

**SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 27 | 2015**

Järviruo'on niittäminen ja hyötykäyttö

Elinkaariarviointi ympäristövaikutuksista

Tanja Myllyviita, Tuomas Mattila ja Pekka Leskinen



Järviruo'on niittäminen ja hyötykäyttö

Elinkaariarviointi ympäristövaikutuksista

Tanja Myllyviita, Tuomas Mattila ja Pekka Leskinen



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 27 | 2015

Suomen ympäristökeskus
Kulutuksen ja tuotannon keskus

Taitto: Tanja Myllyviita
Kannen kuva: Hannu Hokkanen

Julkaisu on saatavana vain internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-4514-8 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkojulk.)

Tämän julkaisun on asiantarkistanut kaksi riippumatonta ja anonyymia asiantuntijaa

ESIPUHE

Järviruoko on yleistynyt myös Suomessa siinä määrin, että tiiviit ruovikot haittaavat rantojen virkistyskäyttöä. Järviruoko' on niittämisen parantaa rannan virkistyskäyttömahdollisuuksia, mutta niitetyille ruo'olle ei ole toistaiseksi ollut käyttömahdollisuuksia. Järviruoko' on niittämisen, ja niittomassan jatkokäytön arvellaan olevan hyödyllistä erityisesti ympäristön kannalta, mutta toistaiseksi näitä vaikutuksia ei ole systemaattisesti arvioitu. Tämän raportin tavoitteena oli arvioida järviruoko' on niittämisen ja jatkokäytön ympäristövaikutukset elinkaariarvioinnin avulla.

Tämä selvitys on osa Järviruoko energiaksi, vesien tila paremmaksi Pohjois-Karjalassa (JÄREÄ) -hanketta (2011-2014). JÄREÄ on rahoitettu Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) varoin. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 694 800 euroa, josta EAKR-rahoituksen osuus oli 513 684 euroa. Hanketta ovat rahoittaneet myös Liperin kunta sekä Joensuun ja Kiteen kaupungit. Kehittämishankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan yhdistää vesistöjen tilan parantaminen sekä järviruoko' on jatkokäyttö. Projektin tulosten avulla pyritään parantamaan vesistöjen ja rantojen tilaa sekä kehittämään järviruoko' on ja sedimentin jatkokäyttöön ja keräämiseen liittyvää yritystoimintaa.

Ohjausryhmätyöskentelyyn ovat virallisesti nimettyinä jäseninä osallistuneet Sanna Saarnio (Itä-Suomen yliopisto / Suomen ympäristökeskus), Liisa Timonen (Karelia-ammattikorkeakoulu), Leena Leskinen, Kimmo Kettunen, Arvo Ohtonen, Hannu Luotonen (Pohjois-Karjalan ELY-keskus), Aaro Piipponen, Jari Leinonen, Maria Kunnari (Joensuun kaupunki), Marketta Lintinen (Kiteen kaupunki), Pertti Iivanainen (Liperin kunta), Päivi Jokinen (ProAgria Pohjois-Karjala), Hanne Lohilahti, Anne-Mari Tiainen, Pasi Pitkänen (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto), Jyrki Peltomaa (puheenjohtaja., Joensuun seudun kehittämissyhtiö JOSEK ry), Veikko Koppinen (varapuheenjohtaja., Heposelän ja Pyhäselän osakaskunnat), Taina Ahosola (Pohjois-Karjalan Kalatalouskeskus), Raimo Heikkilä, Pekka Leskinen, Tanja Myllyviita ja Ilona Joensuu (Suomen ympäristökeskus). Haluamme kiittää kahta nimeäntöntä käsikirjoituksen arvioijaa hyödyllisistä kommentteista. Lisäksi kiitämme Riina Antikaista kaikesta avusta raportin viimeistelyvaiheessa.

Helsingissä toukokuussa 2015

Tekijät

SISÄLLYS

Esipuhe	3
1 Johdanto.....	7
1.1 Järviruo'on ominaispiirteet.....	8
1.2 Järviruo'on niittäminen.....	8
2 Aineisto ja menetelmät	10
2.1. Elinkaariarviointi	10
2.2. Järviruokoketjujen elinkaariarvioinnissa käytetyt menetelmät ja toiminnallinen yksikkö ..	11
2.3. Elinkaariarviointiin sisällytetyt järviruo'on hyödyntämismenetelmät	12
2.3.1. Järviruo'on niitto ja läjitys.....	12
2.3.2. Niitetyn järviruo'on esikäsittely	13
2.3.3. Kuivikepelletit	13
2.3.2. Seinäeriste.....	14
2.4. Seurausvaikutuksellinen elinkaariarvioinnin toteutus	14
2.4.1. Järviruo'on hyödyntämismenetelmät liittyvät hiilivarastot	14
2.4.2. Turpeen ja mineraalivillan elinkaariarviointi	15
2.4.3. Kuolleen ruovikon metaanipäästöt	15
3 Elinkaariarvioinnin tulokset	16
3.1. Niittovaiheen ja eri tuotantovaihtoehtojen ympäristövaikutukset	16
3.2. Niittämisen hiilijalanjälki ja siihen liittyvät epävarmuudet.....	17
3.2. Järviruo'on niittämisen muut ympäristövaikutukset	19
4 Järviruo'on niittämisen sosiaalinen ulottuvuus	20
4.1. Rantakiinteistöjen omistajien maksuhalukkuus	20
4.2. Niittoyrittäjyyden hyväksyttävyyden	20
5. Järviruo'on niittämisen taloudelliset vaikutukset.....	23
6 Niittämisen kestävyystarkastelut ympäristöekonomisesta näkökulmasta	24
7 Tulosten tarkastelu.....	26
Kirjallisuus	27
Liite 1. Elinkaaritarkasteluissa käytetyt tärkeimmät muuttujat.....	29
Liite 2. Kyselylomake järviruokoseminaarissa	30
Kuvailulehdet	36

1 JOHDANTO

Järviruoko on yksi maailman laajimmalle levinneistä kasveista, ja sitä esiintyy kaikilla mantereilla Antarktista lukuun ottamatta (Huhta 2008). Järviruoko koostuvat ruovikot ovat lisääntyneet Suomessa 1900-luvun jälkipuolella johtuen maankäytön muuttumisesta, laiduntamisen harvinaistumisesta, lisääntyneestä ravinnekuormituksesta ja järviruoko' on hyötykäytön vähenemisestä (Alijoki 2012, Alijoki 2013, Joensuu ym. 2014). Tiiviit ja laajat ruovikot estävät rannan virkistyskäytön, ja ylikasvanut ruovikko onkin monen mökinomistajan jokakesäinen murhe (Alijoki 2013, kuva 1). Ruovikon poistamiselle on kysyntää, ja ruovikon niittämisen mahdollisuuksia on jo tutkittu Suomessa useissa eri hankkeissa (Joensuu ym. 2014). Muualla Euroopassa niitettyä järviruokoa hyödynnetään mm. energiantuotannossa ja rakentamisessa.



Kuva 1. Tiivis ruovikko estää rannan virkistyskäytön. Kuva: Pasi Korpelainen.

"Järviruoko energiaksi, vesien tila paremmaksi Pohjois-Karjalassa (JÄREÄ)"-hankkeen tavoitteena oli suunnitelmallisen, luonnon monimuotoisuuden huomioivan järviruoko' on niiton sekä sedimentin poiston myötä parantaa vesistöjen ja ympäristön tilaa ja tukea yrittäjyyttä sekä luoda järviruokoyrittäjyyteen liittyviä työpaikkoja (Joensuu ym. 2014). JÄREÄ-hanke kohdistui Pohjois-Karjalan kolmelle järvelle: Heposelkä, Pyhäselkä ja Ätäskö. Järvet valikoituivat vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisen vesienhoidon suunnittelun ja rantakiinteistöjen omistajien yhteydenottojen perusteella. Ruovikoiden niittäminen on ollut Pohjois-Karjalassa pääosin pienialaista ja osittain suunnittelematonta toimintaa ja erityisesti luonnonsuojelualueilla toteutettu pääasiassa vapaaehtoisvoimin (Joensuu ym. 2014). Kohdejärvillä toteutettiin hankkeen aikana useita niittoja. Tämän raportin tavoitteena on arvioida järviruoko' on niittämisen aiheuttamia ympäristövaikutuksia ja niittomassojen hyötykäyttöä elinkaariarvioinnin avulla. Lisäksi arvioidaan niittotoiminnan taloudellisia vaikutuksia ja vaikutuksia sosiaaliseen hyvinvointiin.

Järviruoko' on niittämisen ja niitetyn ruoko' on jatkokäytön ympäristövaikutuksista on kirjoitettu paljon, mutta toistaiseksi ympäristövaikutuksia ei ole systemaattisesti arvioitu. Järviruoko' on niittämisen hyödyt liittyvät erityisesti rannikon ympäristöarvon kohentamiseen. Niiton yhteydessä ruokomassan mukana poistuu erityisesti fosforia ja typpeä, joista typpi on merkittävin rehevöitymistä lisäävä ravinne merialueilla ja fosfori puolestaan sisävesissä. Lisäksi niittämisen arvellaan vaikuttavan suotuisasti alueen lajistoon (Valkama 2007; Ailstock ym. 2001). Toisaalta monet lintulajit pesivät ruovikossa (Aromaa 2010), minkä vuoksi ruovikon täydellinen hävittäminen saattaa olla haitaksi erityisesti lintujen monimuotoisuudelle. Lisäksi monien kalalajien poikaset viihtyvät vesikasvien läheisyydessä (Härmä 2007; Aromaa 2010; Pönkka ja Haakama 2012). Niitolla on paikallisesti haitallisia vaikutuksia myös ruovikon hyön-

teislajistoon (Laukkonen ym. 2012). Monimuotoisuuden kannalta suotuisin tapa on toteuttaa laikuittainen niitto, jossa jätetään riittävästi ruovikoita pesimistä varten.

Ruovikon poistaminen parantaa rannan rikkokäyttömahdollisuuksia mahdollistamalla mm. kalastuksen ja uimisen. Se myös lisää useimpien mielestä rannan esteettisyyttä. Myös rantakiinteistöjen arvo saattaa nousta ruovikon poistamisen ansiosta.

Järviruokoa voidaan niittää esimerkiksi viikatteella, mutta tällöin tulisi varmistaa, että niitetty ruoko ei pääse kulkeutumaan esimerkiksi naapurin rannalle. Jos niittoala on suurempi, on usein järkevämpää jättää niittäminen ammattilaisten toteutettavaksi. Järviruokoyrittäjä voi tuoda työpaikkoja erityisesti harvaan asutuilla alueilla, ja ajoittain yrittäjille olisi enemmän töitä kuin he pystyvät aikataulujensa puolesta toteuttamaan (Joensuu ym. 2014). Suomessa järviruoko' on niittäminen ei useimmiten ole ollut taloudellisesti kannattavaa, sillä niittäminen on Suomen haastavissa olosuhteissa kohtuullisen kallista, ja niittomassalle löytyy harvoin hyötykäyttöä (Simi 2007, Valo 2007). Siksi niitetty järviruoko usein läjitetään rannalle, jossa se hitaasti kompostoituu.

1.1 Järviruoko' on ominaispiirteet

Järviruoko (*Phragmites australis*) on monivuotinen putkilokasvi, joka kasvaa Suomessa 1-3 metriä korkeaksi. Järviruoko' on juuret ovat haaroittuvia ja hyvin laajoja. Järviruoko saa ravinteensa maanalaisen juurakon avulla. Kasvukauden päätyttyä ruoko varastoi ravinteet maanalaiseen juuristoon, jonka jälkeen kasvin korsi kuolee. Kuolleet korret kasautuvat suuriksi lautoiksi ja ajautuvat usein rannan läheisyyteen. Kuolleet korret saattavat myös säilyä pitkään pystyasennossa (Gessner 2000). Keväällä kasvukauden alettua järviruoko kasvattaa uuden korren, ja samalla ravinteita siirtyy juurakosta korteen ja lehtiin. Järviruoko lisääntyy pääasiassa juurakon avulla sillä siementen itävyys on heikko. Laji kukkii Suomessa kesäkuussa ja siemenet kypsyvät tammi-helmikuussa (Huhta 2008). Laji on yleinen koko Suomessa, pohjoisinta Suomea lukuun ottamatta. Laji kasvaa sekä maalla että vedessä esimerkiksi ojissa, rannoilla ja soilla.

1.2 Järviruoko' on niittäminen

Järviruoko' on koneellinen niittäminen on Suomessa varsin harvinaista, ainakin jos verrataan tilannetta muuhun Eurooppaan, jossa niittoyrittäjä on huomattavasti yleisempää. Järviruokoa voidaan niittää mihin vuodenaikaan tahansa, mutta niittämisen ajankohta vaikuttaa huomattavasti esimerkiksi tarvittavaan laitteistoon. Kesäniitto voidaan toteuttaa koneellisesti esimerkiksi kelluvalla traktorilla tai trukso- rilla (kuva 2). Lisäksi pienialaisia niittoja voidaan toteuttaa viikatteella tai kiinnittämällä leikkuri esimerkiksi veneen perään. Talviniitto puolestaan voidaan toteuttaa esimerkiksi viikatteella, kun jää on riittävän paksua (kuva 3), tai mönkijällä, johon on kiinnitetty leikkuri. Monet yrittäjät ovat rakentaneet omia laitteitaan niittotehokkuuden parantamiseksi, sillä Suomessa on vain vähän erityisesti ruovikon niittoon soveltuvia laitteita (Joensuu ym. 2014).



Kuva 2. Järviruo' on kesäniitto. Niittomassan kerääminen on usein haastavin ja eniten aikaa vievä vaihe. Kuva: Ilona Joensuu.



Kuva 3. Talviniitto voidaan toteuttaa talkoovoimin esimerkiksi viikatteen avulla. Kuva: Ilona Joensuu.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1. Elinkaariarviointi

Elinkaariarvioinnilla (Life cycle assessment, LCA) voidaan arvioida erilaisten tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia. Elinkaariarviointi sisältää tuotteen tai palvelun elinkaaren mukaan lukien raaka-aineen hankinnan, tuotteen valmistamisen ja käytön sekä tuotteen hävityksestä, kierrätyksestä tai uudelleenkäytöstä aiheutuneet ympäristövaikutukset. Elinkaariarvioinnin toteuttamista tukevat ISO-standardit (ISO 14040:2006). Elinkaariarvioinnin avulla voidaan paikantaa erilaisten tuotteiden ja palveluiden merkittävimmät ympäristövaikutukset, ja linkittää ne johonkin tiettyyn tuotantovaiheeseen, prosessiin tai esimerkiksi prosessissa tarvittaviin yksittäisiin kemikaaleihin. Elinkaariarvioinnin avulla voidaan arvioida tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia, ja kehittää niitä entistä ympäristöystävällisempään suuntaan. Elinkaariarviointia hyödynnetään erityisesti ympäristömerkkien myöntämisessä, mutta sitä voidaan käyttää myös erilaisten tuotantovaihtoehtojen vertailuun. Lisäksi yritykset voivat hyödyntää elinkaariarvioinnin tuloksia tuotteiden kehittämisessä.

Yleisesti elinkaariarvioinnissa käytettyjä ympäristövaikutusluokkia ovat muun muassa (Antikainen 2010)

- ilmastonmuutos
- otsonikato
- happamoituminen
- rehevöityminen
- pienhiukkaset
- fotokemiallinen (alailmakehän) otsonin muodostuminen
- ekotoksisuus
- toksisuus ihmiselle

Laajamittainen elinkaariarviointi on työläs ja paljon aineistoja vaativa menetelmä, joten kattavan elinkaariarvioinnin tuottaminen vie tyypillisesti paljon aikaa ja resursseja. Tästä syystä elinkaariarviointi voidaan toteuttaa myös yksinkertaistetusti, jolloin arvioidaan vain osa ympäristövaikutuksista tai yksinkertaistetaan arvioitavaa tuoteketjua. Elinkaariarviointi koostuu seuraavista vaiheista, jotka ovat tyypillisesti päällekkäisiä (ISO 14040) (kuva 4).

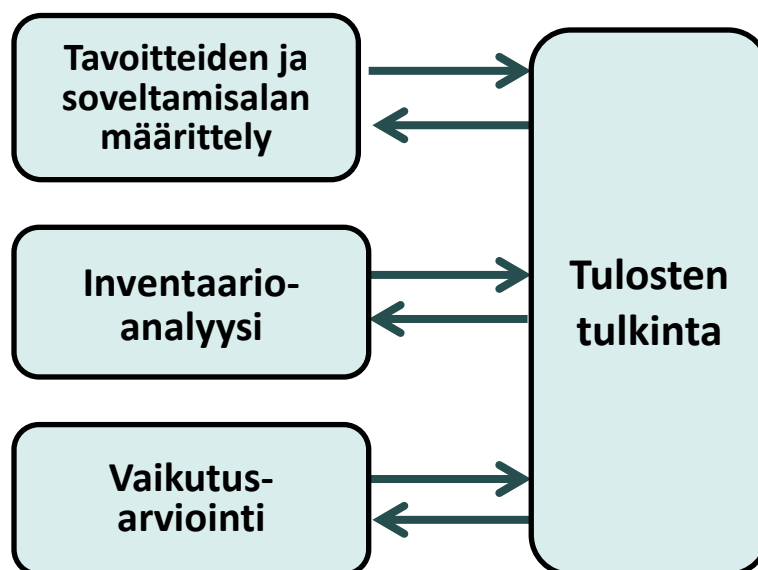
1. **Tavoitteen ja soveltamisalan määrittely**, jonka aikana määritellään mm. arvioinnin yksityiskohtaisuus, tarkasteltava ajanjakso ja sisällytettävät ympäristövaikutusluokat. Määrittelyvaihe on olennainen vaihe, sillä systeeminrajaus vaikuttaa lopputulokseen. Yksi olennainen vaihe on toiminnallisen yksikön valinta. Toiminnallinen yksikkö on elinkaariarvioinnin yksi peruselementeistä, jota kohden kaikki vaikutukset kohdennetaan. Toiminnallinen yksikkö voi olla esimerkiksi kg valmista tuotetta tai MWh energiaa.

2. **Tiedon kerääminen**, jolloin kerätään tarvittavat tiedot koko tuotejärjestelmästä, kuten esimerkiksi tarvittavat raaka-aineet ja kulutettu energia. Tiedon luotettavuuteen tulisi kiinnittää huomioita. Tarkat mittaukset tuotantoprosessista ovat yleensä luotettavia, mutta käytännössä tietoa joudutaan yleensä etsimään useista eri tietolähteistä, kuten raporteista, kirjallisuudesta ja tekemällä asiantuntija-arvioita.

3. **Vaikutusarviointi**, jonka aikana arvioidaan ympäristövaikutusten merkittävyttä. Merkittävyyden arvioimisen mahdollistamiseksi eri päästöt karakterisoidaan, eli muutetaan yhteismitallisiksi kunkin ympäristövaikutusluokan sisällä. Esimerkiksi ilmastonmuutoksen osalta kaikkien kasvihuonekaasujen päästöt muutetaan hiilidioksidiekvivalentiksi, joka kertoo kasvihuonekaasujen vaikutuksen ilmaston

lämpenemiseen vastaavina hiilidioksidipäästöjen vaikutuksina. Lisäksi yhteismitallistetut ympäristövaikutusluokkatulokset voidaan normalisoida. Normalisointi voidaan toteuttaa esimerkiksi suhteuttamalla tuotteen ilmastonmuutosvaikutukset koko Euroopan ilmastonmuutosvaikutukseen. Tällöin voidaan arvioida, kuinka merkittäviä eri ympäristövaikutukset ovat toisiinsa nähden. Normalisoidut ympäristövaikutusluokkatulokset voidaan lisäksi painottaa. Normalisointi ja painotus ovat vapaaehtoisia vaiheita.

4. **Tulosten tulkinnan** aikana arvioidaan tuloksiin vaikuttavia tekijöitä sekä arvioidaan tulosten herkkyyttä, täydellisyyttä ja johdonmukaisuutta. Johtopäätökset tehdään tulosten pohjalta, ja tarvittavat toimenpide-ehdotukset mahdollisille kohderyhmille tulee esittää.



Kuva 4. Elinkaariarvioinnin vaiheet ISO-standardin mukaisesti (ISO 14040:2006).

2.2. Järviruokoketjujen elinkaariarvioinnissa käytetyt menetelmät ja toiminnallinen yksikkö

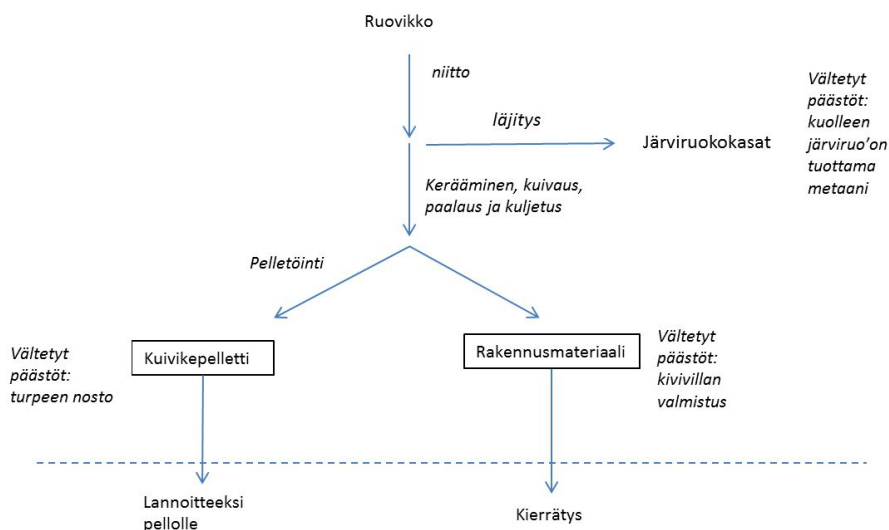
Elinkaariarvioinnissa hyödynnetyt karakterisointikertoimet pohjautuivat hollantilaiseen ReCiPe-menetelmään (Goedkoop ym. 2009). Tarkasteluihin sisällytettiin seuraavat ympäristövaikutusluokat: ilmastonmuutos, yläilmakehän otsonin tuhoutuminen, happamoituminen, alailmakehän otsonin muodostuminen, pienhiukkaset, toksisuus ihmiselle, vesiympäristön rehevöityminen, vesiympäristön ekotoksisuus, maanviljelysmaan varaus, luonnon maankäytön muutos, kaupunkimaisen maan varaus, uusiutumattomien polttoaineiden kulutus, metallien kulutus ja veden kulutus. Normalisointikertoimina käytettiin Sleeswijk ym. (2008) laatimia kertoimia.

Elinkaariarvioinnissa kaikki tuotteen tuottamat päästöt ja vaikutukset arvioidaan toiminnalliseen yksikköön nähden. Toiminnallinen yksikkö tulisi valita elinkaariarvioinnin näkökulmasta olennaisten tavoitteiden perusteella. Koska tässä raportissa tarkasteltavina oli hyvin erilaisia tuotantoketjuja, ei ole mielekäästä verrata lopputuotteita toisiinsa (esim. kg kuivikepелlettejä ja kg seinäeristettä). Tästä syystä toiminnalliseksi yksiköksi valittiin niitetty hehtaari.

2.3. Elinkaariarviointiin sisällytetyt järviruo'on hyödyntämismuutokset

Tässä tutkimuksessa elinkaariarviointi toteutettiin kolmelle erilaiselle järviruokoketjulle (kuva 5):

- läjitys ja kompostointi
- kuivikepelletti hevostalleille
- rakennusmateriaali (järviruokopaali seinäeriste)



Kuva 5. Elinkaariarviointiin sisällytetyt järviruo'on jatkokäytön vaihtoehdot.

2.3.1. Järviruo'on niitto ja läjitys

Järviruo'on niittovaiheen oletettiin olevan sama kaikissa järviruokoketjuissa. Niittoajankohdaksi oletettiin loppukesä, jolloin ruo'oissa on vielä runsaasti ravinteita. Niittämisen oletettiin tapahtuvan truksorilla (kuva 2), jonka niittotehokkuuden oletettiin olevan 0,5 hehtaaria tunnissa, ja ruokomassan saanti 5 000 kg kuiva-ainetta hehtaaria kohden polttoaineen kulutuksen ollessa 1,7 kg tunnissa (Liite 1). Nämä oletukset soveltuvat Suomen olosuhteisiin, kun puolestaan esimerkiksi Etelä-Euroopassa niittotehokkuus ja saatava niittomassa voivat olla selkeästi suurempia. Toisaalta haasteellisissa kohteissa (esimerkiksi kivistä pohjilla) niittotehokkuus voi olla huomattavasti oletusarvoa heikompi.

Polttoaineen kulutuksen, truksorin käytön ja niittoon tarvittavien laitteiden valmistuksen (kuten niittoterät) aiheuttamat ympäristövaikutukset arvioitiin Ecoinvent-tietokannasta saatujen tietojen avulla (Friskhnecht ja Rebitzer 2005). Truksorin aiheuttamat päästöt arvioitiin Lipasto-tietokannan perusteella (VTT 2014). Tietokannoissa ei ole tietoja truksorin kaltaisten erityislaitteiden aiheuttamista ympäristövaikutuksista, joten elinkaariarvioinnissa hyödynnettiin tavanomaisia maatalouskoneita koskevia tietoja.

Järviruo'on läjitys -vaihtoehdossa niitetty ruokomassa läjitettiin lähelle rantaa, jossa ne kompostoituvat. Koska tutkimuksia järviruokokasojen metaanipäästöistä ei ollut saatavilla, arvioitiin kompostien aiheuttamat metaanipäästöt yhtä suuriksi kuin kotitalousjätteellä (Bhander ym. 2010). Metaanipäästöjen määrä voi kuitenkin vaihdella huomattavasti mm. ruokokasojen happipitoisuuden, muodon ja kosteuspitoisuuden vuoksi. Jotta ruokokasojen aiheuttamat metaanipäästöt jäisivät vähäisiksi, tulisi ruokokompostien hoidossa huomioida samoja ohjeita kuin kompostoinnissa yleensäkin (esim. Kiertokapula 2007).

2.3.2. Niitetyn järviruo'on esikäsittely

Niitetyn järviruo'on esikäsittelyvaiheet ovat sekä kuivikepelletti- että rakennusmateriaali -vaihtoehdolle samanlaiset. Niitetyn ruokomassan annetaan kuivua lähellä rantaviivaa (eli oletettiin, että koneellista kuivausta ei tarvita), jonka jälkeen se paalataan ja kuljetetaan käsiteltäväksi. Tutkimuksessa oletettiin kuljetusmatkan olevan 20 km, ja kuljetuksen tapahtuvan maanteitä pitkin. Jos ruokoa ei paalata, on sen vaatima tila huomattavasti suurempi, ja kuljetuskustannukset kasvavat. Jos ruokomassan kuivaaminen toteutetaan koneellisesti, tulisi huomioida kuivaamiseen tarvittavat koneet ja energiankulutus. Tästä vaiheesta eteenpäin ovat kuivikepelletti-vaihtoehdon ja rakennusmateriaali-vaihtoehdon vaiheet keskenään erilaiset.

2.3.3. Kuivikepelletit

Järviruo'osta valmistetut kuivikepelletit (kuva 6) ovat riittäisempiä kuin hevostalleilla käytetyt perinteiset kuivikemateriaalit. Tästä syystä 1 kg ruokopellettejä riittää korvaamaan 2 kiloa turvetta, jota käytetään tällä hetkellä Suomessa hevostalleilla kuivikkeena olkipellettien ohella. Tässä tutkimuksessa oletettiin, että järviruokopelletit korvaavat turvetta kuivikekäytössä. Pelletöinnin vaatiman energiankulutuksen oletettiin olevan yhteneväinen puupellettien valmistuksen energiankulutuksen kanssa (NOVEM 2006). Lisäksi pelletöintiin tarvittavien laitteiden oletettiin olevan samanlaiset kuin puupelletin valmistuksessa. Pellettien käyttövaihetta ei huomioitu, sillä sen arvioitiin olevan ympäristövaikutuksiltaan samanlainen kuin jo käytössä olevien kuivikemateriaalien. Käytettyjen pellettien arvioitiin maatuvan lantakassassa 12 kuukautta, jonka jälkeen ne hyödynnettiin pelloilla lannoitteena. Oletuksena on, että järviruoko ja lantaseos on lannoiteominaisuksiltaan samanlainen kuin turve-lantaseos. Järviruokopellettien käyttöä hevostallilla on kokeiltu Hajautetut biojalostamot -hankkeessa (kuva 7) (Pitkänen ja Vilppo 2014). Hankkeen kokeiluissa todettiin, että järviruokopelletit sitovat ammoniakkin hajua tehokkaammin kuin muut pelletit, mutta toisaalta ne pölyisivät paljon (Pitkänen ja Vilppo 2014). Lisäksi järviruoko on voimakkaasti allergisoiva kasvi, mikä saattaa rajoittaa järviruo'on hyötykäyttöä.



Kuva 6. Järviruo'osta valmistettuja pellettejä.
Kuva: Sari Pitkänen.



Kuva 7. Järviruokopellettejä kuivikekäytössä hevostallilla. Kuva: Sari Pitkänen.

2.3.4. Seinäeriste

Järviruo' sta on rakennettu mm. Virossa kattoja, mutta järviruo' koa on mahdollista hyödyntää myös seinäeristeinä. Muualla Euroopassa järviruo' osta on valmistettu seinäeristelevyjä. Lisäksi järviruo' kopaaleja voi myös hyödyntää eristeinä sellaisenaan samaan tapaan kuin olkipaaleja. Elinkaaritarkastelussa järviruo' kopaalien oletettiin toimivan eristeinä 100 vuoden ajan, ja niiden oletettiin olevan käyttöominaisuuksiltaan ja valmistusprosessiltaan samanlaisia kuin olkipaalit. Järviruo' osta valmistetun seinäeristeen elinkaariarviointitoteutettiin soveltamalla Mattila ym. (2012) oletuksia ja laskelmia olkipaalien hyödyntämisestä seinäeristeinä. Järviruo' koeristeen käyttöominaisuudet oletettiin yhteneväisiksi perinteisten eristysmateriaalien kanssa (mineraalivilla). Jotta saavutettiin samat ominaisuudet kuin perinteisillä materiaaleilla, järviruo' koseinän paksuudeksi oletettiin 40 senttimetriä. Järviruo' osta valmistetulle seinäeristeelle oletettiin 100 vuoden käyttöikä, jonka jälkeen eristepaalin voi hyödyntää esim. energiaksi polttamalla.

2.4. Seurausvaikutuksellinen elinkaariarvioinnin toteutus

Elinkaariarviointi voidaan toteuttaa hyödyntämällä haitanjaollista tai seurausvaikutuksellista elinkaariarviointia. Tässä raportissa järviruo' koketjujen elinkaariarviointi toteutettiin soveltamalla seurausvaikutuksellista elinkaariarviointia. Seurausvaikutuksellinen elinkaariarviointi huomioi ne vaikutukset, jota tuotteen valmistaminen kokonaisuudessaan aiheuttaa. Esimerkiksi järviruo' on niittäminen ja niittomasan hyödyntäminen kuivikkeena voisi vähentää turpeen nostoa, jota käytetään Suomessa yleisesti kuivikkeena hevostalleilla. Lisäksi elinkaaritarkastelussa huomioitiin vältetyt metaanipäästöt, eli päästöt, joita ei muodostunut, koska kuollut ruokomassa niitetään ja kerätään eikä se jää järven hapettomiin oloihin mätänemään. Seurausvaikutuksellinen elinkaariarviointi on haastavampi toteuttaa ja sisältää huomattavasti enemmän epävarmuuksia kuin haitanjaollinen elinkaariarviointi, jossa tuotteen aiheuttamat ympäristövaikutukset allokoidaan kokonaisuudessaan tuotteelle. Koska järviruo' kotarkasteluissa seurausvaikutuksellinen elinkaaritarkastelu todettiin huomattavasti informatiivisemmaksi, päätettiin soveltaa tätä vaihtoehtoa siihen liittyvistä epävarmuuksista huolimatta. Tarkasteluissa tehtiin varsin pitkälle meneviä oletuksia siitä, mitä tuotteita järviruo' kotuotteet korvaisivat. Toisaalta seurausvaikutuksellinen tarkastelu on kuvaavampi, mikäli järviruo' koa aletaan hyödyntää laajemmassa mittakaavassa perinteisempien tuotteiden korvaamiseen (turve kuivikkeena ja mineraalivilla eristeinä).

2.4.1. Järviruo' on hyödyntämisvaihtoehtoihin liittyvät hiilivarastot

Järviruo' on kuivamassasta noin puolet on hiiltä (Lötjönen ym. 2009). Jos järviruo' on sisältämän hiilen vapautuminen ilmaan hiilidioksidin muodossa estetään (hyödyntämällä esimerkiksi rakennuseristeinä), saadaan aikaan hiilivarasto. Hiilivarastojen muodostaminen hillitsee ilmastonmuutosta, ja siksi erityisesti pitkäaikaiset hiilivarastot ovat ilmastoystävällisiä. Seinäeristeketjussa järviruo' koon varastoitunut hiili arvioitiin hyödyntämällä PAS 2050 laskentaohjeita (British Standards Institution 2008). Samoja ohjeita noudatettiin, kun arvioitiin läjitys -vaihtoehdossa järviruo' kokasoihin lyhytaikaisesti varastoitunut hiili. Kun ruokomassat läjitetään rannalle, muodostavat ne myös hiilivaraston, tosin lyhytaikaisemman kuin rakennuseriste.

2.4.2. Turpeen ja mineraalivillan elinkaariarviointi

Turpeen ympäristövaikutuksista ei ole tehty kattavaa elinkaariarviointia turpeennoston ja polton ilmastovaikutuksia lukuun ottamatta. Ilmastovaikutuksen suuruuteen vaikuttavat mm. toiminnallisen yksikön määrittely, menetelmän valinta ja systeemin rajausta (Grönroos ym. 2013).

Elinkaaritarkasteluissa hyödynnettiin Ecoinvent -tietokannan arvioita turpeen ympäristövaikutusten osalta ja ilmastomuutoksen osalta hyödynnettiin Grönroos ym. (2013) laskelmia. Mineraalivillan valmistuksen ja hävittämisen elinkaaristen ympäristövaikutusten arvioimiseen hyödynnettiin Ecoinvent-tietokantaa.

2.4.3. Kuolleen ruovikon metaanipäästöt

Niittämisen arvioitiin vähentävän kasvihuonekaasupäästöjä, sillä kuolleen ruokomassan poistaminen vähentää järven metaanipäästöjä. . Kuolleen ruovikoiden metaanipäästöjen arvioimiseksi hyödynnettiin tuloksia, joissa oli mitattu rehevän, osittain kuolleen ruovikon metaanipäästöjä (Bergström ym. 2007). Oletuksena elinkaarilaskelmissa oli, että 1 kg kuollutta ruokoa tuottaa metaanipäästöjä 0,042 kg mikä on hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuna 0,92 kg. Tuotettu metaanimäärä vastaa biojätteen tuottamaa metaanimäärää hiilidioksidiekvivalenteiksi muutettuna.

3 Elinkaariarvioinnin tulokset

3.1. Niittovaiheen ja eri tuotantovaihtoehtojen ympäristövaikutukset

Järviruokoketjujen elinkaariarvioinnin tulosten mukaan merkittävimmät ympäristövaikutukset tapahtuvat jo niittovaiheen aikana. Järviruo' on hyödyntäminen kumpaan tahansa käyttötarkoitukseen (eristeenä tai kuivikkeena) olisi siis ympäristön kannalta hyödyllistä. Jotta voitiin ottaa kantaa siihen, kuinka merkittäviä niittämisen elinkaariarvioinnin tulokset ovat, ne normalisoitiin suhteuttamalla karakterisoidut ympäristövaikutusluokkatulokset koko Euroopan päästöihin (Sleesviik ym. 2008). Normalisoitujen tulosten perusteella kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen (vältetään 4860 hiilidioksidiekvivalenttia kasvihuonekaasupäästöjä hehtaaria kohden) ja rehevöitymisen väheneminen (4 kg fosforin poistuma hehtaaria kohden) tuottavat suurimman osan niiton ympäristöhyödyistä. Niittämisen myötä poistuvan fosforin määrä vaihtelee poistetun niittomassan ja vuodenajan mukaan. Loppukesällä saavutetaan tyyppillisesti suurin hyöty, sillä tällöin niittomassa on suurimmillaan, ja ruo' on sisältämä fosforipitoisuus on korkeimmillaan. Jos alueelta poistetun ruokomassan määrä ja sen fosforipitoisuus tunnetaan, on niittämisen rehevöitymisvaikutuksen arvioiminen yksinkertaista. Koska niittämisen hiilijalanjäljen arviointi sisältää huomattavasti enemmän menetelmällisiä haasteita ja epävarmuuksia, niitä käsitellään omassa kappaleessaan (ks. kappale 3.2).

Jotta seinäeristeen ja kuivikepellettien ympäristövaikutuksia voitaisiin selkeämmin verrata, tarkasteltiin niitä ilman niittovaiheen ympäristövaikutuksia. Tässä vaiheessa saavutetaan tämän tutkimuksen tulosten mukaan järviruokoketjuissa ympäristöhyötyjä lähes kaikkien ympäristövaikutusluokkien osalta. Niissä ympäristövaikutusluokissa, joissa saadaan negatiivinen tulos (taulukko 1), saavutetaan hyötyjä (eli vähennetään haitallisia vaikutuksia kyseisessä ympäristövaikutusluokassa). Esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta järviruo'osta valmistettu seinäeriste on erityisen hyödyllinen.

Taulukko 1. Elinkaariarvioinnin tulokset järviruo'on tuotantoketjuille (toiminnallinen yksikkö on niitetty hehtaari). Tarkasteluissa ei ole huomioitu niittomassan poistamisen aiheuttamia vaikutuksia rehevöittäviin ja ilmastonmuutosta aiheuttaviin päästöihin. Negatiivinen luku kuvaa kuinka paljon päästöjä voidaan välttää valmistamalla ruokomassasta seinäeristettä (ja korvaa siten mineraalivillaa) ja kuivikepellettejä (korvaa turvetta). Molemmat tuotantoketjut ovat näiden tulosten perusteella lähes kaikkien ympäristövaikutusluokkien osalta ympäristön kannalta suotuisia.

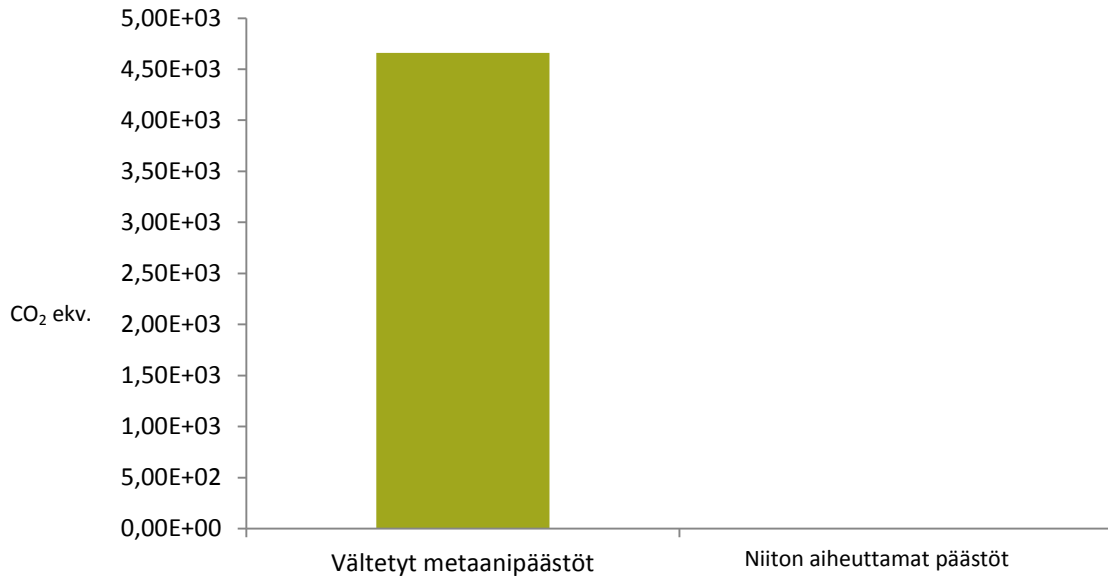
Ympäristövaikutusluokka	yksikkö	Tuotantoketjut	
		seinäeriste	kuivikepelletit
maanviljelysmaan varaus	m ² a	-397,2	7,7
ilmastonmuutos	kg CO ₂ - ekv.	-11 581,0	-5 205,7
fossiilisten luonnonvarojen kulutus	kg öljy-ekv.	-884,6	27,1*
ekotoksisuus makeassa vedessä	kg 1,4-DCB- ekv.	-15,4	-0,7
makeanveden rehevöityminen	kg P- ekv	-0,9	-0,1
toksisuus ihmiselle	kg 1,4-DCB-v	-825,8	-36,7
ionisoiva säteily	kg U235- ekv.	-644,0	-52,4
ekotoksisuus merivedessä	kg 1,4-DCB- ekv.	-15,5	-0,7
meriveden rehevöityminen	kg N-ekv.	-2,1	0,3
metallien kulutus	kg Fe- ekv.	-123,6	17,5
luonnonmaan muutos	m ²	-1,0	-0,1
otsonikato	kg CFC-11- ekv.	-0,0	-0,0
pienhiukkaset	kg PM10- ekv.	-18,6	0,3
fotokemiallisten oksidanttien muodostuminen	kg NMVOC	-7,7	1,1
maaperän happamoituminen	kg SO ₂ - ekv.	-18,1	0,5
maaperän ekotoksisuus	kg 1,4-DCB- ekv.	-0,1	0,0
kaupunkimaisen maan varaus	m ² a	-35,8	-8,3
veden kulutus	m ³	-24,7	-33,6

* turvetta ei ole luokiteltu fossiiliseksi luonnonvaraksi

On huomattava, että taulukossa 1 esitetyt karakterisoidut tulokset eivät ole suoraan verrannollisia toisiinsa nähden ympäristövaikutusluokkien välillä (ei ole mielekäästä verrata esimerkiksi hiilidioksidiekvivalenteja fosforikiloihin sellaisenaan).

3.2. Niittämisen hiilijalanjälki ja siihen liittyvät epävarmuudet

Herkkyystarkastelujen perusteella olennaisin muuttuja hiilijalanjäljen kannalta on järvessä olevan kuolleen ruokomassan aiheuttamat metaanipäästöt (siinä tapauksessa, että niittoa ei tehdä). Toisaalta esimerkiksi truksorin polttoaineen kulutus ei ole hiilijalanjäljen kannalta merkittävä muuttuja (kuva 8). Toisin sanoen tulosten luotettavuuden lisäämiseksi tulisi arvioida entistä tarkemmin, mitkä ovat kuolleen ruokomassan päästöt, ei esimerkiksi mitata polttoaineen kulutusta.



Kuva 8. Niittämisen aiheuttamat päästöt (kesäniitto truksorilla) aiheuttavat huomattavasti vähemmän ilmastonmuutosta kuin niittämisen myötä vältetyt metaanipäästöt (ks. oletuksen laskelmissa liite 1) rehevillä ruovikoilla.

Niittämisen arvioitiin vähentävän kasvihuonekaasupäästöjä, sillä kuolleen ruokomassan poistaminen vähentää järven metaanipäästöjä. Kuolleet ruo'ot muodostavat suuria lauttoja, joissa hapettomissa oloissa muodostuu erityisesti metaania, joka on noin 23 kertaa haitallisempi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi (Bergström 2011). On kuitenkin epäselvää, kuinka paljon kuollut ruoko muodostaa metaania, ja metaanimuodostukseen vaikuttaa moni tekijä, kuten esimerkiksi ruokomassan määrä.

On epävarmaa, miten ruovikko reagoi niittoon. Esimerkiksi keväällä vedenpinnan yläpuolelta niitetty ruovikko kasvaa tyypillisesti nopeasti takaisin, jolloin saavutettu hyöty (sekä ympäristön että virkistyskäytön osalta) jää lyhytaikaiseksi. Toisaalta ruovikon tilalle saattaa ilmestyä muita vesikasveja tai leviä, joiden aiheuttamat ympäristövaikutukset eroavat järviruo'on vaikutuksista, ja erityisesti levät hankaloittavat virkistyskäyttöä jopa enemmän kuin järviruoko. Pääasiassa muut kasvilajit aiheuttavat vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä kuin järviruoko (Bergström 2011; Bergström ym. 2007). Useissa tapauksissa (mm. Björndahl 1985) on todettu, että niittäminen lisää seuraavan vuoden ruovikon kasvua (noin 10 %). Tällöin elinkaariarvioinnissa tulisi huomioida, että seuraavana vuonna kuollutta järviruokamassaa on edellistä vuotta enemmän (ja siten myös niiden metaanipäästöt ovat suuremmat). On kuitenkin mahdollista, että ruovikko ei niiton jälkeen uusiudu. Edellä mainitut tekijät kuvaavat järviruokoskenaarioihin liittyvää epävarmuutta, ja jotta niittämisen hiilijalanjäljestä saataisiin kattavampi kuva, tulisi nämä skenaariot sekä niihin liittyvät epävarmuudet ottaa huomioon. Tässä tutkimuksessa ei järviskenaarioihin liittyvää epävarmuutta huomioitu, vaan oletettiin että ruovikko kasvaisi takaisin seuraavan vuonna (määrän pysyessä samana). Tällöin yhden kesäniiton ilmastonmuutoksen kannalta positiiviset vaikutukset rajoittuvat kuolleen, järveen jäävän ruokomassan vältettyihin metaanipäästöihin.

Järviruoko pumppaa tehokkaasti metaania sedimentistä ilmakehään (Brix ym. 2001). Niittämisen on todettu kiihdyttävän ruo'on kautta kulkeutuvaa metaanin kulkua (Zhu ym. 2007), mutta nämä mittaukset ovat lyhytkestoisia, joten on mahdollista, että vaikutus ei ole pysyvä. Sen lisäksi, että järviruoko kuljettaa metaania sedimentistä ilmakehään, se kuljettaa myös happea sedimenttiin. On mahdollista, että järviruoko siten edistää pohjasedimentin happipitoisuutta, jolloin se vähentää metaanin muodostumista ja lisäksi ehkäisee fosforin liukenemistä. Metaania muodostuu erityisesti hapettomissa oloissa, ja myös fosforin liukenemistä esiintyy hapettomissa olosuhteissa. Näitä ilmiötä ei tarkasteltu elinkaaritarkasteissa, sillä arvioinnin tueksi ei löytynyt soveltuvaa tutkimustietoa.

Lisäksi vaikutukset metaanipäästöihin ovat oletettavasti erityyppiset, riippuen siitä katkaistaanko ruoko vedenpinnan ylä- vai alapuolelta. Vedenpinnan alapuolelta tapahtuvaa niittoa sovelletaan tyypillisesti silloin, kun ruovikosta halutaan päästä pysyvästi eroon. Vedenalapuolinen niitto on haastavampaa, ja Suomessa harvinaista, joten elinkaariarvioinnissa oletettiin kaiken niiton tapahtuvan katkaisevan ruo-

ko vedenpinnan yläpuolelta. Jos niittäminen toteutetaan vedenpinnan alapuolelta, on mahdollista että niittämisen hiilijalanjälki poikkeaa raportissa esitettävistä tuloksista. Lisäksi niittäminen saattaa vaikuttaa epäsuorasti järvisedimentin hiilivarastoihin. Jos niittomassa poistetaan, ei pohjaan siirry ruokomassaa, joka voi vakaissa olosuhteissa muodostaa pitkäaikaisen hiilivaraston.

Järviruo'on niittämisen hiilijalanjäljen (eli koko elinkaaren aiheuttamat vaikutukset ilmastomuutokseen) arviointi on äärimmäisen haastavaa, sillä arviointiin liittyy merkittäviä epävarmuuden lähteitä. Elinkaariarviointi on lisäksi keskittynyt esimerkiksi energiankulutuksen ja raaka-aineiden käytön vaikutusten arviointiin, mutta ekosysteemiin keskittyvä elinkaariarviointi on jäänyt vähäisemmälle tarkastelulle. Tästä on kuitenkin poikkeuksena puupohjainen bioenergia, jonka hiilijalanjäljen arvioimiseksi on kehitetty useita malleja ja menetelmiä (Repo ym. 2011; Kilpeläinen ym. 2013; Helin ym. 2013).

3.3. Järviruo'on niittämisen muut ympäristövaikutukset

Elinkaariarvioinnin avulla ei voida kattavasti arvioida kaikkia niittämisen aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi niittäminen hidastaa järven umpeenkasvua, mutta koska järven umpeenkasvu tai sen virkistysarvo ei ole elinkaariarviointiin sisällytettävä ympäristövaikutusluokka, ei tätä voida laskennallisesti huomioida elinkaaritarkasteluissa.

Lisäksi niittomassan poistaminen voi vaikuttaa fosforin ja kaasujen kulkeutumiseen sedimentistä. Näistä ei kuitenkaan ole kattavaa tutkimustietoa, joten niitä ei voitu huomioida elinkaaritarkasteluissa. On kuitenkin huomattava, että näiden vaikutusten sisällyttäminen tarkasteluihin saattaisi muuttaa elinkaaritarkastelun tuloksia. Lisäksi järviruovikot pidättävät ravinteita, kiintoainesta ja haitallisia aineita (Alahuhta ym. 2011a; Laukkonen ym. 2012). Tietyiltä alueilta ruovikon täydellinen hävittäminen saattaa huonontaa järven tilaa, jos järviruo'on aikaansaama valumavesien puhdistava vaikutus poistuu ruovikon niittämisen myötä.

4 Järviruo' on niittämisen sosiaalinen ulottuvuus

4.1. Rantakiinteistöjen omistajien maksuhalukkuus

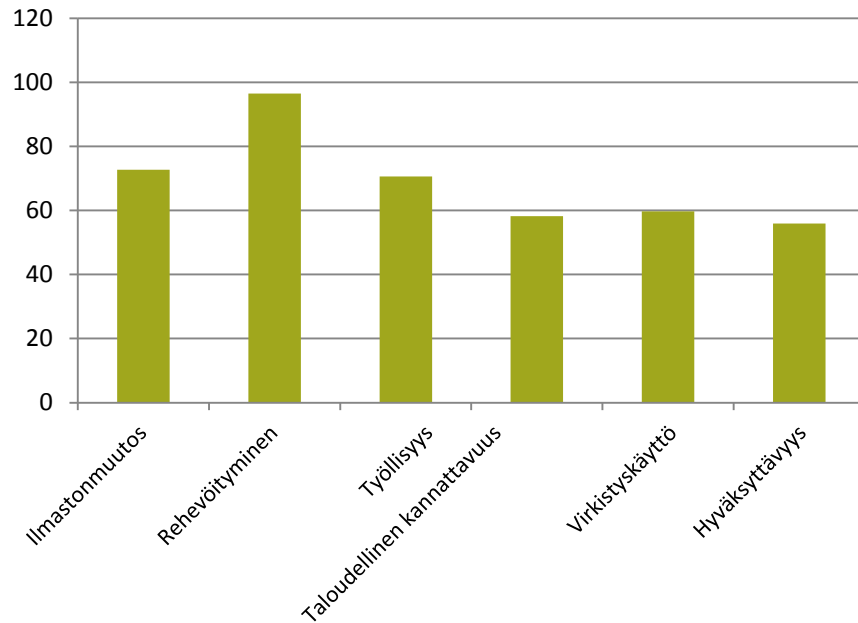
Hankkeen aikana lähetettiin rantakiinteistön asukkaille kysely (Luostarinen 2013), jossa tiedusteltiin mm. vastaajien maksuhalukkuutta järvien kunnostamiselle. Koska kyselyä ei ole toteutettu elinkaaritarkasteluissa käytettyä toiminnallista yksikköä kohden (niitetty hehtaari) joudutaan vastauksista tekemään oletuksia, jos halutaan arvioida maksuhalukkuutta toiminnallista yksikköä kohden. Maksuhalukkuus vaihteli suuresti (ja suuri osa vastaajista ei ollut valmis maksamaan kunnostuksesta lainkaan), mutta keskiarvo maksuhalukkuudelle oli 291 euroa (Luostarinen 2013). Alijoen (2012) tutkimuksessa maksuhalukkuus oli samaa suuruusluokkaa eli 0-250 euroa, mutta tässäkin tutkimuksessa maksuhalukkuutta ei ole kiinnitetty tiettyyn pinta-alaan. Kokonaisuudessaan kolmen eri järven (Ätäskö, Pyhäselkä ja Heposelkä) rantatontin omistajat, jotka vastasivat kyselyyn, ilmoittivat olevansa valmiita sijoittamaan yhteensä 45 150 euroa kunnostamiseen. Hankkeessa tehtyjen arvioiden mukaan niitettävää olisi kolmen järven alueella 1 367 hehtaaria (Joensuu ym. 2014). Tämän perusteella maksuhalukkuudella ei pystytä kattamaan näiden kaikkien ruovikoiden niittoa, mutta toisaalta pienten rantatonttien kunnostaminen olisi mahdollista.

Virkistyskäyttöarvon on myös todettu paranevan veden laadun paranemisen myötä (Vesterinen ym. 2010), mutta koska järviruo' on niittämisen aiheuttamat hyödyt ovat kohtuulliset (4,5 kg fosforipoistuma hehtaaria kohden), ei niittämällä arvioitu olevan mahdollisuuksia saada järven tilaa parannettua esim. hyvästä erinomaiseksi, vaan saavutetut hyödyt ovat paikallisia.

4.2. Niittoyrittäjyyden hyväksyttävyys

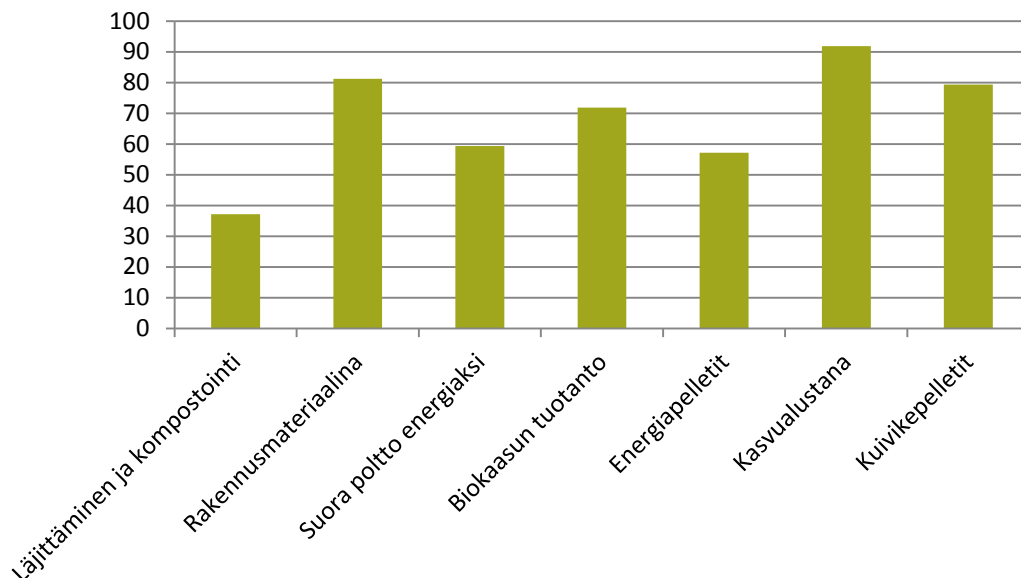
JÄREÄ-hankkeessa haluttiin selvittää, kuinka hyväksyttävänä järviruo' on niittämistä ja ruokomassan hyödyntämistä eri käyttötarkoituksiin pidetään. Tämän kartoittamiseksi toteutettiin kysely, jossa kerättiin järviruokoyrittäjien ja -asiantuntijoiden näkemyksiä siitä, miten hyväksyttävänä he pitävät eri järviruo' on käyttötapoja (Liite 2). Kyselyssä yrittäjiä ja asiantuntijoita pyydettiin pisteyttämään järviruo' on niittämisen kannalta olennaisimmat kriteerit, jotka olivat ilmastonmuutos, rehevöityminen, työllisyys, taloudellinen kannattavuus, virkistyskäyttö ja hyväksyttävyys.

Kyselyyn saatiin yhteensä 17 vastausta. Kriteereistä rehevöityminen (kuva 9) koettiin tärkeimmäksi. Myös muita kyselylomakkeessa mainittuja kriteereitä pidettiin varsin tärkeinä. On huomattava, että taloudellinen kannattavuus ei kuitenkaan ollut vastaajajoukon mielestä olennaisin kriteeri, vaikka tois-taiseksi niittämisen kannattamattomuus taloudellisesta näkökulmasta on yksi merkittävimmistä esteistä niittoyrittäjyyden edistämiseksi.



Kuva 9. Asiantuntijoiden arviot eri kriteerien tärkeydestä (asteikolla 0-100), kun arvioidaan erilaisten niittoketjujen vaikutuksia.

Vastaajajoukko piti kaikkia järviruo'on jatkokäyttötapoja hyväksyttävämpinä kuin järviruo'on läjittämistä ja kompostointia (kuva 10). Energiakäyttöä ei pidetty yhtä hyväksyttävänä hyödyntämistapana kuin ruokomassan jalostamista esimerkiksi kuivikepelleteiksi, kasvualueeksi tai rakennusmateriaaliksi. Lisäksi vastaajajoukko mainitsi muita hyödyntämistapoja järviruo'olle kuten hyödyntäminen ravinteena ja orgaanisena aineena pellossa, viherlannoitteena, maanparannusaineena ja pesämateriaalina linnuille. Kokonaisuudessaan vastaajat pitivät kaikkea ruokomassan hyödyntämistä (ja myös pelkkää niittoa ja läjitystä) erittäin hyväksyttävänä vaihtoehtoina.



Kuva 10. Asiantuntijoiden näkemysten mukaan eri järviruo'on käyttömuotojen hyväksyttävyy (asteikolla 0-100). Kaikkia käyttötapoja pidettiin hyväksyttävänä, mutta läjittämistä ja kompostointia pidettiin vähemmän hyväksyttävänä hyödyntämistapana kuin kasvualueena, kuivikepellettejä ja rakennusmateriaalia.

Hankkeen tavoitteena oli edesauttaa järviruokoyrittäjyyden yleistymistä. Järviruokoyrittäjyys voisi tuoda työpaikkoja erityisesti syrjään asutuille seuduille. Työtarve sijoittuu kuitenkin lyhyille ajanjaksoille, jolloin kaikista urakoista ole mahdollista suoriutua ajan ja työvoiman puutteen vuoksi (Joensuu ym. 2014). Jos järviruokoa hyödynnetään eri tuotteiden valmistukseen (esim. energiaksi, rakentamiseen tai kuivikkeena), työllisyysvaikutuksia voitaisiin lisätä. Toisaalta on huomattava, että jos järviruokokorvaa osittain muita tuotteita (kuten turvetta), niin vastaavasti työvoiman tarve vähenee toisaalla. Tällöin ei voida varmuudella sanoa, onko järviruo'on vaikutus kokonaisuudessaan työllisyyteen negatiivinen vai positiivinen. Toisaalta järviruo'on hyödyntäminen kuivikepelletteinä lisää paikallista työllisyyttä, koska esimerkiksi olkipelletit tuodaan tällä hetkellä tyypillisesti muualta Euroopasta.

5 Järviruo' on niittämisen taloudelliset vaikutukset

Järviruo' on niittokustannukset vaihtelevat suuresti (esim. Airaksinen 2004 mainitsee vaihteluväliksi 85 - 500 euroa/ha), sillä niittämisen tehokkuuteen vaikuttaa hyvin monet tekijät, kuten esimerkiksi sääolot (erityisesti tuulisuus), nostopaikan kunto ja kivikkoisuus (Joensuu ym. 2014). Lisäksi niittokustannuksia nostaa niitetyn ruokomassan kerääminen vedestä, joka on tyypillisesti niittämisen aikaa vievin vaihe (Väisänen 2014) (kuva 11).



Kuva 11. Niittämisen aikaa vievin vaihe on tyypillisesti niittomassan keruu. Tästä syystä niittämistoimintaa on hankala saada taloudellisesti kannattavaksi. Kuva: Ilona Joensuu.



Kuva 12. Järviruokoyrittäjyyden haasteena ovat järviruo' on kuljetuskustannukset. Kustannustehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi paalaamalla järviruokoa, jolloin se mahtuu pienempään tilaan. Kuva: Ilona Joensuu

Erilaisten järviruokotuotteiden valmistamisen taloudellista kannattavuutta on haastavaa arvioida. Toistaiseksi järviruo' on hyötykäyttö on Suomessa vähäistä, eivätkä yrittäjät ole halukkaita antamaan yksityiskohtaisia tietoja toimintansa kannattavuudesta. Lisäksi suurimmalla osalla järviruo'osta valmistetuilla tuotteilla ei ole valmiita markkinoita (esimerkiksi seinäeriste) joten ruokotuotteista saatava hintaa ei ole mahdollista nykytietämyksellä arvioida. On kuitenkin oletettavaa, että mitä enemmän jalostetusta tuotteesta on kyse, sitä suurempi taloudellinen hyöty on mahdollinen. Esimerkiksi järviruo' on suora poltto ei tyypillisesti ole kannattavaa kuin korkeintaan lyhyillä kuljetusmatkoilla, sillä ruo' on kuljettaminen on kallista (kuva 12.) (Simi 2007). Järviruokoyrittäjyyden kannattavuutta on tarkemmin pohdittu JÄREÄ-hankkeen loppuraportissa (Joensuu ym. 2014).

6 Niittämisen kestävyystarkastelut ympäristöekonomisesta näkökulmasta

Järviruon niittäminen ei näillä näkymin ole taloudellisesti kannattavaa, sillä se on suhteellisen kallista, eikä niittomassalle ole usein jatkokäyttöä, tai ruokomassasta maksettava summa ei riitä kattamaan niittokustannuksia (Simi 2007). Niittämällä on kuitenkin monenlaisia hyötyjä liittyen ympäristöarvoihin ja virkistyskäyttöön. Näiden hyötyjen arvioiminen suhteessa niiton aiheuttamiin kustannuksiin on haastavaa, sillä niitä mitataan tyypillisesti muissa yksiköissä kuin euroissa. Taloudellisen arvottamisen myötä on kuitenkin mahdollista muuttaa eri vaikutukset euromääräiseksi. Taloudellinen arvottaminen sisältää useita eri menetelmiä, joiden avulla markkinattomien hyötyjen arvottaminen mittaa virkistyspalvelujen nettoarvoa, ts. käyttäjien saamia hyötyjä (Ovaskainen ym. 2002). Tässä oletettiin, että maksuhalukkuus olisi hehtaaria kohden 34 euroa (joka perustuu hyvin varovaiseen arvioon JÄREÄ-hankkeessa toteutetun kyselyn pohjalta). Toisaalta on huomattava, että yksi niitto ei tyypillisesti paranna virkistyskäyttömahdollisuuksia pysyvästi, sillä ruovikko kasvaa nopeasti takaisin. On mahdollista, että vastaajat määrittivät maksuhalukkuutensa sillä perusteella, minkä olisivat valmis maksamaan, jotta ruovikosta päästäisiin pysyvästi eroon. Tässä tapauksessa maksuhalukkuus on yliarvioitu, sillä ruovikosta pysyvästi eroon pääsemiseksi tarvitaan tyypillisesti useita perättäisiä niittoja, jolloin kustannukset nousevat. Todennäköisesti kolmen kohdealueen järven niittokustannuksia ei pystytä kattamaan pelkästään rantakiinteistöjen omistajien ja käyttäjien varoilla.

Tässä raportissa esitettyjen elinkaariarvioinnin tulosten perusteella niittämällä on huomattavia hyötyjä ilmastonmuutoksen ja rehevöitymisen hillitsemisen suhteen, mutta näiden arviointi sisältää epävarmuuksia. Jos oletamme, että elinkaariarvioinnissa käytetyt mallit ovat luotettavia, saattaa jo järviruon niittämällä olla huomattavan positiivinen vaikutus ilmastonmuutokseen (kuva 8). Jos niittomassaa hyödynnetään korvaamalla turvetta (jonka tuotannolla on huomattavia ilmastovaikutuksia) tai käytetään tuotteena, joka muodostaa pitkäkestoisen hiilivaraston (kuten rakennuseriste), voidaan saavuttaa vieläkin suuremmat hyödyt ilmastonmuutoksen suhteen. Hyödyt voidaan arvioida hiilidioksidiekvivalentteina suhteuttamalla ne päästökaupassa määriteltyn hintaan.

Päästökauppa tarkoittaa järjestelyä, jossa haitallisia päästöjä tuottavat laitokset ovat velvollisia omistamaan kutakin tuottamaansa päästömäärän yksikköä kohti tietyn määrän päästöoikeuksia, joita laitokset voivat ostaa ja myydä keskenään. Ilmastonmuutoksen osalta päästökauppa on koskettanut pääasiassa hiilidioksidia, mutta myös metaanin päästökauppa olisi mahdollista. Päästöoikeuden hinta on korkeimmillaan ollut noin 30 euroa, mutta mm. talvella 2013 hiilidioksiditonin on voinut ostaa 4 - 5 eurolla. Tämä johtuu mm. teollisuustuotannon vähenemisestä Euroopassa (Stek 2013). Carbon offset eli kasvihuonekaasujen kompensointi on hyvitys, jonka yksityishenkilö, yhteisö tai yritys voi maksaa korvauksena tuottamistaan kasvihuonekaasuista. Carbon offset pohjautuu vapaaehtoisuuteen. Offset-varoilla rahoitetaan kasvihuonekaasuja vähentäviä projekteja, kuten tuulipuistojen rakentamista. Hiilidioksidin hinta (22.1.2014) oli noin 30 euroa/tonni hiilidioksidia. Jos oletetaan, että hiilidioksidin hinta on päästökaupassa 30 euroa/tonni hiilidioksidia, ja että niittämällä voidaan estää 4 860 hiilidioksidiekvivalenttia hehtaaria kohden, olisi yhden hehtaarin niittämisen kautta vältetyn hiilidioksidiekvivalentin arvo noin 150 euroa, joka joissain tapauksissa riittäisi kattamaan jopa niittokustannukset. Tämän arvion toteennäyttäminen vaatisi tosin lisää tutkimusta ruovikon niittämisen hiilijalanjäljestä.

Lisäksi järviruokomassan hyödyntäminen esimerkiksi kuivikkeena tai seinäeristeenä lisää ilmasto-
hyötyjä korvaamalla ilmaston kannalta haitallista turvetta ja mineraalivillaa. Mineraalivillan valmistus tuottaa kasvihuonekaasuja, jotka jäävät tällöin toteutumatta. On kuitenkin tärkeää varmistaa, että järviruon eristyskyky on yhtä hyvä kuin mineraalivillalla. Jos järviruoko ei vastaa eristysominaisuuksiltaan mineraalivillalla, saattaa lämmitystarve kasvaa, joka puolestaan lisää lämmittämisen aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Järviruon niittämisen mukana poistuu ruovikosta hiilen lisäksi mm. fosforia ja raskasmetalleja (liite 1). Sisävesissä fosfori on tyypillisesti ns. minimitekijä, eli fosforin määrä säätelee rehevöitymistä, ja siten esimerkiksi typen määrän lisääminen ei lisää rehevöitymistä. Tästä syystä sisävesien rehevöitymisen kontrolloiminen tulisi keskittää erityisesti fosforipäästöihin. Fosforipäästöjä voidaan hallita erityisesti vähentämällä ulkokuormitusta. Ulkokuormitus on peräisin pääasiassa maataloudesta (Suomen ympäristökeskus 2004). Ulkoisen kuormituksen hillitsemiseksi on useita keinoja, joiden avulla

fosforin valunta vesistöihin saadaan hillittyä. Järviruoko voi auttaa fosforin valunnan estämisessä vesistöihin, sillä se sitoo fosforia erityisesti rannikoilla. Toisaalta vesistöihin päätyneet fosfori lisää järviruo'on kasvua. Tämä on yksi järviruo'on lisääntymistä aiheuttanut tekijä. Ulkoisen kuormituksen vähentämisen lisäksi fosforia voidaan poistaa niittämällä. Järviruoko sisältää fosforia noin 0,9 % kuiva-aineesta, joten hehtaarilta voidaan poistaa noin 4,5 kg fosforia niiton myötä (Hansson ja Fredriksson 2004). Talvikorjuussa poistuu vähemmän fosforia, sillä suuri osa fosforista on siirtynyt järviruo'on juurakkoon. Kuitenkin talviniitossakin saadaan fosforia 0,03 % kuiva-aineesta, mikä tarkoittaisi 1,5 kg hehtaaria kohden (jos sato on 5 000 kg kuiva-ainetta hehtaarilta) (Lötjönen ym. 2009).

Järvien eri kunnostustoimenpiteiden kustannustehokkuutta on arvioitu mm. Suomen ympäristökeskuksen Gisbloom-hankkeessa. Kunnostustoimenpiteiden kustannustehokkuus arvioitiin euroina fosforikiloa kohden. Eri kunnostustoimenpiteiden kustannustehokkuus vaihteli suuresti, metsätalouden putki- ja pohjapatojen sekä pintavalutus kenttien (22 - 60 €/kg fosforia) ollessa kustannustehokkaimpia toimenpiteitä (Hjerpe 2013). Kalleimpia toimenpiteitä olivat kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmät (2 000 €/ kg fosforia) ja viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueelle (3 500 €/ kg fosforia) (Hjerpe 2013). Yksinkertaistettuna voitaisiin arvioida järviruo'on niittämisen kustannustehokkuutta jakamalla niittokustannukset poistetulla fosforimäärällä. Esimerkiksi niittokustannusten ollessa 800 euroa hehtaarilta, voidaan arvioida että tehokkuus on fosforikiloa kohden noin 200 euroa. Näillä oletuksilla niittäminen on kohtuullisen tehokas kunnostuskeino. On kuitenkin tärkeää, että niittomassa kerätään huolellisesti talteen, sillä jos niittomassa jää vesistöön, on lopputulos rehevöitymisen (ja myös muiden ympäristönäkökulmien) näkökulmasta merkityksellinen. Lisäksi on huomattava, että kokonaisuu- den kannalta niittämällä voidaan poistaa vain pieniä määriä fosforia, joten on tärkeää keskittyä ensisijaisesti ulkoista kuormitusta vähentäviin toimenpiteisiin.

7 Tulosten tarkastelu

Elinkaaritarkastelujen perusteella voidaan todeta, että järviruo'on niittämällä ja niitetyn ruo'on poistamisella on merkittäviä ympäristöhyötyjä. Järviruokoa niittämällä voidaan vähentää ilmastonmuutosta edistäviä metaanipäästöjä ja lisäksi poistetaan rehevöitymistä edistävää fosforia. Niittovaiheen ympäristövaikutusten arviointi on kuitenkin järviekosysteemin monimutkaisten prosessien ja toisaalta puutteellisten tutkimustulosten vuoksi haastavaa ja sisältää huomattavia epävarmuuksia. Niittämisen aiheuttamat ilmastonmuutosvaikutukset (esim. polttoaineen kulutuksen vuoksi) ovat häviävän pienet verrattuna siihen hyötyyn joka saadaan välttämällä hajoavan järviruokomassan metaanipäästöt (kuva 8). Lisäksi elinkaarilaskelmien mukaan jo ruokomassan läjittäminen, ja sitä kautta syntyvä lyhytaikainen hiilivaras-to vähentää ilmastonmuutosvaikutuksia enemmän kuin niiton aiheuttamat päästöt.

Epävarmuudet johtuvat siitä, että kuolleiden ruovikoiden metaanipäästöjä on tutkittu lähinnä laboratorio-oloissa (esim. Juutinen ym. 2003). Lisäksi järviruo'on biometaanin tuottomahdollisuuksia on arvioitu kohtuullisen paljon (esim. Vitie 2009, Risén ym. 2013), mutta näiden tutkimustulosten yleistäminen luonnon ruovikoihin ei ole mahdollista. Lisäksi ruovikoiden metaanipäästöjen mittaukset eivät ole keskittyneet arvioimaan sitä, miten ruovikon niittäminen vaikuttaa päästöihin, vaan tutkimuksissa on arvioitu esimerkiksi lämpötilan, vedenpinnan, vuodenajan ja vuorokauden ajankohdan vaikutusta päästöihin (esim. Grünfeld ja Brix 1999, Käki ym. 2001, Brix ym. 2006). Tutkimusta on siis tehty runsaasti ruovikoista ja niiden metaanipäästöistä, mutta niittämisen vaikutukset ovat puutteellisesti käsiteltyjä, ja vaatisivat huomattavasti lisää tutkimusta. Metaanin mittaustulokset kuolleista ruovikoista, ja toisaalta niiton jälkeisistä ruovikoista olisivat erityisen olennaisia niittämisen hiilijalanjäljen arvioimiseksi.

On lisäksi huomattava, että ruovikon vaikutus ilmastonmuutokseen on osittain riippuvainen aikaskaalasta, ja lyhyellä aikaperspektiivillä tarkasteluna vaikutus on suotuista (Brix ym. 2001). Koska ilmastonmuutoksen hillintä on arvioitu akuutiksi, tulisi suosia lyhyitä tarkastelujaksoja. Ruovikoituminen ja siten myös ruovikoiden metaanipäästöt ovat lisääntymässä, minkä vuoksi tulisi tutkimusta kohdistaa myös ruovikoiden niittämisen ilmastonmuutosvaikutuksiin. Jos niittäminen toteutetaan siten, että metaanipäästöt saadaan minimoitua, voi se olla erittäin kustannustehokas keino hillitä ilmastonmuutosta. Lisäksi niittomassan hyödyntäminen lisää ympäristöhyötyjä erityisesti ilmastonmuutoksen hillitsemisen näkökulmasta, sillä järviruoko voi korvata ympäristön kannalta haitallisina pidettyjä materiaaleja kuten turvetta ja mineraalivillaa.

Seurausvaikutuksellisia elinkaaritarkastelujen toteuttamista hankaloitti lisäksi turpeen noston elinkaaritutkimukseen puutteellisuus. Tyypillisesti elinkaariarvioinnissa arvioidaan erilaisten maankäyttötyyppien muutosta ja varausta, ja kullekin maankäyttötyypin muunnokselle on oma karakterisointiker-toimensa. Periaatteena on, että mitä enemmän kuluu aikaa ennen kuin maatyypin palautuu entiselleen, sitä suurempi haitta muodostuu. Turpeen osalta tämä aiheuttaa paljon tulkinnanvaraa, sillä ei ole selvää, milloin turpeennostoalue on jälleen ”luonnontilainen” vai tulkitaanko turpeennostoalue välittömästi luonnontilaiseksi? Turvealueen palautuminen alkuperäisen kaltaiseksi saattaa kestää satoja vuosia (Mattiila ym. 2013; Schmidt 2008) tai alue jää pysyvästi muuhun käyttöön, esimerkiksi metsätalousmaaksi. Lisäksi turvetta ei ole elinkaaritietokannoissa luokiteltu uusiutumattomaksi luonnonvaraksi.

Turpeen käytön vähentäminen ja korvaaminen järviruo'olla oletettavasti lisää monimuotoisuutta kahdella tavalla: turvealueiden hyötykäytön vähentäminen edistää suolajien säilymistä, ja toisaalta järviruo'on niittäminen kestäväällä, monimuotoisuuden huomioivalla tavalla voi edistää monien ruovikoitumisesta häiriintyvän lajin elinmahdollisuuksia. Monimuotoisuuden arvioiminen on hyvin haastavaa, sillä menetelmiä monimuotoisuusvaikutusten arvioimiseen on toistaiseksi kehitetty lähinnä maaekosysteemien, erityisesti metsien osalta (Winter ja Brambach 2011; Schmidt 2008). Näistä syistä johtuen ei monimuotoisuusvaikutuksia huomioitu tässä raportissa esitetyissä elinkaaritarkasteluissa. Jotta voitaisiin arvioida erityisesti niittämisen vaikutuksista monimuotoisuuteen, tulisi lajistoa kartoittaa laajemmin ja myös pidemmällä ajanjaksolla. Lisäksi tulisi arvioida millainen ruovikon monimuotoisuus on ennen niittoa ja verrata niitetyn ruovikon monimuotoisuutta alkutilanteeseen. Yksittäinen niitto ei todennäköisesti ehdi saavuttamaan suurta hyötyä monimuotoisuudelle, sillä niitetty ruovikko uusiutuu tavallisesti nopeasti.

Rakentaminen vaikuttaa lupaavalta järviruo' on käyttömuodolta erityisesti ympäristönäkökulmasta, sillä rakennusmateriaalina järviruoko muodostaa pitkäaikaisen hiilivaraston, ja auttaa siten hillitsemään ilmastonmuutosta. Järviruo' on energiakäyttöä ei arvioitu tämän raportin elinkaaritarkasteluissa, mutta järviruo' on energiakäyttöä on tarkasteltu muissa hankkeissa (Simi 2007, Valo 2007, Komulainen ym. 2008). Järviruo' on energiakäytöllä voidaan saavuttaa samat hyödyt kuin muissakin tuotantoketjuissa järviekosysteemin osalta (ilmastonmuutos, fosforin poistuma, kohentunut virkistyskäyttöarvo), ja lisäksi hyödyntämällä järviruokoa energialähteenä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita. Järviruo' on energiakäytöllä on siis ympäristöhyötyjä, joskaan se ei yleensä ole taloudellisesti kannattavaa (Simi 2007).

Järviruokoyrittäjyydellä on erinomaiset mahdollisuudet tukea kestävää kehitystä. Järviruokoyrittäjyys on erittäin hyväksyttävää, sillä se parantaa rantakiinteistöjen virkistyskäyttömahdollisuuksia. Lisäksi niittämällä on huomattavia ympäristöhyötyjä rehevöitymisen hillitsemisen suhteen, vaikka niittämällä ei saada vesistöjen fosforipitoisuutta merkittävästi alenemaan. Kaikkein mielenkiintoisin näkökulma on järviruokoyrittäjyyden merkitys ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta. Vähähiilisyys on nähty erityisen tärkeäksi tavoitteeksi niin Suomessa kuin kansainvälisesti. Jos tässä raportissa esitetyt tulokset osoittautuvat paikkaansa pitäviksi lisätutkimuksenkin jälkeen, on järviruo' on niitolla huomattavan myönteinen vaikutus ilmastonmuutokseen. Ilmastonmuutoksen myötä, kuten lämpötilan nousulla ja ravinnehuuhtouman lisääntymisellä, on ennustettu olevan järviruo' on kasvua kiihdyttävä vaikutus (Alahuhta ym. 2011b), joten järviruo' on niittämälle ja jatkokäytölle voisi olla tulevaisuudessa entistä enemmän kysyntää. Ongelmana ovat kuitenkin järviruokoyrittäjyyden taloudelliset haasteet. Järviruokoyrittäjyys tarvitsisikin tukea toimintansa kannattavuuden lisäämiseksi. Ympäristöargumentein tämä tuki olisi hyvin perusteltavissa.

KIRJALLISUUS

- Airaksinen, J. 2004. Vesivelho-hankkeen loppuraportti. Suunnitteluohjeistus rehevöityneiden järvien kunnostamiseen. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikka, Kuopio. 96 s.
- Ailstock, M.S., Norman CM, Bushmann PJ. 2001. Common Reed *Phragmites australis*: Control and Effects Upon Biodiversity in Freshwater Nontidal Wetlands. *Restoration Ecology* 9: 49–59.
- Alahuhta, J., Vuori, K-M., & Luoto, M. 2011b. Land use, geomorphology and climate as environmental determinants of emergent aquatic macrophytes in boreal catchments. *Boreal Environment Research* 16: 185–202.
- Alahuhta, J., Heino, J. & Luoto, M. 2011b. Climate change and the future distributions of aquatic macrophytes across boreal catchments. *Journal of Biogeography* 38: 383–393.
- Alijoki, T. 2012. Järviruo' on korjuun yleistymisen edellytyksiä suomessa. Opinnäytetyö (AMK) Turun ammattikorkeakoulu.
- Alijoki, T. 2013. Korret poikki ja pinoon – järviruoko ja sen korjuutoiminnan edellytykset Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 161. 55 s.
- Antikainen, R. 2010. (Toim.) Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010. Suomen ympäristökeskus.
- Aromaa, A. 2010. Selvitys ruovikkorantojen hoitomenetelmistä Vaasan Hietalahdessa. Lopputyö, 116 s. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- Bergström, I. 2011. Carbon gas fluxes from boreal aquatic sediments.
- Bergström, I., Mäkelä, S., Kankaala, P., Kortelainen, P. 2007. Methane efflux from littoral vegetation stands of southern boreal lakes: An upscaled regional estimate. *Atmospheric Environment* 41: 339–351.
- Bhander, G.S., Christensen, T.H., Hauschild, M.Z., 2010. EASEWASTE—life cycle modeling capabilities for waste management technologies. *International Journal of Life Cycle Assessment* 15, 403–416.
- Björndahl, G. 1985. Influence of winter harvest on stand structure and biomass production of the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. in Lake Tåkern, Southern Sweden. *Biomass*. 7: 303–319.
- British Standards Institution 2008. PAS 2050: Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services. British Standards Institution, London (2008).
- Brix, H., Sorrell, B.K., Lorenzen, B. 2001 Are *Phragmites*-dominated wetlands a net source or net sink of greenhouse gases? *Aquatic Botany*. 69: 313–324
- Brix, H., Sorrell, B.K., Schierup, H.H. 2006. Gas fluxes achieved by in situ convective flow in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 54 (1996), pp. 151–163.
- Engloner, A.I. 2009. Structure, growth dynamics and biomass of reed (*Phragmites australis*) – A review, *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 204: 331–346.
- Frischknecht, R., Rebitzer, G. 2005 The ecoinvent database system: a comprehensive web-based LCA database. *Journal of Cleaner Production*. 13: 1337–1343.
- Gessner, M. 2000. Breakdown and nutrient dynamics of submerged *Phragmites* shoots in the littoral zone of a temperate hardwater lake. *Aquatic Botany*. 66: 9–20
- Grünfeld, S., Brix, H. 1999. Methanogenesis and methane emissions: effects of water table, substrate type and presence of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, Volume 64, Issue 1, May 1999, Pages 63–75.
- Grönroos, J., Seppälä, J., Koskela, S., Kilpeläinen, A., Leskinen, P., Holma, A., Tuovinen, J.P., Turunen, J., Lind, S., Maljanen, M., Martikainen, P.J. 2013 Life-cycle climate impacts of peat fuel: calculation methods and methodological challenges. *The International Journal of Life Cycle Assessment*: 18: 567–576.
- Helin, T., Sokka, L., Soimakallio, S., Pingoud, K., Pajula T. 2013. Approaches for inclusion of forest carbon cycle in life cycle assessment – a review. *GCB Bioenergy* 5: 475–486.
- Hjerpe, T. 2013. Kustannustehokkaat vesienhuoltoimenpiteet Hiidenveden valuma-alueella. Suomen ympäristökeskus.

- Huhta, A. 2008. Rantojen kaunistus vai kauhustus - järviuon (*Phragmites australis*) merkitys vesien laadulle. Turun ammattikorkeakoulu. Puheenvuoroja. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy.
- ISO 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki
- Komulainen, M., Simi, P., Hagelberg, E., Ikonen, I., Lyytinen, S. 2008. Ruokoenergiaa – järviuon energiakäyttömahdollisuudet Etelä-Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportti 66.
- Käki, T., Ojala, A., Kankaala, P. 2001. Diel variation in methane emissions from stands of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. and *Typha latifolia* L. in a boreal lake. *Aquatic Botany*. 71: 259–271
- Leijting, J. 1999. Fuel peat utilization in Finland: resource use and emissions. *The Finnish Environment* 284.
- Simi, P. 2007. Järviuoko bioenergiana ja sen taloudellinen kannattavuus. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu. Kestävän kehityksen koulutusohjelma.
- Sleeswijk, A.W., van Oers, L., Guinee, J.B., Struijs, J., Huijbregts, M.A.J. 2008. Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of Total Environment* 390:227–240.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A.M. ym. 2009. ReCiPe 2008: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterisation, 1st edn.
- Hansson, P.-A., Fredriksson, H. 2004. Use of summer harvested common reed (*Phragmites australis*) as a nutrient source organic crop production in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102: 365–375.
- Härmä, M. 2007. Ruovikot kalojen lisääntymisalueina rannikkovesissä. Teoksessa Ikonen, Iiro & Hagelberg, Eija (toim.), Suomen ympäristö 37/2007. Ruovikot ja merenrantaniityt, 46–49. Helsinki. Edita Prima Oy.
- Joensuu, I., Myllyviita, T., Vilppo, T., Huttunen, M. 2014. Järeästi järviuon osta pohjamutia myöten ”järviuoko energiaksi, vesien tila paremmaksi Pohjois-Karjalassa”- hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46 / 2014.
- Juutinen, S., Larmola, T., Remus, R., Mirus, E., Merbach, W., Silvola, J., Augustin, J. The contribution of *Phragmites australis* litter to methane (CH₄) emission in planted and non-planted fen microcosms. *Biology and Fertility of Soils* 38:10–14.
- Kiertokapula Oy 2007. Kompostoriopas. Sähköisenä osoitteessa www.kiertokapula.fi
- Kilpeläinen, A., Strandman, H., Kellomäki, S., Seppälä, J., 2013. Assessing the net atmospheric impacts of wood production and utilization. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. In print.
- Komulainen, M., Simi, P., Hagelberg, E., Ikonen, I., Lyytinen, S. 2008. Reed Energy: Possibilities of Using the Common Reed for Energy Generation in Southern Finland. Turun ammattikorkeakoulun raportti 66. 79 p.
- Laukkonen, E., Vesikko, L., Hjerpe, T., Ahopelto, L., Marttunen, M., Kostamo, K., Pitkänen, H., Kuikka, S., Vesikko, K. Ruovikoituminen ja vedenlaatu Suomenlahdella: kyselytutkimuksen tulokset. Suomen Ympäristö 25/ 2012
- Luostarinen, M. 2013. Järviuoko: rantojen komistus vai kurjistus? Rantavyöhykkeen ruovikoitumisen vaikutukset Heposelän, Pyhäselän ja Ätäskön järvialueilla Pohjois-Karjalassa. Itä-Suomen yliopisto, 2013Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta / Historia- ja maantieteiden laitos. Pro gradu.
- Lötjönen, T., Kouki, J., Vuorio, K. 2009. Korsibiomassojen tuotantoketjut ja energiantuotantokokopaalikattilalla. MTT raportteja 19. <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti19.pdf>
- Mattila, T., Grönroos, J., Judl, J., Korhonen, M.-R. 2012. Is biochar or straw-bale construction a better carbon storage from a life cycle perspective? *Process Safety and Environmental Protection*. 90: 452–458.
- Netherlands Agency for Energy and Environment (NOVEM). 1996. Pretreatment technologies for energy crops. Report No. 9525. BTG biomass Technology Group BV, Enschede, The Netherlands.
- Ovaskainen, V., Horne, P., Pouta, E., Sievänen, T. 2002. Luonnon virkistyskäytön taloudellinen arvo ja taloudelliset vaikutukset. Pönkkä, H., Haakana, H. 2012. ”Järviuoko energiaksi, vesien tila paremmaksi Pohjois-Karjalassa” Linnuston huomioiminen hankealueella TOIMI – ympäristöalan asiantuntija
- Pitkänen, S., Vilppo, T. 2014. Puu- ja järviuokopelletti tallien kuivikkeena. Itä-Suomen yliopisto, 2014.
- Repo, A., Tuomi, M., Liski, J. 2011. Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues. *GCB Bioenergy* 3, 107–115.
- Risén, E., Gregeby, E., Tatarchenko, O., Blidberg, E., Malmström, M.E., Weland, U., Gröndahl, F. 2013. Assessment of biomethane production from maritime common reed. *Journal of Cleaner Production*. 53: 186–194
- Simi, P. 2008. Järviuoko bioenergiana ja sen taloudellinen kannattavuus. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu. Kestävän kehityksen koulutusohjelma.
- Schmidt, J.H. 2008. Development of LCIA characterisation factors for land use impacts on biodiversity, *Journal of Cleaner Production* 16(18)192–194.
- Suomen ympäristökeskus 2004a: Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnonhuuhtouma. Webdokumentti <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8568&lan=fi>. Sivulla käyty 24.3.2004.
- Valkama, E. 2007. Ruovikoiden hoidon vaihtelevat vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen Euroopassa. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (toim.) 2007. Ruovikot ja merenrantaniityt–Luonto-arvot ja hoitokokemuksia Etelä-Suomesta ja Virossa. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Saatavissa myös <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=78033&lan=fi>.
- Valo, A. 2007. Järviuon korjuu energiakäyttöön. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka.
- Van der Nat, F.J.W.A., Middelburg, J.J. 1998. Season variation in methane oxidation by the rhizosphere of *phragmites australis* and *scirpus lacustris*. *Aquatic Botany*, 61: 95–110.
- Vesterinen, J., Pouta, E., Huhtala, A., Neuvonen, M. Impacts of changes in water quality on recreation behavior and benefits in Finland. *Journal of Environmental Management* 91: 984–994
- Vitie, M.L. 2009. Biokaasua järvikasveista. Rehevöityneiden järvien niittojätteen metaanintuottopotentiali. Opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu.
- VTT-LIPASTO. [www-sivu] viitattu [29.8.2013] Saatavilla <http://lipasto.vtt.fi/>
- Winter, S., Brambach, F. 2012. Determination of a common forest life cycle assessment method for biodiversity evaluation. *Forest Ecology and Management* 262: 2120–2132
- Zhua, N., Anb, B., Krishnakumar, B., Zhao, L., Sun, L., Mizuochi, M., Inamori, Y. 2007. Effect of plant harvest on methane emission from two constructed wetlands designed for the treatment of wastewater. *Journal of Environmental Management*. Volume 85, Issue 4, December 2007, Pages 936–943

Liite 1. Elinkaaritarkasteluissa käytetyt tärkeimmät muuttujat

Muuttujan nimi	Laskennoissa käytetty oletus	Lähde	Vaikutusarviointi
Niitto			
Niittomassa	5 000 kg/ hehtaari	JÄREÄ hanke	
Niittotehokkuus	0,5 ha / h	JÄREÄ hanke	
Polttoaineen kulutus	1,7 kg / h	JÄREÄ hanke	Ecoinvent-tietokanta
Niittomassan ominaisuudet			
fosforipitoisuus	0,009 % ka	Vitie 2009	
typpipitoisuus	0,1 % ka	Vitie 2009	
hiilipitoisuus	49 % ka	Vitie 2009	
Kuolleen ruokomassan päästöt			
metaanipäästöt	42 kg / 1 000 kg kuollutta ruokoa	Bergström ym. 2007	
Järviruokotuotteiden korvaamat tuotteet			
kivivilla	1 kg järviruokoa korvaa 0,7 kg kivivillaa	Mattila ym. 2012	Ecoinvent-tietokanta
turve	1 kg järviruokopellettejä korvaa 2 kg turvetta	Hajautetut biojalostamot-hanke	Ecoinvent-tietokanta, Grönroos ym. 2013 (ilmastonmuutos)

Kysely järviruo' on niittämisen vaikutuksista kestävään kehitykseen

JÄREÄ-hankkeessa (Järviruoko energiaksi, vesien tila paremmaksi Pohjois-Karjalassa) on toteutettu järviruo' on niittämisen vaikutuksista elinkaarianalyysi liittyen ekologiseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen kestävyYTEEN. Kestävyystarkastelujen tavoitteena on arvioida ja verrata erilaisten niittotapojen ja lisäksi niitetyn ruo' on hyödyntämistapoja.

Järviruo' on niittämiseen liittyen on määritetty kriteereitä, joiden avulla niittämisen ja myös ruokomassan hyödyntäminen eri tarkoituksiin voidaan arvioida. Jotta voitaisiin arvioida eri vaihtoehtojen kokonaiskestävyys (ja verrata niitä toisiinsa) tulisi eri kriteerien tärkeys määritellä.

Kriteerien tärkeyden määrittelee laaja joukko sidosryhmien edustajia, paikallisia asukkaita, yritysten edustajia ja asiantuntijoita. Kriteerien tärkeyden määrittelemisen perustuu vastaajien arvovalintoihin, joten ei ole oikeaa tai väärää tapaa toteuttaa arvottaminen. Kaikki vastaukset käsitellään luottamuksellisesti, eikä yksittäisten vastaajien tuloksia tulla julkaisemaan.

Lisäksi kartoitamme kuinka hyväksyttävänä vastaajat pitävät järviruo' on niittämistä ja ruokomassan hyödyntämistä eri käyttötarkoituksiin.

Toivomme runsaasti vastauksia jotta tuloksista tulisi mahdollisimman kattavat!

Eri niittomassan hyödyntämismvaihtoehtojen hyväksyttävyyys

Määrittele kuinka hyväksyttävänä pidät niittomassan hyödyntämistä eri tarkoituksiin. Anna ensin mielestäsi hyväksyttävimmälle hyödyntämistavalle 100 pistettä, muille suhteessa tähän. Jos esimerkiksi tuotantotapa A on mielestäsi hyväksyttävin (ja saa 100 pistettä) ja tuotantotavan B hyväksyttävyyys on puolet tästä, anna B:lle 50 pistettä. 0 pistettä tarkoittaa, että tuotantotapa ei ole mielestäsi lainkaan hyväksyttävä. Useammalle vaihtoehdolle voi antaa saman pistemäärän.

Niittomassan hyödyntämismvaihtoehdot

pistearvo (0-100)

Niittomassan läjittäminen rannalle ja kompostointi

Hyödyntäminen rakentamisessa (seinäeriste, kattomateriaali)

Hyödyntäminen polttamalla energiaksi

Biokaasun tuotanto

Energiapelletit

Hyödyntäminen kasvualustana

Kuivikepelletit

Joku muu käyttötapa, mikä?

Kestävän kehityksen kriteerien tärkeyden määrittely

Ohessa on kuusi kestävän kehityksen kriteeriä, joiden avulla arvioidaan niittämisen ja niittomassan hyödyntämisen kokonaiskestävyys. Anna ensin tärkeimmälle kriteerille 100 pistettä ja sitten muille suhteessa tähän. Jos esimerkiksi kriteeri 1 on mielestäsi tärkein (ja saa 100 pistettä) ja kriteeri 2 on puolet tästä, anna 2:lle 50 pistettä. 0 pistettä tarkoittaa, että kriteeri ei ole lainkaan tärkeä. Useammalle kriteerille voi antaa saman pistemäärän.

Kriteeri 1. Ilmastonmuutos

Kriteerin kuvaus: Niittämällä järviruokoa voidaan hillitä ilmastonmuutosta vähentämällä kuolleen

ruokomassan aiheuttamia metaanipäästöjä.

Pistearvo:

Kriteeri 2. Rehevöityminen

Kriteerin kuvaus: Niittämällä voidaan vähentää vesistön fosfori- ja typpipitoisuuksia, jotka lisäävät rehevöitymistä

Pistearvo:

Kriteeri 3. Työllistäminen

Kriteerin kuvaus: Niittäminen ja niittomassan hyödyntäminen tukevat erityisesti syrjäseutujen työllisyyttä.

Pistearvo:

Kriteeri 4. Taloudellinen kannattavuus

Kriteerin kuvaus: Niittämisen ja niittomassasta valmistettavien tuotteiden tulee olla taloudellisesti kannattavaa.

Pistearvo:

Kriteeri 5. Virkistyskäyttö

Kriteerin kuvaus: Niittämällä voidaan parantaa alueen virkistyskäyttömahdollisuuksia

Pistearvo:

Kriteeri 6. Hyväksyttävyys

Kriteerin kuvaus: Niittämisen ja ruokomassasta valmistetut tuotteiden tulee olla hyväksyttäviä.

Pistearvo:

Taustatiedot vastaajista

___ yrittäjä

___ asiantuntija

___ tutkija

___ järjestön edustaja

___ rantakiinteistön omistaja/käyttäjä

___ muu, mikä _____

Kommenttini liittyen kyselyyn ja JÄREÄ-hankkeeseen

Palautathan lomakkeen oheiseen laatikkoon!

Kiittäen

Tanja Myllyviita

tutkija

Suomen ympäristökeskus / Joensuun toimipiste

tanja.myllyviita@ymparisto.fi, 0400 108 808, Yliopistokatu 7 (Natura-rakennus), 80100 Joensuu

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika
Tekijä(t)	Tanja Myllyviita, Tuomas Mattila, Pekka Leskinen	
Julkaisun nimi	Järviruoko on niittäminen ja hyötykäyttö- elinkaariarviointi ympäristövaikutuksista	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27/2015	
Julkaisun teema		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana vain internetistä: www.syke.fi/julkaisut helda.helsinki.fi/syke	
Tiivistelmä	<p>Järviruoko on yleistynyt Suomessa siinä määrin, että tiheät kasvustot haittaavat rantojen virkistyskäyttöä. Tässä raportissa arvioitiin elinkaariarvioinnin avulla järviruoko on niiton, ja niittomassan hyödyntämisen ympäristövaikutuksia. Arvioidut hyödyntämisvaihdot olivat kuivikepelletit ja rakennuseriste.</p> <p>Tulosten perusteella järviruoko on niittäminen hillitsee ilmastonmuutosta vähentämällä ruovikon aiheuttamia metaanipäästöjä. Niittämisen hiilijalanjäljen arvioiminen oli kuitenkin erityisen haastavaa puutteellisen tutkimustiedon vuoksi. Lisäksi ruovikon mukana voidaan poistaa huomattavia määriä fosforia, mikä puolestaan hillitsee rehevöitymistä. Järviruoko on jatkojalostus lisäsi myönteisiä ympäristövaikutuksia, sillä järviruoko voi korvata turvetta kuivikekäytössä ja mineraalivillaa rakennusmateriaalina.</p> <p>Hankkeen aikana todettiin, että järviruoko on niittäminen on myös erittäin hyväksyttävää asiantuntijoiden näkökulmasta ja erityisesti jatkokäyttöä tulisi edistää. Suomessa järviruoko on hyödyntäminen ei kuitenkaan ole toistaiseksi taloudellisesti kannattavaa. Järviruokoyrittäjyys olisi kuitenkin ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna erittäin kannattavaa.</p>	
Asiasanat	Järviruoko, elinkaariarviointi, hiilijalanjälki, ympäristövaikutukset, niittäminen	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR)	
	ISSN (pdf) 978-952-11-4514-8	ISBN (verkkoj.) 1796-1726
	Sivuja 38	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	
Julkaisun jakelu	Suomen ympäristökeskus (SYKE), neuvonta PL 140, 00251, Helsinki Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), syke.fi PL 140, 00251, Helsinki Puh. 0295 251 000	
Painopaikka ja -aika		

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum
Författare	Tanja Myllyviita, Tuomas Mattila, Pekka Leskinen	
Publikationens titel	Slåtter och utnyttjning av bladvassen - livscykelanalys av miljöeffekter	
Publikationsserie och nummer	Finlands miljöcentrals rapporter 27/2015	
Publikationens tema		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.syke.fi/publikationer helda.helsinki.fi/syke	
Sammandrag	<p>Vassen (eller bladvass) har blivit allt allmännare i Finland och täta bestånd hindrar friluftslivet på stränder. I den här rapporten, med livscykelanalys (LCA) som verktyg, studerade vi vilka miljöeffekter utnyttjning av vass som strömedel eller byggnadsmaterial har.</p> <p>Enligt forskningsresultaten hindrar slåtter av vass klimatförändringen, eftersom det också minskar utsläppen av växthusgasen metan från bestånd. Slåtter av vass avlägsnar också en betydande mängd fosfor ur vattnet och hindrar övergödningen. Eftersom det inte finns omfattande forskningsresultat, var det svårt att räkna ut kolfotspar av slåtter. Utnyttjning av vass som strömedel eller byggnadsmaterial hade positiv miljöpåverkan, eftersom man kan ersätta torvströ eller mineralull med vassen.</p> <p>Enligt specialister, slåtter av vassen är acceptabelt och man borde speciellt främja utnyttjning. Nuförtiden är det lönsamt att slå vassen ur miljö-, men inte ur ekonomiskt perspektiv.</p>	
Nyckelord	livscykelanalys, bladvass, miljöpåverkan	
Finansiär/ uppdragsgivare	Europeiska regionala utvecklingsfonden	
	ISSN (pdf) 978-952-11-4514-8	ISBN (online) 1796-1726
	Sidantal 38	Språk finska
	Offentlighet Offentlig	
Distribution	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi	
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Tel. 0295 251 000 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi	
Tryckeri/tryckningsort -år		

DOCUMENTATION PAGE

Publisher	Finnish Environment Institute	Date
Author(s)	Tanja Myllyviita, Tuomas Mattila, Pekka Leskinen	
Title of publication	Harvesting and processing of common reed – a life cycle assessment of environmental impacts	
Publication series and number	Reports of the Finnish Environment Institute 27/2015	
Theme of publication		
Parts of publication/ other project publications	The publication is available in the internet: www.syke.fi/publications helda.helsinki.fi/syke	
Abstract	<p>Common reed has colonised to that extent that monocultures have become a major disadvantage for recreational uses. In this report, harvesting of common reed and an utilisation on harvested biomass was assessed with an environmental life cycle assessment (LCA).</p> <p>Based on the results, harvesting common reed mitigates the climate change as the methane emissions of decaying reeds are avoided. Assessing the carbon footprint of the harvesting, however, was challenging because there is no adequate information on the climate change impacts of reed harvesting. It was also addressed, that a considerable amount of phosphorous can be omitted from a lake during the reed harvesting, which will mitigate eutrophication. Furthermore, using harvested reed for various purposes has positive environmental impacts, as reed can replace peat as horse litter and mineral wool as an insulation material.</p> <p>The experts considered reed harvesting to be acceptable and considered it important to advance utilisation of processed reed. At the moment, reed harvesting is not economically sensible in Finland. However, from the environmental point of view, businesses based on reed harvesting and utilisation of reed are highly beneficial.</p>	
Keywords	Common reed, phragmites, life cycle assessment, carbon footprint, environmental impact, mowing	
Financier/ commissioner	European fund for regional development	
	ISSN (pdf) 978-952-11-4514-8	ISBN (online) 1796-1726
	No. of pages 38	Language Finnish
	Restrictions public	Price
Distributor	Finnish Environment Institute (SYKE), neuvonta P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi	
Financier of publication	Finnish Environment Institute (SYKE), P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Phone +358 295 251 000	
Printing place and year		



ISBN 978-952-11-4514-8 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkok.)