaso on asetettu siten, että 5–40 % kunkin tuoteryhmän tuotteista voi sen saavuttaa [Suomen ympäristökeskus 2008].



*Kuva 26. Tyypin I ympäristömerkki: Euroopan ympäristömerkki.*

Tyypin III ympäristöselosteet [ISO 14025] ovat erityisesti yritysten väliseen viestintään tarkoitettua määrällistä ympäristötietoa tuotteen elinkaaresta. Selosteen tietojen tulee perustua riippumattomasti todennettuihin elinkaariarviointitietoihin, inventaarioanalyysitietoihin tai standardisarjan ISO 14040 mukaisiin informaatiomoduuleihin. Ympäristöselosteet tulee tuottaa jonkin ohjelmatoimijan hallinnon ja ohjeistuksen alaisena. Ympäristöselosteohjelmaan osallistuminen on vapaaehtoista ja sen toiminta perustuu erilaisiin sääntöihin ja ohjeisiin, jotka varmistavat vertailtavuuden tietyn tuoteryhmän sisällä. Ympäristöselosteen pohjaksi suoritettava elinkaarianalyysi voi koskea tuotteen koko elinkaarta tai vain tiettyä osaa. Oikein laadittuina elinkaarien eri osilta tuotetut selosteet ovat näin yhdistettävissä koko elinkaaren kattavaksi selvitykseksi. Tyypin III ympäristöselosteille ei välttämättä edellytetä kolmannen osa-

puolen sertifiointia lukuun ottamatta tapauksia, joissa selosteen kohderyhmänä ovat kuluttajat. Kuva 27 kuvaa standardin mukaiset vaihtoehtoiset reitit A ja B ympäristöselosteiden kehittämiseen käytettävistä metodeista.



Kuva 27. Kaksi metodologiavaihtoehtoa tyypin III ympäristöselosteita ja ympäristöselosteohjelmia varten [ISO 14025].

Eräs esimerkki ympäristöselosteista Suomessa on Rakennustietosäätiön (RTS) RT-ympäristöseloste rakennustuotteille. RT-ympäristöselosteen laadintaa ohjaa kansallinen menetelmäohje *Menetelmä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan ja rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin*, joka noudattaa standardeja ISO 14020 ja ISO 14040. Ympäristöselostetoiminta käynnistyi vuonna 1998, ja ensimmäiset uuden menetelmäohjeen mukaiset ympäristöselosteet laadittiin vuonna 2004. RT-ympäristöselosteet hyväksyy RTS:n puolueeton Ympäristöselostetoimikunta, ja hyväksytyn ympäristöselosteen myötä toimija saa myös oikeuden käyttää RT-ympäristöselostelogoja tuotteen markkinointi- ja informaationvälitystaroituksiin. [RTS 2010]



Kuva 28. RT-ympäristöselostelogo rakennustuotteille [RTS 2010].

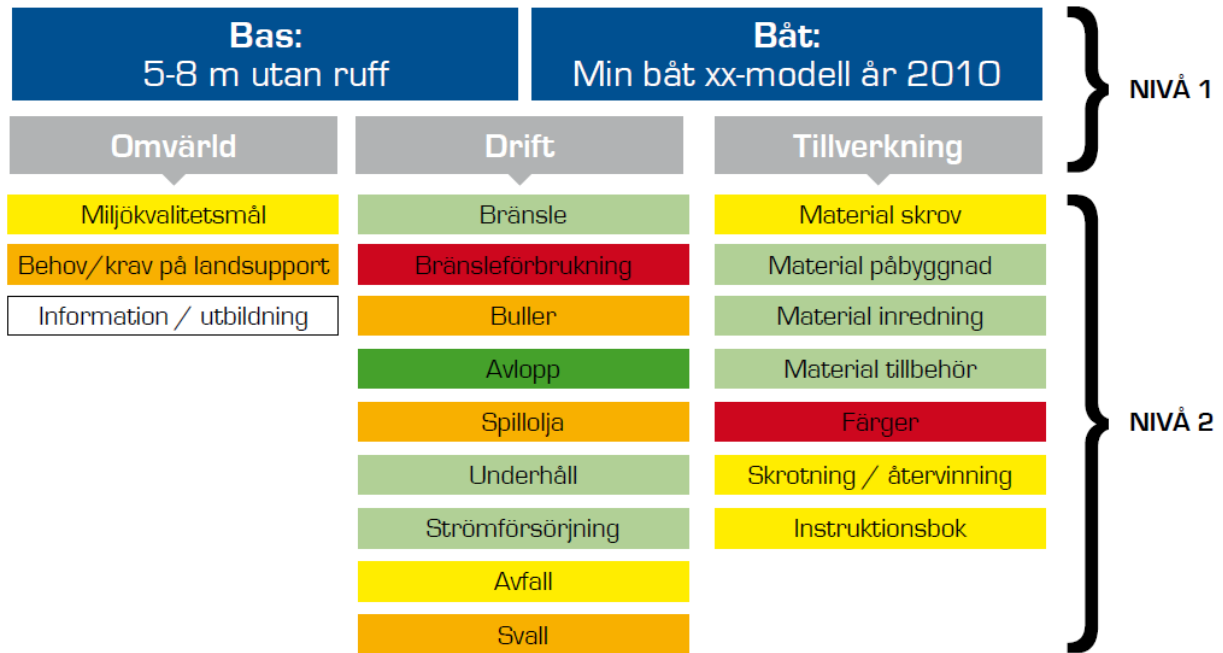
RT-ympäristöseloste kuvaa rakennustuotteen ympäristövaikutuksia liittyen energian käyttöön, ilma- ja vesipäästöihin sekä luonnon resurssien käyttöön. Vapaaehtoisina ja julkisina dokumentteina RT-ympäristöselosteiden tavoitteena on edistää elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin ja ekologisesti toimiviin ratkaisuihin perustuvaa rakentamista. Ympäristöselosteiden sisältämää tietoa voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaarilaskennassa ja rakenteiden ympäristöprofiilien laadinnassa, ja siten kohderyhmään kuuluvat yhtä lailla rakennusten käyttäjät, suunnittelijat kuin rakentajatkin. RT-ympäristöselosteiden toiminnallinen yksikkö valitaan tapauskohtaisesti, mutta keskinäisessä vertailussa tuotteiden tai rakenteiden välillä tulee käyttää samaa toiminnallista yksikköä. [RTS 2010]

RT-ympäristöselosteiden laadintatyön voi suorittaa menetelmäohjeen mukaisesti joko selostetta hakeva yritys tai laskentapalveluja tarjoava konsultti. Tekninen asiantuntija tarkistaa taustatiedot, ja mikäli ympäristöselostehakemus hyväksytään, on se kerrallaan voimassa kolme vuotta. Kaikki voimassaolevat RT-ympäristöselosteet julkaistaan myös RTS:n Internet-sivuilla. [RTS 2010]

Esimerkki huviveneitä koskevasta ympäristöraportoinnista on Ruotsissa kehitystyön alla oleva veneiden ympäristömerkintä *Miljödeklaration för fritidsbåtar*. Kehitystyötä johtaa Svenskt Marintekniskt Forum, ja webpohjaiseksi suunnitellun järjestelmän ensimmäisen version pitäisi olla toiminnassa vuoden 2010 lopulla. Suunnitellun ympäristömerkinnän tavoitteena on viestiä tuotteen, tässä tapauksessa huviveneen, ympäristönäkökohdista asiakkaalle, eli veneen omistajalle tai käyttäjälle. Tiedon tuottaa ja jakaa veneitä valmistava teollisuus sekä jälleenvyyjät. Järjestelmän halutaan toisaalta palvelevan myös venealan yritysten sisäistä toimintaa, viranomaistahoja ja päätöksentekoa ympäristömyötävyyden parantamiseksi. [Svenskt Marintekniskt Forum 2009]

Ruotsissa suunniteltavassa veneiden ympäristömerkinnässä veneen ympäristönäkökohtia verrataan kunkin venetyyppiryhmittäessä sisällä keskimääräiseen veneeseen. Arvostelu eri osaluilla tapahtuisi viisivärisellä asteikolla samaan tapaan kuin kodinkoneiden energiatehokkuusmerkinnöissä. Vertailukohtana toimivan keskimääräisen veneen ominaisuuksia tulisi siis päivittää, jotta vaatimustaso säilyy riittävän korkeana. Kuva 29 esittelee esimerkkiluonnoksen ruotsalaisen järjestelmän merkinnästä ja sen osa-alueista. [Svenskt Marintekniskt Forum 2009]





Kuva 29. Esimerkkiluonnos Ruotsissa suunnitteilla olevasta huviveneiden ympäristömerkinnästä [Svenskt Marintekniskt Forum 2009].

Ruotsalaisen ympäristömerkinnän mahdollisuuksista toteuttaa ympäristömerkkejä ja -selosteita ohjaavaa ISO-standardia pohditaan. Merkintä voisi mahdollisesti sijoittua tyyppin I soveluksiin.

## 5 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Tutkimuksessa tarkasteltiin huviveneiden elinkaariarvioinnin tuloksia hiilijalanjälkenä sekä EI99 -menetelmän mukaisina haittapisteinä. Tutkituilla perämoottoriveneillä käyttövaiheen osuus hiilijalanjäljen muodostumisessa oli yli 80 %, ja toiseksi merkittävin on raaka-aineen valmistus noin 10 %. Tutkituilla perämoottoriveneillä EI99-menetelmällä lasketusta arvosta käyttövaiheella on suurin ympäristövaikutus noin 70 % ja raaka-aineen valmistuksella noin 6 % koko elinkaaren arvosta. Valmistuksen ja kokoonpanon ympäristövaikutukset olivat vähäisiä koko huviveneen elinkaaren ympäristövaikutuksista samoin kuin loppukäytön. Tulosten perusteella käyttövaiheelle muodostuu suuri rooli, kun yritys asettaa uusia tavoitteita energia- ja materiaalihokkuuden parantamiseksi. Lisäksi huviveneitä valmistavan yrityksen materiaalin valinnalla on tärkeä rooli elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten vähentämisessä. Alumiinirunkoisten veneiden kohdalla tuli esiin alumiinin kierrätyksen merkittävä rooli vähentämään erityisesti raaka-aineiden valmistuksen ympäristövaikutuksia.

Veneala toimii valmistuksen, myynnin ja tuotteiden käytön kannalta monen sidosryhmän kanssa. Tärkeimpiä sidosryhmiä ovat alihankkijat, tavaran toimittajat ja viranomaiset sekä ennen kaikkea veneilijät. Tiedonsiirto eri sidosryhmien kanssa edellyttää vakiintunutta ympäristötiedon keräysjärjestelmää. Tyyppin III ympäristöseloste sopii huviveneiteollisuuden ympäristövaikutusten tiedonvälitysmalliksi. Selosteet edellyttävät elinkaariarvioinnin toteuttamista. Ympäristöselosteisiin tulisi liittää toimialalla yhteisesti sovitulla tavalla lasketut tärkeimmät ympäristövaikutukset, energian ja luonnonvarojen kuluminen ja päästöt sekä kuvaus suositellusta tavasta käsitellä huvivene elinkaaren loppuvaiheessa, kun siitä halutaan luopua. Ympäristöselosteiden on tuettava myös yritysten olemassa olevaa ympäristöraportointia.



Tuloksia voidaan tarkentaa seuraavassa vaiheessa ottamalla veneilijän toiminnan vaikutukset mukaan ympäristövaikutusten arviointiin, koska ajotavalla on merkittävä vaikutus käytön aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Tällöin myös mm. käyttäjän oma toiminta huollon suhteen tulisi tarkasteluun mukaan sekä veneen kuljetukset ja kulkeminen veneelle.

## 6 Yhteenveto

Tutkimuksessa sovellettiin ensimmäistä kertaa elinkaariarviointia (LCA) toimialalle Suomessa tässä laajuudessa. Koska tutkimuksen tavoitteena on tuottaa ympäristötietoa pääasiassa venealan yritysten käyttöön, valittiin toiminnalliseksi yksiköksi hiilijalanjälkilaskennassa ja elinkaariarvioinnissa venekilo. Tarkasteltavien huviveneiden tuotejärjestelmä jaettiin kuuteen elinkaaren vaiheeseen: raaka-aineiden valmistus, komponenttien valmistus, veneen valmistus, kuljetukset, käyttö ja käytöstä poisto.

Elinkaariarviointi toteutettiin ABS-muovista, lujitemuovista tai alumiinista valmistettaviin 4–6 metriset kattamattomiin perämoottoriveneisiin, n. 6–7-metrisiin katettuihin perämoottoriveneisiin sekä suuriin n. 15 metrisiin purjeveneisiin. Perämoottoriveneiden lähtötiedot olivat kattavia ja siten tuloksia voidaan pitää suomessa valmistettuja perämoottoriveneitä hyvin edustavina. Purjeveneistä raportoitiin alustavia tuloksia, mutta purjeveneiden lähtötiedot eivät olleet riittävän kattavia venetyypin ympäristövaikutusten tason arvioimiseksi.

Venekohtaiset lähtötiedot kerättiin suomalaisilta venevalmistajilta soveltaen ISO 14040 standardin esittämää tapaa, mutta eri valmistajien toimittamat tiedot on saatettu tuottaa eri laskentatavoilla, eivätkä siten välttämättä ole täysin vertailukelpoisia. Valmistajien kyselylomakkeeseen toimittamat tiedot olivat myös osittain puutteellisia erityisesti pienemmillä yrityksillä, jotka eivät seuraa esimerkiksi ilmanpäästöjään. Lähtötietoja täydennettiin tarvittaessa asiantuntija-arvioinnin keinoin, ja tietojen käsittelyssä esiin tulleita puutteita tai poikkeamia pyrittiin tasoittamaan. Kokonaisuutena tarkastellen eri venevalmistajien toimittamat tiedot tukivat hyvin toisiaan ja samaa venetyypin edustavat tiedot todettiin suuruusluokaltaan yhteneviksi.

Veneilyn elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arvioinnin vakiinnuttaminen luo toimialalle valmiudet yrityksen sisäiseen tiedonsiirtoon esim. hankintaan ja tuotesuunnitteluun sekä yritysten väliseen tiedonsiirtoon ympäristövaikutuksista, ja se tukee olemassa olevaa ympäristöraportointia yrityksissä. Samalla luodaan valmiudet, että veneilijälle pystytään tuottamaan tietoa veneilyn ympäristövaikutuksista sellaisessa muodossa, että veneilijä pystyy hyödyntämään sitä omassa toiminnassaan.

## Lähdeviitteet

Baumann, Henrikke; Tillman, Anne-Marie. 2004. The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application. Studentlitteratur AB. ISBN 91-44-02364-2.

BSI British Standards Institution. 2008. PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. ISBN 978 0 580 50978 0.

EAA, European Aluminium Association. 2007. Raportti: Aluminium Recycling in LCA. Saatavissa: [[http://www.eaa.net/upl/4/default/doc/Alu\\_recycling\\_LCA.pdf](http://www.eaa.net/upl/4/default/doc/Alu_recycling_LCA.pdf)]

EAA, European Aluminium Association. 2008. Raportti: Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry. Life Cycle Inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe. Saatavissa: [[http://www.eaa.net/upl/4/default/doc/EAA\\_Environmental\\_profile\\_report-May08\(1\).pdf](http://www.eaa.net/upl/4/default/doc/EAA_Environmental_profile_report-May08(1).pdf)]

Ecoinvent. 2009. Ecoinvent life cycle inventory database v2.1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

EI99. 2000. Eco-indicator 99. Manual for Designers. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. Hollanti.

EN ISO 10240:2004. 2004. Veneet. Omistajan käsikirja. 33 s.

European Confederation of Nautical Industries – ECNI. 2007. Nautical activities: What impact on the environment? 31 p.

European Confederation of Nautical Industries – ECNI. 2009. Nautical activities: What impact on the environment? A life cycle approach for “clear blue” boating. Second edition. 64 p.

EU. 1994. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/25/EY. ”Huvivenedirektiivi” 28 s.

EU. 1999. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 1999/13/EY. ”Liutindirektiivi”. 28 s.

EU. 2003. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/44/EY. ”Uusi huvivenedirektiivi” 18 s.

EU. 2004. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/42/EY. ”Liutindirektiivi”. 10 s.

Euroopan yhteisöjen komissio. 2005. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, euroopan talous-, ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Resurssien kestävä käytön edistäminen: jätteiden syntymisen ehkäisemistä ja kierrätystä koskeva temakohtainen strategia. 35 s.

Euroopan yhteisöjen komissio. 2003. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille. Yhdenmety tuotepolitiikka. Elinkaariajattelu politiikan perustana. KOM(2003)302. Saatavissa:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:FI:PDF> [Viitattu 16.2.2010].

Euroopan yhteisöjen komissio. 2001. Vihreä kirja yhdenmetystä tuotepoliitikasta. KOM (2001)68. Saatavissa:

[http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2001/com2001\\_0068fi01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2001/com2001_0068fi01.pdf) [Viitattu 16.2.2010].

Exide Oy. 2006. Ohjeet lyijyhappoakkujen turvallisesta käsittelystä. EUROBAT asiakasturvallisuusohjelma. [Internet] Saatavissa:

<http://valitseparas.exide.fi/pdf/Käyttöturvallisuusohje.pdf> [Viitattu 9.11.2009].

Finnboat. 2008a. Finnboat Floating Show for the international press 7.-11.6.2008 Nauvo, [DVD].

Finnboat, 2008b. Vuosikertomus 2007, Venealan Keskusliitto Finnboat ry.

<http://www.finnboat.fi/linked/fi/lowres2007.pdf>

Fortum Oil & Gas. 2002. Eco-inventory, oil products.

HELCOM. 2008. Convention on the Protection for the Marine Environment of the Baltic Sea Area, 1992. Helsinki Convention. 18 s. + liit. 25 s.

Hentinen, Markku; Jolma, Perttu; Furustam, Karl-Johan; Aspara, Jaakko; Parvinen, Petri ja Silfver, Jouni. 2007. Venealan tekniikan, muotoilun ja elinkeinotoiminnan haasteita. 144 s.

Hentinen, Markku. 2010. Kirjallinen tiedonanto. Palvelupäällikkö, VTT Rakenneverifioinnit.

Idemat. 2005. Life cycle inventory database 02 August 2005. Delft University of Technology. Faculty of Industrial Design.

IISI International Iron and Steel Institute. 2000. Life Cycle Inventory data for steel products. IISI, Belgium. Saatavissa: [<http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=320>]

ILCD Handbook. 2008. Recommendations based on existing environmental impact assessment methods. Working Draft 0.7. Päivitetty: 1.9.2008. Viitattu 26.4.2009. Saatavissa: [<http://lct.jrc.ec.europa.eu/eplca/deliverables-1/Recommendation-of-methods-for-LCIA-Working-Draft-0.pdf>]

Ilmalahti, Kaisa. 2009. Huviveneilyn ympäristöongelmat ja tiedottaminen veneilijöille Lot-seninselillä. Opinnäytetö, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. 110 s. + liitt. 19 s.

International Council of Marine Industry Associations – ICOMIA. 2007. Decommissioning of end-of-life boats. 12 p.

International Council of Marine Industry Associations – ICOMIA. 2006. The ICOMIA Guide to waste management. 19 p.

International Council of Marine Industry Associations – ICOMIA. 2005. Sustainable boating strategy. 7 p.

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Chapter 2 Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. pp. 212–213.

ISSF International Stainless Steel Forum, Belgia. 2009. World Stainless Steel LCI –data. Saatavissa: [<http://www.worldstainless.org/About+stainless/Ss+and+he/LCI/>]

Jätelaitosyhdistys. 2010. Yhdistyksen www-sivut: Lämpöä ja sähköä. Saatavilla: [<http://www.jly.fi/energia13.php?treeviewid=tree3&nodeid=13&PHPSESSID=6c142968334dee8f6de6571fd0e57f51>]

Kuusakoski Oy. 2010. Yrityksen www-sivut: muovien kierrätys. Saatavissa: [<http://www.kuusakoski.fi/inet/kuusakoski/FI3/akp.nsf/frameset/frameset?OpenDocument&content=/inet/Kuusakoski/FI3/ContMan.nsf/0/0BC939B59A07D92EC225765800350691?opendocument>]

Lundén Kai. 1993. Merenkulku ja ympäristö. Veneliikenteen päästöt. Turun yliopiston merenkulkualan koulutuskeskuksen julkaisuja B54. 109 s. + liitt.

Lumiaro. TBT-työryhmä: tilannearvio orgaanisista tinayhdisteistä tarpeen koko Itämerellä, kirjoitukseen liittyvä kuva. [Internet] Saatavissa: [[http://www.fimr.fi/fi/ajankohtaista/uutisia\\_muualta/2006/fi\\_FI/1037/](http://www.fimr.fi/fi/ajankohtaista/uutisia_muualta/2006/fi_FI/1037/)] [Viitattu 21.10.2009].

Merenkulkulaitos. 2005. Veneilyn määrä ja taloudelliset vaikutukset Suomessa. Merenkulkulaitoksen julkaisuja 5/2005. 72 s.

Merenkulkulaitos. 2009. MARPOL 73/78 -yleissopimus. [Internet] Saatavissa: [[http://portal.fma.fi/sivu/www/fma\\_fi/merenkulun\\_palvelut/ympariston\\_suojelu/MARPOL\\_73\\_78\\_yleissopimus](http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/merenkulun_palvelut/ympariston_suojelu/MARPOL_73_78_yleissopimus)] [Viitattu 21.10.2009].

Mäkelä, Kari; Järvi, Tuuli; Tuominen, Anu ja Pääkkönen, Esa. 2008. Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 2006. VTT Tutkimusraportti VTT-R- 05156-08. 34 s + liitt. 11 s. Saatavissa: [<http://lipasto.vtt.fi/lipasto/meeri/meeri2006raportti.pdf>] [Viitattu 23.10.2009].

Mäkelä, Kari; Järvi, Tuuli; Tuominen, Anu ja Pääkkönen, Esa. 2009. Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 2008.

Naturvårdsverket, sjöfartsverket. 1992. Miljöpåverkan från fritidsbåtar, fiske- och arbetsfartyg. Naturvårdsverket rapport 3993.

Oulasvirta, Panu ja Leinikki, Jouni. 2003. Veneilyn ympäristövaikutukset luonnonsatamissa. Suomen ympäristö 605. 91 s.

PE-International. 2009. Yrityksen www-sivut. Saatavilla: [<http://www.pe-international.com/>] 2009

Plastics Europe. 2010. Eco-profiles of the European Plastics Industry -datapankki. Järjestön www-sivut. Saatavissa: [<http://lca.plasticseurope.org/index.htm>]

- Pidä Saaristo Siistinä ry. 2009a. Roope-palvelut. [Internet] Saatavissa: <http://www.pidasaaristosiiistina.fi/index.phtml?s=3> [Viitattu 21.10.2009].
- Pidä Saaristo Siistinä ry. 2009b. Katseet veneiden pohjiin. [Internet] Saatavissa: <http://www.pidasaaristosiiistina.fi/index.phtml?s=60> [Viitattu 21.10.2009].
- PIANC. 2002. Recreational Navigation and Nature. Report of the Working Group 12. Belgium, 2002. 36 p.
- Pouttu. 2005. REACHin vaikutukset kemikaaleja käyttäviin pk- yrityksiin, case Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan veneteollisuus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 79 s. + liitt. 5 s.
- RTS. 2010. RT-Ympäristöseloste – vertailukelpoista ympäristötietoa [Internet] Saatavissa: <http://www.rts.fi/ymparistoseloste/index.htm> [Viitattu 12.02.2010]
- Räsänen, Jukka; Järvi, Tuuli; Mäkelä, Kari; Rytönen, Jorma; Hentinen, Markku; Hänninen, Saara ja Tervonen, Juha. 2005. Veneilyn määrä ja taloudelliset vaikutukset Suomessa. Merenkululaitos, Merenkululaitoksen julkaisuja 5/2005. Helsinki 2005. 72 s. + liitt. 29 s. Saatavissa: [http://portal.fma.fi/portal/page/portal/fma\\_fi/tietopalvelut/tilastot/tilastojulkaisut/Veneilyraportti\\_5\\_2005.pdf](http://portal.fma.fi/portal/page/portal/fma_fi/tietopalvelut/tilastot/tilastojulkaisut/Veneilyraportti_5_2005.pdf) [Viitattu 23.10.2009].
- Saarela, Olli; Airasmaa, Ilkka; Kokko, Juha; Skrifvars, Mikael ja Komppa, Vesa. 2007. Komposiittirakenteet. Helsinki. 494s. ISBN 978-951-9271-29-6.
- Saarinen, Elina. 2009. Lujitemuovia valmistetaan suoraan kaatopaikalle. Uusiouutiset Vol. 20 (2009) 1, s. 10–11.
- Savolainen, Jaakko. 2009. Vapaa-ajan veneiden kierrätys Suomessa. Diplomityö. Materiaalitekniikan osasto. Teknillinen korkeakoulu. 105 s.
- SFS-EN ISO 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2. painos. 49 s.
- SFS-EN ISO 14044. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 97 s.
- SFS-ISO 14025. 2006. Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt. 52 s.
- Siik, Krista; Vuorinen, Jyrki; Anttila, Paula; Kuopanportti, Hannu. 2007. Ohjeistus lujitemuoviyrityksen jätteen käsittelyyn. Kierrä-projekti. Tampereen teknillinen yliopisto. Muovi- ja elastomeeritekniikan laboratorio. 16 s.
- Sinilippu. 2009. Sinilippu. [Internet] Saatavissa: [www.blueflag.fi](http://www.blueflag.fi) [Viitattu 16.10.2009].
- Sjöfartsverket. 2008. Miljöprogram för fritidsbåtar. 7 p.
- Suomen ympäristökeskus. 2009a. Antifouling- eli kiinnittymisenesto- ja vesiympäristö. [Internet] (Päivitetty 9.4.2009) Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6294&lan=fi> [Viitattu 16.10.2009].

Suomen ympäristökeskus. 2009b. Vesikansa - omatoimista vesistötutkimusta. [Internet] (Päivitetty 24.8.2009) Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12330&lan=fi> [Viitattu 21.10.2009].

Suomen ympäristökeskus. 2009c. Luettelo sallituista antifouling-valmisteista [Internet] 15.4.2009. 5 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=101327&lan=fi> [Viitattu 23.10.2009].

Suomen ympäristökeskus. 2008. Ympäristömerkit [Internet] (Päivitetty 17.7.2008). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=182582> [Viitattu 24.02.2010].

Svenskt Marintekniskt Forum. 2009. Miljödeklaration för fritidsbåtar. [Internet] Saatavissa: <http://www.smtf.se/LinkClick.aspx?fileticket=pcUjZXU5sNQ%3D&tabid=135> [Viitattu 27.4.2010].

TAIK (Taideteollinen korkeakoulu. 2010. Virtuaaliyliopisto. Muovitekнологia/Valmistusmenetelmät/Lämpömuovaus [Internet]. Saatavissa: [http://www.uiah.fi/virtu/materiaalit/muovitekнологia/menetelmat/04-00\\_lampom.html](http://www.uiah.fi/virtu/materiaalit/muovitekнологia/menetelmat/04-00_lampom.html) [Viitattu 27.01.2010].

Terhi Oy. 2007. Omistajan käsikirja. 90 s.

Tullihallitus. 2007. THT 207 Laki yksityisestä huvialuksesta suoritettavasta polttoainemaksusta. Tullihallituksen tiedotuksia 2007. 522 s.

TNO Automotive. 2004. Stocktaking study on the current status and developments of technology and regulations related to the environmental performance of recreational marine engines. 200 p.

Vares Sirje. 2009. Kirjallinen tiedonanto. VTT Rakennustekniikka.

Vares Sirje. 2010. LCA-saha laskentaohjelma. VTT Rakennustekniikka.

Venealan keskusliitto Finnboat ry. 2000. Veneteollisuuden ympäristöohjelma. 11 s.

Veuro, Sini. 2007. Vapaa-ajan vieton luonnonvarojen kulutus. Helsingin yliopisto. Pro gradu-tutkielma. 91 s.

VTT. 2008. LIPASTO-laskentajärjestelmä, huvivenemalli. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

Wenzel et al. 1997. Environmental Assessment of Products. Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development. 1. painos. London: Chapman & Hall. ISBN 0-412-80800-5.