



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 39/2017

Uutta liiketoimintaa vesistöjen ravinteista

Helena Hyvärinen, Kirsi Usva, Pauli Saarenketo, Sirkka Juhanoja ja
Eeva-Maria Tuhkanen

Uutta liiketoimintaa vesistöjen ravinteista

Esiselvitys

Helena Hyvärinen, Kirsi Usva, Pauli Saarenketo, Sirkka Juhanoja ja
Eeva-Maria Tuhkanen



Hyvärinen, H., Usva, K., Saarenketo, P., Juhanoja, S. ja Tuhkanen, E-M. 2017. Uutta liiketoimintaa vesistöjen ravinteista. Esiselvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 39/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 51 s.

ISBN: 978-952-326-424-3 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-425-0 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-425-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Helena Hyvärinen, Kirsi Usva, Pauli Saarenketo, Sirkka Juhanoja ja Eeva-Maria Tuhkanen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2017

Julkaisuvuosi: 2017

Kannen kuva: Erkki Oksanen / Luke

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Helena Hyvärinen¹⁾, Kirsi Usva²⁾, Pauli Saarenketo¹⁾, Sirkka Juhanoja³⁾ ja Eeva-Maria Tuhkanen³⁾

¹⁾Luonnonvarakeskus, Itäinen Pitkäkatu 3, 20520 Turku

²⁾Luonnonvarakeskus, Myllytie 1, 31600 Jokioinen

³⁾Luonnonvarakeskus, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö

Maa- ja metsätalousministeriön tilaaman ja Luken tuottaman esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa olemassa olevia ja potentiaalisia tulevaisuuden liiketoimintamahdollisuuksia, jotka perustuvat vesistöistä poistettuihin ravinteisiin, sekä tarkastella niiden edistämismahdollisuuksia Suomessa. HELCOM:in Itämeren suojelun toimintaohjelmassa ravinnekuormituksen vähennystavoitteet on määritelty maittain. Suomen osuus vähennystavoitteista on 150 tonnia fosforille ja 1 200 tonnia typelle vuodessa. Lisäksi Suomi on sitoutunut erityistoimenpiteisiin Saaristomeren hyvän tilan saavuttamiseksi.

Järviruoko on monivuotinen heinäkasvi, joka on lisääntynyt mm. rehevöitymisen seurauksena ja ruovikot peittävät Suomessa arviolta 100 000 hehtaarin alan. Yhden ruovikkohehtaarin leikkuulla voidaan poistaa fosforia 5–10 kg ja typpeä 50–100 kg. Kesällä korjattua tuoretta ruokoa voidaan käyttää viherlannoitteena ja kierrätysravinteena, kateaineena, maan orgaanisen aineen lisäajänä, biokaasun raaka-aineena ja pehmeää alkukesän ruokoa karjan rehuna. Talvella kerättyä kuivaa ruokoa voidaan käyttää kattojen, eristeiden, rappausalustojen ja näkösuojien rakentamisessa, sitä voidaan polttaa energiaksi, käyttää karjan ja hevosten kuivikkeena tai kompostin tukimateriaalina, hyödyntää kasvualustoina, kateaineina, maan orgaanisen aineen lisäajänä sekä hallasuojana. Vaikka järviruoko on useita potentiaalisia käyttökohteita, arvoketju ruo' on leikkuusta lähtien on toistaiseksi Suomessa hyvin kehittymätön. Teknologian puute, niittämiseen liittyvät hankalat käytännöt, jatkokuljetuksien järjestäminen, ruovikoiden leikkaamiseen liittyvä epäselvä tukipolitiikka ja ammattitaitoisen työvoiman puute ovat tällä hetkellä esteenä kannattavalle liiketoiminnalle. Järviruokoliiketoiminnan kehittämiseksi suositellaan 1) arvoketjun yhteiskehittämistä mm. logistiikassa ja markkinoinnissa, 2) leikkuun ja esikäsittelyn teknologiaan investoimista, 3) älykkäiden logististen systeemien kehittämistä, 4) avoimen tiedon tuottamista ja hyödyntämistä, 5) yhteistä ruokostrategiaa, 6) osaamisen kehittämistä ja 7) rahoitusinstrumenttien kehittämistä ja hyödyntämistä. Liiketoiminnallista ja ravinteiden poiston potentiaalia voi löytyä myös muista vesikasveista ja vesirajassa kasvavista kasveista. Mm. vesiruton erilaisia hyödyntämistapoja tutkitaan parhaillaan.

Ravinnesiepparit ovat yksi keino poistaa ravinteita. Hulevesien hallinnalla, jota on mm. vähentäminen, käsittely, viivyttäminen ja johtaminen, pyritään estämään ravinteiden ja haitta-aineiden pääsy luonnonvesiin. Kasveja käytetään hulevesien viivytysaltaissa moneenkin tarkoitukseen ja ne myös sitovat ravinteita. Hulevesialueiden hallinnassa tarvitaan yritystoimintaa uomien ja rantojen hoitoon.

Vesistöjen ravinteisiin perustuvaa liiketoimintaa voi tulevaisuudessa syntyä myös levän- ja simpukanviljelyn ympärille. Levistä makrolevien viljely avovesialtaissa on teoriassa mahdollista, vaikkakin haastavaa. Avovesissä kasvatetulla levällä on potentiaalisia käyttökohteita mm. rehuna ja energiana. Korkean lisäarvo käyttökohteita, mm. biopolttoaineiden tuotantomahdollisuuksia, tutkitaan parhaillaan aktiivisesti, vaikka potentiaali on huonompi kuin allaskasvatetuilla levillä.

Itämeressä kasvatettua simpukkaa voidaan niin ikään hyödyntää rehuna ja lannoitteena. Käyttökohteet ovat melko vähäarvoisia, ja toisaalta simpukan viljely taas suhteellisen kallista mm. korkeiden korjuukustannusten vuoksi, mistä syystä liiketoiminnan potentiaali on matala. Simpukan- ja makrolevänviljelyn yhdistäminen voi tulevaisuudessa tuottaa tiettyjä synergiaetuja samoin kuin yhdistäminen muuhun merellä tapahtuvaan toimintaan kuten merituulipuistoihin, mikä parantaisi kannatta-

vuotta. Myös tulevaisuudessa kehitettävät korkeamman lisäarvon simpukkatuotteet voivat muuttaa asetelmaa nopeasti.

Johtopäätöksenä todetaan, että levän- ja simpukankasvatukselle ei voida määritellä lähivuosien ravinteidenpoistotavoitteita. Hulevesien käsittelyllä voi olla paikallista vaikutusta alapuolisen vesistön ravinnekuormitukseen. Sen sijaan järviruo'on poistolla saattaa olla laajempaa merkitystä suhteessa Suomen ravinteidenpoistotavoitteisiin.

Liiketoiminnan synnyttämisen kannalta järviruoko on lupaavin tutkituista ravinteidenpoistokeinoista. Järviruokoliiketoiminta vaatii kuitenkin yhteiskunnalta jonkun verran tukea, jotta toiminta lähtee kunnolla liikkeelle. Liiketaloudellisen potentiaalin laajuutta on toistaiseksi vaikeaa arvioida. Toisaalta suorat ja välilliset työllisyysvaikutukset näkyisivät nimenomaan syrjäseuduilla.

Tulevaisuudessa meren biologisen monimuotoisuuden tutkiminen ja bioteknologisten resurssien koordinoitu kartoitus voi paljastaa uusia mahdollisuuksia hyödyntää vesialueidemme rikkauksia. Nämä saattavat usein palvella samalla myös ravinteiden poistotavoitteita.

Asiasanat: ravinne, liiketoiminnan edistäminen, järviruoko, makrolevä, simpukka, hulevedet

Sisällys

1. Taustaa	7
2. Yleistä	8
3. Vesistöjen ravinteita hyödyntävät yritystoiminnot	10
3.1. Järviruoko	10
3.1.1. Taustaa	10
3.1.2. Järviruon määrä	11
3.1.3. Järviruon niiton potentiaali poistaa ravinteita	11
3.1.4. Järviruon niitto ja käyttömahdollisuudet	12
3.1.5. Järviruon poistamisen taloudellinen potentiaali	19
3.1.6. SWOT ja johtopäätökset	20
3.1.7. Liiketoiminnan edistäminen ja rahoitus	21
3.2. Vesirutto	31
3.2.1. Taustaa	31
3.2.2. Kehittämishankkeet	31
3.3. Hulevesi	32
3.3.1. Taustaa	32
3.3.2. Hulevesialueiden hyödyntäminen ravinteiden poistamisessa	33
3.3.3. Hulevesi-liiketoiminnan edistäminen	33
3.4. Levät	34
3.4.1. Taustaa	34
3.4.2. Levien kasvattaminen ja viljelypotentiaali Itämerellä	34
3.4.3. Levien kasvattamisen potentiaali poistaa ravinteita vesistöistä	35
3.4.4. Avovesissä kasvatettujen levien käyttömahdollisuudet	35
3.4.5. Levien kasvattamisen taloudellinen potentiaali	37
3.4.6. SWOT ja johtopäätökset	38
3.4.7. Liiketoiminnan edistäminen	39
3.5. Simpukat	40
3.5.1. Taustaa	40
3.5.2. Simpukan viljely ja viljelypotentiaali Itämerellä	40
3.5.3. Simpukan viljelyn potentiaali poistaa ravinteita	41
3.5.4. Simpukoiden käyttömahdollisuudet	41
3.5.5. Simpukan viljelyn taloudellinen potentiaali	41
3.5.6. SWOT ja johtopäätökset	42
3.5.7. Liiketoiminnan edistäminen	42
3.6. Muut keinot	42
4. Yhteenveto	44
5. Viitteet	46

Esipuhe

Tämä esiselvitysraportti tuotettiin maa- ja metsätalousministeriön (MMM) tilauksesta Luonnonvarakeskuksessa. Tutkija Helena Hyvärinen vastasi kirjallisuuskatsausosiosta lukuun ottamatta hulevesiosiota, jonka tuottivat tutkija Sirkka Juhanoja ja tutkija Eeva-Maria Tuhkanen. Liiketoiminnan kehittämisosion laativat tutkija Kirsi Usva, johtava asiantuntija Pauli Saarenketo ja tutkija Helena Hyvärinen yhdessä. Projektin vastuututkijana toimi Kirsi Usva.

Tämä esiselvitys on tuotettu pääasiassa kirjallisuuskatsauksena, mutta erityisesti järviruo'on osalta alan toimijoiden näkemykset ovat olleet työssä kullanarvoisia. Myös monet Luonnonvarakeskuksen tutkijat ja asiantuntijat ovat olleet merkittävässä roolissa tuomassa omia ennen julkaisemattomia tietojaan ja kokemuksiaan mukaan työhön. Haluamme kiittää erityisesti yritysnaöökulmaa mukaan tuoneita Tero Almia Rantaparturit Oy:stä, Markku Järvistä OilWhale Oy:stä sekä Ahti Martikaista VAPO:sta. Maria Yli-Renkoa Varsinais-Suomen Ely-keskuksesta kiitämme hyvästä keskustelusta, kuten myös Turun ammattikorkeakoululta Pekka Alhoa, Juha Kääriää, Kari Jalkasta ja Päivi Simiä. Luonnonvarakeskuksesta kiitämme tiedoista ja keskusteluista Hannu Ilvesniemeä, Sari Mäkiä (levien tuotanto) sekä Anna-Liisa Välimäätä ja Satu Maaria Karjalaista Suomen ympäristökeskuksesta (Syke) Vesiruton hyötykäyttö – riesasta raaka-aineeksi (Elodea) -hankkeen osalta.

6.6.2017 Tekijät

1. Taustaa

Sipilän hallituksen (2015) strategiselle painopistealueelle 'Biotalous on paljon potentiaalia' sijoittuvan kärkihankkeen 3 'Kiertotalouden läpimurto, vesistöt kuntoon' tavoitteena on parantaa ympäristön tilaa ja luoda maahan uusia työpaikkoja ja vientimahdollisuuksia. Lisäksi kärkihankkeeseen 4 "Suomalainen ruuantuotanto kannattavaksi, kauppatase ja sininen biotalous nousuun" on asetettu tavoitteeksi, että vesistöihin joutuneita ylimääräisiä ravinteita hyödynnetään liiketaloudellisissa arvo- ketjuissa (Sinisen biotalouden kansallinen kehittämissuunnitelma 2016).

http://mmm.fi/documents/1410837/2045595/Sinisen+biotalouden+kehitt%C3%A4missuunnitelma_2362016.pdf/24a8051b-4058-4a5e-8410-d5d7036d624e

Tämän työn tilaaja on maa- ja metsätalousministeriö ja sen on tuottanut Luonnonvarakeskus. Työn tavoitteena oli kartoittaa kärkihankkeen tavoitteiden mukaisesti olemassa olevia ja potentiaalisia tulevaisuuden liiketoimintamahdollisuuksia, jotka perustuvat vesistöistä poistettuihin ravinteisiin, sekä tarkastella niiden edistämismahdollisuuksia Suomessa. Työssä pyrittiin etsimään innovatiivisia ideoita ja arvioimaan niiden toteutuskelpoisuutta sekä hyvin lyhyellä (lähivuodet) että pidemmällä aikavälillä.

Tämän selvityksen painopiste on uusissa liiketoimintamahdollisuuksissa, mutta samalla tarkastellaan olemassa olevia ja kehittyviä liiketoiminnan muotoja, joilla ravinteita voidaan poistaa vesistöistä. Tarkastelun kohteina ovat erityisesti järviviruo' on niitto, sekä muun kasvibiomassan, kuten vesiruton poisto. Lisäksi luodaan katsaus levien kasvatuksen sekä simpukan viljelyn tilanteeseen erityisesti ravinteiden poiston näkökulmasta. Vesistön ja maa-alueiden rajapinnassa tarkastellaan hulevesien puhdistuslaitosten biotomassan hyödyntämistä.

2. Yleistä

Suomen järvien tila on arvioitu pääosin hyväksi, järvistä 85 % on ekologisesti hyvässä tai erittäin hyvässä tilassa. Jokien osalta vastaava osuus on pienempi, vain 65 % on ekologisesti hyvässä tilassa. Jokivesistä välttävässä tilassa on 10 % ja huonossa tilassa 2 %. Merialueiden rannikoista vain 25 % on luokiteltu ekologiselta tilaltaan hyväksi. Rannikkovesistä 54 % on tyydyttävässä, 20 % välttävässä ja 1 % huonossa tilassa.

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila

Itämeren suurin ympäristöongelma on rehevöityminen. Rehevöitymisen suurimpia aiheuttajia on Itämeren valuma-alueella sijaitsevien maiden fosfori- ja typpekuormitus. Fosforikuormituksesta vähintään 95 % ja typpekuormituksesta 75 % tulee Itämereen jokien välityksellä tai suorana vesien kautta leviävänä kuormituksena. Typpekuormituksesta 25 % aiheutuu ilmalaskeumasta. Itämeren kuormituksesta Suomen osuus on 3,8 % fosforista ja 3,7 % typpestä (HELCOM 2010).

HELCOMin Itämeren suojelun toimintaohjelmassa, Itämereen ja Suomenlahteen korkein sallittu päästömäärä vuodessa on 11 610 tonnia fosforia ja 339 930 tonnia typpeä. Koska fosforia päätyy vesistöihin arvion mukaan 26 110 tonnia ja typpeä 439 940 tonnia, vuodessa pitäisi edelleen poistaa tai kuormitusta vähentää fosforin osalta 14 500 tonnia ja typen osalta 100 010 tonnia. Ravinnekuormituksen vähennystavoitteet on määritelty maittain. **Suomen osuus vähennystavoitteista on 150 tonnia fosforille ja 1 200 tonnia typelle vuodessa.** Ruotsille vastaavat osuudet ovat 290 ja 20 780 tonnia ja Virolle 220 ja 900 tonnia. Pohjanlahden alueelle ei ole määritelty vähentämistavoitteita (HELCOM 2007). Suomessa on tehty suunnitelmat siitä, miten tavoitteet voidaan toteuttaa. Teknisiä syistä johtuen Saaristomeri ei ollut mukana suurimman sallitun päästömäärän arvioinnissa, mutta samassa yhteydessä Suomi sitoutui erityistoimenpiteisiin Saaristomeren hyvän tilan saavuttamiseksi vuoteen 2020 mennessä (HELCOM 2010). Vuonna 2015 Suomen Ympäristökeskus arvioi vesistöjen ravinnekuormitukseksi fosforille yhteensä 3 047 tonnia/vuosi ja typelle 63 387 tonnia/vuosi.

[http://www.ymparisto.fi/fi-](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_ravinnekuormitus_ja_luonnon_huuhouma)

[FI/Kartat ja tilastot/Vesistojen ravinnekuormitus ja luonnon huuhouma](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_ravinnekuormitus_ja_luonnon_huuhouma)

Maa- ja metsätalousministeriö sekä ympäristöministeriö perustivat vuonna 2010 työryhmän laatimaan tiekartan tarvittavista toimenpiteistä. Tiekartassa jaoteltiin tarvittavat toimenpiteet neljään luokkaan, joista yksi oli ravinteiden kerääminen vesistöistä ja palauttaminen hyötykäyttöön. Toimenpide-ehdotuksia oli neljä: ns. Itämeri-rehun käyttöönotto, poistokalastuksen saaliin ravinteiden kierrätys, ravinnesieppareiden käyttö ja järviruo'on korjuun ja käytön tehostaminen. Tässä raportissa käsitellään ravinnesieppareista lyhyesti hulevesien käsittelyä sekä enemmän järviruo'on korjuuta ja käytön tehostamista (MMM 2011).

Suomessa lannoitukseen maa- ja metsätaloudessa sekä viherrakentamisessa käytetään vuodessa 35 miljoonaa kiloa fosforia ja 237 miljoonaa kiloa typpeä (Mikkola & Vormisto 2014). Osa ravinteista tulee tuotantoeläinten lannasta, kierrätyksestä sekä yhdyskuntien jätevesilietteestä. Kierrätetyn fosforin osuus on 53–66 % ja kierrätetyn typen osuus 35–66 %. Metsätalouden osalta typpilannoitteiden kierrätysosuus on 0 %. Fosforin kilohinta on n. 1,2 € ja typen 1,8 €. Maailmanmarkkinoiden arvioidaan olevan vesistöissä tuotetuille komponenteille vuodessa 2,8 miljardia € ja vuotuisen kasvuvauhdin arvioidaan olevan 12 % (Riiko 2014).

Vesistöön menetettyjen ravinteiden palauttaminen suoraan vedestä kiertoon sopiviksi käyttökelpoisiksi kierrätysravinteiksi ajatellaan yleisesti olevan erittäin kallista. Itse asiassa prosessin kustannus olisi kalliimpi kuin mikään muu toiminto koko ravinteiden talouskierrossa. Ravinteiden menettämisen todellinen kustannus muodostuu vasta ympäristöongelman korjaamisen kautta, mistä syystä pääpaino tutkimuksessa on ollut ravinnekuormituksen vähentämisessä. Parantamalla ravinnekiertoa luodaan uutta liiketoimintaa, saadaan aikaan säästöjä sekä vaikutetaan merkittävästi vesistöjen tilaan ja sitä kautta useisiin liitännäisaloihin (Aho ym. 2015).

Ravinteita voidaan poistaa vesistöistä myös kalastuksen ansiosta. Suomen merikalastuksen saalis oli vuonna 2013 n. 138 miljoonaa kiloa. Saalis koostuu pääosin silakasta ja kilohailista, mutta myös muista kalalajeista kuten turskasta, lohesta, kuhasta, ahvenesta ja siiasta. Vuonna 2013 kalasaaliin mukana Itämerestä poistettiin 570 tonnia fosforia ja 3000 tonnia typpeä. Vuonna 2014 pelkästään särkikalojen avulla poistettiin fosforia 13 tonnia ja typpeä 46 tonnia (Setälä 2015). Fosfori on ravinne, joka eniten vaikuttaa Saaristomeren rehevöitymiseen. Saaristomeren suojelurahaston mukaan yhden fosfori-gramman poistaminen maksaa 50 senttiä. Näin laskettuna Suomen ammattikalastajat poistavat vuodessa fosforia Itämerestä 285 miljoonan euron edestä. Poistokalastuksen ja sivuvirtojen hyödyntäminen kalarehuna (ns. Itämerirehu) saattaisi mahdollistaa myös perinteisen vesiviljelyn liiketoiminnan kasvun nykyisten päästörajojen puitteissa. Tämä edellyttää toimivaa kompensatiojärjestelmää, jota on tarkasteltu yksityiskohtaisemmin Itämerirehua kotimaisista kalavirroista loppuraportissa (Setälä ym. 2016). Kalastuksen potentiaali poistaa ravinteita vesistöistä on erittäin merkittävä. Tämän selvityksen painopiste on uusissa liiketoimintamahdollisuuksissa, eikä kalastusta käsitellä tässä enempää.

<http://www.sakl.fi/index.php/fi/tiedotteet/2038-suomen-ammattikalastus-poistaa-vuodessa-570-tonnia-fosforia-itaemerestae>

<http://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/613432/RKTL+Suomen+ammattikalastus+poistaa+tehokkaasti+fosforia+Itameresta>

Erityisesti Itämeren heikon tilan vuoksi on syytä tutkia erilaiset keinot, joiden avulla voidaan vähentää ravinteiden määrää vesistöissä. Uusilla toiminta- ja ajattelumalleilla kalliina pidetyistä ravinteiden poistomenetelmistä voidaan kehittää jopa kannattavaa liiketoimintaa, kun ravinteiden poisto liitetään kierrätysravinteiden ja muiden tuotteiden yhteistuotantoon sekä liiketoimintamalleihin liitetään innovatiivisia rahoitusinstrumentteja.

3. Vesistöjen ravinteita hyödyntävät yritystoiminnot

3.1. Järviruoko

3.1.1. Taustaa

Järviruoko eli ryti (*Phragmites australis*) on monivuotinen heinäkasvi ja sitä esiintyy ympäri maapalloa eri alalajeina. Maailmanlaajuisesti se on yksi nopeimmin leviävistä kasveista ja sen kasvualueet voivat laajeta useita metrejä vuosittain (McCormick et al. 2010, Schults-Zehden & Matczak 2012). Pohjoismaissa ravinteikkaissa olosuhteissa se kasvaa enintään 1–4 metriä pitkäksi, mutta muualla jopa 7 metriseksi (Ikonen 2008). Kasvupaikkoja ovat rannat, ojat, matalat vesialueet sekä muut ravinteikkaat kosteikkoalueet. Parhaiten järviruoko kasvaa paikassa, missä maaperän sisältämän orgaanisen aineksen pitoisuus on n. 97 % ja maaperän happamuus välillä 3,6–8,6 (yleisimmin pH vaihtelee 5,5–7,5). Itämeren rannikot tarjoavat hyvät kasvualustat järviruokoille alhaisen suolapitoisuuden vuoksi, kun optimaalinen suolapitoisuus kasville on 0–15 PSU (Schults-Zehden & Matczak 2012). Itämeren suolapitoisuus vaihtelee välillä 1–20 PSU ja keskimäärin suolapitoisuus on 7 PSU (State of the Baltic Sea Background Paper 2013). Kilpailukykyisenä järviruoko syrjäyttää muut kasvit ja muodostaa siten laajoja kasvustoja eli ruovikkoja. Kasvua edistää kasvupaikan ravinnepitoisuus, korkea lämpötila ja riittävä kosteus. Kilpailukyky perustuu nopeaan kasvulliseen lisääntymiseen, voimakkaaseen juureen sekä mm kuolleen kasvuston muodostamaan mekaaniseen esteeseen (Roosaluste 2007). Ilmaston lämpeneminen on lisännyt järviruokoille suotuisien kasvupaikkojen määrää, jolloin ruovikoiden laajeneminen on lisääntynyt. Ilmastonmuutoksen vaikutus on ollut jo havaittavissa (Próchnicki 2005, Alahuhta et al. 2011).

Aiemmin rantoja on hyödynnetty mm. karjan laidunalueina sekä peltomaina. Nykyisin rantojen käyttö laitumina on vähentynyt ja ranta-alueiden ravinnekuormitus on lisääntynyt. Vesistöihin päätyvät ravinteet, kiintoaineet ja ilmasta tuleva typpilaskeuma rehevöittävät rantoja ja vesistöjä, ja ovat siten johtaneet kasvillisuuden runsastumiseen. Erityisesti järviruoko on hyötynyt tästä ja nykyisin se peittää satojen hehtaarien laajuisina kasvustoina rantoja. Järviruokoa niittämällä voidaan poistaa ravinteita vesistöistä eli se on yleinen rehevöityneen vesistön kunnostuskeino. (Ajosenpää 2014). Ruovikot hävittävät rantojen ja vesialueiden avoimuutta tarvitsevien eläin- ja kasvilajien elinympäristöjä, heikentävät veden laatua, lisäävät metaanipäästöjä, sulkevat maisemia, hankaloittavat rantojen virkistyskäyttöä sekä vähentävät rantakiinteistöjen arvoa (Ruokopelto-hanke).

Järviruokokasvustojen niitolla voidaan toisaalta aiheuttaa haitallisia vaikutuksia ruovikosta riippuville lajeille kuten kaloille ja vesilinnuille, veden laadulle ja rantojen virkistyskäytölle, mikäli niittoa ei suunnitella ja toteuteta huolellisesti. Resurssien niukkuus edellyttää töiden tehokasta kohdentamista sellaisille alueille, jotka tuottavat eniten hyötyä. Järviruoko on leikkaamiseen liittyviä vaiheita ja huomioita on selvitetty Varsinais-Suomen ELY-keskuksen toteuttamassa VELHO-hankkeessa (2010–2014) ja hankkeen raportissa on selvitetty erilaisten leikkuuvaihtoehtojen toteuttamista ja vaikutuksia (Ajosenpää 2014).

Tällä hetkellä järviruokoon liittyvä liiketoiminta perustuu useimmiten rantatonttien omistajien ja näiden perustamien vesiensuojeluyhdistysten kustantamaan ruovikkojen leikkaamiseen. Koska niitetylle biomassalle ei ole vakiintunutta, helppoa ja kustannustehokasta hyötykäyttöä, läjitetään niitetty ruokoaines usein lähelle niittoaluetta. Tällöin niiton mukana vedestä poistuneet ravinteet eivät siirry riittävän kauaksi vesistöistä, ja ne valuvat helposti vähitellen takaisin vesistöihin. Mikäli leikattu biomassa voitaisiin hyödyntää paikallisesti käytössä olevilla menetelmillä, ruovikon niittäminen ja niitetyn materiaalin poisto vesistöistä tulisi palvelun tilaajalle edullisemmaksi, sillä niittopalvelun tarjoaja saisi osan ansainnasta niittomateriaalin hyötykäytön kautta. Tämä palvelun hinnan lasku taas lisäisi palvelun kysyntää, jolloin niittokohteet olisivat lähempänä toisiaan. Tämä taas johtaisi siihen, että samalta alueelta saataisiin enemmän ruokomateriaalia hyötykäytettäväksi ja samalla pienentäisi lo-

gistiikan kustannuksia ja tekisi ruokomateriaalin hyötykäytöstä liiketoiminnallisesti houkuttelevampaa. Järviruokoon perustuvia arvoketjuja ei ole tällä hetkellä olemassa. Mikäli näiden kehittymistä vauhditetaan, voisi hyvinkin nopeasti kehittyä useamman eri toimijan muodostama toimintamalli, jolla ruokobiomassaa ja sen mukana tulevia ravinteita voitaisiin hyödyntää erittäin tehokkaasti (Almi 2017).

Tulevaisuudessa järviruo'osta valmistetut tuotteet voivat olla sen verran arvokkaita, että tuotantokustannukset saadaan korvattua. Kun sadonkorjaamiseen tarvittava teknologia saadaan kuntoon, myös liiketoimintamahdollisuuksia voi syntyä.

3.1.2. Järviruo'on määrä

Järviruo'on määrästä ei ole tarkkaa tietoa. Itämeren alueella järviruokoa arvioidaan olevan 300 000 hehtaaria ja käytettävissä olevaa biomassaa on n. 1 miljoonan tonnin edestä vuodessa. Ruotsin etelärannikolla arvioidaan järviruokoa olevan yli 230 000 hehtaaria ja Viron rannikolla 20 100 hehtaaria. Tarkkoja määriä ei ole kuitenkaan tiedossa, sillä useat maat eivät kartoita ruovikkoalueiden kokoa ja biomassan määrää. Toisaalta alueiden määrä vaihtelee vuosittain riippuen esim. jäätilanteesta talven aikana sekä aiempien vuosien ruovikkojen niiton määristä (Schults-Zehden & Matczak 2012).

Aiemmin on tehty satelliitti-aineistoihin perustuva inventaario, missä Varsinais-Suomesta Kymenlaakson itäosiin ulottuvalla rannikkoalueella ruovikoiden määräksi arvioitiin n. 30 000 hehtaaria (Pitkänen 2006). Ruovikot laajenevat n. metrin verran vuodessa, mikäli niitä ei leikata. Tuoreemmassa arviossa rantakosteikkojen määräksi saatiin 44 244 hehtaaria käsittäen koko Suomen rannikkoalueen ja enintään kilometrin päähän sisämaahan ulottuvan alueen ja niissä ruovikoita on vähintään 29 185 ha (Klemola ym. 2013). Kun huomioidaan sisävesillä olevat kasvustot, Suomen ympäristökeskus on arvioinut ruovikoiden määräksi yhteensä n. 100 000 hehtaaria.

Ruovikoiden vuotuisen biomassan tuotto vaihtelee, koska siihen vaikuttavat kasvupaikan olosuhteet ja sääolot. On arvioitu, että Suomessa järviruokoa on keskimäärin 5–7 tn /ha, kun Virossa arvioidaan järviruokoa olevan 5–10 tn/ha. Ruovikkostrategia-hankkeessa saatiin talviruo'on vuosittaiseksi hehtaarituoiksi 7,6 tonnia ka /ha vaihteluvälin oltua 4–12 tonnin välillä (Pitkänen 2006, Pitkänen et al. 2007, Räikkönen 2007). Aiemmin on arvioitu järviruo'on tuoton olevan 5 tn ka /ha. Kesäruo'on osalta vaihteluväli oli 4,6–7,4 tn /ha ja talviruo'on 0,1–8,7 tn/ha (Isotalo ym. 1981).

3.1.3. Järviruo'on niiton potentiaali poistaa ravinteita

Kesäruo'on leikkuulla parannetaan rantojen avoimuutta samalla kun poistetaan biomassaa. Loppukesällä ruoko varastoi juurakkoon ravintoaineita seuraavaa kasvukautta varten. Juurakon ravintovarasto käytetään alkukesän kasvun aikana. Silloin suoritettu leikkuu taannuttaa ruovikon kasvua voimakkaasti. Mikäli niitto tapahtuu veden pinnan alla, hapen kulku juurakkoon estyy. Kun leikkuu tehdään loppukesällä, biomassaa on paljon ja poistetut ravinnemäärät ovat suuremmat kuin alkukesällä. Toisaalta loppukesän niitto ei taannuta seuraavan kesän kasvua niin paljon kuin alkukesällä tehty niitto. Jotta maksimoidaan ravinteiden poisto, niiton tulee tapahtua elokuun puoliväliin mennessä ennen kuin ravinteet alkavat varastoitua juurakkoon. Loppukesällä ruovikon leikkuulla poistetaan fosforia 1–2 kg ja typpeä 10–20 kg yhtä kuiva-ainetonnin kohden. Yhden ruovikkohehtaarin leikkuulla voidaan poistaa siten fosforia 5–10 kg ja typpeä 50–100 kg, kun hehtaarilta saadaan 5 tonnia ruokomassaa (Ajosenpää 2014). Submariner Compendium 2012 hankkeessa todettiin, että mikäli järviruokoa korjattaisiin 100 000 hehtaarin alalta, samalla poistettaisiin 500–1000 tonnia fosforia ja 5000–10 000 tonnia typpeä. Jos ruovikko leikataan kaksi kertaa kesän aikana, ravinteita voidaan poistaa 1,5-kertainen määrä verrattuna yhteen leikkuuseen (Schults-Zehden & Matczak 2012)

<http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ruoko/Leikkuu>

Taulukossa 1 on esitetty VELHO-hankkeessa määritetyt kesä- ja talviruo'on sekä sedimentin fosfori-, typpi- ja hiili -pitoisuudet sekä määritysten vaihteluvälit. Näytteet kerättiin alueilta, joiden todettiin edustavan monipuolisesti erilaisia ruovikkoalueita kuten jokisuistoista, rehevöityneistä sisälahdista ja laajan avovesialueen rannalta. Alueet sijaitsivat Varsinais-Suomessa (Ajosenpää 2014).

Taulukko 1. Ruoko ja sedimentti näytteiden pitoisuuksia (Ajosenpää 2014).

Näyte	P g/kg ka	N g/kg ka	C g/kg ka
Kesäruoko (vaihteluväli)	1,4 (1,0–2,2)	16,3 (12–25)	458 (441–480)
Talviruoko (vaihteluväli)	0,3 (0,11–0,71)	4,8 (2,4–9,8)	481 (464–504)
Sedimentti (vaihteluväli)	0,8 (0,5–1,3)	3,1 (1,3–4,7)	

3.1.4. Järviruo'on niitto ja käyttömahdollisuudet

Yleistä

Kesällä korjattua tuoretta ruokoa voidaan käyttää viherlannoitteena ja kierrätysravinteena, kateaineena, maan orgaanisen aineen lisääjänä, biokaasun raaka-aineena ja pehmeää alkukesän ruokoa karjan rehuna. Talvella kerättyä kuivaa ruokoa voidaan käyttää kattojen, eristeiden, rappausalustojen ja näkösuojien rakentamisessa, sitä voidaan polttaa energiaksi, käyttää karjan ja hevosten kuivikkeena tai kompostin tukimateriaalina, hyödyntää kasvualustoina, kateaineina, maan orgaanisen aineen lisääjänä sekä hallasuojana. Talviruokoa voidaan hyödyntää myös raaka-aineena erilaisiin käsitöihin kuten mattoihin, kaitaliinoin, koristeisiin ja lampunvarjostimiin. Ruokoa voidaan myös käyttää hajua poistavana sekoiteaineena huusseissa ja kompostoreissa. Selluloosan ja paperin valmistuksen lisäksi järviruosta voidaan valmistaa monia samoja tuotteita kuin puubiomassasta tällä hetkellä tuotteistetaan. Syksyllä kerätyn ruo'on tärkkelyspitoista juurta on lisätty jauhoihin, nuoria versoja voidaan keittää vihanneksina ja Japanissa ruokoa syödään parsan tapaan eli sitä voi käyttää myös ihmisten ravintona. Ruovikon poistaminen parantaa rannan virkistyskäyttöä, sillä se mahdollistaa kalastamisen ja uimisen. Rannan esteettisyys myös paranee. Rantatonttien arvo myös nousee ruovikon poistamisen ansiosta. Erilaisten järviruokotuotteiden valmistamisen taloudellista kannattavuutta on vaikea arvioida.

Järviruo'on niitto

Järviruo'on niitto on tällä hetkellä olemassa olevaa liiketoimintaa. Kentällä toimii muutamia yrityksiä, joista osalle järviruo'on niitto on muuta toimintaa, kuten vesistöruoppauksia, täydentävää liiketoimintaa. Niittoliiketoiminta perustuu toistaiseksi pitkälti ruovikon poistoon, ei niinkään saatavan ruokomateriaalin hyödyntämiseen. Usein leikattu ruoko jätetään rannalle, mikä saattaa sateiden tai tulvien yhteydessä aiheuttaa biomassan palautumisen vesistöihin. Järviruo'on niittoon ja jatkokäsittelyyn tarvittava kalusto ei ole vielä tarpeeksi tehokasta, jotta toiminta olisi taloudellista ja kannattavaa. Mikäli teknologiaa saadaan kehitettyä, se voisi mahdollistaa myös laitteistojen myynnin sekä kotimaahan että ulkomaille.

Vesikasvien koneellisesta niitosta tai poistosta on ilmoitettava 30 vrk ennen ELY-keskukseen ja vesialueen omistajalle. Laajaan vesikasvien niittoon voidaan tarvita aluehallintoviraston lupa. Järjestäytyneen osakaskunnan vesialueilla tapahtuvasta niitosta ollaan yhteydessä osakaskunnan puheenjohtajaan ja sihteeriin. Jos osakaskunta ei ole järjestäytynyt, tulee olla yhteydessä kaikkiin osakkaisiin. Laajoja niittoja suunniteltaessa tulee tehdä kasvillisuuskartoitus. Mikäli niittoja aiotaan tehdä suojelualueella, ne pitää suunnitella viranomaisten kanssa yhteistyössä.

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Rantojen_kunnostus/Vesikasvien_poisto

Alueelliseen ELY-keskukseen tulee aina ottaa yhteyttä, kun toimia tehdään Natura 2000 -verkoston, lintuvesien-, rantojensuojeluohjelman tai uhanalaisen lajin esiintymisalueella. Toimittaessa yksityismaiden suojelualueella, alueellisesta ELY-keskuksesta tulee hakea lupaa poiketa rauhoitusmääräyksistä, mikäli suojelualan rauhoitusmääräykset eivät salli niittoa. Niittojätteen läjitykset on pääsääntöisesti tehtävä ko. alueen ulkopuolelle, vaikka ruovikon niitto olisikin sallittu. Kun Natura 2000 -verkoston kohteelle suunnitellaan vesikasvillisuuden niittoa, tulee ELY-keskuksesta varmistaa, ettei alueen kuuluminen Naturaan, sen sijainti Natura-alueen läheisyydessä tai alueelle jo aiemmin perustettu suojelualan rauhoitusmääräykset aseta rajoituksia työn suorittamiselle.

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ruoko/Leikkuu/Luvat_ja_ilmoitukset

Epälooginen tukipolitiikka hankaloittaa järviruo' on niittoa. Maaruovikoiden hoitoon ja mm. järviruo' on niittoon on mahdollista saada maatalouden ympäristökorvausta (maatalousluonnon monimuotoisuuden ja maisemahoidon sopimus- ja investointituet). Vastaavaa tukea ei ole vesiruovikoille. Kuitenkin veden ja maan raja on häilyvää ja se vaihtelee vedenkorkeuden mukaan (Yli-Renko 2017).

Peltokäyttö ja lannoite

Järviruo' on hyötykäyttö peltojen viherlannoitteena ja maanparannusaineena on todettu olevan yksi kustannustehokkaimmista ruovikkoalueiden hoito- ja käyttöketjuista leikkuusta kertyvälle biomassalle. Kesäruo' osta saatavan biomassan yksi parhaimmista käyttökohteista on peltoon levitys. Ruokobiomassan levittäminen peltoon on monivaikutteinen toimenpide, jolla saadaan positiivisia ympäristövaikutuksia niin rantavesistöissä kuin pellon puolella, kun ravinteet kierrätetään vesistöstä takaisin peltoon parantaen samalla peltomaan rakennetta ja näin pienennetään ravinteiden huuhtoutumista takaisin vesistöihin (Ruokopelto-hanke).

Kesällä korjatun ruokosilpun levitysmäärissä on muistettava huomioida maatalouden ympäristötuen ehdoissa mainitut enimmäislannoitusmäärät. Niihin vaikuttavat viljelyalue, viljeltävänä oleva kasvilaji, pellon maa, viljavuusluokka ja satotaso. Peltokäytön kannalta on tärkeää myös tietää, millainen koostumus biomassalla on, jotta samalla ei peltomaahan tuoda haitallisia aineita. Saastuneista sedimenteistä voi biomassan mukana siirtyä mm. raskasmetalleja. Raskasmetallipitoisuudet ovat kuitenkin korkeimmat kasvuston juurakoissa ja juurissa. Toisaalta juurien avulla voidaan maaperästä poistaa haitallisia raskasmetalleja. VELHO-hankkeessa mitattiin sedimenteistä ja kesäruo' osta raskasmetalleja ja tutkituissa näytteissä pitoisuudet alittivat maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteasetuksessa (24/11) sallitut enimmäispitoisuudet. Pitoisuudet on esitetty taulukossa 2 (Ajosenpää 2014).

<http://www.finlex.fi/data/normit/37638/11024fi.pdf>

<http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/Documents/Manner-Suomen%20maaseudun%20kehitt%C3%A4misohjelma%20vuosille%202007%20-2013.pdf>

Taulukko 2. Järviruoko- ja sedimenttinäytteiden pitoisuuksia (Ajosenpää 2014).

Näyte	P g/kg ka	N g/kg ka	C g/kg ka	As mg/kg ka	Hg mg/kg ka	Cd mg/kg ka	Pb mg/kg ka
Kesäruoko (vaihteluväli)	1,4 (1,0–2,2)	16,3 (12–25)	458 (441–480)	< 0,5	< 0,07	< 0,1	< 2,0
Talviruoko (vaihteluväli)	0,3 (0,11–0,71)	4,8 (2,4–9,8)	481 (464–504)				
Sedimentti (vaihteluväli)	0,8 (0,5–1,3)	3,1 (1,3–4,7)		8,0 (5,6–9,6)	0,05 (0,03–0,07)	0,57 (0,18–0,92)	17,9 (11–27)
Enimmäispitoisuus lannoitevalmistees- sa				25	1,0	1,5	100

Peltokäytössä on erilaisia käsittely- ja käyttöketjuja riippuen ruo'on leikkuun ajankohdasta, asetetuista tavoitteista ja käytetystä kalustosta. Mikäli pelto on lähellä leikkuupaikkaa, kuljetusten ja muiden käsittelyjen tarve on vähäisempi. Peltokäytön haasteena on leikkuuajan ajoittuminen kasvukauden loppupuolelle elokuulle, kun ravinteiden paras hyödyntämisaika olisi kasvukauden alkupuolella. Mikäli kesäruokoa halutaan käyttää kasvukauden alussa, se pitäisi silputa ja kompostoida talven ajaksi. Kompostointi pienentää massan tilavuutta ja helpottaa levittämistä, mutta hyöty maaperälle jää pienemmäksi kuin mitä tuoreesta ruo'osta on. Kesäkäyttöön soveltuu parhaiten 5–10 cm pituisista korsista koostuva silppu, jonka käsittely ja levittäminen on helpompaa. Toinen vaihtoehto on läjittää ruoko pitkänä tavarana talven yli, silputa keväällä ja levittää pellolle seuraavan kasvukauden alussa. Talviruoko sisältää niukasti ravinteita, joten sitä voi käyttää maan humuspitoisuuden lisääjänä tai kateaineena. Talviruoko säilyy silputtuna hyvin, joten sen levitys voidaan ajoittaa käyttötarpeen mukaan.

Loppukesällä tapahtuva ruokomassan levitys peltoon voi aiheuttaa typpikuormitusta, ja siitä ei toistaiseksi ole saatavilla tutkimustietoa. Kuitenkaan ravinteet eivät tuoreessa ruokomassassa ole helposti liukenevassa muodossa ja ne vapautuvat hitaasti ruokomassan hajotessa. Hajoaminen hidastuu syksyllä joten pääosa ravinteista on käytössä seuraavana kasvukautena. Toisaalta ilman ruo'on korjaamista ja käyttöä lannoitteena ravinteet jäisivät vesistöön.

VELHO-hankkeessa tutkittiin myös silputun järviruokomassan käyttöä vihannesviljelyssä viherlannoitteena sekä kate- ja maanparannusaineena avomaanvihannesten viljelyssä. Mikäli ruokomassa kompostoidaan, sen levitys puutarhassa voidaan tehdä talikolla. Kompostia on helppo käsitellä ja levittää maahan. Silputtua talvella korjattua ruokoa voidaan käyttää puutarhassa kateaineena samalla tavoin kuin olkisilppua tai puun kuoriketta. Silpun lisääminen maahan paransi merkittävästi maan vesitaloutta ja kosteusoloja jo ensimmäisen kasvukauden aikana. Silppu myös parantaa juuresten kasvua. Lisäksi maanrakenteessa näkyi eroja siten, että silppulohkoilla maa oli pehmeämpää ja murisempaa, mikä helpottaa porkkanoiden, mustajuuren ja palsternakkojen nostamista. Lisäksi multavuus paranee. Maan parempi rakenne ja kosteusolosuhteet näkyvät myös juuresten muodossa.

Mansikan taimikasvatuksessa kompostoitu ruokosilppu paransi taimien säilyvyyttä ja niiden elinvoimaisuus oli parempi kuin perinteisessä turvepohjaisessa kasvatusalustassa kasvatetuilla taimilla (Ajosenpää 2014). Järviruo'on ja ruokohelpin yhdistelmiä on testattu tomaatin kasvualustoina. Yhdistelmä osoittautui parhaaksi ja kilpailukykyiseksi kasvualustaksi tomaatin sadontuotannon kannalta vihannes- ja kivivillalevyyn verrattuna (Särkkä ym. 2016). Kasvualustan kehittäminen kaupalliseksi tuotteeksi kasvihuoneiden ja puutarhojen käyttöön on yksi lupaavimmista käyttömuodoista, sillä

Suomessa ja Euroopassa on pula turvevapaasta kasvihuonekäyttöön soveltuvista alustoista (epagma-European Peat and Growing Media Association- internet-sivut 22.5.2014: <http://www.epagma.eu/>). On arvioitu, että pelkästään Suomessa käytetyn turpeen korvaamiseen tarvitaan 70 000 ha järviruo'on niittopinta-ala. Vaikka turvetta ei voidakaan kasvihuonekäytössä kokonaan korvata järviruo'osta tehdyllä kasvualustalla, niin korvaamalla edes osan voidaan paikallisen yrittäjyyden tukemisen kautta luoda työpaikkoja (Joensuu ym. 2014).

Järeä-hankkeessa tutkittiin järviruo'on käyttöä biohiilenä. Järviruo'osta pyrolyysillä valmistettua biohiiltä voidaan käyttää mm. maanparannusaineena puutarhoissa ja tavallisen hiilen tavoin polttoaineena. Järviruokoon perustuvan biohiilen käyttö voi olla kannattamatonta ilman yhteiskunnan tukea (Joensuu ym. 2014).

Kuivike

Järviruoko sitoo hajua ja soveltuu sen vuoksi käytettäväksi kuivikkeena eläinten alla kuten myös huusseissa ja kompostissa. Kuivikekäyttöön sopii kuiva, talvella tai myöhään syksyllä korjattu järviruoko. Kuivikeaineena se käyttäytyy kuten kuiva olki. Olkeen verrattuna järviruo'on korsi on kovempi ja sitkeämpi johtuen korren korkeasta piipitoisuudesta. Näin se pysyy paremmin koossa, mutta hajoaa hitaammin. Kuivikkeena käytetty ruoko pitää silputa. Käyttökokemusten mukaan ruoko on ominaisuuksiltaan parempi kuin olki (Ajosenpää 2014).

Kymenlaaksossa Lyöttilän vesialueella on käynnissä ELY-keskuksen rahoittama 'Järviruo'on korjuuketjun ja hyötykäytön kehittämishanke 2015-2018', missä silputtua järviruokoa kokeiltu kuivikkeena navetassa ja siitä saadut kokemukset ovat olleet myönteisiä. Imukykyinen silppu kerää itseensä virtsaa ja muuta kosteutta navetan lattialta (Kouvolan sanomat nettisivu 2016).

Rehu

Järviruo'osta on tehty ensimmäinen väitöskirja vuonna 1795 Åbo Akademiassa. Michael Lundenin väitöskirjassa "Om vassen" käsiteltiin järviruo'on käyttöä karjan rehuna (Häkkinen 2007). Järviruokoa käytettiin eläinten rehuna vielä 1950-luvulla, mutta sen jälkeen nurmen käyttö rehuna yleistyi. Nurmen viljely ja sadon korjaaminen on myös helpompaa. Alkukesällä korjattu järviruoko on valkuaispitoista, mutta energiaköyhää. Kun röyhy puhkeaa, ruoko muuttuu huonosti sulavaksi ja karkeaksi. Järviruo'on rehukäytöstä tarvitaankin vielä lisää tutkimustietoa ja menetelmien kehittämistä. Rantaniittyjen laiduntaminen on yksi helpoimmista ja kustannustehokkaimmista tavoista hyödyntää ruovikoita, koska ei tarvitse miettiä korjuumenetelmiä eikä rehun säilyvyyttä. Merenrantaniittyjen laiduntaminen voi oikeuttaa myös saamaan maatalouden korvausta (maatalousluonnon monimuotoisuuden ja maisemahoidon sopimus) (Hagelberg ym. 2008).

Järviruo'on rehukäytön hyviä puolia on mm korkea valkuaisaine- ja sokeripitoisuus alkukesällä, alkukesän ruoko on maukasta ja raaka-aineena ilmaista, koska sitä kasvaa monissa paikoissa. Miinuksena on ravintoarvojen heikkeneminen pian juhannuksen jälkeen, loppukesällä kerätystä ruo'osta tehdyn säilörehun huono säilyvyys sekä biomassan mukana tulevat maa ja muta, jotka heikentävät laatua. Ruovikkojen läheisyydessä sijaitsevien karjatilojen kannattaa harkita ruo'on rehukäyttöä yhtenä lisäravinnonlähteenä karjalle. Mikäli ruokoa käytetään karjan rehuna, peltopinta-alaa voidaan käyttää muihin käyttötarkoituksiin. Ravinteiden poisto rantavesistä ja umpeutuneiden rantamaisemien avaaminen lisäävät samalla vesistöjen virkistyskäyttöä (Hagelberg ym. 2008).

Taulukossa 3 on esitetty järviruokonäytteistä tehtyjen analyysien tulokset. Kerätyn ruo'on säilöntälaatu oli melko huono. Syynä huonoon laatuun on oletettavasti se, että raaka-aine oli vanhaa, loppukesällä kerättyä. Siinä oli paljon kuitua, se vastasi sulavuudeltaan lähinnä olkea. Selvityksen mukaan loppukesällä kerätty ruoko ei säily kovinkaan hyvin talveksi säilörehuna. Rehun laatua saattaisi parantaa aikaisempi korjuuajankohta. Ruo'on rehulaatua voi heikentää se, että maata ja mutaa saatetaan helposti joutua rehun joukkoon. Myös vedessä voi olla mikrobistoa, joka vaikuttaa käymislaatuun (Hagelberg ym. 2008).

Taulukko 3. Järviruokonäytteiden analyysitulokset (Hagelberg ym. 2008).

Järviruokonäytteet	Raaka-aine	Säilörehu
Kuiva-aine, g/kg	343,7	232,6
Tuhka, g/kg ka	80,5	80,2
Raakavalkuainen, g/kg ka	131	103
Neutraalidetergenttikuitu, NDF, g/kg ka	665	
Org aineen sellulaasiliukoisuus, g/kg OA	576	
D-arvo, g/kg	509	
Pelkistävät sokerit, g/kg ka	54,7	9,1
pH		5,27
Maitohappo, g/kg ka		0
Ammonium-typpe, g/kg N		300
Etanoli		0
Haihtuvat rasvahapot (VFA), g/kg ka		43,64
Etikkahappo		23,78
Propionihappo		8,3
Voihappo		6,49
Isovoihappo		0,47
Valeriaanahappo		1,98
Isovaleriaanahappo		1,2
Kapronihappo		1,42

Energianlähde

Ruokoa voidaan käyttää myös paikallisen uusituvan energian lähteenä. Ruo'on keskimääräinen lämpöarvo on 3,9 MWh/t, kun sen kosteuspitoisuus on 20 %. Jos oletetaan, että 15–20 % Itämeressä olevan maanpäällisen biomassassa voidaan käyttää, sen energiapotentiaali on n. 4 TWh, mikä vastaa n. 100 000 kotitalouden vuotuista energiantarvetta (Schults-Zehden & Matczak 2012). Taulukossa 4 on esitetty materiaalien lämpöarvoja ja energiasisältöjä (Alakangas 2000).

Taulukko 4. Lämpöarvoja (ka) ja energiasisältöjä (Alakangas 2000).

	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg	Energia sisältö MWh/t
Kivihiili	228,2	7,8
Raskas polttoöljy	40,6	11,3
Mänty	19,5	4,15 (ka)
Viljan olki	17,4	3,75 (kosteus 20%)
Ruokohelpi	17,6 (kevät)	3,9 (kosteus 20%)
Hamppu	17,35 (kevät)	3,75 (kosteus 20%)
Pellava	18,8	4,1 (kosteus 10%)
Järviruoko	17,8 (kevät)	3,9 (kosteus 20%)

Polttoon soveltuu parhaiten kevättälvellä (maaliskuu/huhtikuu) korjattu ruoko, koska sen kosteuspitoisuus on silloin pieni, noin 18–20 %. Mikäli olosuhteet ovat hyvät, kosteus on sopivan alhainen jo tammikuussa ja silloin korjuuaika on suhteellisen pitkä, jopa 90 päivää (Kask et al. 2007).

Mikäli polttolaitos on kaukana, ruoko pitää käsitellä helpommin kuljetettavaksi esim. pellettimällä tai paalaamalla, mikä tuo lisäkustannuksia. Ruokosilpusta voidaan valmistaa brikettejä ja pellettejä, kun materiaalin kosteus on korkeintaan 15 %. Niiden poltossa voidaan tarvita uusia teknisiä ratkaisuja. Latviassa Cofreen-hankkeessa suoritetuissa kokeissa todettiin, että mikäli polttokokeissa sekoitettiin 70 % järviruokoa ja 30 % turvetta, se varmisti hyvän palamisen ja vähensi polton vaikutuksia tulipesän rakenteisiin (Laizans & Zucka 2013).

Tutkimustietoa ja kokeiluja järviruon käytöstä biokaasuntuotannossa on vielä melkoisen vähän. Biokaasulaitoksella raaka-aineiden hiili-typpe-suhde pitäisi olla Motivan mukaan n. 20:1. Mikäli tyyppiä on liikaa, muodostuva ammoniakki vaikeuttaa mädätystä tekevien bakteerien toimintaa. Pelkkä kasvibiomassa on liian hiilipitoista, jolloin mädätysajasta tulee liian pitkä tai osa biokaasun tuotantopotentiaalista jää hyödyntämättä. Kesällä korjattu järviruoko soveltuu biokaasun tuotantoon, sillä VELHO-hankkeessa mitattu hiili-typpe-suhde oli keskimäärin 29:1. Talviruoko on liian kuivaa ja sen hiili-typpe-suhde on keskimäärin 110:1. Metaanin tuottopotentiaaliksi on saatu n. 150–260 m³/ tn tuotetta ruokoa ja biokaasun metaanipitoisuudeksi 50–60 %. Peltobiomassoilla metaanin tuottopotentiaaliksi saadaan n. 50–260 m³/ tn tuotetta ruokoa ja biokaasun metaanipitoisuudeksi 55 % (Jalli et al. 2013). Ruon biokaasutuotanto paranee, mikäli ruoko pilkotaan pieniksi jakeiksi. Yhteismädätys muiden biokaasujakeiden kanssa on hyödyllisempää kuin ruon biokaasutus yksinään (Dubrovskis & Kazulis 2012). Biokaasukäytön pullonkaulana on biomassan korjuun ajoittuminen lyhyeen aikaan kesäkaudella, kun laitokset tarvitsevat tasaisen määrän massaa ympäri vuoden.

Cofreen-hankkeessa kokeiltiin vuonna 2012 Tuorlan ammattioppilaitoksen biokaasulaitoksessa eri raaka-aineita kuten järviruokoa, eloperäisiä jätteitä sokeritehtaalta ja pelloilta sekä lantaa. Yhdessä tunnissa maatila tuotti 100 kWh lämpöä ja 50 kWh sähköenergiaa. Laskennallisesti sijoitus maksaa itsensä takaisin 10–15 vuodessa. Ruon biokaasutus on taloudellisesti kannattavaa, mikäli se tapahtuu lähellä ruovikoita ja karjatilajoja, joissa karjan määrä on vähintään 100. Samalla eläinten lanta toimii prosessin käyteaineena. Ruon käyttö on haastavaa johtuen ruon työläästä korjuusta ja kuljetuksista sekä kasvin ominaisuuksista. Kokeiluja ei ole kuitenkaan ollut riittävästi (Laizans & Zucka 2013).

Järviruon käytöstä bioetanolin tuotannossa on vähän tutkittua tietoa. Kuitenkin tehtyjen kokeiden perusteella tulokset ovat olleet myönteisiä. Unkarissa ja Portugalissa tehdyssä yhteistutkimuksessa todettiin, että järviruoko on potentiaalinen vaihtoehto korvaamaan nykyisin käytössä olevia kasveja (Costa-Ferreira et al. 2011).

Rakentaminen

Suomen tavoitteena on olla vuoteen 2050 mennessä maailman energiaviisain rakennettu ympäristö. Rakennusten elinkaarta pitää silloin tarkastella ympäristövaikutuksien mukaan. Mikäli ruokoa käytetään rakennusmateriaalina, voidaan vaikuttaa koko rakennuksen elinkaareen ja samalla parannetaan luonnon monimuotoisuutta ruon kasvu- ja korjuualueilla. Pullonkauloina rakentamisessa on mm. ohjeiden, oppaiden ja määräysten puute, ruon tuntemattomuus, ihmisten tietämättömyys ja tutkimustiedon vanhentuminen. Niissä Euroopan maissa, missä järviruokoa käytetään paljon rakentamiseen, on esim. vesikattojen rakentamiseen käytettävälle ruolle asetettu vaatimukset. Rakennuskäyttöön tarkoitettu ruokomateriaali pitää leikata joulu-maaliskuun välisenä aikana. Leikkuupäiviä on melko vähän, sillä ruokoa ei voi leikata sateella, voimakkaassa tuulella, veden ollessa korkealla tai kun sataa lunta. Niittämisen jälkeen ruoko puhdistetaan ja niputetaan, minkä jälkeen se on valmista käytettäväksi (Lautkankare & Alijoki 2013, Stenman 2007).

Cofreen-hankkeessa testattiin järviruon käyttöä rakentamisessa. Hankkeessa todettiin, että mikäli ruokokatteen kestävyystarkastelu rajataan pelkästään maantieteelliseen sijaintiin eli vuotui-

seen keskilämpötilaan ja sademäärään, Suomessa ruokokatteen voisi olettaa kestävän paremmin kuin eteläisemmissä Itämeren maissa. Sademäärät Suomessa ovat lähes samoja kuin esim. Virossa ja Tanskassa. Lisäksi suurempi osa sateista tulee meillä lumena, mikä ei ole katteelle yhtä haitallinen kuin vesi. Suomen keskilämpötila on muutaman asteen alhaisempi kuin Virossa ja Tanskassa. Koska ruoko on vesikasvi ja se kestää kosteutta erinomaisesti, vanhimmat ruokokatot voivat olla yli sata-vuotiaita. Ruo'on kosteudenkesto selittyy sen korkealla piihappopitoisuudella. Ruokokatossa olevat mikrobit vaikuttavat katteen käyttöikänsä. Suomen kylmemmissä olosuhteissa mikrobikasvusto ei kuitenkaan kehity niin nopeasti tai laajaksi kuin maissa, joissa on lämpimämpää ja sataa saman verran tai enemmän kuin Suomessa. Katemateriaalina ruo'on pitää kestää lämpötilojen ja kosteuden vaihtelut, ilmansaasteet, talven lumimassa, erilaiset tuulivaihtelut ja jäärasitteet. Lisäksi huoltotöiden aikaiset henkilökuormat rasittavat kattorakennetta. Ruokokatto läpäisee hyvin vesihöyryä ja se toimii loistavana äänieristeenä. Ruokokatot ovat kevyitä, ne painavat vain 30–40 kg/m² riippuen katon paksuudesta. UV-säteilyn vuoksi aurinko voi heikentää katon laatua. Mikäli katon kaltevuus on yli 45°, katolla oleva vesi virtaa nopeammin pois ja siten edistää katon kuivumista, silloin katto kestää vähintään 50 vuotta (Lautkankare & Alijoki 2013).

Suomesta löytyy vain muutamia yrittäjiä, jotka hyödyntävät ruokoa kattorakentamisessa, joten meillä ruokokatot ovat yleensä virolaisten yrittäjien tekemiä. Halikonlahdella Salossa toteutettiin vuosina 2012–2014 Varsinais-Suomen ELY-keskuksen rahoittama hanke, missä ruovikoita niitettiin ja kerättiin materiaalia yrityksille ja rakentajille ruokokattojen rakentamista varten. Alueelle oli tarkoitus aloittaa ruokokattojen rakentaminen vuonna 2014, mutta se ei toteutunut. Hankkeessa todettiin, että ruokokatot ovat mm. paloturvallisia, sillä ne eivät syty eivätkä pala helposti, koska katon mineraalit toimivat palonestoaineina. Lisäksi ruokokatto on luontoystävällinen, sillä materiaali ei vaadi energiaa ja ympäristöä kuluttavia valmistusmenetelmiä eikä pintakäsittelyjä. Ruokokaton valmistuskustannukset ovat samaa luokkaa tiilikatteen kanssa. Toisaalta ruokokatot ovat pitkäikäisiä ja ne kestävät 40–60 vuotta ja pitkäikäisemmät ovat jopa 100-vuotiaita (Pennanen 2012).

Helsingin yliopistossa on tutkittu viherrakentamista. Viherkatto eli elävällä kasvillisuudella peitetty katto on yksi mahdollisuus tuoda kaupunkiin lisää luontoa. Järviruokoa on testattu osana viherkattojen rakennetta. Järviruokokerros toimii sekä viherkaton salaojana ja ilmastointikerroksena että hitaasti maatuvana kasvien ravintolähteenä. Koska katolla on hyvä veden pidätyskyky, se on osoittautunut hyväksi fosforinpidättäjäksi. Aiemmissa ratkaisuissa kasvu on hiipunut ravinteiden vähenemisen vuoksi, ja viherkattoja on jouduttu lannoittamaan. Tämä on lisännyt hulevesien mukana vesistöihin joutuvaa fosforikuormaa (Saarinen 2016).

Järviruoko soveltuu myös muihin rakennusmateriaaleihin raaka-aineeksi. Virossa valmistetaan eristemateriaaliksi ns. Berger-levyjä, missä ruo'osta rautalankaa apuna käyttäen valmistetaan levyjä. Niitä voidaan käyttää eristeenä alapohjissa, seinissä ja katossa mineraalivillan sijaan. Levyt ovat ympäristöystävällisiä, hengittäviä ja ne on helppo asentaa. Levyt eivät syty tuleen eivätkä ne homehdu. Seinän paloturvallisuutta voidaan parantaa rappaamalla levyt savella tai kipsillä. Harvaan kudottuja ruokomattoja voidaan käyttää rappausalustoina ja savi ja kipsi tarttuvat siihen hyvin. Ulkoseinän eristeeksi käy saviruokoseinäelementti, joka hengittävä ja lähes palamaton (Tuomela 2006, Silén 2007). Järviruoko on heinäkasvi, jonka kukinnot voivat aiheuttaa allergiaa. Heinäallergikoilla on 60 %:n todennäköisyys olla allerginen myös järviruo'olle, joten sisätiloissa käytettynä ruoko vaatii joko savi tai kipsilevy pinnoitteen (Holappa 2005).

Muu käyttö

Järviruokoa voidaan hyödyntää pienessä mittakaavassa muillakin tavoin. Sitä voidaan käyttää mm. kulumissuojana ja tiepohjissa. Järviruoko soveltuu käyttöesineiden yms. valmistamiseen. Tähän käytetään kesällä korjattua järviruokoa. Talvella korjattu ruoko on puumainen ja vaurioituu helposti käsiteltäessä. Järviruo'osta voidaan valmistaa useita käyttöesineitä kuten esim. verhoja, kaihtimia, lampunvarjostimia, paperiarkkeja jne. (Tuomela 2007). Järviruo'on nuoria versoja käytetään mm. Japa-

nissa parsan tavoin ruokana. Sitä voidaan hyödyntää yrttien tavoin salaateissa ja keitoissa sekä käyttää perunan ja juuresten tapaan ruuanlaitossa (Luontoon nettisivut). Järviruokoa on myös käytetty Ranskassa patentoiduissa iholle ja hiuksille tarkoitetuissa kosmetiikkatuotteissa (Pat FR2832631 (A1) — 2003-05-30).

3.1.5. Järviruo'on poistamisen taloudellinen potentiaali

Niittokustannukset vaihtelevat (85–500 €/ha) koska niittämisen tehokkuuteen vaikuttavat mm sääolosuhteet ja nostopaikan kunto ja kivikkoisuus. Lisäksi niitetyn ruokomassan nostaminen vedestä on aikaa vievä vaihe (Myllyviita ym. 2015). Velho-hankkeessa vedessä kasvavan ruovikon, pehmeäpohjaisen maaruovikon ja rantaniityn leikkuun kustannukset ovat 600–1000 €/ha +alv. Kustannuksiin vaikutti leikattavan kohteen laajuus, välivarastojen paikat sekä etäisyydet eri paikkojen välillä (Ajosenpää 2014).

Leikkuumassan siirtäminen vedestä maalle on leikkuun hitain vaihe. Leikkuumassa pitää tuoda maalla olevalle riittävän isolle välivarastopaikalle ja kuljettaa edelleen jatkokäsittelypaikalle. Koska vakiintunutta ruokomateriaalin hyötykäyttöä ei ole, ruokomateriaalin keruuseen tarvittava konekanta ei ole kehittynyt tukemaan suurten massojen tehokasta keruuta. Mikäli hyötykäyttö yleistyy, konekanta voi kehittyä hyvin nopeasti. Siirtovaihetta helpottamaan on kokeiltu myös mm. massan siirtämistä lautalla helpompaan purkupaikkaan. Biomassan hyödyntämisen kannalta ruokomassan kuljetukset ja välivarastointipaikat ovat ratkaisevassa asemassa varsinkin silloin, kun ruokoa hyödynnetään alhaisemman jalostusarvon käyttökohteessa. Korkeamman jalostusarvon kohteissa kuljetuskustannuksella ei ole enää niin suurta merkitystä, jolloin ruokoa voidaan kerätä laajemmaltakin alueelta hyötykäyttöä varten. Kustannustehokkainta on käyttää leikattu ruokomassa lähistöllä pellolla maanparannusaineena ja lannoitteena, mutta tällöin hyötykäytöstä saatava arvo ei ole välttämättä niin suuri. (Almi 2017).

Leikatun ruokomassan esikäsittely on välttämätöntä jatkokäsittelyä varten. Massa pitää silputa tai murskata mikäli sitä käytetään pellolla tai puutarhoissa. Mikäli massaa poltetaan, se pitää paalata ja rakennustarkoitukseen menevä massa puhdistaa. Korjuu- ja käyttöketjussa onkin tärkeä ratkaista missä vaiheessa esikäsittely tehdään. Jos esikäsittely voidaan tehdä leikkuun yhteydessä, säästetään jatkossa kokonaan yksi työvaihe. Jos esikäsittely tehdään leikkuun varastopaikalla, kaukokuljetuksissa säästetään tilaa ja aikaa. Mikäli ruovikoita leikataan useassa eri paikassa, järkevintä olisi esikäsittelyt suorittaa samassa paikassa, jolloin säästyttäen koneiden siirtelyltä.

Järviruo'on käytön taloudellisuus riippuu käytössä olevan laitteiston kehittämisestä. Submariner Compendium 2012-hankkeessa arvioitiin erilaisia kustannuksia. Ruo'on peltokäyttöä varten tehtävä leikkuumassan silppuaminen tai murskaaminen on pullonkaula massan käytölle. Järviruo'on hyötykäyttöön otossa kustannuksista kallein vaihe ovat paloittelu (47 %) ja korjuu (26 %), joten näiden vaiheiden kehittäminen ja kustannusten pienentäminen lisää hyötykäytön taloudellisuutta. Muiden työvaiheiden osuudet olivat puristus (12 %), karhotus (5 %), kuljetukset (5 %), varastointi (3 %), muovit ja köydet (1 %) ja loput kustannukset (1 %) (Schults-Zehden & Matczak 2012). Niittäminen ja sadon korjaaminen ovat kausitöitä ja suorat kustannukset tulevat lähinnä työntekijöiden palkoista, jotka vaihtelevat valtiosta riippuen. Kuivaaminen, säilyttäminen ja koneiden ylläpito riippuvat sijainnista, kaudesta jne. Vain laitteista aiheutuvat kulut, kuten polttoaineet, hankinnat, kuoletukset tai vuokrat ovat suurin piirtein samat paikasta ja kaudesta riippumatta. Sileäkortinen kesäruoko tarvitsee tehokkaan laitteiston. Erilaisiin käsittelyihin taloudellisimmat laitteet olisivat sellaisia, joita voidaan käyttää muuallakin maatalouskäytössä. Kompostoidun ja murskatun ruokomassan sekä silputun talviruo'on levitykseen voidaan käyttää lannanlevitysvaunua. Tuoreen silppuamattoman kesäruo'on levitykseen sitä ei voi käyttää.

Biomassan hyödyntämisen kannalta keskeistä on arvo, joka ruokojalosteella saavutetaan. (Almi 2017). Jalosteet voidaan luokitella jalostusasteen mukaan esimerkiksi kolmeen ryhmään:

- 1) Alhaisen jalostusasteen hyödykkeet: Tutkimuksen ja kehityksen vaatima aika on muutamia vuosia. Esimerkkeinä hyötykäyttökohteista ovat mm. kateaine ja kasvualusta.
- 2) Edistyskellisemmät jalosteet: Näitä ovat sovelluskohteet, joissa vaaditaan jo ymmärrystä materiaalien käyttäytymisestä ja osaamista materiaalien yhdistämiseen. Tutkimuksen ja kehityksen vaatima aika on usein jo vuosia. Esimerkkinä on ruokokuidusta valmistettu kierrätyskassi.
- 3) Korkean jalostusasteen hyödykkeet: Näitä ovat sovelluskohteet, joissa mennään molekyyllitasolla ja hyödynnetään korkean teknologian avulla ruokoaineen ominaisuuksia. Tutkimuksen ja kehityksen vaatima aika on lähempänä vuosikymmentä. Esimerkkinä ovat lääkeaineet ja prosessin lisäaineet.

3.1.6. SWOT ja johtopäätökset

Kuvassa 1 on Submariner Compedium hankkeessa järviruo'olle tehdyt SWOT analyysit. Tähän niistä otettiin mukaan niitä, mitkä liittyvät Suomen olosuhteisiin ja näkökulmiin.

Järviruoko on laajalle levinnyt kasvi niin Itämerellä kuin sisämaan vesistöissä. Se sitoo vesistöjen ravinteita, joten sen poistamisella saadaan ravinteita poistettua vesistöistä ja biomassan jatko-hyödyntämisellä saadaan aikaan liiketoimintaa. Aiemmin sitä on hyödynnetty runsaasti lähinnä maatiiloilla karjan rehuna, kuivikkeena ja peltokäytössä. Vaikka nykyisin järviruokoon liittyen on tehty runsaasti tutkimuksia sekä opinnäytetöitä, sitä hyödynnetään vain vähän. Siitä on mahdollista valmistaa rakentamiseen liittyviä materiaaleja, valmistaa bioenergiaa sekä hyödyntää pelloilla ja puutarhoissa. Koska ei ole ajantasaista tietoa käytettävissä olevasta biomassasta, on vaikeaa tehdä sen hyödyntämiseen liittyviä suunnitelmia. Paikallisesti käytettäessä kustannukset pienenevät, mutta mikäli halutaan käyttää mm. rakentamisessa tai bioenergian tuotannossa, pitäisi olla laajemman alueen suunnitelmat niistä ja jatkokeskusteluista. Teknologian puute, niittämiseen liittyvät hankalat käytännöt, jatkokuljetuksen järjestäminen, ruovikoiden leikkaamiseen liittyvä epäselvä tukipolitiikka, ammattitaitoisen työvoiman puute sekä arvoketjun voimallisempi kehittyminen vaatii aluksi tukitoimenpiteitä. Mikäli liiketoimintaa ja yrityksiä saadaan alalle ja saadaan luotua riittävät markkinat, tukien määrä voidaan vähentää.

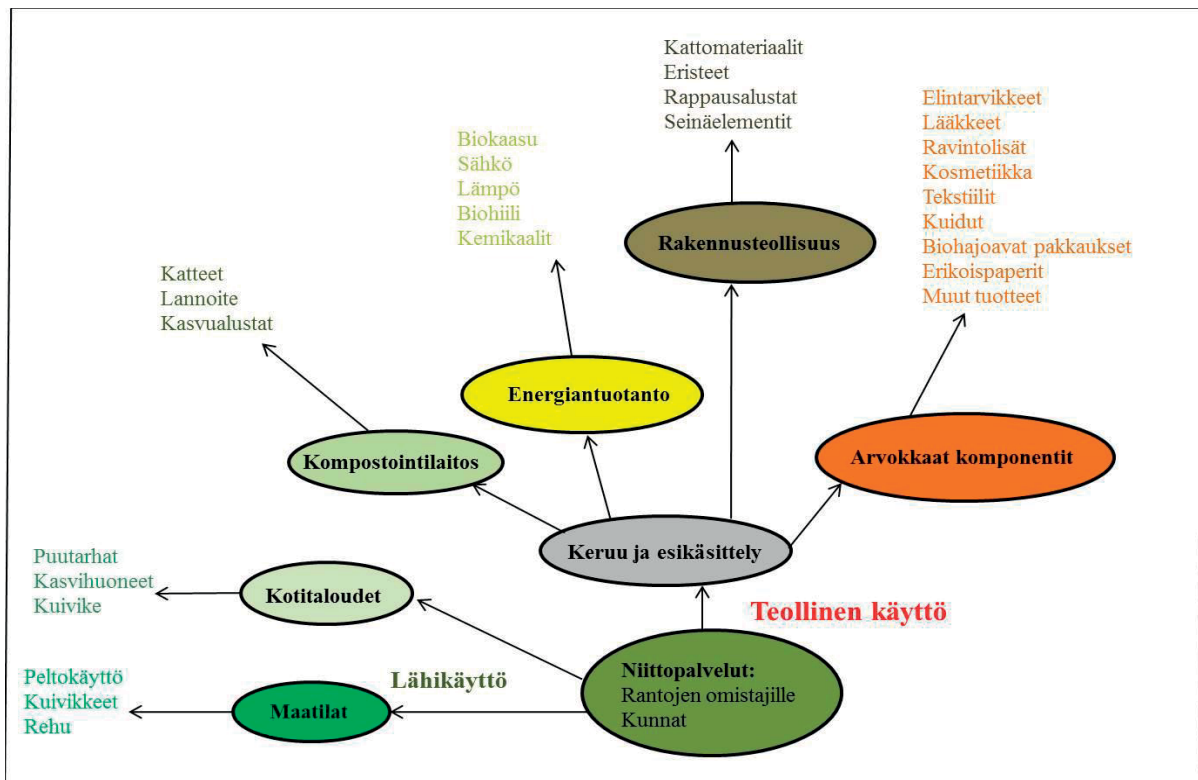
Vahvuudet * Perinteinen ja yleinen kasvi Itämeren alueella. * Mahdollisuus poistaa ravinteita. * Mahdollisuuksia energiantuotantoon. * Voidaan hyödyntää useilla eri tavoilla. * Käyttö ei lisää kasvihuonepäästöjä. * Lämpöarvo on samaa tasoa esim. puun kanssa.	Heikkoudet * Ei ole käytettävissä tietoa järviruo'on vuotuisesta biomassasta. * Kasvin määrä rajoittava tekijä. * Ravinteiden määrä vaihtelee, vuodenaika ja sijainti vaikuttavat. * Sadonkorjuu vain tietyssä vuodenaikana. * Niitto on kallis työvaihe, koska ei ole tehokkaita koneita. * Ei riittävän hyviä ratkaisuja tehokkaaseen ja taloudelliseen sadonkorjuuseen. * Lämpöarvo pienempi kuin fossiilisilla polttoaineilla. * Lämpöarvo riippuu sadonkorjuun ajankohdasta. * Käyttö bioenergian tuotannossa vieläkin kokeiluasteella. * Ei riittävästi tietoa taloudellisesta tehokkuudesta bioenergian tuotannossa. * Optimaalinen kuljetusmatka ei saa olla yli 50 km. * Kalastus, virkistys ja luonto kärsivät jos hyödynnetään väärin. * Ammattitaitoisen työvoiman puute.
Mahdollisuudet * Kasvava energian kysyntä. * Perinteisen energian hinta nousee. * EU tuki: energian tuotanto ja ilmastonmuutos. * Teknologian kasvava kysyntä. * Kasvava tuki. * Globaalit pyrkimykset kestäväan kehitykseen.	
Uhat * Luonnonsuojelun lisääntyvät vaatimukset. * Poliittisen tuen puute. * Taloudellisen tuen puute.	

Kuva 1. SWOT järviruoko (Schults-Zehden & Matczak 2012).

3.1.7. Liiketoiminnan edistäminen ja rahoitus

Järviruoko on monessa yhteydessä osoittautunut kasviksi, jolle on useita potentiaalisia käyttökohteita, mutta arvoketju ruo' on leikkuusta lähtien on toistaiseksi Suomessa hyvin kehittymätön. Yksittäisiä jatkotutkimustarpeita on paljon liittyen erilaisiin sovelluskohteisiin. Kuvassa 2 esitetään järviruokoon perustuvan mahdollisen arvonverkon potentiaaliset toimijat sekä tuotteet.

Tällä hetkellä alalla toimii niittopalveluja tuottavia yrityksiä, mutta niitäkin hyvin rajallisesti. Materiaalin jalostus tuotteiksi on arvonverkossa hyvin satunnaista. Tulevaisuuden arvonverkon voi jakaa materiaalin hyödyntäjätahojen perusteella karkeasti kahteen luokkaan: lähikäyttöön ja teolliseen käyttöön. Lähikäytöllä tarkoitetaan lähellä leikkuupaikkaa tapahtuvaa käyttöä, jossa tuotetta ei jatkjalosteta tai käsittely on hyvin yksinkertaista ja vähäistä. Potentiaalisia lähihyödyntäjiä ovat maatilat, sekä kasvi- että eläintilat, jotka voivat käyttää läheltä korjattua järviruokoa suoraan tai silputtuna maanparannusaineena, kuivikkeena tai rehuna (esim. nautojen laidunnus). Myös tontinomistajat tai muut lähialueen kotitaloudet voivat hyödyntää ruokomateriaalin suoraan itse esim. silputtuna kuivikkeeksi, sellaisenaan tai kompostoituna puutarhaan. Lähikäytön arvonverkosta saattaa löytyä paikka myös pienimuotoiselle taloudelliselle toiminnalle kuten yhdistysten varainkeruulle tms.

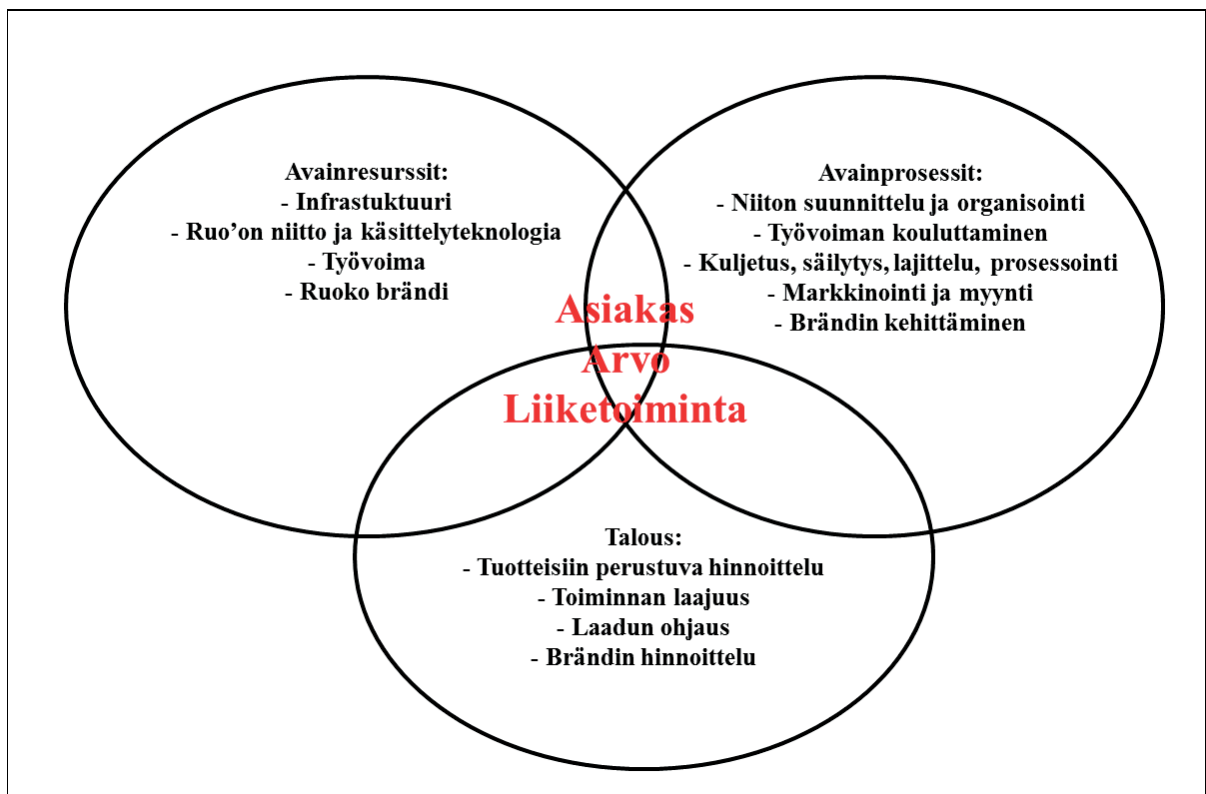


Kuva 2. Järviruo' on hyödyntäjät ja ruokotuotteita.

Teollisessa käytössä esim. rakennusteollisuudella on mahdollisuus kehittää ja brändätä ihan uudentyyppisiä tuotteita järviruokoa hyödyntäen. Mahdollisten uusien arvokkaiden komponenttien eristäminen ja hyödyntäminen on vasta pidemmän kehityspolun päässä vaatien panostusta tutkimukseen sekä kehittämiseen. Järviruo' on teollinen hyödyntäminen edellyttää tehokasta keruuta ja esikäsittelyä niiton jälkeen. Tämän vaiheen logistinen suunnittelu on tärkeää, sillä tämä on arvoketjun pullonkaula. Älykkään logistisen systeemin kehittävistä yrityksistä saattaakin muodostua arvonverkon keskeinen toimija. Uutta liiketoimintaa muodostunee ennen kaikkea niittopalveluihin, keruu- ja esikäsittelypalveluihin sekä logistiikkapalveluihin. Lyhyellä tähtäyksellä suurin osa käyttökohteista on sellaisia, joissa järviruoko korvaa osittain, kausiluonteisesti muuta biologista materiaalia.

Järviruo'on käyttö voidaan lisätä, kun on laajemmat, luonnon monimuotoisuuden huomioivat suunnitelmat ja työskentelyalueet. Niittosuunnitelmat on saatava pidempikestoiseksi, jotta biomasan saanti turvataan myös seuraaville vuosille ja jatkokäytölle saadaan tasainen massavirta. Yhteistyötä pitää tehdä mm. rahoituksen hankinnassa sekä laajojen toimenpidealueiden luomisessa. Järviruo'on määrästä pitää saada tietoja. Urakoitsijoita ja tehokkaampaa kalustoa tarvitaan enemmän, mikä kenties mahdollistaa niiton kustannusten pienenemisen. Paikallisten toimijoiden avulla luodaan uusia työpaikkoja (Joensuu 2014).

Kuvassa 3 on esitetty Cofreen-hankkeessa esitetty liiketoiminnan malli. Sitä voidaan hyödyntää, mikäli paikallisesti halutaan kehittää järviruokoon perustava liiketoimintaa. Tärkeintä on se, että on tiedossa asiakas, jolle tuotteita valmistetaan. Avainresurssit on oltava valmiina ja avainprosesseja on kehitettävä (Laizans 2013).



Kuva 3. Järviruo'on liiketoiminnan kehittäminen (Laizans 2013).

Kompensaatioiden hyödyntäminen järviruokoketjussa

Kompensaatioiden idea on korvata aiheutettu haitta ympäristölle muussa kohteessa. Järviruo'on tapauksessa ruo'on poistamista vesistöstä ja hyödyntämistä voidaan pitää ravinteita poistavana toimenpiteenä, jolla voidaan kompensoida muussa kohteessa aiheutettu ravinnepäästö. Ekologisessa kompensaatiossa korvataan heikentyneitä luontoarvoja esimerkiksi monimuotoisuutta, päästökompensaatiossa aiheutettuja päästöjä. Suomessa, toisin kuin joissakin muissa maissa, kompensatiomenettely ei toistaiseksi kuulu lainsäädäntöön muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, vaan on vapaaehtoinen mekanismi. Ekologisen kompensaation osalta on todettu luontoarvojen kompensoinnin eli toisen kohteen suojelemisen haittaa kärsivän kohteen sijaan, mahdolliseksi keinoksi vähentää luonnon monimuotoisuudelle aiheutettuja haittoja (Kniivilä ym. 2014).

On esitetty, että myös ravinnepäästöjen osalta voitaisiin hyödyntää nykyistä tehokkaammin kompensatiomenetelmää. Pisimmällä ollaan kalanviljelyn ravinnepäästöjen kompensoimisella Itä-

merirehun käytöllä. Kansallisessa vesiviljelystrategiassa on asetettu pitkän aikavälin tavoitteeksi päästä ravinneneutraaliin kalanviljelyyn. Setälä et al. (2016) on päättänyt suosittelemaan vähäarvoisen kalan pyytämistä yhtenä keinona kompensoida kalankasvatuksen aiheuttamia ravinnepäästöjä osana kalankasvatuksen ympäristöluvitusta. Aquabest-hanke peräänkuuluttaa vapaaehtoisten järjestelmien fiksua käyttöä (Aquabest 2014). Kompensaation käyttöä vapaaehtoisena keinona on esitetty myös Valtioneuvoston kansallisessa vesiviljelyohjelma 2015:ssä (MMM 2009) sekä Vesiviljelystrategiassa (MMM 2014). Vähäarvoisen kalan kalastuksen potentiaali poistaa ravinteita vesistöistä on huomattavasti merkittävämpi kuin esimerkiksi järviruo'on poiston. Tästä huolimatta myös järviruo'on niittoa voisi käyttää yhtenä ravinteidenpoistokeinona jopa kompensatioissa, joko vapaaehtoisena keinona tai mahdollisesti lainsäädännön muuttuessa myös virallisena osana ravinnekuormitusta aiheuttavien toimintojen ympäristöluvitusta.

Tehokkaasti hyödynnetyillä ravinnepäästökompensatioilla saatettaisiin lisätä järviruo'on kysyntää. Ravinnepäästöjä aiheuttava teollinen toiminta voisi kompensoida päästöjään käyttämällä järviruokoenergiaa. Maataloudessa kasvinviljelijä tai eläintuottaja voisi niin ikään kompensoida vapaaehtoisen järjestelmän kautta tuotannon aiheuttamia ravinnepäästöjä hyödyntämällä ruokoa maanparannuksessa tai kuivikkeena.

Ravinnepäästökompensaation suunnitteluun pätevät samat asiat kuin muuhunkin päästökompensatioon. Ratkaistavia asioita ovat mm. kompensaation vastaavuus (vastaako poistettu ravinnekiilo yhtä tuotua ravinnekiiloa), kuinka lähellä kompensaation tulee tapahtua päästölähdettä, ajallinen ulottuvuus ja todentaminen. Kohteen tulisi olla myös hyvin rajattu ja selkeä. Monimuotoisuuskompensatioita on jäsennetty kattavasti Business and Biodiversity Offsets Programme:n julkaisemassa standardissa (BBOP 2012) ja ohjelman periaatteista voinee lähteä liikkeelle myös päästökompensatioita suunnitellessa.

Ravinnepäästökompensatioihin liittyvää lainsäädäntöä ja luvituksen kehittämistä on käsitelty mm. Itämerirehu -raportissa, jonka mukaan ympäristösuojelulain uudistamista valmisteleva pienryhmä on mm. esittänyt kompensatioiden käyttömahdollisuutta vesiviljelyn ympäristöluvissa (Setälä et al. 2016). Mikäli tämä toteutuu, voi se avata myöhemmin tietä kompensatioiden käyttöön myös muissa kohteissa. Päästölupien tiukentuessa voi tulla mahdolliseksi, että esimerkiksi järviruo'on käyttö kompensoivana tekijänä olisi toimijalle edullisin ja teknisesti helpoin keino saavuttaa lupaehdot. On otettava huomioon, että ennen kompensatioita ravinnepäästön välttäminen on aina ensisijainen keino. Toisaalta Kniivilä et al. (2014) toteavat, että kompensatiojärjestelmän rakentaminen aiheuttaa todennäköisesti runsaasti kustannuksia mm. todennuksen osalta. Kustannukset tulisi jyvittää luvanhakijalle, mikä jo luonnollisesti kannustaa muihin päästövähennyksiin.

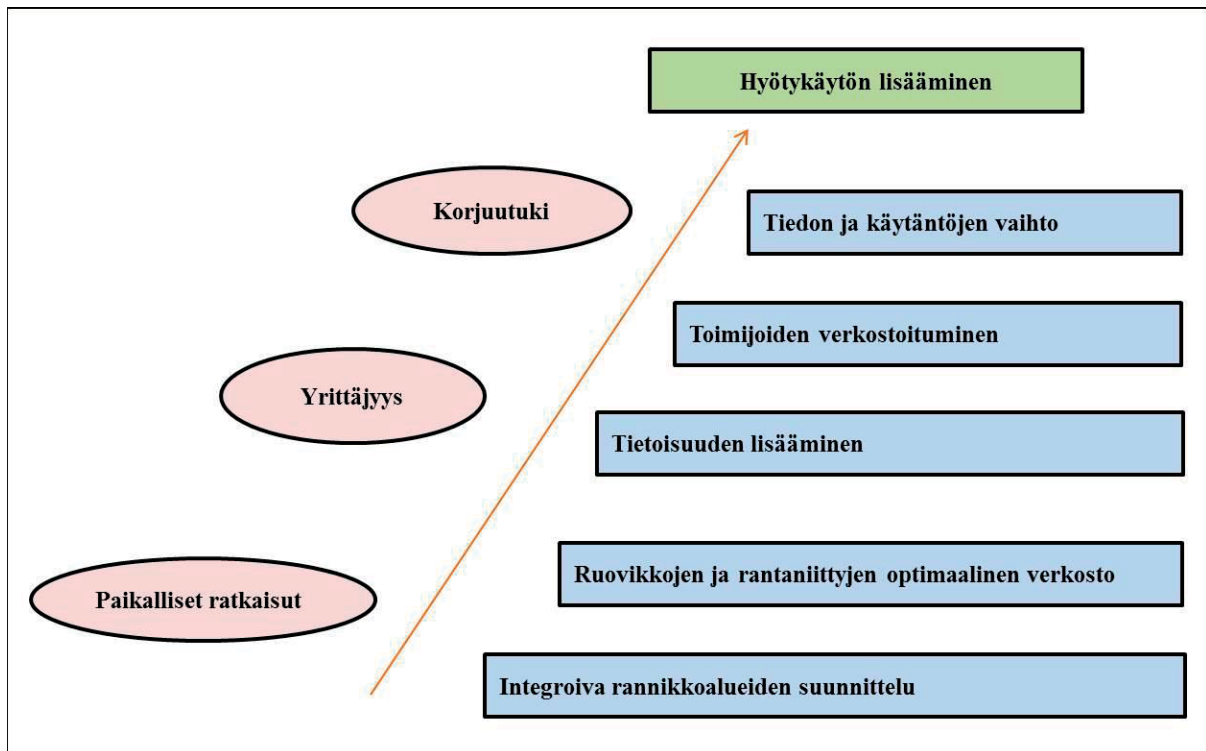
Erityisesti vapaaehtoinen kompensatio toiminnoissa, jotka eivät ole ympäristöluvan piirissä, kuten maatalous, edellyttävät tehokasta tuotteen brändäystä. Asiakkaan tulisi olla valmis maksamaan hieman ylimääräistä siitä, että tuotteen avulla on poistettu vesistöistä ravinteita. Brändäystä tulisi kehittää yhteistyössä suuremman yrittäjäjoukon kanssa, jotta viestinnästä saa vaikuttavaa. Tällainen toiminta voisi toistaiseksi tulla kyseeseen erikoistuotteiden osalta.

Kehittämishankkeet

Järviruokoon perustuvaa liiketoimintaa on pyritty edistämään useassa hankkeessa, esim. Cofreen-hanke, VELHO-hanke, Järeä-hanke, Ruovolanniittu hanke ja Ruokopeltohanke.

Cofreen-hanke toteutettiin EU:n Central Baltic Interreg IVA Programme 2007-2013-ohjelman rahoittamana yhteistyöhankkeena. Hankkeessa oli yhteistyökumppaneita Suomesta, Virosta ja Latviasta. Hankkeen tavoitteena oli edistää ja kehittää ruokomateriaalin käyttöä rakennusmateriaalina ja bioenergian lähteenä sekä lisätä työllisyyttä ja yritystoimintaa. Ekologisena tavoitteena oli vähentää rehevöitymistä järviruo'on leikkaamisen avulla. Hankkeen paikallisten ratkaisujen avulla kehitettiin integroivaa rannikkoalueen suunnittelua. Hankkeen päätyttyä jälkeen avainasemassa olivat yrittäjät, joita tarvittiin tekemään ruokomateriaali tunnetummaksi. Kuvassa 4 on esitetty Cofreen-

hankkeen keskeiset tavoitteet, jotka soveltuvat järviruo' on hyödyntämiseen muillakin aloilla. Hankkeen pilottialueilla sovellettiin integroivaa rannikkosuunnittelua ja luotiin konsepteja ruo' on eri käyttökohteisiin. Malleihin perustuen paikallista biomassaa käytettiin energiantuotannossa ja rakennusmateriaalina. Siten erilaiset yhteisöt, kuten kunnat, voivat kehittää ekologista, taloudellista ja sosiaalista kestävyyttä. Huolellisesti laadituilla käyttösuunnitelmilla voidaan luoda kestävä ruovikoiden hyötykäyttö. Tämä vaatii vielä innovatiivisia ratkaisuja ja lisää käytännön työtä (Lautkankare & Alijoki 2013).



Kuva 4. Cofreen-hankkeen keskeiset tavoitteet (Lautkankare & Alijoki 2013).

VELHO-hanke toteutettiin vuosina 2010-2014 Varsinais-Suomen ELY-keskuksen toimesta ja se rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahoista. Hankkeessa testattiin korjuumenetelmiä ja hyötykäyttökettuja. Pilottikokeiden ensisijaisena lähtökohtana olivat luonnon- ja vesienhoidolliset tavoitteet. Hyötykäytön kehittämisellä pyrittiin parantamaan hoitotöiden toteuttamista sekä kustannustehokkuutta. Lisäksi haluttiin lisätä eri tahojen kiinnostusta hankaliksi koettujen hoitotöiden toteutukseen (Ajosenpää 2014). VELHO-hankkeessa kehitettiin myös ranta-alueiden monikäyttösuunnittelumenetelmää työkaluksi yhdistämään ranta-alueiden luonnonvarojen hyödyntämisen, monimuotoisuuden suojelun, vesiensuojelun, virkistyskäytön ja maisemanhoidon. Järviruo' on osalta tämä tarkoittaa konkreettisesti mm. ruovikoiden merkityksen vahvistamista vesiensuojelussa ja ravinteiden kierrätyksessä, biomassan jatkokäytön edistämiseksi ja mm. kalojen lisääntymisaluiden ylläpidossa (www.ymparisto.fi/fi-FI/Ruoko/Suunnittelu). Hankkeessa julkaistiin opas ranta-alueiden monikäyttösuunnitteluun (Klemola ym. 2013).

Järeä-hanke (Järviruoko energiaksi, vesien tila paremmaksi Pohjois-Karjalassa) toteutettiin vuosina 2011-2014. Hankkeessa kehitettiin menetelmiä ja toimintamalleja, joiden avulla yhdistettiin vesistöjen tilan parantaminen ja bioenergian tuotanto. Projektin tulosten kautta pyrittiin parantamaan vesistöjen ja rantojen tilaa Itä-Suomessa sekä edistämään bioenergian tuotantoon liittyvää yritystoimintaa (Joensuu ym. 2014). Hankkeen yhteydessä testattiin järviruo' on pelletöintiä. Ruo' osta voidaan tehdä teknisesti hyviä pellettejä käytettäväksi polttoaineena, kuivikkeena tai kasvualustana. Polttoainekäytössä ongelmia tuli korkean tuhkapitoisuuden vuoksi enemmän kuin perinteisillä puu-

pelleteillä. Suuri tuhkamäärä voi aiheuttaa teknisiä ongelmia, eikä ruokopelletti siksi ole pienten polttolaitosten luotettava polttoaine (Vilppo ym. 2012).

Rauvolanniittu-hankkeessa (2012-2014) Salossa toteutettiin ruovikkojen niittoja ja materiaalia kerättiin yrityksille ja rakentajille, jotta vuonna 2014 olisi voitu aloittaa ruokokattojen rakentaminen asuinalueelle. Rakennusprojektia ei kuitenkaan pystytty toteuttamaan. Hanke toteutettiin Salon kaupungin ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksen rahoituksella (Pennanen 2012).

Ruokopeltohanke toteutetaan 2015-2017 yhteistyössä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ja Baltic Sea Action Groupin JÄRKI-hankkeen kanssa. Hankkeen tarkoituksena on testata järviruo'on hyötykäyttöä peltojen viherlannoitteena ja maanparannusaineena.

Toimijoiden näkemyksiä liiketoiminnan kehittämisestä

Lisää yritystoimintaa kentälle kaivataan

Maria Yli-Renko, projektikoordinaattori, Varsinais-Suomen ELY-keskus, Ruokopelto-hanke.

Varsinais-Suomen ELY-keskus on ollut aktiivinen toimija järviruo'on käytön edistämisessä. Maria Yli-Renko kommentoi järviruo'on hyödyntämisen edistämistä. Hänen mukaansa kehittämishankkeita on toteutettu jo melko paljon ja seuraavassa vaiheessa pitäisi ilman muuta jo yritystoimintaa alkaa tulla lisää. Tällä hetkellä esim. maaruovikoiden leikkuita tekeviä yrityksiä on vähän ja kilpailun vähäisyys aiheuttaa palvelun huonoa saatavuutta sekä myös korkeita hintoja. Vesiruovikoiden leikkuita tekeviä yrityksiä löytyy, mutta näidenkin bisnesmalli perustuu lähinnä ruovikoiden leikkaamiseen eikä ruokomassan hyötykäyttöä ole sen suuremmin ajateltu.

Infrastruktuurissa on vielä puutteita: leikattua ruokomateriaalia ei saa usein haettua ranta-alueilta pois maakulkuneuvoilla. Tästä syystä onkin testattu myös vesikuljetuksia. Yli-Renko näkee kentällä paljon potentiaalisia ideoita liittyen laitteiston kehittämiseen. Pääomia ja/tai riskinottohalukkuus investointeihin puuttuu. Yli-Rengon mukaan toimiva kokonaisketju järviruo'on hyödyntämiseksi puuttuu. Toisaalta on vielä kyseenalaista, onko kaikki ketjun osat mahdollista saada täysin kaupallisesti toimiviksi.

Yksittäisenä haasteena Yli-Renko nostaa esille epäloogisen tukipolitiikan ruovikoiden hoidossa. Maaruovikko-perinnebiotooppien hoitoon ja siinä yhteydessä mm. järviruo'on niittoon on mahdollista saada maatalouden ympäristökorvaustukia. Vesiruovikolle ei kuitenkaan ole vastaavaa tukea. Kuitenkin veden ja maan raja on joskus häilyvä mm. vedenkorkeuden vaihtelusta johtuen. Lisäksi kokonaisuuden kannalta olisi parasta, mikäli esimerkiksi rantaniittyjä kunnostettaessa saadaan ruovikot pois sekä veden että rannan puolelta. Ylipäänsä Yli-Renko näkee ruokomassan hyödyntämisen lähialueen pelloilla järkeväksi käyttömuodoksi, ja toivoo, että myös muut eloperäiset aineet kuin lanta ja lannoitevalmisteet voitaisiin nähdä vaihtoehtona ympäristökorvausjärjestelmässä (Ravinteiden ja orgaanisen aineen kierrättäminen -toimenpide). Tällöin viljelijät ehkä kiinnostuisivat ruo'osta peltojen maanparannusaineena ja asian ympärille voisi syntyä urakointitoimintaa, jossa urakoitsija mahdollisesti hoitaisi koko ketjun aina ruovikon leikkuusta peltolevitykseen saakka.

Yhteinen strategia toisi toimijoita yhteen

Tero Almi, toimitusjohtaja, Rantaparturit Oy

Tero Almin yritys Rantaparturit Oy tekee ruovikoiden niittopalveluja ja laitteistovuokrausta Turun saaristossa. Almi käy myös puhumassa erilaissa tilaisuuksissa ruovikon niittämisestä ja niittomateriaalin hyötykäyttömahdollisuuksista. Almi kommentoi niittoliiketoiminnan kustannusrakennetta: varsinaisen niitto on edullinen ja usein helppo työvaihe. Ruokomateriaalin keruu on kallista, samoin kuin logistiikka. Tästä syystä monet niittoyrittäjät jättävät ruokomateriaalin jopa veteen, eivätkä lähde aktiivisesti edistämään niitetyn ruokomateriaalin hyötykäyttöä, sillä yksittäisen urakoitsijan kannalta on usein kannattavampaa keskittyä lyhyen kesäkauden aikana tarjoamaan mahdollisimman paljon niittopalvelua. Koska niittourakoitsijoilla ei ole rahallista intressiä hyödyntää niitettyä ruokoa, ravin-

teiden poistohyötyjä jää nykyisin osittain saavuttamatta. Tällä hetkellä Rantapartureiden – kuten muidenkin niittopalveluja tarjoavien yritysten - niittoliiketoiminnan tulovirta perustuu pitkälti tontinomistajien tilauksiin.

Ruokomateriaalin hyödynnyksipuoli on Almin mukaan vielä alkutekijöissään ja hän pohtiikin, kuinka paljon jalostuspuolella voidaan tuoda lisäarvoa ketjuun. Rantaparturit on pyrkinyt edistämään hyötykäyttöä kokeilemalla Ruokoasemaa logistisena jakelupisteenä. Arvoketjun kehittämisessä ja kaupallistamisessa Almi pitää tärkeimpinä yksittäisinä toimenpiteinä tiedon lisäystä ja lupaavien hyödynnyiskohteiden pilotointeja. Yksittäisistä toimijoista Almi nostaa esille kunnat, joilla saattaa olla tärkeä rooli tulevaisuuden ruokoketjujen kehittämisessä yritysten lisäksi, erityisesti hyvin ruovikkoisilla alueilla. Erityisesti alhaisen jalostusarvon hyötykäyttökohteiden kehittymisen kannalta kuntien rooli voisi olla merkittävä, sillä kunnat ovat logistisesti niittoaluetta lähellä, joka on alhaisen jalostusarvon käyttökohteille merkittävä asia. Kunnat tarvitsevat suuria määriä esimerkiksi kuorikekatetta ja tämä voitaisiin osittain korvata paikallisista ruovikoista kerätyllä ruokomateriaalilla, joka on murskattu paikallisella kalustolla ja paikallisen työvoiman toimesta sopivaan raekokoon. Kun saadaan ensin rakennettua arvoketju alhaisen jalostusarvon ympärille, kehittyy helposti konekanta ja muu toiminta tukemaan ruovikon kustannustehokkaampaa keräämistä, jolloin myös yrityselämä kiinnostuu raaka-aineesta huomattavasti paremmin sen paremman saatavuuden takia. Kun yritykset alkavat tosissaan tutkia ja kehittää ruokomateriaaliin pohjautuvia tuotteita, syntyy luontevasti korkeamman jalostusasteen hyötykäyttöä.

Tero Almi nostaa kaikkein tärkeimmäksi ylätasoon kehittämiskohteeksi valtakunnallisen Ruokostrategian laatimisen. Vuosina 2005-2007 on valmistettu ruovikkostrategia Suomeen ja Viroon (Ikonen 2008). Järvi- ja ruokoliiketoiminnassa saattaa olla jopa vientipotentiaalia, johon liiketoiminnan kehittäminen voisi tähdätä. Tätä varten tarvitaan toimiva ruokoklusteri. Ruokostrategiassa yhteen sovitettavia näkökulmia ovat liiketoiminnan kehittäminen, ympäristönäkökulma ja luonnonsuojelunäkökulma. Rahoittajat tulisi saada kiinnostumaan järvi- ja ruokoliiketoiminnasta, kun tämän osalta on näyttää uskottava strategia ja johdonmukainen suunnitelma sen toteuttamiseksi. Sekä yksityinen että julkinen tutkimus- ja kehitystoiminta tulisi saada palvelemaan yhteistä tavoitetta. Kun arvoketjun toimijat saatetaan Ruokostrategian avulla tavoittelemaan yhteistä ruokoklusteria, voidaan saavuttaa uutta elinkeinotoimintaa ja työllisyyttä etenkin maaseudulle, jossa ruokorannat tyypillisesti ovat.

Laitteistokehitys vaatii investointeja

Markku Järvinen, toimitusjohtaja, OilWhale Solutions Oy

Markku Järvinen on alallaan arvostettu laitteistonkehittäjä, joka on kehittänyt suunnitelman mm. integroidusta mereltä käsin toimivasta laitteistosta järvi- ja ruokoliiketoiminnan korjuuseen ja esikäsittelyyn (<http://www.oilwhale.fi/reed-harvesting/>). Investointirahoituksen saamisessa on ollut hankaluuksia. Tämän tyyppinen investointi vaatisi riskirahoitusta, jonka puuttuminen saattaa olla jopa koko arvoketjun kehittämisen yksi merkittävistä pullonkauloista. Normaalit innovaatio- ja investointirahoittajat katsovat järvi- ja ruokoliiketoiminnan uuden liiketoiminnan liian riskialttiiksi sijoitukseksi, kun markkinoita ei vielä ole olemassa.

Toinen asia, jonka Järvinen nostaa esille, on kohdennetun tiedotuksen ja markkinoinnin suunnittaminen vesialueiden omistajille. Kustannustehokkaan leikkuun mahdollistaisi se, että leikkuuta päästäisiin tekemään kerralla suuremmilta alueilta. Erilliset neuvottelut pienten vesialueiden omistajien kanssa vievät hyvin paljon aikaa. Lisäksi tarvittaisiin julkista keskustelua ruovikoiden hoidosta yleensä, jotta rantojen omistajat saataisiin mukaan ruokoketjuun.

Korjuuketju, ympäristökysymykset ja rannanomistajien hyväksyntä toiminnalle oltava kunnossa

Ahti Martikainen, johtaja, viestintä ja yhteiskuntasuhteet, Vapo Oy

Vapo Oy ei tällä hetkellä hyödynnä järvi- ja ruokoliiketoiminnan tuotteissaan, mutta koska yrityksellä on pitkä kokemus luonnonvarojen hyödyntämisestä erilaisissa tuotteissa, jotka periaatteessa sopisivat myös järvi-

ruo'on käyttökohteiksi, kysyimme heidän kantaansa asiaan. Ahti Martikainen Vapo oy:stä nostaa esille, että raaka-aineen korjuuketju on saatava toimimaan kustannustehokkaasti ja raaka-aineen saatavuus on oltava riittävä, jotta Vapon tyyppinen iso biomassojen jalostaja voisi sitä hyödyntää tuotteissaan. Suurimmat epäilykset liittyvät tällä hetkellä nimenomaan taloudelliseen kannattavuuteen ja mittakaavaan sekä ympäristökysymyksiin ja asenteisiin. Raaka-aineen hankinta tulee tapahtua aiheuttamatta vesistölle haittaa. Martikainen esittää, että rannanomistajien asenteisiin ja koko toimialan imagoon tulee kiinnittää heti alkuvaiheessa huomiota. Olisi hyvä asia, jos yliopisto, tutkimuslaitos tai muu puolueeton taho voisi toimia alussa toimialan kehityksen moottorina.

Periaatteessa järviruokotoimiala voi Martikaisen mukaan kehittyä kasvavaksi alaksi, jonka valtteja ovat kierrätettävyys, luonnonmukaisuus ja vastuullisuus, mikäli voidaan myös todentaa, että järviruo'on poisto parantaa vesistöjen tilaa. Vapossa ruo'on käyttöön kiinteänä polttoaineena ei toistaiseksi uskota, pitkälti korjuu- ja logistiikkakustannusten takia. Lisää tietoa tarvitaan, jotta muiden käyttökohteiden kuten kuivike-, kasvualusta tai kuitutuotteiden potentiaalia voitaisiin arvioida.

Yhteenveto kehittämistarpeista ja ratkaisuehdotuksista

Kehittämistarpeet järviruo'on arvoketjussa	Ratkaisuehdotukset
Leikkuukohteiden valinta, materiaalin saatavuus	
- Paikkatieto järviruokokasvustoista puuttuu. - Riski, että liian voimakas järviruokokasvustojen leikkuu vaikuttaa negatiivisesti paikalliseen kalastoon ja linnustoon. - Erilaiset intressit: poistaa järviruokokasvustoja pysyvästi versus tuottaa jatkuvasti uutta korsimassaa - Leikkuupalvelun myynti tai vaihtoehtoisesti leikkuulupien hakeminen on työlästä johtuen vesialueen omistajien ja muiden luvanantajien lukumäärästä. - Vesialueen omistajien asenteiden tulisi olla leikkuutoiminnalle suotuisat.	- Järviruokokartoitus GIS-pohjalle ja avoimeksi dataksi toimijoita palvelemaan - Ranta-alueiden monikäyttösuunnittelu luonnonsuojelunäkökulmat sekä järviruokomateriaalin tuotantonäkökulmat huomioiden - Julkista keskustelua ja puolueetonta tietoa järviruo'osta sekä leikkuun ympäristövaikutuksista tarvitaan.
Leikkuun, keruun ja esikäsittelyn hinta	
- Leikkuu- ja keruuvaiheen kalleus estää järviruokoon perustuvan liiketoiminnan kehittymisen. - Vain vähän yritystoimintaa leikkuussa. - Leikkuuseen ja esikäsittelyyn liittyvän logistiikan kehittäminen kriittistä. Yksi ratkaisu ei sovi kaikille alueille. Esikäsittely pitää pystyä suorittamaan lähellä leikkuupaikkaa ja huomioiden käyttökohteet.	- Laitteistojen kehittäminen leikkuuseen, logistiikkaan ja esikäsittelyyn tuo tehoa ja pudottaa kustannuksia. - Kehitettävä joustavia logistiikkamalleja. Tärkeä osa liiketoiminnasta tulee tehokkaan logistiikan kehittäjälle. - Tehokas alueellinen palvelumyynti ja luvanhankinta mahdollistavat isompien alojen käsittelyn ilman laitteiston siirtelyä. - Kehittyvä arvoketju (ruo'on käyttökohteet) lisää kiinnostusta investointeihin ja uuteen yrittäjyyteen myös leikkuu- ja esikäsittelypuolella. - Osaamisen kehittäminen parantaa tehokkuutta. - Ruovikoiden hoidon tukipolitiikan muutos tuo lisää houkuttelevia hoitokohteita.

Leikkuun, keruun ja esikäsittelyn tekniset haasteet	
• Materiaalin kuljetus pois leikkuupaikalta haasteellista tietyissä kohteissa.	• Vesikuljetusten hyödyntäminen hankalissa kohteissa.
Lähikäyttökohteet	
• Toiminta hajanaista. • Rahavirrat pieniä, ei kannusta isoon kehittämiseen.	• Valtakunnallinen tiedonlevitys järvi-ruo' on mahdollisuuksista sekä ideoiden jakaminen lähiarvoketjujen kehittämiseksi alueiden välillä. • Valtakunnallisesti lähiruokotuotteiden brändäys.
Lähikäyttökohteet: ravinnehyödynnyksen ongelmat	
• Turun Saaristo ja Varsinais-Suomen rannikkoalueet ovat merkittäviä järviruoko-alueita, mutta alueiden peltojen fosforiylijäämä on niin merkittävä, että peltosijoituskohteita voi olla vaikea löytää	• Ratkaisuja tulee hakea paikallisesti. Fosforiylijäämäongelma koskettaa erityisen paljon eläintiloja. Ongelma-alueilla tulee hakea vaihtoehtoisia hyödynnyskohteita.
Teolliset käyttökohteet – logistiikka	
• Logistiikka on toiminnan kehittämisen pullonkaula. Biomassoja ei pääsääntöisesti kannata kuljettaa pitkälle, mutta hyödyntäjätahoja ei ole joka paikassa.	• Kuljetettavan massan pienentäminen tarkoituksenmukaisella esikäsittelyllä. • Älykkäät logistiset systeemit välttämättömiä. • Käyttökohteiden joustava ja älykäs valinta välttämätöntä.
Teolliset käyttökohteet – kompostointi	
• Kokemukset puuttuvat • Suhteellisen alhaisen lisäarvon tuote: raaka-aineen hinta paikanpäälle kuljetettuna tulee olla hyvin matala.	• Kompostointikokeet. • Älykkäät logistiset systeemit.
Teolliset käyttökohteet - poltto	
• Suhteellisen alhaisen lisäarvon tuote: raaka-aineen hinta paikanpäälle kuljetettuna tulee olla hyvin matala.	• Älykkäät logistiset systeemit.
Teolliset käyttökohteet – biokaasulaitos	
• Kokemukset vähäisiä.	• Yhdistetyn biokaasun ja kemikaalien tuotannon tutkimus.
Teolliset käyttökohteet – rakennusmateriaalit	
• Osaaminen puuttuu Suomesta. • Yritysten lukumäärä vähäinen ja yrityksen pieniä.	• Osaamisen kehittäminen.
Teolliset käyttökohteet – arvokkaiden komponenttien hyödyntäminen	
• Erittäin pitkät kehityspolut. • Ei juuri erityisesti järviruokoon liittyvää perustutkimusta.	• Perustutkimusta järviruo' on ominaisuuksista tarvitaan. • Soveltavaa tutkimusta esim. kuitutuotteiden valmistuksesta voitava laajentaa myös ruokomateriaalille.

Suosituksset järviruokoketjun kehittämiseksi

Tärkeimmät kehittämiskohteet on koottu seuraavien seitsemän pääotsikon alle:

1. Yhteiskehittäminen

Ilman ruokomateriaalin hyödynnyiskohteita järviruo'on niitto- ja keruuliiketoiminta ei kehity tai laajene. Toisaalta leikkuun korkea hinta estää materiaaliin perustuvien käyttökohteiden kehittämistä. Arvoketjun yhteiskehittäminen on välttämätöntä, jotta ketju lähtee ylipäänsä toimimaan. Muiden kierto- ja biotalouden arvoketjujen tapaan myös järviruokoketjusta muodostunee kompleksi verkko, joka vaatii tiivistä ja älykkästä toimivaa yhteistyötä. Yhteiskehittäminen voi pureutua paitsi ketjun logistiseen kehittämiseen, myös yhteiseen markkinointiin. Ruokobrändin kehittäminen on yhteinen ponnistus, josta hyötyisivät useat ketjun toimijat. Brändäys lisäisi järviruo'on tunnettuutta sekä leikkuu- että hyödyntäjäasiakkaiden kiinnostusta asiaan. Markkinointiyhteistyö voisi tapahtua löyhän yhteenliittymän voimin, tai pidemmälle vietyä jopa yhteisen markkinointiosuuskunnan kautta.

2. Leikkuun ja esikäsittelyn teknologia

Leikkuun ja esikäsittelyn tehokkaiden laitteistojen hankinta Suomeen tai uusien laiteratkaisujen kehittäminen ja pilotointi Suomessa vaatii yritysten investointeja ja riskinottoa. Yritykselle ja rahoittajalle kyseessä on riskisijoitus, joka vaatii erityiset rahoitusinstrumenttinsa (Esim. investointeihin Finnvera, EU:n ESIR-rahoitus ja kehitystoimiin Tekesin T&K-rahoitus tai ELY-keskusten yritysrahoitus). Pääomasijoituksia alkavan vaiheen yrityksiin tekee mm. FiBAN, joka on suomalainen kansallinen yksityissijoittajayhdistys.

3. Älykkäät logistiset systeemit

Hajallaan olevien biomassojen hyödynnyksessä logistiikka on avainroolissa: niin myös järviruokoketjussa. Älykkään logistisen systeemin kehittäjällä voi olla mahdollisuus täysin uuteen liiketoimintaan järviruokoketjussa. Älykäs logistinen systeemi huomioi paitsi vaihtuvat leikkuupaikat, keruutavat ja etäisyydet, myös potentiaaliset hyödyntäjät ja materiaalin toimituksen oikea-aikaisuuden. Hyödyntäjille tulee toimittaa edullisesti tarkoituksenmukaisesti esikäsiteltyä tuotetta.

4. Avoin tieto ja julkinen keskustelu

Kaikki kehittäminen lähtee hyvästä tietopohjasta. Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa Biomassa-atlas -projektissa tuotetaan karttapalvelu Suomessa saatavilla olevista biomassoista määrä-, laatu- ja sijaintitietoineen (<https://www.luke.fi/projektit/ba2/>). Palvelussa on valmius tarjota myös järviruokotietoa, mikäli kartoitus järviruo'on kasvualueista tehdään. Julkista keskustelua kaivataan ja sen pohjaksi tarvitaan puolueetonta tietoa järviruo'osta ja korjuun ja hyödyntämisen ympäristövaikutuksista. Toimialan hyvä imago on tärkeää muodostaa heti alussa ja sen tulee pohjautua oikeaan tietoon.

5. Yhteinen strategia ja suunnittelu

Vuosina 2005-2007 tehtiin Lounais-Suomen ympäristökeskuksen (nykyinen Varsinais-Suomen ELY-keskus) rahoittaman Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa-hanke. Hankkeen tavoitteena oli kerätä tietoa ja vaihtaa kokemuksia ruovikoiden käytön ja hoidon käytännöistä sekä ruo'on hyödyntämistä bioenergiana ja rakennusmateriaalina. Saaduista tuloksista valmistettiin ruovikkostrategiat Suomeen ja Viroon (Ikonen 2008).

Toimijahaastatteluissa nousi esiin tarve tuottaa Ruokostrategia. Kehittämishankkeet ja -toimenpiteet ovat hajautuneet eri puolille Suomea, eri ELY-keskusten alueille. Tehokas tiedonvaihto puuttuu ja vaikka pienet kehittämishankkeet vievät asiaa eteenpäin, projektiluonteinen toiminta katkoo edistymistä ja kokonaisvaltainen tavoitteen määrittäminen ja yhteinen päämäärä puuttuvat. Yhteisen strategian ja kansallisesti ohjatun ohjelma- ja rahoitustoiminnan avulla olisi mahdollista saada kehittämishankkeet paremmin tukemaan toisiaan ja toimimaan yhteisesti asetettua päämäärää kohden.

Ruokostrategia voisi palvella hallinnon ja elinkeinoelämän yhteisiä tarpeita. Esimerkiksi tietyt tukipolitiikan epäjohtonmukaisuudet, kuten rajanveto vesi- ja maaruovikon välille, olisi hyvä saada oikaistua. Järviruokoliiketoiminnan kehittäminen tulisi sitoa muuhun strategiseen kehittämistyöhön kuten Suomen Kiertotalousstrategiaan ja sitoumukseen Saaristomeren hyvän tilan saavuttamiseksi.

Myös leikkuulupien alueellinen hallinta vaatii yksityisen ja julkisen sektorin yhteispeliä. Monikäyttösuunnittelun avulla pystytään huolehtimaan erilaisten ruovikoihin liittyvien intressien toteutumisesta.

6. Osaamisen kehittäminen

Järviruokoon pohjautuvan arvoketjun kehittäminen vaatii erityisesti koko ketjun kehittämistä. Kiertotalouden periaatteisiin kuuluu hyödyntää koko biomassaa, usein eri kohteisiin. Kiertotalouden toteutuminen järviruon tapauksessa vaatii siis aina kokonaisvaltaista otetta, jossa pystytään huomioimaan logistiset tekijät materiaalin liikuttelussa, raaka-ainehankinnan erityispiirteet eri kohteissa ja hyödynnyskohteiden laatu- ja oikea-aikaisuusvaatimukset. Arvoketjun hallinta vaatii osaamista, tietoa ja älykkäitä suunnittelujärjestelmiä. Osaamisen kehittämistarve asettaa haasteen erityisesti toisen asteen koulutukselle ja ammatillisen korkeakoulutuksen kehittämiseksi.

7. Rahoitus

Järviruokoliiketoiminnan kehittämistä, erityisesti teknisten kysymysten osalta voidaan edelleen tehdä projektipohjaisesti kuten tähänkin saakka. Investointirahoitus tällä hetkellä pienelle markkinalle vaikeuttaa olevan ongelma. Liiketoiminnan edistäminen vaatii myös paljon tiedonlevitystä, jonka rahoittamiseksi Maaseudun kehittämisohjelma tai kansainvälinen EU Life voisivat olla sopivia instrumentteja. Ruovikoiden hoitoon on useita erilaisia rahoitusmahdollisuuksia kuten Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta, saariston ympäristöhoitoavustukset, vesistökunnostusten tuet sekä erisäätiöiden ja toimijoiden jakamat tuet. MMM:n ja YM:n asettama työryhmä on nostanut ravinesiepparit yhdeksi Itämeren suojeluun tähtääväksi toimenpiteeksi (MMM 2011). Hulevesien käsittely noudattelee tätä tavoitetta taajamien osalta.

Toiminnan järkevöittämiseksi tarvittaisiin yhtenäistäväksi tekijäksi Ruokostrategiaa, jonka kehittämisestä ja käytäntöön viemisestä voisi esimerkiksi Maa- ja metsätalousministeriö ottaa päävastuun yhteistyössä Ympäristöministeriön kanssa.

Yksi mahdollisuus vauhdittaa järviruon kysyntää on kehittää ravinnepäästöjen kompensatiojärjestelmiä. Vesiviljelyssä tähän suuntaan on jo edetty ja kokemukset sieltä kannattaa hyödyntää järjestelmän laajentamiseksi ja kehittämiseksi. Vapaaehtoinen kompensatio voi kehittyä mekanismiksi, jolla ympäristöluvan piirissä oleva toiminto kompensoi ravinnepäästöjään tai myös hyvin markkinalähtöiseen suuntaan, jossa mikä tahansa liiketoiminta voi tehdä kompensatiota esimerkiksi järviruokoa hyödyntämällä ja pyrkiä näin erilaistamaan ja brändäämään tuotettaan. Brändäystä voi tapahtua myös ilman kompensatiota: esimerkiksi järviruokomateriaaliin pohjautuvia maanparannustuotteita voidaan markkinoida hyödyntäen niiden avulla saavutettavaa ravinteiden vähenemään vesistössä.

Varsinaisen liiketoiminnan pyörittämisen tavoitteena on luonnollisesti taloudellisesti kannattava toiminta. On mahdollista, että arvoketju ei täysin kaikilta osin kehity kannattavaksi. Kunnat voivat halutessaan ottaa hoitaakseen joitakin ketjun osia. Mallia voidaan hakea esimerkiksi Forssan tekstiilikierrätyksestä. Vanhat kotitaloustekstiilit kierrätetään, mutta tekstiilien lajittelu ja esikäsittely on hyvin työvoimaintensiivistä työtä, jolle ei arvoketjusta löydy rahoitusta. Työ hoidetaan osana kaupungin työllistymispalveluja (<http://www.tyovoitto.fi/>).

Tietyillä vesialueen omistajaryhmillä on erityisesti intressejä järviruon korjuuseen. Tällaisia ryhmiä ovat ainakin rantamökilläiset, matkailuelinkeino ja tietyt luonnonsuojelullisesti arvokkaat kohteet. Nämä mahdolliset edelläkävijäomistajat on hyvä tunnistaa ja käyttää heiltä tulevaa mahdollista rahoituspotentiaalia. On hyvä tunnistaa, että laajamittainen ruon keruu vaatinee myös niiden kohteiden hyödyntämistä, joilta ei ole saatavissa leikkuulle maksua.

3.2. Vesirutto

3.2.1. Taustaa

Vesirutto eli kanadanvesirutto (*Elodea canadensis*) on Pohjois-Amerikasta peräisin oleva vesikasvi, joka on levinnyt Eurooppaan. Vesirutto on tuotu Suomeen 1884 Helsingin kasvitieteelliseen puutarhaan ja sitä istutettiin joihinkin järviin. Se on levinnyt Etelä- ja Keski-Suomeen ja sitä löytyy nykyisin myös Koillismaalta ja Lapista (Lampinen ym. 2010) sekä merialueilta muun muassa Suomenlahdelta ja Perämereltä sekä Porin edustalta (Ljungberg ym. 2011). Vesirutto on uposkasvi ja vain valkoiset kukat nousevat veden pinnalle. Kasvi viihtyy emäksisissä ja runsasravinteisissa järvissä ja merenlahdissa, hitaasti virtaavissa joissa ja isoissa ojissa. Se leviää nopeasti jopa pienistä kasvinosista. Reheville järvillä vesirutto haittaa järvien virkistyskäyttöä, koska umpeenkasvu voi esim. estää veneilyn. Vesirutto talvehtii vihreänä ja alkaa kasvaa heti jäiden sulamisen jälkeen. Vesirutto on yksi sisävesistöjen haitallisista vieraslajeista. Massaesiintymiset voivat aiheuttaa muutoksia muun muassa järvien ekosysteemissä: se voi syrjäyttää herkempiä vesikasveja (Rørslett et al. 1986) ja mikäli vesiruttoa on paljon, happipitoisuuden sekä pH:n vaihtelut voivat vaikuttaa muun muassa rapuihin, kaloihin ja eläinplanktoniin (Hessen et al. 2004). Monet vesilinnut kuitenkin käyttävät vesiruttoa ravinnoksi (Väänänen & Nummi 2003).

Vesiruton mekaaninen poistaminen on vaikeaa yleisimmin käytetyillä tekniikoilla, kuten niitolla ja raivausnuottauksella. Mekaaninen poisto voi jopa edistää kasvin leviämisen pienistä palasista. Biologisia torjuntamenetelmiä ei ole. Myöskään torjunta-aineita ei voi käyttää. Vesistöön joutuvan kuormituksen vähentäminen on hyvä tapa rajoittaa vesiruton massakasvustoja. Tärkeintä olisi estää vesiruton leviäminen esimerkiksi veneiden ja kalapyydysten välityksellä. Vesiruttomassan hajoaminen palauttaa kasviin sitoutuneet ravinteet takaisin vesistöön sekä samalla se kuluttaa veden happea, mikä voi johtaa ravinteiden vapautumiseen myös sedimentistä. Vesiruttomassan poistaminen vähentää kuitenkin vesistön ravinnemäärää.

3.2.2. Kehittämishankkeet

Koillismaalla vesirutto-kasvi on vallannut monia järviä, mikä on osoittautunut hyvin ongelmalliseksi alueen luontomatkailun ja kalastuksen kannalta. Vesiruttomassaa on yritetty poistaa koneellisesti tai raivausnuotilla, mutta kyseiset menetelmät ovat kalliita. Lisäksi vesiruttokasvimassalla ei ole juuri-kaan ollut hyötykäyttöä.

Koillismaalla toteutettavan Vesiruton hyötykäyttö – riesasta raaka-aineeksi (*Elodea*) -hankkeen tavoitteena on löytää erilaisia vesiruton hyödyntämistapoja, joiden pohjalta voitaisiin muodostaa liiketoimintaa. Hankkeen toteuttavat Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Luonnonvarakeskus (Luke). Hankkeen rahoittajia olivat Euroopan aluekehitysrahasto, Naturpolis Oy, Kuusamon energia- ja vesiosuuskunta, SYKE ja Luke.

Hankkeessa selvitettiin vesiruton koostumus, biomassa ja hyödyntämismahdollisuuksia sekä kartoitetaan liiketoimintamahdollisuuksia. Koostumusta tutkitaan raskasmetallien, ravinteiden, ravinto-aineiden sekä kivennäis- ja hivenaineiden osalta eri rehevyys- ja mineraalitason vesistöissä. Vesiruttokasvuston esiintyminen ja biomassan laajuus alueen järvissä kartoitetaan ja arvioidaan ilmakuvien perusteella. Hyödyntämismahdollisuuksia selvitetään viiden eri käyttökohteen osalta: biokaasutuksessa, maanparannusaineena sekä jatkojalosteena rehuksi, ravintokäyttöön ja kosmetiikkateollisuuteen. Lisäksi hankkeessa kartoitetaan Suomessa, ja erityisesti Koillismaalla, sijaitsevien yritysten ja muiden tahojen kiinnostusta ja liiketoimintamahdollisuuksia vesiruton poistamisessa ja hankkeen tutkimustulosten perusteella esille tulleiden hyödyntämistapojen jatkohyödyntämisessä. Hankkeen tuloksena syntyvässä raportissa kuvataan toimintamallia vesiruton poistamisesta vesistöistä sen hyödyntämismahdollisuuksiin. Toimintamallissa tarkastellaan muun muassa vesiruton hyödyntämisen arvoketjujen prosessit sekä vesiruton hyödyntämiseen liittyvät riskit. Lisäksi arvioidaan hyödyntämis-

vaihtoehtojen toteutettavuus. Jatkohankkeet suunnitellaan Elodea -hankkeen tulosten perusteella. Hankkeen lopputulokset tulevat nähtäville osoitteeseen:

<http://www.syke.fi/hankkeet/elodea>

<http://www.syke.fi/fi->

[FI/Tutkimus_kehittaminen/Itameren vesistojen ja vesivarojen kestävä käyttö/Vesirutto hyötykäyttöön riesasta raakaa\(39554\)](http://www.syke.fi/fi-Tutkimus_kehittaminen/Itameren_vesistojen_ja_vesivarojen_kestava_kaytto/Vesirutto_hyotykyttoon_riesasta_raakaa(39554))

3.3. Hulevesi

3.3.1. Taustaa

Hulevedet ovat maan pinnalta, rakennusten katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavia sade- ja sulamisvesiä. Hulevesien hallintaan liittyvistä asioista säädetään vesihuoltolaissa ja maankäyttö- ja rakennuslaissa, joiden muutokset tulivat voimaan 1.9.2014. Päävastuu hulevesien hallinnasta siirtyi vesihuoltolaitoksilta kunnille. Valtioneuvoston hyväksymien valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden (VnP valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista 30.11.2000) mukaan yleis- ja asemakaavoituksessa on varauduttava lisääntyviin myrskyihin, rankkasateisiin ja taajamatulviin sään ja vesiolojen ääri-ilmiöiden lisääntyessä ja päällystettyjen pintojen määrän kasvaessa yhdyskunnissa. Hulevesien johtamisen huomioon ottamisesta säädetään muun muassa kaavoitussäännöksissä, katualueen ja yleisen alueen suunnittelusäännöksissä sekä rakentamiseen liittyvissä säännöksissä. Myös EU:n vesipuitelidirektiivi asettaa kaupunkien ja kuntien hulevesihuollolle haasteita (finlex.fi).

Hulevesien sisältämät haitta-aineet ja niiden pitoisuudet vaihtelevat suuresti sen mukaan, millaiselta alueelta hulevedet tulevat. Yleisimpiä hulevesien sisältämiä haitta-aineita ovat kiintoaine, ravinteet, metallit, kloridi, öljyt, rasvat ja muut orgaaniset yhdisteet, kuten polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet, torjunta-aineet sekä bakteerit. Tavallisimpia partikkeleissa olevia haitta-aineita ovat lyijy, rauta, alumiini ja kromi. Liukoisina esiintyvät sinkki, kadmium ja kupari. Typpi, fosfori ja rikki ovat yhdisteinä. Erityisesti teollisuusalueiden, liikenneväylien ja rakennustyömaiden hulevedet voivat sisältää ihmiselle ja ympäristölle haitallisia yhdisteitä, joiden pääsy pohja- ja luonnonvesiin on estettävä.

Hulevedet voidaan johtaa viivytyksen ja imeytyksen jälkeen luonnonvesiin. Tällöin hulevesien puhdistuksesta on huolehdittava tätä ennen. Hulevesien hallintatoimilla pyritäänkin estämään ravinteiden ja haitta-aineiden pääsy luonnonvesiin poistamalla niitä mahdollisimman paljon hulevesien hallintajärjestelmien avulla.

Kunnilla ja kaupungeilla on hulevesistrategioita, jotka ovat kuntakohtaisia, mutta joiden tavoitteet ovat kokonaisvaltaisia: tulvahaittojen ehkäiseminen ja poistaminen, pohjaveden pinnan ennallaan säilyttäminen, alueellisen ja paikallisen kuivatuksen varmistaminen, haitallisten aineiden minimoiminen hulevesissä ja huleveden hyödyntäminen resurssina (Nurmi ym. 2008). Hulevesien hallinnassa tavoitteena on, että hulevedet käsitellään ensisijaisesti syntypaikassaan. Hulevesien hallintamenetelmiä ovat hulevesien vähentäminen, käsittely, viivyttäminen ja johtaminen. Tavoitteena on, että mahdollisuuksien mukaan syntyneet hulevedet imeytetään pohjavedeksi. Hulevesiä voidaan varastoida paikallisesti ja tilapäisesti ja niitä viivytetään ja johdetaan hallitusti (Eskola & Tahvonen 2010; Hakala 2012; Hulevesiopas 2012).

Kasvillisuus liittyy oleellisesti hulevesien viivytys- ja imeytyspainanteisiin, altaisiin ja kosteikkoihin. Kasvillisuudella on sekä välittömiä että välillisiä vaikutuksia hulevesiympäristöihin. Välittömät vaikutukset kohdistuvat suoraan järjestelmässä liikkuvan veden määrään ja laatuun sekä uomaan: kasvillisuus vähentää huleveden määrää haihduttamalla; kasvipeitteisyys yhdessä pinnan läpäisevyyden kanssa vaikuttaa pinta- ja pintakerrosvalunnan määrään; kasvillisuus hidastaa veden liikettä uomassa, suojaa maaperää ja pintoja ja vähentää eroosiota; kasvillisuus puhdistaa vettä biologisesti mm. pidättämällä ja sitomalla ravinteita, kuten fosforia ja typpeä; kasvillisuus lisää maan hyödyllistä

mikrobitoimintaa ja pidättää kiintoainesta; biosuodatus- ja imeytysalueilla kasvillisuus edistää juuristollaan veden imeytymistä maaperään ja ylläpitää maakerrosten huokoisuutta ja läpäisevyyttä. Lisäksi kasvillisuudella on välillisiä vaikutuksia ympäristön monimuotoisuuteen ja ekologiaan sekä esteettisiä, virkistyksellisiä ja sosiaalisia arvoja.

Ulkomailla tehdyissä kokeellisissa tutkimuksissa saatujen tulosten mukaan eri kasvilajien välillä on suuriakin eroja kyvyssä sitoa ravinteita ja haitta-aineita hulevesistä. Australialaisissa kokeellisissa tutkimuksissa kasvilajien välillä on todettu jopa 20-kertaisia eroja haitta-aineiden poistotehokkuudessa (Read et al. 2007). Australialaisessa tutkimuksessa todettiin mm. sarojen sukuun, *Carex*, ja vihvilöiden sukuun, *Juncus*, kuuluvat paikalliset lajit tehokkaiksi haitta-aineiden poistajiksi hulevesistä (Bratieres et al. 2008). Suomen olosuhteissa menestyvistä lajeista tällaista tutkimustietoa ei ole. Hulevesien mukana kulkeutuvien ravinteiden määrä on kuitenkin suhteellisen pieni muista lähteistä tuleviin ravinnemääriin verrattuna.

3.3.2. Hulevesialueiden hyödyntäminen ravinteiden poistamisessa

Luonnonvarakeskuksen Puutarhatutkimuksen projektissa ”Hulevesialueiden kasvit ja kasvualustat” (Juhanoja 2016) toteutetaan yhtenä osana astiakokeet, joissa selvitetään eri kasvilajien kykyä sitoa ravinteita hulevesistä kahdella eri kasvialustalla, joista toisessa on mukana biohiiltä. Koe on perustettu kesällä 2016, ja varsinainen tutkimus toteutetaan kasvukausien 2017 ja 2018 aikana. Tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa suomalaisten kosteikkokasvien kyvystä sitoa ravinteita hulevesistä ja saada käyttöön parhaiten menestyvät ja ympäristöhyötyjä tuottavat kasvilajit hulevesien hallinta-alueille. Alustavia tuloksia projektista saadaan loppusyksystä 2017, ja lopulliset tulokset valmistuvat vuotta myöhemmin.

Hulevesien hallinnan vaikutukset vesistöjen ravinteiden vähentämisessä ja poistossa kohdistuvat hulevesiin ennen niiden johtamista luonnonvesiin. Hallinnalla pyritään sitomaan ravinteita ja haitta-aineita vesistä kasvillisuuden sekä suodattavan ja ravinteita sieppaavan kasvialustan ja siihen lisättävän biohiilen avulla. Biohiilen vaikutuksia kasvialustan ominaisuuksiin, ravinteiden ja haitta-aineiden huuhtoutumiseen ja kasvien kasvuun tutkitaan aktiivisesti peltoviljelyssä, kasvihuonetuotannossa ja viherrakentamisen kasvialustoissa (ks. 3rd Finnish Biochar –seminariesitykset <http://biochar-hy.blogspot.fi/2016/10/3rd-finnish-biochar-seminar.html>, Kern et al. 2017). Luken tutkimushankkeessa testataan, miten kasvialustaan lisätty biohiili vaikuttaa kasvien menestymiseen ja vähentääkö biohiili ravinteiden huuhtoutumista hulevesiin.

3.3.3. Hulevesi-liiketoiminnan edistäminen

Hulevesien hallinta-alueet voivat olla paranneltuja luonnonuomia tai kokonaan rakennettuja biosuodatusalueita. Kummankin tyyppisten alueiden toimivuus edellyttää hoitotoimenpiteitä, joissa uoman, altaan tai muun rakenteen pohjalta tai maaperästä poistetaan kertynyttä kiintoainesta ja siihen kertyneitä haitta-aineita. Myös kohteen kasvillisuus sekä vedessä että rannoilla edellyttää aika ajoin tehtävää niittoa, harvennusta tai muuta karsintaa. Näiden toimenpiteiden suorittamiseen tarvitaan osaavaa henkilöstöä ja soveltuvia laitteita, jotta rakenteiden ja kasvillisuuden toimivuus toimenpiteiden jälkeenkin varmistetaan.

Varsinaista yritystoimintaa hulevesialueiden hallinnassa on uomien ja rantojen hoito: ruoppaukset, niitto, kasvillisuuden raivaus uomasta, kertyneen maa-aineksen ja lietteen poisto sekä kasvi- ja maa-aineksen käsittely ja mahdollinen hyödyntäminen kierrätyksessä tai kuljetus asianmukaiseen käsittelyyn. Urakoitsijat, jotka hoitavat viheralueita muutenkin, pystyvät huolehtimaan myös hulevesialueiden edellyttämistä töistä. Koska hulevesialueissa ei ole kyse kovin suurista pinta-aloista tai kasvimassoista, varsinaisesti uutta kannattavaa liiketoimintaa on ehkä vaikeaa perustaa hulevesialueiden hoidosta. Alueet sijaitsevat lisäksi hajallaan. Hulevesialueiden ylläpito ja hoito toki voivat lisätä tarjolla olevia urakoita. Hulevesialueiden suunnitteluun ja perustamiseen on niin ikään jo olemassa

liiketoimintaa. Kysyntä asiantuntevalle suunnittelupalvelulle niin teknisten ratkaisujen kuin kasvillisuuden käytön suhteen tulee lähitulevaisuudessa kasvamaan.

3.4. Levät

3.4.1. Taustaa

Mikrolevät ovat yksisoluisia, happea tuottavia, mikroskooppisen pieniä ja kasvustoja muodostavia eliöitä. Mikroleviä kasvaa sekä makeassa että suolaisessa vedessä. Ne pystyvät kasvamaan myös sellaisissa emäksisissä vesistöissä, missä muiden mikro-organismien on vaikea kasvaa. Jotkut mikrolevälajit pystyvät kaksinkertaistamaan biomassansa 3–6 tunnissa, mutta joillakin biomassan kaksinkertaistamiseen voi mennä 2–5 päivää. Levät pystyvät tuottamaan 20 kertaa enemmän proteiineja samalta maa-alalta kuin soija, 40 kertaa enemmän kuin maissi ja 400 kertaa enemmän kuin naudanliha saadaan. Mikrolevien viljely vesistöissä on haastavaa, koska niiden kasvua varten tarvitaan ylimääräistä lannoitusta joten niiden kasvatuksella ei kenties saada ravinteita poistettua. Lisäksi mikroleväsadon korjaaminen vaatisi erikoisjärjestelyjä mikä nostaa kustannuksia.

Makrolevät ovat monisoluisia sekä makeassa että merivedessä kasvavia alkeellisia kasveja. Vesistöissä ne kasvavat kiinnittyneenä kovalle pohjalle. Itämeressä ne muodostavat kallio- ja kivikkorannoille usein levävyöhykkeitä ja niiden lajistoon vaikuttaa veden suolaisuus, rannan avoimuus, veden ravinnepitoisuus sekä valon määrä. Niitä voidaan kasvattaa kaupallisesti rannikoiden läheisyydessä tai tuotanto voi perustua luonnonkantojen keruuseen ilman varsinaista viljelyä. Lisäksi niiden kasvataminen on edullisempaa ja yksinkertaisempaa kuin mikrolevien. Alhaisen suolapitoisuuden vuoksi makrolevien kasvu on Itämerellä hidasta. Mikäli makroleviä viljellään, helpointa niitä on kasvattaa pitkissä köysissä, jolloin kustannukset ovat pienempiä ja sadonkorjuu tapahtuu helposti leikkaamalla köydet ja siirtämällä ne veneisiin ja edelleen käsiteltäväksi (Lunkka-Hytönen ym. 2016).

3.4.2. Levien kasvattaminen ja viljelypotentialiaali Itämerellä

Leviä voidaan kasvattaa joko vesistöissä tai hallituissa olosuhteissa (avoimet lammet tai altaat). Levät tarvitsevat kasvatukseen raaka-aineeksi vain hiilidioksidia, valoa ja ravinteita. Levien kasvattamiseen luonnonolosuhteissa liittyy haasteita erityisesti viileässä ilmastossa. Vaikka talvella ongelmana on vähäinen valo, voidaan hyödyntää levien kykyä sopeutua kasvuolosuhteisiin (Arnold 2014). Avoimissa altaissa tapahtuva leväkasvatus on käyttö- ja pääomakustannuksilta edullisempaa kuin suljetuissa altaissa tapahtuva kasvatus. Leviä voidaan kasvattaa makeassa tai suolaisessa vedessä sekä murtovedessä kasvatettavien levälajien ominaisuuksista riippuen. Mikäli kasvatus tapahtuu merivesialtaisissa, voi veden suolapitoisuus nousta helposti liian korkeaksi veden haihtumisen vuoksi ja kustannuksia kasvattaa silloin makean veden lisäystarve (Lunkka-Hytönen ym. 2016). Levien kasvatuksessa voidaan hiilen lähteenä käyttää ilman ja teollisuuspäästöjen hiilidioksidia tai jotain orgaanista jäteperäistä ravintoa. Algida-projektissa osoitettiin, että kasvatus on mahdollista, kun hiilidioksidin lähteenä on kesällä ilma ja teollisuuspäästöt ja talvella kasvuravintona käytetään jätesokeria. Levien kasvattamiseen tarvitaan myös riittävästi lämpöä. Siksi kasvattaminen kannattaa yhdistää esim. teolliseen toimintaan, jolloin on käytettävissä hukkalämpöä. Lämpöenergiaa tarvitaan myös levämassan korjaamiseen ja veden poistoon. Levien kasvatus on tällä hetkellä kallista puun ja maatalousbiomassan kasvattamiseen verrattuna (Arnold 2014).

Levien viljelyä Itämeren olosuhteissa on selvitetty Submariner Compendium 2012-hankkeessa. Tulosten mukaan mikrolevien viljely ei ole taloudellisesti kannattavaa suuressa mittakaavassa vähäisen valoisan ajan takia, mutta tulevaisuudessa erikoistuotteiden tuottaminen uusien sovellusten avulla voisi olla mahdollista. Makrolevien viljely on mahdollista avovesialtaissa. Niiden viljely yhdessä simpukanviljelyn tai muiden uusien sovelluksien kanssa voisi olla ravinteiden poistamisessa kannattavaa (Schults-Zehden & Matczak 2012, Seppälä 2013).

Helsingin yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin makrolevien käyttöä Itämeren ravinnekuormituksen haittojen ehkäisyssä, niiden kasvatusmenetelmiä pohjoisella Itämerellä sekä kerätyn biomassan jatkokäyttömahdollisuuksia. Makrolevien kasvua ja ominaisuuksia luonnonolosuhteissa vertailtiin Hangossa ja kalanviljelylaitoksen läheisyydessä Naantalissa. Sekä alustoilla kasvava levälajisto että biomassan määrä vaihtelivat kasvatuspaikasta ja alustatyypistä riippuen. Leväkasvustot jäivät suhteellisen mataliksi, joten pelkästään makroleväbiomassan poisto ei ole riittävän tehokas keino ravinteiden poistamiseen (Suutari et al. 2017).

3.4.3. Levien kasvattamisen potentiaali poistaa ravinteita vesistöistä

On todettu, että levät poistavat jätevesistä 50 % fosforista ja 90 % nitraateista. Mikäli Helsingin yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa testatun kasvatusmenetelmän ravinteidenpoistotehokkuus laskeaan hehtaaria kohti, poistotehokkuus makrolevilla fosforin osalta oli 2 kg P/ha, kun taas sinisimpukoiden fosforinpoistokyky oli 27 kg P/ha. Koejärjestely ei kuitenkaan ollut optimoitu simpukoiden kasvattamiselle, joten niiden todellinen fosforinpoistotehokkuus voisi olla vieläkin korkeampi. Leväbiomassat jäivät suhteellisen mataliksi, joten pelkästään makrolevien poisto ei ole riittävän tehokas keino ravinteiden vähentämiseen. Ravinteiden poistoa ja jatkokäyttöä (lannoite, rehu, biopolttoaine) ajatellen alustoilta kannattaa kerätä kaikki biomassa, josta suurin osa muodostuu merirokoista ja sinisimpukoista (Suutari 2017).

3.4.4. Avovesissä kasvatettujen levien käyttömahdollisuudet

Levien viljelyllä voidaan tuottaa ravintoa, biomassaa ja erikoistuotteita. Potentiaalisia käyttökohteita on runsaasti ja aiheesta tehdään intensiivistä tutkimusta ympäri maailmaa. Esimerkiksi Australiassa selvitetään CSIRO-projekteissa biopolttoaineiden ja omega-3 öljyjen tuottamista mikrolevien avulla. Mikrolevät muodostavat öljyä ja lipidejä, joissa on potentiaalia hyvälle biodieselimelle. Kaloissa olevat omega-3 rasvahapot ovat peräisin mikrolevistä joten mikrolevät ovat suora lähde näille yhdisteille.

<http://www.csiro.au/en/Research/Collections/ANACC>

<http://www.csiro.au/en/Research/Collections/ANACC/Algae-bioproducts/algae-biofuels>

<http://www.csiro.au/en/Research/Collections/ANACC/Algae-bioproducts/algae-omega3s>

Göteborgin yliopiston Seafarm-hankkeessa (2013-2017) kehitetään kestäviä järjestelmiä rannikolla kasvatetuista makrolevistä saatavien yhdisteiden tuottamiseen, fraktiointiin ja tunnistamiseen. Hankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmiä siten, että levät pystyttiin hyödyntämään kokonaan raaka-aineina mm. ruokaan, rehuihin ja bioenergiaan. AquaAgri-hankkeessa (2014-2017) pyritään myös kehittämään keinoja makrolevien laajamittaiseen viljelyyn Ruotsin rannikolla. Ruotsin rannikolla kasvavaa makeaa merilevää (*Saccharina latissiman*) voidaan käyttää elintarvikkeiden, rehujen, bioetanolin, biokaasun ja biomuovien raaka-aineina. (Veide Vilg et al. 2015, Sterner & Edlund 2016, Pechsiri et al. 2016, Veide Vilg & Undeland 2017).

Korkean lisäarvon tuotteet

EU:n tukemassa Sininen kasvu-aloitteessa on tutkittavana miten merieliöiden tuottamia kemikaaleja käytetään lääke-, kosmetiikka-, ruoka- ja kemianteollisuudessa. Anti-virus lääkkeet Zovirax ja Acyclovir on kehitetty Karibian sienistä eristetyistä nukleosideista. Yondelis on ensimmäinen merieliäimistä saaduista yhdisteistä kehitetty syöpälääke (Schults-Zehden & Matczak 2012). Näihin käyttötarkoituksiin käytettävät levät tarvitsevat kontrolloidut kasvuolosuhteet, joten esim. Itämeressä kasvatetut levät eivät todennäköisesti ole sopivia laadullisesti näihin tuotteisiin.

Saksan Kielissä sijaitseva CRM - Coastal Research & Management yhtiö on ensimmäinen luomusimpukkaa ja makroleviä kasvattava tila Itämerellä. Siellä tuotetaan antiviraalisia ja kasvaimien

kasvua estäviä merileväuutteita. CRMn sisaryhtiö tuottaa leväuutteita, joita toimitetaan ruokaa ja kosmetiikkaa valmistaville yrityksille.

<https://www.submariner-network.eu/projects/balticbluebioalliance/alliance-cases/baltic-macroalgae-in-global-cosmetics>
<http://www.crm-online.de/en/>

Makrolevät soveltuvat hyvin ihmisravinnoksi. Niissä on korkea vesipitoisuus ja vähän kaloreita. Levissä on B-ryhmän vitamiineja, jodia ja kivennäisaineita (kalsiumia, rautaa, kaliumia ja magnesiumia), klorofylliä ja muita fotosynteesissä muodostuvia pigmenttejä kuten karotenoideja. Joissakin on myös runsaasti proteiineja (20–25 %). Ihmisravinnoksi tarkoitettujen levien kasvatus tapahtuu suljetuissa järjestelmissä, missä olosuhteet ovat steriilejä tai muuten muiden eliöiden kasvua rajoittavia. Tämän vuoksi vesistöissä kasvatettuja leviä ei voida kenties jatkojalostaa ihmisravinnoksi.

Rehukäyttö

Makroleviä käytetään usein lisäaineena siipikarjan, sikojen sekä kalojen rehuissa, koska niissä on runsaasti mineraaleja ja vitamiineja (Schults-Zehden & Matczak 2012). Mikrolevien raakavalkuaispitoisuus on korkea, 500 g/kg ka kun rypsiroheella pitoisuus on 379 g/kg ka ja soijarouheella 520 g /kg ka. Toisaalta levien tuottaminen on kallista ja niiden kilohinta on 12–60 €, kun rypsiroheen kilohinta on vain 0.35 € (Lamminen 2015)

Energiakäyttö

Levää ei vielä hyödynnetä kannattavasti energiantuotannossa. Tuotantoon liittyy haasteita erityisesti viileässä ilmastossa, jossa valoa on talvella niukasti. Sen kasvatus on kallista puun ja maatalousbiomassan kasvattamiseen verrattuna. Levän merkitys kannattavana liiketoimintana on Suomessakin tulevaisuudessa mahdollista ALGIDA-projektin tulosten mukaan. Biopolttoaineiden tuotanto mahdollistuu, kun levälle luodaan sellaiset olosuhteet, missä se voi tuottaa lipidejä (Arnold 2014).

Levien, mikrobien ja hiivojen käyttöä dieselin raaka-aineiden tuotannossa on tutkittu. Tuotantomenetelmästä ei ole toistaiseksi saatu riittävän kustannustehokasta. Öljyn tuotannossa levistä saadaan parempi hyöty kuin öljykasveista. Makro- ja mikrolevistä puuttuu ligniini, ja lisäksi selluloosapitoisuus on pieni, joten biologinen hajotus metaaniksi on helpompaa kuin maalla elävien kasvien kohdalla, ja niiden sokereista saadaan biopolttoainetuotantoon n. 50 %. Makrolevien öljypitoisuus on pienempi kuin mikrolevillä, joten makrolevistä voidaan tuottaa taloudellisesti vain lähinnä biometaania ja bioetanolia. Taulukossa 5 on esitetty eräiden kasvien ja levien öljypitoisuuksia ja saantoja (Scott et al. 2010). Kuitenkaan pelkkä polttoainetuotanto ilman kalliimpia lisäarvotuotteita ei ole kannattavaa vielä lähitulevaisuudessa. Korkeamman jalostusarvon tuotteiden kehittäminen voi tapahtua yhteistyössä kemian teollisuuden yritysten kanssa (Aho ym. 2013).

Taulukko 5. Tietoja öljypitoisuuksista ja saannoista.

	Öljy pitoisuus/ % kuivapainosta	Öljyn saanto t/ha/v	Biomassa L/ha/v
Rapsi / Rypsi	40-44 %	1,4	1560
Soija	20 %	0,46	544
Chlorella vulgaris	-> 46%	7,2	8200
Nannochloropsis	-> 50%	20-30	23000-34000

Muu käyttö

Levätuotanto sopii myös hyvin jätevesiä tuottavaan teollisuuteen, jolloin levät osaltaan puhdistavat jätevesiä. Ravinnepitoisten jätevesien saatavuus on hyvä lähtökohta levien viljelylle, koska levätuotanto vaatii runsaasti vettä. Koska levätuotanto tarvitsee yhteyttämiseen valoa, suurin tuotantopotentiaali liittyy alueisiin, missä valoa on luonnollisesti runsaasti saatavilla (Aho ym. 2013).

3.4.5. Levien kasvattamisen taloudellinen potentiaali

Levien kasvatusta pelkäämään biomassan tuottamiseksi ei ole kannattavaa. Mikäli biomassasta pystytään jalostamaan arvokkaampia komponentteja tai tuotteita, kannattavuus paranee. Massatuotannossa leväkasvatuksen kustannuksia voidaan pienentää, mikäli sivutuotteita voidaan myös hyödyntää. Biomassasta on tuotettava eri tuotteita ja energiaa kestäväällä tavalla. Ongelmana sivutuotteiden kaupallistamisessa ovat markkinat ja mahdollinen markkinahintojen romahtaminen. Niin kauan kuin tuotantokapasiteetti on vähäistä, markkinahinnat pysyvät korkeina. Kaupallisten suuren mittakaavan leväkasvatuslaitosten kustannustehokkuutta voidaan vasta arvioida (Lam & Lee 2012) ja useita yrityksiä on kaatunut, kun siirtyminen suuren mittakaavan tuotantoon ei ole onnistunut.

Tähän saakka levänkasvatusta on perustunut rehun ja lisäravinteiden tuottamiseen. Tuotannon mittakaava on ollut melko pientä ja biomassan kustannukset suhteellisen suuret. Ravintolisäntuotanto on ns. korkean lisäarvon tuotantoa. Biomassaa tarvitaan suhteessa vähän ja lopputuote on hinnaltaan korkea, joten leväbiomassan arvo on korkeampi polttoainetuotantoon verrattuna.

Biopolttoaineen tuotanto levällä edellyttää, että sille luodaan kasvuolosuhteet, joissa se tuottaa hyvin lipidejä. Biopolttoaineiden valmistamiseen tarvitaan sellaisia runsaasti öljyä sisältäviä levälajeja, joiden biomassan tuottaminen tapahtuisi mahdollisimman nopeasti. Mikäli levälajin öljypitoisuus olisi 60 %, pääoma- ja käyttökustannukset pienenevät arvioiden mukaan jopa puoleen. Biomassan keräämiseen, vedenpoistoon ja öljyn erotukseen olisi kehitettävä edullisempia menetelmiä (Scott et al. 2010). Kaupallistamisen kannattavuuteen vaikuttaa myös öljynhinnan kehitys ja se, että kaikkia levämassan ainesosia voidaan hyödyntää. Levänkasvattamoiden kustannustehokkuutta voidaan kasvattaa, jos ne sijoitetaan lähelle voimalaitoksia, joiden palamiskaasuja voidaan käyttää levien hiilen lähteenä. Lisäksi levien hiilensitomiskykyä voitaisiin käyttää hyödyksi päästökaupassa. Kaupallisen kannattavuuteen vaikuttaa enemmän teknologian taloudelliset näkökohdat kuin teknologiset tai biologiset innovaatiot. Tärkeimpänä vaikuttimena ovat julkisella puolella hallitusten ja päätöksentekijöiden halu sitoutua toimintaan (valtionavut, verotus) sekä yksityisellä puolella yritysten pitkän tähtäimen innostus rahoittaa suuren pääoman vaativia projekteja (Singh & Gu 2010).

3.4.6. SWOT ja johtopäätökset

Kuvassa 5 on Submariner Compedium hankkeessa makroleville tehty SWOT analyysi. Tähän niistä otettiin mukaan niitä, mitkä liittyvät Suomen olosuhteisiin ja näkökulmiin

Vahvuudet * Houkutteleva keino paikalliseen rehevöitymisen torjuntaan. * Useita tapoja hyödyntää (mm. energia, lannoitteet). * Vaatii uutta teknologiaa. * Voidaan yhdistää merituulivoiman tuotantoon. * Ei kilpaile pelto pinta-alasta. * Mahdollisuus parantaa Itämeren ekosysteemiä.	Mahdollisuudet * Voi toimia lähteenä kasvavalle energian tarpeelle. * Perinteisen energian kasvava hinta.. * Kasvava korkea teknologian ja bioenergian tuotanto. * Kasvava tuki. * Kasvava kysyntä. * Mahdollisuus biopolttoaineiden tuotantoon. * Kasvava mahdollisuus Itämeren matkailun lisäämiseen.
Heikkoudet * Mikäli Cd-pitoisuus iso, ei käyttöä lannoitteena. * Ei tarpeeksi tietoja ympäristövaikutuksista. * Kokemuksen ja tiedon puutteet kaupallistamisesta. * Taloudellinen tehokkuus heikkoa. * Makrolevien käytöstä ei vielä riittävästi tietoja. * Teknologinen kehitys vähäistä. * Levien kasvu hidasta olosuhteiden vuoksi. * Rannikkoalueiden käytöstä epäselvyyttä. * Tarjonta riippuu paikallisista olosuhteista. * Rajoitettu tila. * Riittämättömät tekniset ratkaisut.	Uhat * Taloudellisen tuen puute myös tulevaisuudessa. * Poliittisen tuen puute kansallisella tasolla. * Nykyinen lainsäätö haittaa makrolevien viljelyä ja korjuuta. * Vaihtelevat markkinat ja hinnat vaikuttavat uusiutuvan energian tuotantoon. * Jos kasvattamiseen käytetään jätevesiä, niitä ei ole kenties riittävästi saatavilla. * Lisääntyvät luonnonsuojelu vaatimukset.

Kuva 5. SWOT makrolevät (Schults-Zehden & Matczak 2012).

Makrolevät ovat toistaiseksi niitä levälajeja, joiden avulla Itämerestä Suomen rannikkoalueilta voidaan teoriassa poistaa ravinteita. Tiedon ja tuen puute ovat hankaloittavia tekijöitä. Makrolevien sadonkorjuu on nykyisin vaikeaa teknologian puutteen vuoksi. Kasvattamisen taloudellisuus riippuu tukien määrästä sekä saatavan levän laadusta. Lisäksi makrolevien viljelyn taloudellinen kannattavuus on epävarmaa mahdollisista tuista huolimatta. Markkinoiden ja hintojen muutos voivat vaikuttaa tähän merkittävästi tulevaisuudessa toimintaan.

Vaikka leviä voidaan hyödyntää useilla eri tavoilla, vesistöissä kasvatettujen levien hyötykäyttö ravintona tai lääkkeiden komponentteina voi todennäköisesti olla mahdotonta. Mikäli hallituissa olosuhteissa kasvatetaan makroleviä ja niistä eristetään arvokkaat komponentit, jäljelle jäävä biomassaa voidaan kenties yhdistää avoaltaissa kasvatettuun biomassaan ja hyödyntää lannoitteena, rehuna tai biopolttoaineen valmistuksessa. Kannattavuutta voidaan lisätä yhdistämällä toiminta esim. simpukoiden kasvattamisen kanssa tai merituulivoiman tuotantoon.

Kuvassa 6 on Submariner Compedium hankkeessa mikroleville tehty SWOT analyysi. Tähän niistä otettiin mukaan niitä, mitkä liittyvät Suomen olosuhteisiin ja näkökulmiin.

Vahvuudet * Valtavat resurssit. * Poistaa ravinteita ja vähentää rehevöitymistä. * Useita tuotteita (mm. biopolttoaineet, ruoka) * Ei kilpaile pelto pinta-alasta. * Ei tarvitse makeaa vettä. * Vähentää ilmastomuutosta.	Heikkoudet * Ei voida toteuttaa taloudellisesti nopeasti. * Taloudelliset laskelmat eivät ole kenties luotettavia. * Voi olla mahdotonta toteuttaa tuottava järjestelmä alhaisin kustannuksin. * Laajassa tuotannossa tarvitaan paljon vesivaroja. * Kausivaihtelut (valo, lämpötila), joten tuotantoa ei koko ajan. * Vaara muuntogeenisistä lajeista. * Suurilla viljelyksillä vaarana taudinaiheuttajat.
Mahdollisuudet * Ravinteiden ja hiilidioksidin poisto. * Kasvava energian kysyntä. * Kasvava energian hinta. * Yritykset halukkaita investoimaan. * Soveltuu öljy-yhtiöiden käyttöön. * Uudet innovatiiviset sovellukset. * Valtion tuki * EU tuki. * Kasvavan tuen mahdollisuus. * Tutkimuksen verkostoitumisen mahdollisuus. * Käyttö opetuksessa.	Uhat * Mahdollinen puute ravinteista kasvatuksen aikana. * Jos tarvitaan jätevesiä, niin sitä ei ole kenties saatavilla. * Investoinnit kanavoitu perinteisille energian tuottajille. * Markkinoiden puute mikrolevien sivutuotteille. * Taloudellisen ja julkisen tuen puute.

Kuva 6. SWOT mikrolevät (Schults-Zehden & Matczak 2012).

Mikrolevien kasvattaminen vesistöissä avoaltaissa on hankalaa ja saatava biomassassa voi olla laadultaan sopimatonta jatkokäyttöön. Kasvattamiseen voidaan kenties tarvita ravinteita, joten kasvattaminen ei välttämättä poista ravinteita vesistöistä. Alhainen suolapitoisuus ja talviolosuhteet hankaloittavat kasvattamista. Makrolevistä saatavaa biomassaa ei voi hyödyntää elintarvikkeina eikä lääkkeiden komponentteina, joten biomassasta saatava tuotto on vähäistä. Sivutuotteille ei ole markkinoita. Laajamittaista tuotantoa ei voida toteuttaa alhaisin kustannuksin, joten toiminta voi olla tappiollista ja silloin tarvitaan erilaisia tukia jotta toiminta olisi kannattavaa.

3.4.7. Liiketoiminnan edistäminen

Levien kasvattaminen avovesissä ja massan hyödyntäminen siinä mittakaavassa, että ravinteita poistuisi toiminnan myötä vesistöistä, ei toistaiseksi näytä Suomen olosuhteissa kannattavalta. Teknisiä haasteita riittää: suurimpana näistä ilmasto-olosuhteet, jotka hidastavat levien kasvua, vaikka tuotanto olisi sijoitettu hukkalämmön laskukohteisiin. Lisäksi avovesissä kasvatettujen levien hyödyntämiskohteissa ei näytä toistaiseksi olevan todella korkean lisäarvon tuotteita, joita allaskasvatuksen puolella kehitetään.

Submariner Compendium 2012-hanke kattoi vain osia Itämeren resursseista. Hanke suosittaakin Itämeren bioteknologisten resurssien koordinoitua kartoitusta. Esimerkiksi merieliöiden tuottamia kemikaaleja käytetään lääk-, kosmetiikka- ruoka- ja kemianteollisuudessa, mutta olemassa olevia resursseja ei ole vielä kunnolla kartoitettu. Ne tulisi selvittää osana EU:n tukemaa niin sanottua Sini-sen kasvun-aloitetta. Meren biologisen monimuotoisuuden tutkiminen voi auttaa esimerkiksi kehittämään uusia lääkkeitä tai teollisia entsyymejä, jotka sietävät äärimmäisiä olosuhteita – ja joiden taloudellinen arvo on siten korkea. Alan odotetaan pitkällä aikavälillä lisäävän korkean osaamistason työllisyyttä ja muuta välillistä työllisyyttä (Schults-Zehden & Matczak 2012).

Suomessa on järkevintä kohdistaa kehitystyö biopolttoaineiden ja biokemiallisten yhdisteiden tuotantoon sekä jätevesien ravinteiden poistamiseen. Levien tehtäväksi voidaan antaa myös ravinteiden, orgaanisten epäpuhtauksien ja raskasmetallien poistaminen jätteistä ja jätevesistä. Koska leviä voidaan käyttää jätevesien puhdistuksessa poistamaan ravinteita, tämä voisi olla yksi keino vähentää vesistöihin pääsevien ravinteiden määrää. Mikäli biomassaa voidaan hyödyntää jossakin muodossa, se pienentää toiminnasta aiheutuvia kustannuksia.

3.5. Simpukat

3.5.1. Taustaa

Simpukat kuuluvat lähes 15 000 lajia kattavaan nilviäisluokkaan. Ne voivat suodattaa jopa kymmeniä litroja vettä vuorokaudessa, joten niihin voi kerääntyä paljon ympäristössä olevia myrkkyjä. Syötäväksi tarkoitetut simpukat on kerättävä puhtailta paikoilta. Simpukat ovat herkkiä vesistöjen likaantumiselle ja happamoitumisille, joten niiden avulla voidaan tutkia veden laatua.

Suomessa vesistöissä kasvaa viiteen simpukkalahkoon kuuluvia simpukoita:

- *Mytiloida*-lahkoon kuuluu mm. sinisimpukka (*Mytilus edulis*). Se kiinnittyy pysyvästi mm. kalliopohjiin ja kiviin. Sinisimpukoista voi olla vesistöissä haittaa, sillä liikaa levitessään niitä voi levitä myös mm vesiputkiin. Sinisimpukoita voidaan käyttää ravinnoksi. Itämeressä sitä esiintyy Porvoosta Merenkurkuun asti. Merenkurkun pohjoispuolella vesi on liian vähäsuolaista sinisimpukalle.
- *Unionoida*-lahkoon kuuluu mm. järvisimpukka (*Anodonta anatina*), joka on Suomen yleisin makean veden simpukka ja sitä esiintyy koko maassa ihan pohjoisimpaa Lappia myöten. Jokihelmisimpukka eli raakku (*Margaritifera margaritifera*) elää kirkkaasti virtaavien vesien pohjalla. Raakku on uhanalainen laji ja Suomessa se on rauhoitettu.
- *Myoida*-lahkoon kuuluu mm. suolaisessa vedessä pohjamutaan kaivautuneena elävä hietasimpukka (*Mya arenaria*). Alun perin se on kotoisin Pohjois-Amerikasta ja se on levinnyt Eurooppaan 1500-luvulla. Hietasimpukkaa kerätään kaupallisesti ihmisravinnoksi.
- *Veneroida*-lahkoon kuuluu mm. vaeltajasimpukka (*Dreissena polymorpha*), joka Itämeressä ja Suomenlahdella. Sitä pidetään maailmanlaajuisesti yhtenä sadasta haitallisimmasta vieraslajista. Liejusimpukka eli itämerensimpukka (*Macoma balthica*) on suhteellisen pienikokoinen merenpohjaan kaivautuva simpukkalaji. Se on Itämeren tärkeimpiä pohjaeläinlajeja, ja Itämeren harvoista merisimpukoista kaikkein laimeimmassa murtovedessä toimeen tuleva simpukka.
- Sydänsimpukoihin (*Cardiidae*) kuuluva Idänsydänsimpukka (*Cerastoderma glaucum*) on Itämeren murtovedessä hiekka- ja liejupohjalla elävä simpukkalaji.

Vuosittainen simpukoiden tuotanto on kaikkiaan n. 1,5 miljoonaa tonnia. Puolet tuotannosta ja kulutuksesta tapahtuu Euroopassa. Teollisessa sinisimpukan kasvatuksessa veteen laitetaan verkko ja köysirakenne, joihin simpukat asettuvat kasvamaan. Simpukat käyttävät ravinnokseen vedessä olevaa kasviplanktonia. Sadonkorjuu suoritetaan 1–2 vuoden välein. Kasvatettujen simpukoiden etuna on pehmeämpi kuori, isompi lihasmäärä sekä parempi maku, mikä johtuu ravinnerikkaasta kasvatusvedestä. Kasvatettujen simpukoiden etuna on myös se, että ne eivät ole kosketuksissa pohjasedimenttiin ja siten niissä ei ole hiekkaa, mikä saattaa pilata simpukan maun (Schults-Zehden & Matczak 2012).

3.5.2. Simpukan viljely ja viljelypotentiaali Itämerellä

Suolapitoisuus vaikuttaa suoraan simpukan kasvuun ja se onkin merkittävin rajoittava tekijä Itämeren simpukanviljelyssä. Itämeren suolapitoisuus vaihtelee välillä 1–20 PSU ja keskimäärin suolapitoisuus on 7 PSU (State of the Baltic Sea Background Paper 2013). Varsinaisen Itämeren alueella suolapitoisuus on vain 5–8 PSU ja alueelta saatava sato on arviolta 40–90 tonnia/ha vuosittain. Tanskan Limfjordenin ja Kattegatin alueella suolapitoisuudet ovat 22–32 PSU ja 20–30 PSU ja simpukkasadon määrät ovat vastaavasti arviolta 500–700 ja 200–300 tonnia/ha vuosittain (Stadmark & Conley 2011). Sen vuoksi simpukankasvatus on keskittynyt sellaisille alueille, joissa suolapitoisuus on korkeampi eli

läntisen Ruotsin ja Tanskan rannikkovesistöille. Suomen lähivesillä niiden kasvattaminen on toistaiseksi ollut vähemmän kannattavaa matalan suolapitoisuuden vuoksi.

Itämerellä on n. 800 ha sellaista aluetta, mikä katsotaan sopivaksi simpukoiden kasvattamista varten. Yksi tila tarvitsee n. 7–25 ha alueen toimintaansa varten (Lindahl et al. 2005) Toisaalta simpukkatiloja ei voi sijoittaa lähelle toisiaan, koska simpukat tarvitsevat kasviplanktonia laajemmalla alueella kuin mitä tila on (Stadmark & Conley 2011).

3.5.3. Simpukan viljelyn potentiaali poistaa ravinteita

Simpukoiden avulla voidaan poistaa ravinteita vesistöistä. Poistuvan ravinteen määrä riippuu simpukan koosta. Kilo tuoreita simpukoita sisältää n. 0,6–0,8 g fosforia ja n. 8,5–12 g typpeä (Lindahl 2011). On arvioitu että potentiaalinen simpukkasaalis Itämerestä on 40–90 tonnia hehtaarilta vuodessa (Lindahl & Kollberg 2009) ja sen mukana poistuisi 19–43 tonnia fosforia ja 320–720 tonnia typpeä vuodessa. Ruotsin rannikkoalueen n. 800 hehtaarin potentiaaliselta simpukan kasvatusalueelta sinisimpukan kasvatusalusta poistaisi 0,1–0,3 % fosforista ja 0,3–0,7 % tyypestä (Stadmark & Conley 2011), kun koko Itämeren arvioitu poistotarve on 15 250 tonnia fosforia ja 135 000 tonnia typpeä (HELCOM 2010).

3.5.4. Simpukoiden käyttömahdollisuudet

Sinisimpukalla on monia mahdollisia käyttökohteita mm. ruokana, rehuna ja lannoitteena. Suomen rannikkoalueella simpukat jäävät niin pieniksi, että niitä voidaan käyttää vain rehujen tai lannoitteiden raaka-aineiksi. Maailmalla simpukoita käytetään suoraan ihmisravinnoksi. Suomessa kasvatettujen simpukoiden käyttö ruokana on ongelmallista pienen koon takia. Vesistöissä kasvava sinilevä estää myös simpukoiden käytön ruuaksi. Ilmeisesti vain Ahvenanmaan ja Ruotsin välisellä vesialueella sinilevästä ei aiheudu ongelmia.

Toinen käyttömuoto on simpukoiden hyödyntäminen simpukkajauhona. Simpukkajauhon tuotantoprosessi on yksinkertainen. Siinä lihamassa ja kuoret erotellaan toisistaan höyrystämällä vedellä. Lihamassa jää veden pinnalle kellumaan ja kuoret vajoavat pohjaan. Sen jälkeen lihamassa kuivataan ja jauhetaan. Sama prosessi tehdään myös kuorille. Submariner Compendium-selvityksen mukaan (Schults-Zehden & Matczak 2012). Sinisimpukka sisältää paljon rikkiä sisältäviä aminohappoja metioniinia, kysteiiniä ja lysiiniä mitkä vastaavat kalajauhon sisältöä. Mikäli kuoret sisällytetään jauhoon, tuotteessa on myös kalsiumkarbonaattia. Sinisimpukoiden lihapitoisuus on 22–26 %, joten valmiissa simpukkajauhossa, missä ei ole mukana kuoria, proteiinipitoisuus on n. 65 %. Tämän vuoksi simpukkajauho on jopa parempi vaihtoehto kalajauhon tilalle rehukäyttöön mm kanoille ja kalankasvatukseen, koska tärkeitä aminohappoja on myös enemmän. Kuoresta tehtyä jauhoa voidaan käyttää lannoitteina (Lindahl 2011).

3.5.5. Simpukan viljelyn taloudellinen potentiaali

Simpukan viljelyn kustannukset aiheutuvat kasvualustojen yms. rakentamisesta, työvoimasta (toiminnalliset kulut sekä korjuu) sekä pääomakuluista. Erityisesti simpukoista saatavan sadon korjaaminen on kallista. Itämeressä tuotetun simpukan tuotantokustannukset ovat n. 21–25€ /kg N (teolliseen käyttöön) ja Kattegatin alueella 33–38€ / kg N (ruuaksi). Simpukankasvatus simpukanjauhotuotantoon on huomattavasti edullisempaa kuin simpukoiden kasvattaminen ihmisruoaksi, koska silloin myös koon ja laadun vaatimukset ovat vaatimattomampia (Lindahl 2011, Lindahl 2012).

Ruokakäyttöön tarkoitettujen simpukoiden pitää olla riittävän kookkaita eivätkä ne saa sisältää mitään haitallisia yhdisteitä (mm peräisin sinilevästä). Tällaisia simpukoita voidaan hyödyntää kaupallisesti ja siitä saatava tuotto voi pienentää ravinteiden poistosta aiheutuvia kustannuksia.

Jotta simpukkajauho olisi markkinahintojen mukainen, tulisi kilohinnan olla suurin piirtein sama kuin kalajauhon eli 2 €/kg, tai korkeintaan 3€/kg. Vain noin 5 % simpukoiden tuorepainosta muuntuu

jauhoksi, tällöin jauhon arvo on noin 20-kertainen tuoresimpukoiden arvoon. Prosessointikustannukset ovat 0,5–1 €/kg. Siispä simpukkajauhon tuotanto on kannattavaa vain, jos simpukkajauhon tuottajat saisivat simpukkaa 0,1 €/kg hinnalla (Schults-Zehden & Matczak 2012). Matalista tuotantokustannuksista sekä yksinkertaisesta ja edullisesta tuotantoprosessista huolimatta simpukan raaka-aines nostaa tuotteen hintaa pitkän kasvuajan johdosta (Lindahl 2011).

3.5.6. SWOT ja johtopäätökset

Kuvassa 7 on Submariner Compedium hankkeessa simpukalle tehty SWOT analyysit. Tähän niistä otettiin mukaan niitä, mitkä liittyvät Suomen olosuhteisiin ja näkökulmiin.

Vahvuudet * Ympäristöystävällinen tapa parantaa vesistöjä. * Kustannustehokas. * Luonnonresursseilla ravinteet takaisin kierto. * Simpukkafarmi lisää paikallista monimuotoisuutta. * Voi luoda uusia työpaikkoja maaseudulle. * Voi käyttää ympäristötekniikan opetuksessa.	Heikkoudet * Itämeri ei sovellu kasvatukseen (matala suolapitoisuus!). * Voi olla kielteisiä vaikutuksia farmin alla oleville eläimille. * Avoimet rannikkoseudut eivät hyviä paikkoja farmeille. * Kompensaatioiden tarve. * Talviolosuhteet voivat olla tuhoisia.
Mahdollisuudet * Torjuu rehevöitymistä. * Mahdollistavat kestäväen rehuntuotannon. * Luo uusia työmahdollisuuksia. * Simpukanviljely ja merituulivoimalat voivat olla yhdistettyjä toimintoja.	Uhat * Epäselvä päätöksenteko korvauksista ja maksajasta. * Paikallisen väestön tyytymättömyys. * Ei yksimielisyyttä onko simpukanviljely hyvä tapa parantaa vesistön laatua.

Kuva 7. SWOT simpukka (Schults-Zehden & Matczak 2012).

Itämeressä Suomen rannikkoalueilla simpukoiden kasvattaminen onnistuu vain lyhyen aikaa vuodesta. Alhainen suolapitoisuus on rajoittava tekijä, sillä simpukoiden koko jää liian pieneksi eikä niitä voi käyttää ravintona. Mikäli näistä valmistetaan rehua, hinta on huomattavasti korkeampi kuin perinteisten rehujen. Simpukkajauhon laatu on kuitenkin parempi ja käyttö voi olla mahdollista, mikäli sitä yhdistetään makrolevistä valmistettuun rehuun. Yhdistäminen muuhun toimintaan, kuten tuulivoimapaistoihin, voi tuottaa tiettyjä synergiaetuja viljelyyn.

3.5.7. Liiketoiminnan edistäminen

Simpukoiden kasvattaminen Suomen rannikkoseuduilla ei vaikuta lähitulevaisuudessa kannattavalta. Kustannukset voivat olla korkeat ja sadosta saatu korvaus ei riitä kattamaan kustannuksia, koska Itämerellä kasvatettu simpukka päätyy suhteellisen matalan lisäarvon tuotteiksi. Toiminasta voi tulla kannattavampaa, mikäli se yhdistetään johonkin muuhun toimintaan, esimerkiksi tulevaisuudessa levänkasvatukseen. Myös yhdistäminen merituulivoimailoihin voi olla yksi synergiaa tuottava mahdollisuus. Erityisesti korkeamman lisäarvon tuotteiden tuottaminen voisi tehdä viljelystä liiketaloudellisesti mielessä houkuttelevampaa.

3.6. Muut keinot

Ravinteita poistuu vesistöistä tehokkaimmin mm. kalastuksen ansiosta. Kalastaminen lisää myös vesistöjen monimuotoisuutta, sillä esim. saalistuskalojen määrän vähentäminen mahdollistaa muiden lajien lisääntymisen (Iho et al. 2017). Vuonna 2013 kalasaaliin mukana Itämerestä poistettiin 570 tonnia fosforia ja 3000 tonnia typpeä. Luonnonkalakannoissa on hyödyntämätöntä potentiaalia ja

jalostusaste isolla osalla saalista on alhainen. Kulutusta voidaan lisätä mm. kehittämällä uusia tuotteita.

Silakka on tehokas ravinteiden poistaja. Itämeren silakan tuorepainosta 0,4 % on fosforia ja 2,16 % typpeä. Vuonna 2013 silakan saalismäärä oli 122 000 tonnia. Silakkasaaliin arvo jää sen sijaan alhaisen jalostusasteen takia pieneksi. Merkittävä osa saaliista käytetään eläinten rehun raaka-aineena. Mikäli silakkaa hyödynnettäisiin nykyistä enemmän kalajauhon raaka-aineena, saaliin arvo kohoaisi. Arvoa pystyttäisiin myös kasvattamaan, jos kysyntä paranisi ja silakan jalostus elintarvikkeeksi lisääntyisi. Suurin arvonnousu saataisiin, jos silakasta pystyttäisiin jalostamaan arvokkaita erikoistuotteita, kuten esimerkiksi terveyttä edistäviä lisäravinteita (Saarni ym. 2015). Särkikalat rehevöittävät vesistöjä koska ne palauttavat ravinteita kiertoön pöyhinessään pohja-aineksia. Jos särkikalojen määrää pienennetään suhteessa esim. silakkaan, ravinteiden määrä vesistöissä vähenee. Ammatikalastuksen muikkusaaliit ovat vuosittain noin 3 miljoonaa kiloa. Monilla alueilla muikkukannat ovat niin vahvoja, että ne kestäisivät nykyistä voimakkaampaakin kalastusta, mutta markkinat eivät tällä hetkellä kykene vastaanottamaan enempää muikkua. Kokonaissaaliskapasiteetin on arvioitu olevan noin 5 miljoonaa kiloa. Käyttämätöntä potentiaalia olisi siten noin 2 miljoonaa kiloa. Sen tuottaja-arvo olisi n. 4,8 miljoonaa euroa (Saarni ym. 2015).

4. Yhteenveto

Helcomin Itämeren suojelun toimintaohjelman mukaan Suomen ravinteiden päästön vähennystavoite on 150 tonnia fosforille ja 1 200 tonnia typelle vuodessa. Vaikka tätä tavoitetta ei ole ajateltukaan saavutettavan ravinteiden poiston keinoin, antaa tavoiteluku suuruusluokkakäsityksen.

Levän- ja simpukankasvatukselle ei voida määritellä lähivuosien ravinteidenpoistotavoitteita. Huleviesien käsittelyllä voi olla paikallista vaikutusta alapuolisen vesistön ravinnekuormitukseen.

Sen sijaan järviruo'on poistolla saattaa ravinnetalouden kannalta olla laajempaakin merkitystä. Tämänhetkisten arvioiden perusteella Suomen rannikkoalueiden järviruokoruovikon pinta-ala on 100 000 ha. Jos arvioidaan, että tästä alasta 10 % voitaisiin korjata joka toinen vuosi, se tarkoittaisi noin 5 000 ha vuosittain. Tältä alalta poistuisi järviruokomassan mukana arviolta 25 -50 tonnia fosforia ja 250 – 500 tonnia typpeä. Teoreettinen ravinteiden vähenemä on siis ihan merkittävä: noin kuudennes Suomen fosforin päästövähennystavoitteesta ja jopa neljännes typen vähennystarpeesta. On myös huomattava, että järviruo'on poistotoiminnan lisääntyminen saattaa edesauttaa myös muiden haitallisten kasvien kuten vesiruton poistoa. Arviot ovat erittäin karkealla tasolla toistaiseksi: ruovikoiden kartoitus puuttuu, samoin kuin arvio todellisista leikkuumahdollisuuksista. Toisaalta järviruokoketjun kehittyminen riittävään mittakaavaan vaatii merkittäviä ponnisteluja.

Järviruoko on monessa yhteydessä osoittautunut kasviksi, jolle on useita potentiaalisia käyttökohteita, mutta arvoketju lähtien ruo'on leikkuusta on toistaiseksi Suomessa hyvin kehittymätön. Tulevaisuuden arvoverkko voisi toimia siten, että niitto- ja esikäsittelyvaiheet hoidetaan logistisesti hyvin integroidulla tavalla. Alueelliset niittosuunnitelmat palvelevat toimintaa ja vesialueen omistajat ovat tehokkaasti mukana päätöksenteossa. Materiaalin hyödyntäjätahot voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: lähikäyttöön ja teolliseen käyttöön. Raaka-aineen tuotanto kehittyy alueellisesti eri tavoin riippuen paikallisten hyödyntäjien tarpeista. Korkeamman lisäarvon käyttökohteiden kehittyminen mm. rakennusteollisuuden käyttö sekä kuitutuotteiden valmistus vaatii edelleen tutkimusta ja kehittämistä.

Tällä hetkellä näyttää siltä, että järviruokoliiketoiminta vaatii yhteiskunnalta jonkun verran tukea, jotta toiminta lähtee kunnolla liikkeelle. Tärkeimmät toiminnan laajentumista tukevat keinot, joita julkinen sektori voi toteuttaa, olisivat:

- Ketjun yhteiskehittämisen (co-creation) tukeminen
- Alan yhteisen strategian luominen, ml. alueiden käytön suunnittelu
- Investointirahoitusten kehittäminen ja muun kehittämisrahoituksen tarjoaminen
- Avoimen tiedon ja julkisen keskustelun edistäminen
- Osaamisen kehittäminen

Arvoketjun potentiaalisten toimijoiden tärkeimmät keinot ovat:

- Ketjun yhteiskehittäminen
- Leikkuun ja logistiikan kehittäminen
- Markkinointi vesistöalueen omistajille ja lupakäytäntöjen hallinta
- Saumaton yhteistyöleikkuu- ja esikäsittelyliiketoiminnan ja muiden hyödyntäjien välille
- Julkisen keskustelun edistäminen

Järviruokoliiketoiminnan on mahdollista kehittyä kannattavaksi. Yhteiskunnallinen yrittäjyys ja kuntien oma / yhdistysten toiminta kunnissa voisi sopivasti tukea ruokoketjua ja samalla palvella omia, yhteiskunnallisia tavoitteitaan.

Toiminnan liiketaloudellisen potentiaalin arviointi on erittäin karkealla tasolla. Leikkuu- ja esikäsittelymarkkinalla voinee toimia muutamia yrityksiä Suomessa kaluston määrästä riippuen. Toki tehokkaalla kalustolla ja logistisella toimintamallilla on mahdollista saavuttaa kilpailuetua ja laajentaa toimintaa jopa Suomen lähialueille. Yksi leikkuulaitteisto työllistää 1-4 henkilöä korjuukaudella. Välilliset vaikutukset näkynevät hyödynnysketjuissa. Olennainen seikka työllistämisaikutuksessa on, että työpaikkoja syntyy nimenomaan syrjäseuduille.

Levien tai simpukoiden kasvattaminen avovesissä ja massan hyödyntäminen siinä mittakaavassa, että ravinteita poistuisi toiminnan myötä vesistöistä, ei toistaiseksi näytä Suomen olosuhteissa kannattavalta. Tilanteet voivat muuttua ja teknistä potentiaalia on, esim. yhdistetylle levien ja simpukoiden tuotannolle, vaikkapa teollisuuden hukkalämpöä hyödyntäen. Ylipäänsä levien ja simpukoiden kasvatuksen yhdistämismahdollisuuksia ja synergiaetuja erilaisiin muihin liiketoiminnan muotoihin kannattaa jatkossakin tarkastella avoimin mielin.

Meren biologisen monimuotoisuuden tutkiminen ja bioteknologisten resurssien koordinoitu käyttö voi paljastaa uusia mahdollisuuksia hyödyntää vesialueidemme rikkauksia. Nämä saattavat usein palvella samalla myös ravinteiden poistotavoitteita.

5. Viitteet

- Aho, M., Hakala, L., Kettunen, V., Pursula, T., Saario, M., Tommila, P., Vanhanen, J. & Gaia Consulting. 2013. Arvoa ainekiirroista - teollisten symbioosien globaali markkinakatsaus. Sitran selvityksiä 70. 102 s. Saatavissa internetistä: <https://www.tekes.fi/globalassets/global/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat/green-growth/aineistot/sitra---arvoa-ainekiirroista---teollisten-symbioosien-globaali-markkinakatsaus---23.4.2013.pdf>
- Aho, M., Pursula, T., Saario, M., Miller, T., Kumpulainen, A., Päällysaho, M., Kontiokari, V., Autio, M., Hillgren, A., Descombes, L. & Gaia Consulting. 2015. Ravinteiden kierron taloudellinen arvo ja mahdollisuudet Suomelle. Sitran selvityksiä 99. 46 s. Saatavissa internetistä: <https://media.sitra.fi/2017/02/27174934/Selvityksia99-2.pdf>
- Ajosenpää, T., 2014: Suunnittelulla ja ruo'on hyötykäytöllä tehokkuutta rantojen hoitoon. Tuloksia ja kokemuksia VELHO-hankkeesta. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen raportteja 55. 112 s. Saatavissa internetistä: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/97313/Raportteja_55_2014.pdf?sequence=2
- Alahuhta, J., Heino, J. & Luoto, M. 2011. Climate change and the future distributions of aquatic macrophytes across boreal catchments. *Journal of Biogeography* 38: 383–393.
- Alakangas, E., 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. 196 s.
- Almi, T. 2017. Haastattelut 23.1.2017 ja 31.1.2017
- Aquabest 2014. Aquabest recommendations Developing responsible aquaculture in the Baltic Sea Region. 32 p. Saatavissa internetistä: http://www.aquabestproject.eu/media/14133/aquab_recommendations_2014_presentation_final.pdf
- Arnold, E (ed.), 2014. Sustainable algal biomass products by cultivation in waste water flows."Algae from waste for combined biodiesel and biogas production" (ALGIDA) -projektin loppuraportti. VTT Technoly 147. 85 p. Saatavissa internetistä: http://www.vtt.fi/Documents/2014_T147.pdf
- Bratieres, K., Fletcher, T.D., Deletic, A. & Zinger, Y. 2008. Nutrient and sediment removal by storm-water biofilters: A large-scale design optimization study. *Water Research* 42: 3930–3940.
- BBOP 2012. Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP) 2012. Standard on Biodiversity Offsets. BBOP, Washington, D.C. 29 p. ISBN 978-1-932928-45-7; ISBN 978-1-932928-44-0 (pdf). Saatavissa internetistä: <http://bbop.forest-trends.org/guidelines/Standard.pdf>
- Costa-Ferreira, M., Sousa J., M. & Lageiro, M., 2011: Bioethanol production using native reeds from Portugal and Hungary – a collaborative study. 4 p. Saatavissa internetistä: <http://orbit.dtu.dk/files/6331668/Bioethanol%20production%20using%20native%20reeds%20.pdf>
- Dubrovskis, V. & Kazulis, V., 2012. Biogas production potential from reeds. *Renewable energy & power quality journal* 10 (1): 886–889.
- Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. HAMKin julkaisuja 7. 150 s. ISBN 978-951-784-522-9. ISSN 1795-4231.
- Pat. FR2832631 (A1) - 2003-05-30. Use of common reed in cosmetic formulations for the skin, body and hair. (Berthon, J.Y.A., Mane, J.M.E. & Aguadish, L.M.J.). 30.5.2003
- Hagelberg, E., Vuoristo, M. ja Raimoranta, E. 2008. Järviruo'on käyttö rehuna. *Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 10. 33 s.
- Hakala, J. 2012. Luonnonmukainen hulevesien hallinta. *Viherympäristö* 1: 52–55.
- HELCOM 2007. Baltic Sea Action plan. Ministerial Meeting, Krakow, Poland 15.11.2007. 101 p. Saatavissa internetistä: http://helcom.fi/Documents/Baltic%20sea%20action%20plan/BSAP_Final.pdf
- HELCOM 2010. HELCOMin Itämeren suojelutoimenpideohjelman BSAP:n toimeenpano Suomessa. Tilannekatsaus 17.5.2010. Ympäristöministeriön julkaisuja. 12 s. Saatavissa internetistä: http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Itameri_ja_merensojelu/Ohjelmat_ja_strategiat
- Hessen, D.O., Skurdal, J. & Braathen, J.E. 2004. Plant exclusion of a herbivore: crayfish population decline caused by an invading waterweed. *Biological Invasions* 6:133–140.

- Holappa, R. 2005. Ruokokaton soveltuvuus Suomeen. Opinnäytetyö. Jyväskylä: Jyväskylän ammatti-korkeakoulu.
- Hulevesiopas. 2012. Suomen Kuntaliiton julkaisu. 297 s. ISBN 978-952-213-896-5.
- Häkkinen, J. 2007. Traditional use of reed. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (ed.): Read up on Reed! s. 62–72. ISBN 978-952-11-2780-9. ISBN 978-952-11-2781-6 (PDF).
- Iho, A., Ahtiainen, H., Artell, J., Heikinheimo, O., Kauppila, P., Kosenius, A.-K., Laukkanen, M., Lind-roos, M., Oinonen, S., Ollikka, K., Parkkila, K., Pavola, Y., Pelttonen, H., Pouta, E. & Uusitalo, L., 2017. The Role of Fisheries in Optimal Eutrophication Management. Water Economics and Policy 3: (2) 27 p. DOI: 10.1142/S2382624X16500314
- Ikonen, I. 2008. Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa Interreg IIIA. Loppuraportti. 34 s. Saatavissa internetistä: <http://projektori.turkuamk.fi/projektit/1119/loppuraporttiSUOMIVIRO.pdf>
- Isotalo, I., Kauppi, P., Ojanen, T., Puttonen, P. & Toivonen, H. 1981. Järviruoko energiakasvina. Tuo-tosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu. Vesihallitus Tiedotus 210. 48 s.
- Jalli, V., Kask, Ü. & Laizans, A. 2013. Biogas production from reed. Teoksessa: Kask, Ü. (toim.). Guidebook of reed business. p. 87–94. ISBN 978-9949-484-91-1. Saatavissa internetistä: http://www.roostik.ee/trykivaljanded/COFFREEN%20guidebook_korr_IK_2013.pdf
- Joensuu, I. 2014. Järviruoko – rantojen riesasta hyötykasviksi? Esitelmä 30.10.2014
- Joensuu, I., Myllyviita, T., Vilppo, T. & Huttunen, M. 2014. Järeästi järviruo'osta pohjamutia myöten. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46. 92 s. Saatavissa internetistä: <http://www.syke.fi/hankkeet/jarea>
- Juhanoja, S. 2016. Istutukset tukevat hulevesialueiden kasvittumista. Viherympäristö 6: 30–33.
- Kask, Ü., Kask, L. & Paist, A. 2007. Reed as energy resource in Estonia. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (ed.): Read up on Reed! s. 102–114. ISBN 978-952-11-2780-9. ISBN 978-952-11-2781-6 (PDF).
- Kern, J., Tammeorg, P., Shanskiy, M., Sakrabani, R., Knicker, H., Kammann, C., Tuhkanen, E.-M., Smidt, G., Prasad, M., Tiilikka, K., Sohi, S., Gasco, G., Steiner, G., Glaser, B. 2017. Synergistic use of peat and charred material in growing media – an option to reduce the pressure on peat-lands? Journal of environmental engineering and landscape management. Article in press
- Klemola, H., Härjämäki, K. & Pihlaja, K. (toim.) 2013. Opas ranta-alueiden monikäyttösuunnitteluun. Maaseutuverkoston esite. 80 s. Saatavissa internetistä: https://www.maaseutu.fi/fi/maaseutuohjelma/viestinta/materiaalit/esitteet_ja_opaat/Documents/Opas_ranta_alueiden_monikayttosuunnitteluun_A4_lowres.pdf
- Kniivilä, M., Kosenius, A.-K. ja Horne, P. 2014. Luontoarvopankkien hyödyt ja haitat sekä soveltuvuus Suomeen. PTT työpapereita 161. 50 s. ISBN 978-952-224-152-8 (pdf), ISSN 1796-4784 (pdf). Saatavissa internetistä: <http://www.ptt.fi/julkaisut-ja-hankkeet/kaikki-julkaisut/161.-kniivila-m.-kosenius-a.-k.-ja-horne-p.-2014.-luontoarvopankkien-hyodyt-ja-haitat-seka-soveltuvuus-suomeen.html?p58=5>
- Kouvolaan sanomat nettisivu 2016: <http://www.kouvolaanomat.fi/Online/2016/07/25/litiss%C3%A4%20n%C3%A4ytet%C3%A4%C3%A4n%20mallia%20j%C3%A4rviruok%20E2%80%99on%20hy%C3%B6dynt%C3%A4misess%C3%A4%20E2%80%94%20uusi%20hanke%20on%20ainoa%20laatuun%20Kymenlaaksossa/2016221081319/4>
- Laizans, A., 2013. Business, models and socio-economic effects of reed business. Teoksessa: Kask, Ü. (toim.). Guidebook of reed business. p. 98–106. ISBN 978-9949-484-91-1. Saatavissa internetistä: http://www.roostik.ee/trykivaljanded/COFFREEN%20guidebook_korr_IK_2013.pdf
- Laizans, A. & Zucka, A. (toim.) 2013: Järviruoko rakentamisessa ja energiantuotannossa. Riian teknil-linen yliopisto 2013. 128 s.
- Lam, M.K. & Lee, K.T. 2012. Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. Biotechnology Advances. 30, 673–690. Saatavissa internetistä: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073497501100200X>

- Lamminen, M. 2015. Mikrolevät lypsylehmien valkuaisrehuna. Esitelmä ProAgria Maito Valmennus 4.9.2015. Saatavissa internetistä: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/mikrolevat_valkuaisrehuna-marjukka_lamminen-versio_3_netti.pdf
- Lampinen, R., Lahti, T. & Heikkinen, M. 2010: Kasviatlas 2009. Helsingin Yliopisto, Luonnontieteellinen keskusmuseo, Kasvimuseo, Helsinki. Saatavissa internetistä: <http://koivu.luomus.fi/kasviatlas/>
- Lautkankare, R. & Alijoki, T. 2013. Ruoko rakennusmateriaalina. Cofreen-hanke ruo'on hyötykäytön edistäjänä. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 162. 44 s.
- Lindahl, O. 2011. Mussel Farming as a Tool for Re-Eutrophication of Coastal Waters: Experiences from Sweden, Chapter 8 from Shellfish Aquaculture and the Environment, 2011, edited by Sandra E. Shumway, ISBN: 9780813814131
- Lindahl, O. 2012. Mussel farming as an environmental measure in the Baltic: Final report. Baltic-Sea2020. 18 p. Saatavissa internetistä: http://balticsea2020.org/english/images/Bilagor/final%20report_musselfarming.pdf
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L.-O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A.-S., Svensson, J., Svensson, S., Syversen, U., 2005. Improving marine water quality by mussel farming—a profitable measure for Swedish society. *Ambio* 34: 131–138.
- Lindahl & Kollberg 2009. Can the EU agri-environmental aid program be extended into the coastal zone to combat eutrophication? *Hydrobiologia* 629: 59–64.
- Ljungberg, R., Pikkarainen A., Lehtiniemi M. & Urho L. 2011. Vieraslajien havaitseminen Suomen merialueen seurannoissa. Suomen Ympäristö 10/2011. 68 s.
- Lunkka-Hytönen, M., Lohtander-Buckbee, K. & Ruohonen-Lehto, M., 2016. Levät ja biotalous biotekniikan näkökulmasta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4. 56 s.
- Luontoon-nettisivut: <http://www.luontoon.fi/retkeilynabc/retkiruoka/ruokaluonnosta>
- McCormick, M.K., Kettenring, K.M., Baron, H.M. & Whigham, D.F. 2010. Extent and reproductive mechanism of *Phragmites australis* spread in brackish wetlands on Chesapeake Bay, Maryland (USA). *Wetlands* 30: 67–74.
- Mikkola, K. & Vormisto, J. 2014. Taustaselvitys - Lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden kierrätyksen valtakunnallinen hanke. Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskeva ohjelma. Loppuraportti 19.9. 2014. Kristiina Mikkola Consulting ja Fiant Consulting Oy. 117 s.
- MMM 2009. Maa- ja metsätalousministeriö 2009. Valtioneuvoston kansallinen vesiviljelyohjelma 2015. Valtioneuvoston periaatepäätös. 14 s. Saatavissa internetistä: <http://docplayer.fi/5108132-Kansallinen-vesiviljelyohjelma-2015.html>
- MMM 2011. Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa. Työryhmämuistio mmm 2011:5.
- MMM 2014. Maa- ja metsätalousministeriö 2014. Vesiviljelystrategia 2022 Kilpailukykyinen, kestävä ja kasvava elinkeino. Valtioneuvoston periaatepäätös. 16 s. Saatavissa internetistä: http://mmm.fi/documents/1410837/1516655/1-3-Vesiviljelystrategia_2022.pdf/89ae6a1d-9fa5-4c51-b339-35029399801f
- Myllyviita T., Mattila T. & Leskinen, P., 2015. Järvi-ruo'on niittäminen ja hyötykäyttö Elinkaariarviointi ympäristövaikutuksista. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27. 44 s.
- Nurmi, P., Heinonen, T., Jylhänlehto, M., Kilpinen, J. & Nyberg, R. 2008. Helsingin kaupungin hulevesistrategia. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisuja 9. 61 s. 7 liitettä. ISBN 978-952-223-306-6. ISSN 1238-9579.
- Pechsiri, J. S., Thomas, J.-B.E., Risén, E., Ribeiro, M.S., Malmström, M.E., Nylund, G.M., Jansson, A., Welanders, U., Pavia, H. & Gröndahl, F. 2016. Energy performance and greenhouse gas emissions of kelp cultivation for biogas and fertilizer recovery in Sweden, *Science of The Total Environment* 573, 347–355. Saatavissa internetistä: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716316746>
- Pennanen, T. 2012. Rauvolanniittu Modernia ruokorakentamista uudella asuinalueella. Ely-keskuksen erillisjulkaisut.

- Pitkänen, T. 2006. Missä ruoko kasvaa? – Järvi- ja vesialueiden satelliittikartoitus Etelä-Suomen ja Viron Väinämeren rannikoilla. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 29.
- Pitkänen, T., Meriste, M., Kikas, T. & Kask, U. 2007. Reed resource mapping in Finland and Estonia. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (ed.): Read up on Reed!. s. 11–16. ISBN 978-952-11-2780-9. ISBN 978-952-11-2781-6 (PDF).
- Próchnicki P., 2005. The expansion of common reed (*Phragmites australis*(Cav.) Trin. Ex Steud.) in the anastomosing river valley after cessation of agriculture use (Narew river valley, Ne Poland). Pol. J. Ecol. 53 (3): 353–364
- Read, J., Wevill, T., Fletcher, T & Deletic, A. 2007. Variation among plant species in pollutant removal from stormwater in biofiltration systems. Water Research 42 (2008): 893–902.
- Riiko, K. 2014. Järki Lanta - Lantayhteistyötä kotieläin- ja kasvitilojen välillä. Esitelmä Järki Lanta – loppuseminaari 13.11.2014 Tuorlassa.
- Roosaluste, E. 2007. The reed itself – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.: taxonomy, morphology, biology, ecology, problems. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (ed.): Read up on Reed!. s. 8–10. ISBN 978-952-11-2780-9. ISBN 978-952-11-2781-6 (PDF).
- Rørslett, B., Berge, D. & Johansen S.W. 1986. Lake enrichment by submergent macrophytes: a Norwegian whole-lake experience with *Elodea canadensis*. Aquatic Botany 26: 325–340.
- Ruokopeltohanke Saatavissa internetistä (1.6.2017): <http://www.ymparisto.fi/ruokopelto>
https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/20407199/Ruokopelto-hanke_MariaYli-Renko_191216.pdf/1d85b950-a2c2-45ce-ae0-f674b122629e
- Räikkönen, N. 2007. Reed is not uniform - Classification of reed beds and reed biomass and quality mapping. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (ed.): Read up on Reed! s. 17–22. ISBN 978-952-11-2780-9. ISBN 978-952-11-2781-6 (PDF).
- Saarinen, S. 2016. Kierrätysbetoni toimii viherkaton kasvualustana. Betoni-lehti 4: 70–73. Saatavissa internetistä: http://betoni.com/wp-content/uploads/2016/12/BET1604_70-73.pdf
- Saarni, K., Keskinen, T., Vielma, J., Ahvonen, A. & Eskelinen, P. 2015. Sininen Biotalous esiselvitys. 29 s. Saatavissa internetistä: http://mmm.fi/documents/1410837/1801204/Sininen_biotalous_esiselvitys_21042015.pdf/c7e0a45e-dda9-4462-a2e2-b13fc7246a8c
- Schults-Zehden, A. & Matczak, M. (eds.). 2012. Submariner Compendium 2012: An Assessment of Innovative and Sustainable Uses of Baltic Marine Resources. 262 s. Saatavissa internetistä: <http://www.submariner-project.eu/>
- Scott, S.A, Davey, M.P, Dennis, J.S, Horst, I., Howe, C.J., Lea-Smith, D.J. & Smith, A.G. 2010. Bio-diesel from algae: challenges and prospects. Current Opinion in Biotechnology 21: 277–286. Saatavissa internetistä: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958166910000443>
- Seppälä, J. (ed.) 2013. Potential uses of micro- and macroalgae in the Baltic Sea Region. Submariner Compendium Report 10. 60 p.
- Setälä, J. 2015. Rannikkovesien poistokalastus. Esitelmä Vesistökunnostusverkoston-seminaarissa 11.6.2015.
- Setälä, J., Kankainen, M., Vielma, J., Niukko, J., Pitkämäki, A., Saario, M., Ahvenharju, S., Hillgren, A. & Tommila, P. 2016. Itämerirehua kotimaisista kalavirroista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 28/2016. 32 s. Saatavissa internetistä: http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535286/luke-luobio_28_2016.pdf
- Silén, H. 2007. Järvi- ja vesialueiden korjauksen mahdollisuudet bioenergia- ja rakennuskäyttöön Etelä-Suomen rannikkokalusteella. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, Kestävän kehityksen koulutusohjelma. 62 s. +9 liitesivua
- Singh, J. & Gu, S. 2010. Commercialization potential of microalgae for biofuels production. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14, 2596–2610
- Stadmark J. & Conley, D.J. 2011. Mussel farming as a nutrient reduction measure in the Baltic Sea: Consideration of nutrient biogeochemical cycles. Marine Pollution Bulletin 62 (7): 1385–1388.

- State of the Baltic Sea Background Paper 2013. Stockholm University. Stockholm Resilience Center. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:4. 34 p. Saatavissa internetistä: http://www.stockholmresilience.org/download/18.416c425f13e06f977b14a55/1459560558713/BalticSTERN_State+of+the+Baltic+Sea.pdf
- Sinisen biotalouden kansallinen kehittämissuunnitelma. 2016 Kasvua vesiosuamisesta ja vesiluonnonvarojen kestävästä hyödyntämisestä. Saatavissa internetistä: <http://mmm.fi/documents/1410837/1516671/Sinisen+biotalouden+kehittämissuunnitelma+25.11.2016/59427dec-711b-4ca3-be28-50a93702c393>
- Stenman, H. (toim.) 2007: Rannasta rakennukseen. Ruokorakentamista Itämeren alueella. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 60. 117 s.
- Sterner, M. & Edlund, U. 2016. Multicomponent fractionation of *Saccharina latissima* brown algae using chelating salt solutions. *Journal of Applied Phycology*. 28(4): 2561–2574. Saatavissa internetistä: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27471344>
- Suutari, M., Leskinen, E. T., Spilling, K., Kostamo, K. & Seppälä, J. 2017 Nutrient removal by biomass accumulation on artificial substrata in the northern Baltic Sea. *Journal of Applied Phycology*. 29 (3): 1707–1720. DOI 10.1007/s10811-016-1023-0.
- Särkkä, L., Tuomola, P. & Jokinen, K. 2016. Ruokohelpi- ja järviruokopohjaisten materiaalin soveltuvuus tomaatin kasvuaalustaksi. Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55. 23 s.
- Tuomela, O. 2006. Ruoko ja muut röörit. Turun maakuntamuseon julkaisu. 24 s.
- Tuomela, O. 2007. Flexible reed- The use of reed in handicrafts, art objects and fine art. Teoksessa: Ikonen, I. & Hagelberg, E. (ed.): Read up on Reed! s. 85 –92. ISBN 978-952-11-2780-9. ISBN 978-952-11-2781-6 (PDF).
- Veide Vilg, J., Nylund, G. M., Werner, T., Qvirist, L., Mayers, J. J., Pavia, H., Undeland, I. & Albers, E. 2015. Seasonal and spatial variation in biochemical composition of *Saccharina latissima* during a potential harvesting season for Western Sweden. *Botanica Marina* 58:435–447.
- Veide Vilg, J. & Undeland, I. 2017. pH-driven solubilization and isoelectric precipitation of proteins from the brown seaweed *Saccharina latissima* - effects of osmotic shock, water volume and temperature. *Journal of Applied Phycology* 29: 585–593. Saatavissa internetistä: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28344391>
- Vilppo, T., Sikanen, L. & Ikonen, R. 2012. Järviruokopohjan pelletointi. Selvitys JÄREÄ-hankkeelle. 9 s.
- Väänänen, V-M. & Nummi P. 2003. Puolisukeltajasorsien ravinto rehevillä vesillä. *Suomen Riista* 49: 7–16.
- Yli-Renko, Maria. Puhelinhaastattelu 11.1.2017.

Nettisivuja:

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[Fi/Kartat ja tilastot/Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma](#)

<http://www.sakl.fi/index.php/fi/tiedotteet/2038-suomen-ammattikalastus-poistaa-vuodessa-570-tonnia-fosforia-itaamerestae>

<http://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/613432/RKTL+Suomen+ammattikalastus+poistaa+tehokkaasti+fosforia+Itämeresta>

<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/lev%C3%A4st%C3%A4-biopolttoaineiden-ja-biokemikaalien-tuottoeli%C3%B6-my%C3%B6s-suomen-viile%C3%A4ss%C3%A4-ilmastossa>

Muuta:

Järviruoko

<http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Phragmites+australis>

<http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ruoko>

<http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ruoko/Julkaisut/Aihepiireittain>

Ajosenpää, T., Hollmén, M., Puttonen, M., Toukonen, T. ja Väkiparta, A. 2014. Järviruon polttokoe Väkiparran tilan lämpölaitoksessa. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen raportteja 10. 19 s. Saatavissa internetistä:

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94391/Raportteja_10_2014.pdf?sequence=5

Alakukku, L. ja Teräväinen, H. (toim.). 2002. Maan rakenteen hoito. ProAgria Maaseutukeskusten liiton julkaisuja nro 982. Tieto tuottamaan-julkaisusarja 98. 96 s. ISBN-13: 9789518081046, ISBN-10: 9518081042.

Alijoki, T. (toim). Ruokokirja, opas ruon hyödyntämiseen. Turun ammakorkeakoulun oppimateriaaleja 75. 62 s. ISBN 978-952-216-380-6 (painettu). ISBN 978-952-216-381-3 (pdf). Saatavissa internetistä: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163813.pdf>

Komulainen, M., Simi, P., Hagelberg, E., Ikonen, I., Lyytinen, S. 2008. Ruokoenergiaa – järviruon energiakäyttömahdollisuudet Etelä-Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportti 66.

Luostarinen, M. 2013. Järviruoko: rantojen komistus vai kurjistus. Rantavyöhykkeen ruovikoitumisen vaikutukset Heposelän, Pyhäselän ja Ätäskön järvialueilla Pohjois-Karjalassa. Itä-Suomen yliopisto. Pro gradu-tutkielma. 119 s.

Levät:

Adenle, A.A., Haslam, G.E., Lee, L. 2013. Global assessment of research and development for algae biofuel production and its potential role for sustainable development in developing countries. Energy Policy 61: 182–195.

Lundquist, T.J., Woertz, I.C., Quinn, N.W.T & Benemann, J.R. 2010. A realistic technology and engineering assessment of algae biofuel production. Energy Biosciences Institute 1: 1-178.

Menetrez, M.Y. 2012. An overview of algae biofuel production and potential environmental impact. Environmental Science & Technology 46 (13): 7073–7085.

Simpukat:

Jay, C. & Koistinen, K. 2015. Eläinperäisen biomassanpoiston hyödyntäminen Itämeren rehevöitymisen hidastamisessa. LUT Scientific and Expertise Publications Tutkimusraportit Research Reports 42.

Vesirutto:

<http://www.naturalmedicinalherbs.net/herbs/p/phragmites-australis=common-reed.php>

<http://www.vieraslajit.fi/lajit/MX.40119/show>

<https://www.jarviwiki.fi/wiki/Vesirutto>



Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000