



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 68/2016

## **Rahkasammalten (*Sphagnum sp.*) kasvatuksesta Etelä-Suomen turvemailla**

Ilari Lumme, Hannu Ilvesniemi ja Niko Silvan

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2016

# **Rahkasammalten (*Sphagnum sp.*) kasvatuksesta Etelä-Suomen turvemailla**

Ilari Lumme, Hannu Ilvesniemi ja Niko Silvan

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-329-1 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-330-7 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-330-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Ilari Lumme, Hannu Ilvesniemi ja Niko Silvan

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Ilari Lumme / Luke

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

# Tiivistelmä

Ilari Lumme<sup>1)</sup>, Hannu Ilvesniemi<sup>1)</sup> ja Niko Silvan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>2)</sup> Luonnonvarakeskus (Luke), Kaironientie 15, 39700 Parkano

Projektissa tutkittiin, vuosina 2007–2016, rahkasammalten (*Sphagnum sp.*) siirtoviljelyä sekä kontrolloituina astiakokeina, puoliavoimissa muovikasvihuoneissa että kenttäolosuhteissa, turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla. Luonnontilaisemmalla, ojitetulla rahkarämeellä tutkittiin luontaisesti syntyneen rahkasammalikon hyödyntämistä ja uusiutumista sammalkasvatuksessa.

Rahkasammalia siirtoviljeltiin levittämällä koeturpeen pinnalle sammalen eläviä kärki/yläosia. Astiakokeissa soveliammiksi lajeiksi valikoituivat punarahkasammal, *Sphagnum magellanicum* (Brid.) ja ruskorahkasammal, *Sphagnum fuscum* (Schimp.).

Kontrolloitujen astiakokeiden tulokset viittaavat siihen, että rahkasammalten potentiaalinen biomassan tuottokyky on korkea; tuotos vaihteli välillä 100–750 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi. Tuotoksen vaihtelu selittyi pääasiassa turpeen kosteuden ja maan pintakerroksen ravinnepitoisuuden vaihtelulla. Keskeisin tekijä rahkasammalkasvun kannalta oli pohjaveden pinnan korkeus turvemaassa. Paras kasvuunlähtö ja korkein biomassan tuotos saavutettiin pohjaveden pinnan ollessa pysyvästi turpeen yläpinnan tasolla. Toisaalta ”turpea” *Sphagnum magellanicum*-laji sietä pitkäaikaista kuivuutta hyvin. Veden puutteessa sen kasvu pysähtyi mutta elinkyky säilyi, ja turpeen kostuttua uudelleen kasvu palautui.

Toinen tärkeä kasvutekijä oli kasviravinne *fosfori* (P). Astiakokeiden maksimituotokset saavutettiin rahkasammalten kannalta edullisimmalla maan kosteuden ja fosforipitoisuuden yhdistelmällä, mutta fosforin vaikutus heikkeni merkittävästi, mikäli pohjaveden pinnan taso ei ollut optimaalisella tasolla. Rahkasammalten fosforin tarve osoittautui suhteellisen alhaiseksi.

Rahkasammalten siirtoviljelyn kenttäkokeet toteutettiin vuosina 2013–2016, kontrolloitujen astiakokeiden tuloksiin pohjautuen. Kokeissa tutkittiin maan kosteuden ts. pohjaveden pinnan tason vaikutuksia *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen kasvuunlähtöön ja biomassan tuotokseen turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla. Suonpohjakokeet sisälsivät sekä kosteusgradientti- että allasviljelykokeen. Ensin mainitussa rahkasammalten kasvuoloja parannettiin kasvinviljelyharsolla. Luonnontilaisemmalla, ojitetulla rahkarämeellä tutkittiin luontaisesti syntyneiden *Sphagnum magellanicum*-kasvustojen palautumista ja biomassan tuotosta, rahkasammalen elävän pintakerroksen korjuun jälkeen. Kenttäkokeissa rahkasammalten lajivertailua ei voitu toteuttaa.

Tulosten mukaan turvesuonpohjalla rahkasammalviljely on toteutettava merkittävästi suuremmalla siirtosammalen määrällä kuin astiaviljelyssä. Kenttäoloissa vaaditaan 10–20 cm vahvuinen sammalkerros (0,025 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), astiaviljelyssä riittää 1–2 cm:n (0,005 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) kerros.

Vuosien 2013–2016 rahkasammalkasvulle edullisten, pitkien, viileän-kosteiden kasvukausien aikana sammalten kasvuunlähtö oli turvesuonpohjalla hyvä sekä kosteusgradientin optimitasolla että allasviljelykokeessa. Rahkasammal kasvoi myös kosteusgradienttikokeen kuivalla loholla, mutta biomassan tuotos oli vain <100 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi. Kokeen kosteimmissa osassa, kasvukauden aikana esiintyneiden tulvien vaikutusalueilla, sammalen kasvuun lähtö oli heikkoa ja tuotos vähäistä. Korkein *Sphagnum magellanicum*-lajin biomassan tuotos turvesuonpohjalla, 200–250 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi, saavutettiin kosteusgradienttikokeen koeloholla, jossa pohjaveden pinnan taso säilyi lähellä turpeen yläpintaa.

Rahkasammalten allasviljelykokeessa keskituotos oli 140 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi. Altaissa pohjaveden pinnan taso vaihteli pääosin optimaalisen tason ja haitallisen tulvan välillä. Allasviljelymenetelmä soveltuu turvemaille, joilla pohjaveden pinta alenee paljon ja pysyvämmiin, kasvukauden saateettomina, lämpiminä sääjaksoina.

Kenttäkokeilla rahkasammalten biomassan tuotokset olivat merkittävästi alhaisemmat kuin kontrolloitujen astiakokeiden tuotokset - sääoloiltaan edullisten kasvukausien, kasvatusaluiden ja kasvinviljelyharson siirtoviljelyn herkän alkuvaiheen kasvuoloja edistävästä vaikutuksesta huolimatta. Toisaalta, viljelmän perustamisvaiheelle välttämätön kasvatusharso on saattanut varjostuksellaan alentaa rahkasammalten kasvua myöhemmin.

Rahkasammalten monokulttuuriviljelmien muodostumista turvesuonpohjille haittasi kolmannen koekasvukauden aikana ilmennyt voimakas muun suokasvillisuuden sukkessio sekä kosteusgradientti- että allasviljelykokeessa. Vuoden 2016 syksyyn mennessä kaikille rahkasammalten kasvun kannalta optimaalisen kosteille koelajoille oli levinnyt laaja kirjo suokasvillisuutta, joka kilpaili ja heikensi rahkasammalten kasvua.

Toisaalta siirtorahkasammalpeite edisti metsäpuiden, hieskoivun ja männyn luontaista uudistumista turvesuonpohjalla.

Tutkimustulokset viittaavat siihen, että rahkasammalten siirtoviljely turvetuotannosta vapautuneilla suonpohjilla edistää lähinnä soiden ennallistamista/metsittymistä, ja vain vähemmässä määrin taloudellisesti kannattavaa kasvintuotantoa.

Koetulosten mukaan ojitetun rahkarämeen rahkasammalkasvustosta voidaan korjata 10–15 cm vahvuinen elävä pintakerros, ja jäljelle jäävästä sammalikon alaosaan kasvaa uusi, elinkykyinen pintakerros. Palautuminen kestää, 2-3 kasvukautta, mikäli sammalkorjuu ei muuta suon pohjaveden pinnan tasoa merkittävästi. Rahkasammalkasvun kannalta edullisten kasvukausien 2014–2016 aikana, uusiutuvan *Sphagnum magellanicum*-kasvuston biomassan tuotos oli 300–400 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi.

Rahkarämeellä havaittiin samanlainen muun suokasvillisuuden sukkessio kuin turvesuonpohjakoikeilla, mutta lievempänä, joten edellytykset rahkasammalbiomassan kasvatukselle ovat rahkarämeelle paremmat kuin suonpohjilla. Rahkasuokokeita on syytä jatkaa rahkasammalten pitkän aikavälin biomassan tuotoskyvyn, suon vesitalouden ja fosforin kasvuvaikutusten tutkimuksilla.

## Abstract

We studied *Sphagnum sp.* transplanting-cultivation on peat soils. The adaption, biomass production potential and the effect of environmental factors on the growth of *Sphagnum* mosses were examined in controlled pot-experiments (semi-open, plastic greenhouse) between 2007 and 2012. Field experiments in southern Finland, between 2013 and 2016 included: a) effects of soil moisture/ground water level and amount of transplanted moss on adaption and biomass production of *Sphagnum* moss, grown under permeable plant cover, on plantless cut-over peat soil b) adaption and biomass production of transplanted *Sphagnum* moss in sink-pool cultivation, on plantless cut-over peat c) recovery and biomass production of *Sphagnum* moss after harvesting the upper part of the native, living moss layer (10–15 cm), of a more native, semi-drained *Sphagnum* mire. The results indicate, that *Sphagnum* mosses can be transplanted/cultivated by adding living moss particles or moss clods on the plantless peat soil. *Magellanic bogmoss*, *Sphagnum magellanicum* (Brid.) and *Rusty bogmoss*, *Sphagnum fuscum* (Schimp.) appeared to be the most suitable species. A 1–2 cm moss layer, 0,005 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, is needed for cultivation in semi-open nurseries, whereas a 10–20 cm layer, 0,02–0,03 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> of transplanted *Sphagnum* moss is required in field conditions. The results of the **pot-experiments** indicate, that the biomass production of transplanted *Sphagnum magellanicum* and *Sphagnum fuscum* may vary between 100 and 750 g, dry matter/m<sup>2</sup>/year. The yield correlated positively mainly with soil moisture and soil nutrient content. After two growing seasons the thickness of the juvenile moss bed varied between 1–15 cm. The most crucial growth factor for the *Sphagnum* mosses was the soil water content/ the ground water level in peat. At the start of cultivation in particular, the ground water level must be sustained on the surface of the peat soil. On the other side, transplanted *Sphagnum magellanicum* withstood long-term drought stress well; the growth recovered relatively rapidly after rewetting. The adaption and growth of the transplanted *Sphagnum* mosses can be increased by nutrient amendments. The most critical nutrient was soil phosphorus (P). The P-demand of the *Sphagnum* mosses is relatively low. The soil nutrients can be added in common fertilizers, on surface of the peat, before *Sphagnum* cultivation. The **field experiments** included one species, *Sphagnum magellanicum*. The results indicate that the high biomass production potential of *Magellanic bogmoss* is diminished under field conditions; the bmp varied between 25–400 g dry matter/m<sup>2</sup>/year. The highest values, 300–400 g dry matter/m<sup>2</sup>/year were recorded in the recovered, juvenile *Sphagnum magellanicum* moss layer of the more native, semi-drained *Sphagnum* mire, after harvesting the upper, native, living moss floor. The lowest values on cut-over peatland were measured, either on relatively dry peat or peat under flood, whereas the highest bmp was found on peat with the ground water level maintained on surface of the soil. After three growing seasons, a marked peatplant succession appeared, in particular on moist peat soils. The growth of *Eriophorum vaginatum* (L.) and *Polytrichum strictum* (Menzies) was prominent, and the number of native birch (*Betula pubescens*) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings also increased. The changes in the peat plantation were smaller on the semi-drained *Sphagnum* mire than on cut-over peat soil. The plant succession decreased the dominance and growth of *Sphagnum* mosses but enhanced plant diversity and reforestation of the peat environment. In terms of transplanting *Sphagnum sp.* on cut-over peatlands, the results support use of most moist sub-areas or sink-pool cultivation. As for economically sound *Sphagnum sp.* production, the results indicate that the research on more native, semi-drained *Sphagnum* mires should be continued. The *Sphagnum* cultivation on cut-over peatlands mainly supports restoration of the peat environment.

Keywords: *Sphagnum sp.*, Magellanic bogmoss, cut-over peatland, transplantation, restoration, bio-economics

# Sisällys

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tiivistelmä.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Abstract .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1. Johdanto .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2. Aineistot ja menetelmät.....</b>                           | <b>8</b>  |
| 2.1. Astiakokeet: .....  | 8         |
| 2.2. Kenttäkokeet:.....  | 9         |
| <b>3. Tulokset .....</b>   | <b>10</b> |
| 3.1. Astiakokeet .....   | 10        |
| 3.2. Kenttäkokeet.....   | 13        |
| 3.2.1. Rahkasammalen kosteusgradienttikoe turvesuonpohjalla..... | 13        |
| 3.2.2. Rahkasammalen allasviljelykoe turvesuonpohjalla .....     | 19        |
| 3.2.3. Rahkarämeen rahkasammalkoe .....                          | 21        |
| <b>4. Johtopäätökset.....</b>                                    | <b>24</b> |
| <b>Viitteet ja julkaisuja .....</b>                              | <b>27</b> |

# 1. Johdanto

Metsien puuvarannon lisäämistarkoituksessa ojitettujen suometsiköiden varttuessa on havaittu, että kaikki ojitukset eivät ole saaneet aikaan puuntuotannollisesti toivottua tulosta. Ojituksen epäonnistumisen eräänä syynä on ravinteisuudeltaan liian karujen ja ravinnetasapainoltaan epäedullisten kasvupaikkojen ojittaminen. Joukossa on myös alueita, joiden puusto on aluksi reagoinut positiivisesti ojitukseen, mutta kasvu on lopulta jäänyt vähäisemmäksi kuin kasvupaikan puuntuotoskyvyn perusteella olisi voitu olettaa. VMI10 mukaan Suomessa on ojitettujen soiden noin 4,08 miljoonan metsämaahehtaarin lisäksi runsaat 0,75–0,85 miljoonaa ha kitu- ja joutomaaksi luokiteltuja, vaille taloudellista käyttöä jääneitä ojitettuja soita (Laiho ym. 2016).

Suomessa tuotetaan nykyisin poltto- ja kasvuturvetta noin 60 000 hehtaarin suosalalla. Turvetuotannosta poistuu suomaa noin 1000–2000 ha vuodessa. Turpeen korjuusta vapautunutta suonpohjapinta-alaa on tällä hetkellä noin 25 000 ha. Suonpohjien jälkikäyttöön on syytä löytää taloudellisesti, yhteiskunnallisesti ja ympäristöpoliittisesti järkeviä ratkaisuja.

Taloudelliselta arvoltaan vähäiset ojittamattomat/ojitetut karut suot ja turvetuotannosta vapautuvat suonpohjat voidaan jättää hyödyntämättä ja ennallistumaan luontaisesti tai ennallistaa aktiivisin toimenpitein. Turvesuonpohjista vesi- ja ravinnetaloudeltaan edullisimmat voidaan metsittää tai hyödyntää muussa kasvinviljelyssä (Aapala ym. 2013, Hytönen ym. 2014).

Viime vuosina on noussut esiin ajatus, jonka mukaan ojitetuilla/ojittamattomilla karuilla soilla ja turvesuonpohjilla voitaisiin hyödyntää ja kasvattaa suo-olosuhteisiin luontaisesti hyvin sopeutuneita rahkasammalia (*Sphagnum sp.*), tai muita suosammallajeja. Toiminnassa yhdistyisivät sekä taloudellisesti kannattava kasvinviljely että ojitettujen ja turvemaiden palauttaminen lähemmäs luonnontilaa (Ferland ym. 1997, Quinty & Rochefort 2003, Landry ym. 2011, Gaudig ym. 2012, Muster ym. 2015).

Rahkasammalbiomassa, kuten kaikki kasvimassa, ovat potentiaalinen raaka-ainelähde esimerkiksi liikenteen biopolttoaineiden tuotantoon ja sammaleet saattavat sisältää kemian- ja lääketeollisuuden kannalta arvokkaita yhdisteitä. Lisäksi perinteisessä turvetuotannossa suunnitellut vähennykset avaavat markkinoita rahkasammal pohjaisille, ”vihreille” kasvustusalustoille. Ulkoiselta värikirjoltaan hyvin vaihtelevia rahkasammalia/suosammalia voitaisiin myös hyödyntää viime vuosina suuren taloudellisen volyymin saavuttaneessa puutarhaviljelyssä ja koristekasvituotannossa (Gaudig 2008, Emmel 2008, VTT 2014; wp: vtt.fi/medialle/uutiset/VTT-MTT kehittivät kasvihuoneviljelijöille rahkasammalesta ympäristöystävällisiä kasvualustoja, Tahvonen ym. 2015).

Vähäpuustoiset, ojitetut suot ja erityisesti turvetuotannosta vapautuvat, kasvipeitteettömät ja tehokkaasti kuivatut suonpohjat ovat ilmastoon haitallisesti vaikuttavan hiilidioksikaasun päästölähteitä. Korkeaan ilman hiilidioksidipitoisuuteen sekä vesipitoiseen kasvualustaan sopeutuneet rahkasammalet ovat yksi keino sitoa turpeesta vapautuvaa hiilidioksidia biomassaan, ja muuttaa hiilen lähteet hiilen nieluiksi (Minkkinen & Ojanen 2013).

Soiden sammallajistoa on aiemmin tutkittu lähinnä kasvitieteellisen perustutkimuksen ja suoluonnon luokittelun lähtökohdista. Rahkasammalten kasvatuksen kannalta tärkeitä tutkimuskohteita ovat optimaalisten sammallajien valintatutkimus ja eri kasvutekijöiden kuten turvemaan vesi- ja ravinnepitoisuuden vaikutukset sammalten elinkykyyn ja biomassan tuotukseen sekä erilaisten ravinnelähteiden käyttökelpoisuus kasvatuksessa. Lisäksi on selvitettävä siirtosammalviljelmän perustamis- ja hoitomenetelmiä sekä luontaisten rahkasammalikkojen kasvun maksimoinnin keinoja, ylläpitoa ja korjuuta (Lumme ym. 2014).

Metsätalouskäytöstä ja turvetuotannosta poistuneiden turvemaiden hyödyntämistä biotaloudessa on syytä tutkia, koska bioraaka-aineiden kysyntä Suomessa kasvaa eikä metsistä saatava puus-  
tobiomassa mahdollisesti riitä koko tarpeen tyydyttämiseen.



## 2. Aineistot ja menetelmät

Rahkasammalten siirtoviljelyn tutkimus toteutettiin sekä kontrolloituina astiakokeina että kenttäkokeina, turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla. Luontaisesti syntyneiden rahkasammalikkojen hyödyntämistä tutkittiin ojitetulla, vähäpuustoisella rahkarämeellä.

Astiakokeissa tutkittiin rahkasammalten lajivalintaa sekä turpeen vesi- ja ravinnepitoisuuden vaikutuksia sammalten kasvuunlähtöön, biomassan tuotokseen ja ravinnepitoisuuteen. Kokeet suoritettiin valoa läpäisevällä muovilla katetuissa, sivuiltaan puoliavoimissa kasvihuoneissa.

Kenttäkokeet perustettiin kahdelle suolle: turvesuonpohjakokeet Lopen/Läyliäisten Palosuolle (mäntyraie, Paloheimo Oy), jossa turvetuotanto päättyi 2010-luvun alussa, ja rahkarämekokeet Hyvinkään, Suomiehen/Hanhisuolle (Salpausselkä-reunamuodostuman suppa-kohosuon mäntyraie). Suonpohjakokeilla tutkittiin siirtorahkasammalten levitysmäärän ja turvemaan vesipitoisuuden vaikutuksia rahkasammalten kasvuunlähtöön ja biomassan tuotokseen sekä allasviljelyn soveltuvuutta rahkasammalten siirtokasvatuksessa. Rahkarämekokeella tutkittiin luontaisesti syntyneen rahkasammalkasvuston palautumista ja biomassan tuottoa sammalten elävän pintakerroksen (10–15 cm) leikkuun/korjuun jälkeen (Palosuolla siirtoviljelty rahkasammalmassa kerättiin Hanhisuolta).

Tässä raportissa esitettävät päätulokset ja johtopäätökset koskevat rahkasammallajia *Sphagnum magellanicum* (Brid.) (astia/kasvihuonekokeissa menestynyt *Sphagnum fuscum*-laji jätettiin kenttäkokeilta pois). Sitä viljeltiin sekä astiakokeissa että kenttäkokeissa, joten tulokset ovat testikasvin suhteen vertailukelpoisia, kahden toisistaan merkittävästi poikkeavan koeolosuhteen välillä. *Sphagnum magellanicum* (punarahkasammal) on kasvupaikkavaateiltaan rahkasoiden kosteiden välipintojen laji, joka aktiivisimmillaan muodostaa jopa 30–40 cm korkuisia, erillisiä sammalmättäitä. Se menestyy sekä (mättäiden) kuivemmissä osissa että kestää jonkin verran ajoittaista tulvaa (Laine ym. 2016).

### 2.1. Astiakokeet

- A. Turpeen vesipitoisuuden vaikutus siirtoviljellyn *Sphagnum magellanicum* ja *Sphagnum fuscum* rahkasammalten kasvuunlähtöön ja biomassan tuotokseen. Koeastiaturpeen pinnalle levitettiin 1–2 cm kerros elävää sammalmassaa ja astioissa veden pinnan korkeus säädettiin pysyvästi kasvukauden aikana tasoille +5 cm, 0 cm, –10 cm, –20 cm ja –30 cm turpeen pinnasta mitattuna.
- B. Turvemaan pintakerroksen fosforipitoisuuden vaikutukset siirtoviljellyn *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalten kasvuunlähtöön ja biomassan tuotokseen. Neljä fosforin (P) ravinnetasoa: 0, 10, 20 ja 40 kg P/ha. Natriumfosfaattijauhe levitettiin tasaisesti koeastioiden turpeen pinnalle, ja sen päälle viljeltiin 1–2 cm kerros elävää rahkasammalmassaa. Sammal oli kerätty samalta suoalalta kuin astiakoe A siirtosammal. Koeastioiden veden pinta säädettiin turpeen pintaan (veden taso 0 cm) koko kasvukauden ajaksi.

Kokeiden kesto-aika oli kaksi kasvukautta, huhti-marraskuu. Talvella koeastiat säilytettiin valotomassa kasvihuoneessa, +4°C lämpötilassa (taimihuoneissa ei lumisuoja). Kasvualustana käytettiin samalta turvetuotantoalueelta kerättyä, seulottua, tasalaatuista kasvuturvetta. Kokeiden päätyttyä koeastioista mitattiin rahkasammalbiomassan tuotos, kuiva-aineena ja analysoitiin sammalten ravinnepitoisuudet Luonnonvarakeskuksen, Vantaan tutkimusyksikön Keskuslaboratoriossa. Astiakokeet toteutettiin Lopen Läyliäisissä, Luken, Haapastensyrjän koeasemalla vuosina 2007–2011.

## 2.2. Kenttäkokeet

- A. *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen turpeen kosteusgradienttikoe turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla. Koealueen pohjaveden pinnan taso 240 m pituisella, 20 m leveällä gradientilla: koelohko 1 (20 m x 80 m) keskimäärin -20 cm, koelohko 2 keskimäärin +10 cm ja koelohko 3 keskimäärin 0 cm turpeen pinnan tasosta. Sammalkoealan pinta-ala 16 m<sup>2</sup>, 8 koealaa/lohko, 4 toistoa/siirtosammalmäärä. Rahkasammal viljeltiin kahdella siirtosammalen määrällä, 0,4 m<sup>3</sup>/koeala eli 15 cm vahvuinen sammalkerros ja 0,08 m<sup>3</sup>/koeala eli 1–2 cm vahvuinen sammalkerros. Viljely tehtiin lokakuussa vuonna 2013. Välittömästi sammalen levityksen jälkeen rahkasammalkoeruudut suojattiin vaalealla kasvinviljelysharsolla. Suojaharso poistettiin koeruu-tujen päältä biomassamittausten yhteydessä, syksyllä vuonna 2015.
- B. *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen allasviljelykoe turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla. Rahkasammalen siirtoviljely 0,8 m<sup>3</sup>/24 m<sup>2</sup> (4 m x 6 m) ja 30 cm syvään altaaseen, 8 koeallasta. Siirtoviljely tehtiin huhtikuussa vuonna 2014.
- C. Luontaisesti syntyneen *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalikon palautuminen ja biomassan tuotos pintasammalen korjuun jälkeen, ojitetulla rahkarämeellä. Rahkasammalkasvustosta poistettiin 10–15 cm vahvuinen, elävä pintakerros huhtikuussa vuonna 2014. Koealan koko 40 m<sup>2</sup>, 4 x 10 m, viisi koealaa.

Turvesuonpohjakokeilla rahkasammalbiomassan määrä mitattiin satunnaisotantana, kahden kasvukauden jälkeen, lokakuussa vuonna 2015. Rahkarämekokeelta rahkasammalbiomassa mitattiin satunnaisotantana, kahden ja kolmen kasvukauden jälkeen, lokakuussa vuonna 2015 ja syyskuussa vuonna 2016. Biomassan mittauksessa poistettu sammalmassa palautettiin koealoille heti analyysien jälkeen.

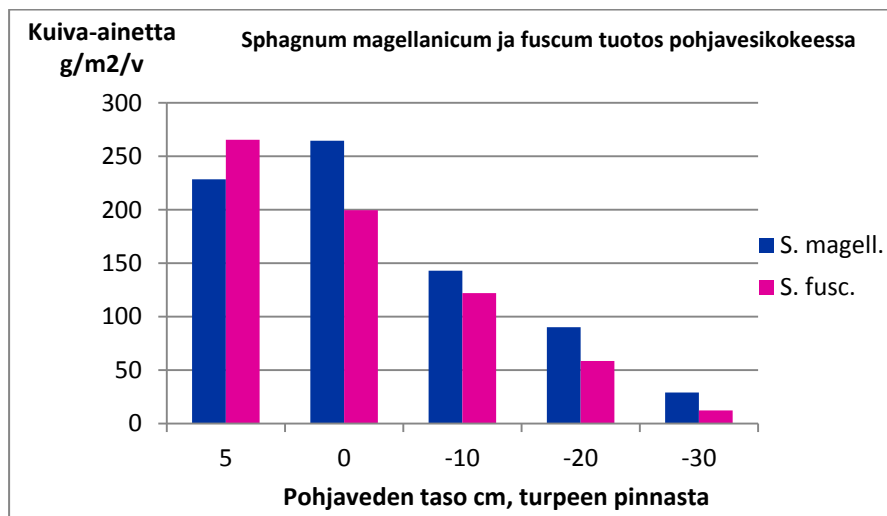
## 3. Tulokset

### 3.1. Astiakokeet

Astiakokeiden tulokset on esitelty laajemmin METLAN *Bioenergiaa metsistä–tutkimusohjelman* lopuraportissa vuonna 2014. Tässä raportissa toistetaan vain kenttäkokeiden kannalta tärkeimmät astiakoetulokset. Metla-raportin verkko-osoite:

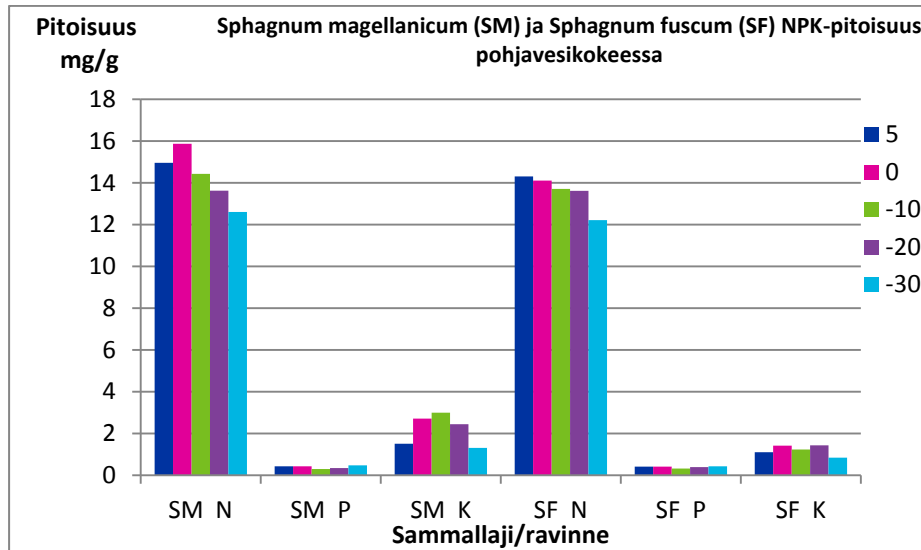
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.pdf>.

Kuvassa 1a esitetään rahkasammalajien *Sphagnum magellanicum* ja *Sphagnum fuscum* biomassan tuotos vuosilta 2007–2008 astiakokeessa, jossa tutkittiin turpeen vesipitoisuuden vaikutusta rahkasammalten kasvuunlähtoon ja biomassan tuotokseen. Kokeessa erot olivat tilastollisesti merkitseviä; pohjaveden pinnan taso sekä rahkasammalten biomassan tuotto ja kasvuunlähde korreloivat positiivisesti keskenään. Tulosten mukaan *Sphagnum magellanicumin* ja *Sphagnum fuscumin* maksimituotto saavutettiin pohjaveden pinnan ollessa pysyvästi turpeen pinnassa, tasolla 0 - +5 cm. Pohjaveden pinnan aleneminen vain 10 cm turpeen pinnasta vähensi rahkasammalten tuotosta 40–50 %. Kokeen yhteydessä testattiin myös *Sphagnum magellanicum*-lajin kuivuusstressin sietokykyä. Sammalkasvusto palautui, uudelleen kostuttuaan, kasvuseksi neljän kuukauden mittaisen (touko-elokuu) kuivuusjakson jälkeen noin kolmessa viikossa.



Kuva 1a. Turpeen vesipitoisuuden vaikutus *Sphagnum magellanicum* ja *Sphagnum fuscum* rahkasammalten biomassan tuottoon g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v, astiakokeessa, vuosina 2007–2008.

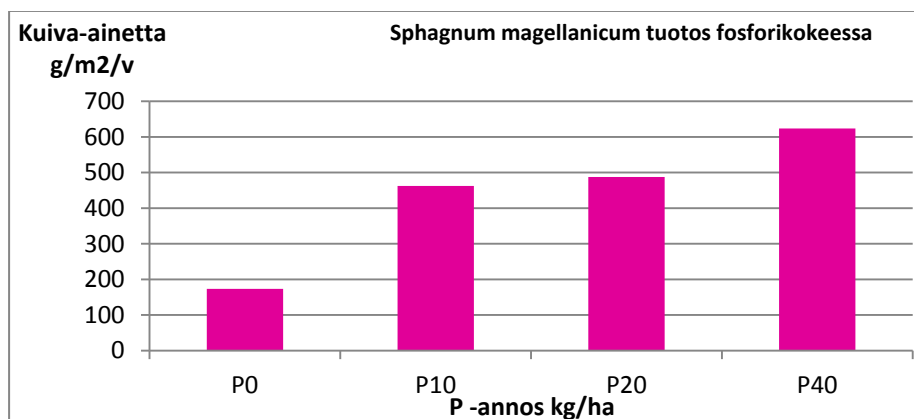
Kuvassa 1b esitetään rahkasammalten *Sphagnum magellanicum* ja *Sphagnum fuscum* typen, fosforin ja kaliumin (NPK) pitoisuudet, astiakokeessa, jossa tutkittiin turpeen vesipitoisuuden vaikutusta rahkasammalten kasvuun. Lajien väliset erot olivat vähäiset. Molempien sammalajien typpipitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeammat pohjaveden pinnan tasoilla +5 ja 0 cm kuin vesitasolla -30 cm. *S. magellanicumin* kaliumpitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin *S. fuscumin* K-pitoisuus, ja ensin mainitun kaliumpitoisuudet olivat korkeimmillaan vesitasoilla 0, -10 ja -20 cm.



Kuva 1b. Turpeen kosteuden vaikutus *Sphagnum magellanicum* ja *Sphagnum fuscum* rahkasammalten ravinnepitoisuuteen (NPK) mg/g, astiakokeessa, vuosina 2007–2008.

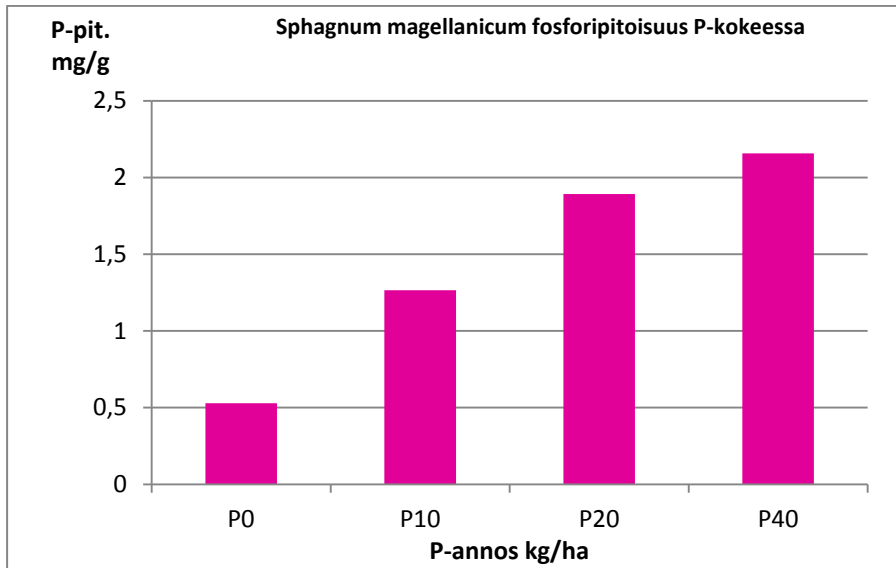
Astiakokeissa tutkittiin kasviraivanteiden, typpi N, fosfori P, kalium K ja magnesium Mg vaikutuksia rahkasammalten kasvuun ja elinkykyyn. Merkittävin vaikutus rahkasammalten biomassan tuotokseen oli fosforin (P) lisäyksellä, turpeen pinnalle. Kuvassa 2a esitetään fosforiannoksen vaikutus *Sphagnum magellanicum*in biomassan tuottoon, kahden kasvukauden mittaisessa kokeessa, jossa fosforia annosteltiin turpeeseen 0, 10, 20 ja 40 kg P/ha vastaava määrä.

Biomassan tuotos ja fosforiannoksen suuruus korreloivat positiivisesti keskenään; tuotos oli vajaat 200 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v P-tasolla 0 ja noin 600 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v P-tasolla 40 kg/ha. *S. magellanicum*in kasvu reagoi herkästi fosforin lisäykseen; annoksella 10 kg/ha biomassan tuotos yli kaksinkertaistui 0-tasoon verrattuna.



Kuva 2a. Fosforiannoksen vaikutus *Sphagnum magellanicum* rahkasammalten biomassan tuotokseen g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v, astiakokeessa, vuosina 2009–2010.

Kuvassa 2b esitetään fosforilisäyksen vaikutus *Sphagnum magellanicum*in fosforipitoisuuteen astiakokeessa, P-annokset 0, 10, 20 ja 40 kg P/ha. P-pitoisuus ja fosforiannoksen määrä korreloivat tilastollisesti merkitsevästi ja positiivisesti keskenään. Annokseen 0 verrattuna *Sphagnum magellanicum*in fosforipitoisuus yli kaksinkertaistui annoksella 10 kg/ha, ja P-pitoisuus oli yli nelinkertainen 40 kg/ha käsittelyllä.



Kuva 2b. Fosforiannoksen vaikutus *Sphagnum magellanicum* rahkasammalen fosforipitoisuuteen mg/g, astiakokeessa, vuosina 2009–2010.



Valokuvassa A esitetään fosforilannoituskokeen rahkasammal-kasvustoa kahden kasvukauden jälkeen. Fosforiravinne muutti *Sphagnum magellanicum*in punertavan värin vihreäksi. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa B esitetään fosforilannoituskokeen rahkasammal-kasvustoa kahden kasvukauden jälkeen; runsaskasvuisimmat kasvustot P-käsittely 40 kg/ha, heikkokasvuisimmat 0 kg/ha käsittely. Kuva: Ilari Lumme

## 3.2. Kenttäkokeet

### Sääolosuhteiden yleiskuva koealueilla

Vuosina 2014–2016 kasvukauden kuukausisademäärät ja keskilämpötilat olivat poikkeavia, erityisesti kasvukausien 2014–2015 kesäkuun keskimääräistä korkeamman sademäärän ja hyvin alhaisten lämpötilojen vuoksi. Vuoden 2014 elokuu oli hyvin sateinen. Vuonna 2016 kesä-, heinä- ja elokuu olivat poikkeavan sateiset ja suhteellisen lämpimiä. Vastaavasti kasvukausien 2014–2016 syys-lokakuut olivat suhteellisen vähäsateisia ja lämpimiä, toisaalta toukokuut olivat normaalia lämpimämmät ja kuivemmat.

**Taulukko 1.** Säätietoja vuosilta 2014–2016 (suluissa vuosien 1981–2010 Helsinki-Vantaan lentoasema-Jokioinen keskiarvot, IL).

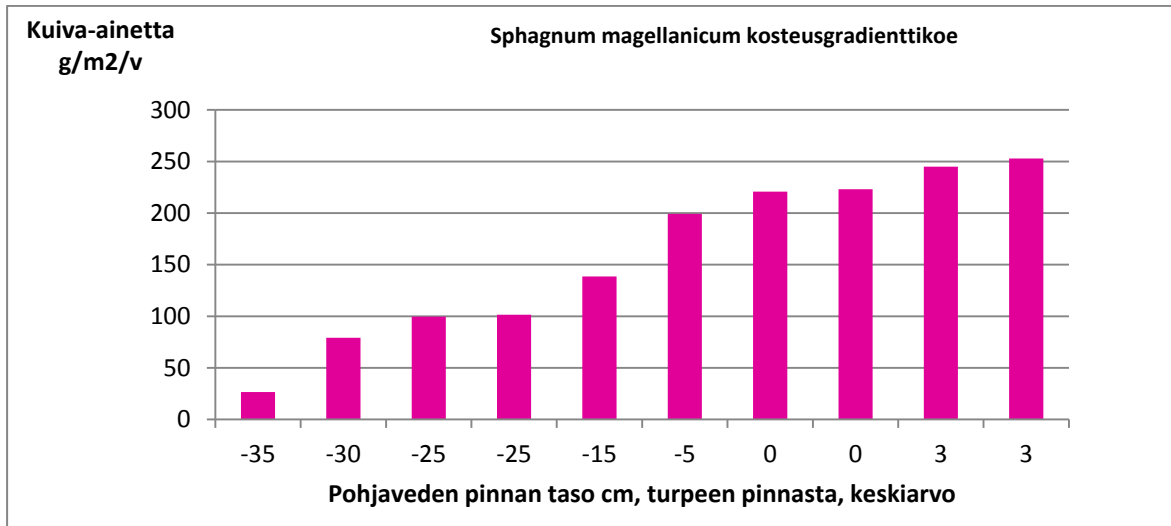
| Vuosi, kuukausi | Keskilämpötila °C | Lämpösusma dd°C | Sademäärä mm |
|-----------------|-------------------|-----------------|--------------|
| 2014            |                   | 1520 (1295)     |              |
| toukokuu        | 9,6 (10,1)        |                 | 69 (42)      |
| kesäkuu         | 10,3 (14,3)       |                 | 74 (62)      |
| heinäkuu        | 19,2 (17,2)       |                 | 40 (68)      |
| elokuu          | 18,1 (15,5)       |                 | 162 (82)     |
| syyskuu         | 11,8 (10,3)       |                 | 52 (66)      |
| lokakuu         | 5,6 (5,3)         |                 | 34 (85)      |
| 2015            |                   | 1280            |              |
| toukokuu        | 9,3               |                 | 41           |
| kesäkuu         | 13,1              |                 | 68           |
| heinäkuu        | 15,7              |                 | 81           |
| elokuu          | 16,6              |                 | 36           |
| syyskuu         | 12,1              |                 | 49           |
| lokakuu         | 4,8               |                 | 21           |
| 2016            |                   | 1 395           |              |
| toukokuu        | 13,5              |                 | 18           |
| kesäkuu         | 15,2              |                 | 118          |
| heinäkuu        | 17,3              |                 | 116          |
| elokuu          | 15,5              |                 | 102          |
| syyskuu         | 11,9              |                 | 54           |
| lokakuu         | 4,1               |                 | 19           |

### 3.2.1. Rahkasammalen kosteusgradienttikoe turvesuonpohjalla

*Sphagnum magellanicum* rahkasammalen biomassan tuotosta ei mitattu ensimmäisen kasvukauden lopussa, koska koekasvustot olivat tuolloin vielä sopeutumisvaiheessa kasvualustaansa. Tämän kokeen aikana vallinneissa sää- ja maaperäoloissa rahkasammalkasvuston kasvuunlähtö ja asettuminen suonpohjalle kesti noin yhden kasvukauden. Siirtosammalen viljelymäärä ja turpeen kosteus vaikuttivat merkittävästi kasvuston elinkykyyn. Ensimmäisen kasvukauden lopussa 0,4 m<sup>3</sup>/koeala (15 cm sammalkerros) viljelymäärällä, aktiivisen/elävän *Sphagnum magellanicum* rahkasammalen peittävyys kokeen kosteilla koelaloilla (pohjaveden pinnan taso noin 0 cm) oli keskimäärin 96 % ja 0,08 m<sup>3</sup>/koeala viljelymäärällä (1–2 cm sammalkerros) peittävyys oli keskimäärin 16 %.

Kokeen kuivalla lohkolla, 15 cm viljelykerroksen pintaosa kuivui täysin, mutta *Sphagnum magellanicum* säilyi aktiivisena/elävänä turpeen pinnassa, kuivan pintamassan alla. Poikkeuksellisen sateisen elokuun 2014 sekä kostean ja viileän toisen kasvukauden 2015 aikana punarahkasammal aktivoitui merkittävästi (valokuva F).

Kuvassa 3 esitetään turvemaan kosteuden/pohjaveden pinnan tason vaikutus kasvinviljelyharsolla suojatun *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalikon biomassan tuotokseen turvesuonpohjan kosteusgradienttikokeessa vuosina 2014–2015. Sammalen tuotos korreloi positiivisesti turpeen vesipitoisuuden kanssa. Kokeen kostealla lohkolla biomassan tuotos vaihteli välillä 200–260 g/m<sup>2</sup>/v, kuiva-ainetta. Kuivalla koelohkolla tuotos vaihteli välillä 25–140 g/m<sup>2</sup>/v. Jatkovampi tulva alensi rahkasammalen tuotoksen tasolle <100 g/m<sup>2</sup>/v (valokuvat F ja G).



Kuva 3. Turpeen vesipitoisuuden vaikutus *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen biomassan tuotokseen g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v, kosteusgradienttikokeessa, vuosina 2014–2015.

Kasvukausina 2014–2015 siirtoviljelty rahkasammal oli dominoiva kasvilaji kaikilla koealoilla. Vuonna 2016 tilanne muuttui nopeasti kasvukauden alusta lähtien. Tuolloin muun suokasvillisuuden sukkessio oli voimakasta. Eniten sukkessioon vaikutti turvemaan vesipitoisuus; kokeen kosteilla koe-ruuduilla lajimäärän muutos ja kasvien kasvu oli merkittävä. Kokeen kuivalla loholla suokasvillisuuden muutos oli vähäisempi.

Kokeelle levisi luontaisesti myös metsäpuiden taimia: hieskoivuja (*Betula pubescens*) kosteille koealoille sekä kuivemmille koealoille hieskoivuja ja mäntyjä (*Pinus sylvestris* L.). Taulukoissa 2 ja 3 esitetään suokasvillisuuden peittävyttä kosteusgradienttikokeella, kasvukauden 2016 lopussa.

**Taulukko 2.** Suokasvillisuuden peittävyys, % koealan pinta-alasta, kosteusgradienttikokeen kosteilla koealoilla vuonna 2016.

| Kasvilaji        | Peittävyys % |
|------------------|--------------|
| Rahkasammal      | 31           |
| Rämekarhunsammal | 27           |
| Tupasvilla       | 33           |
| Karpalo          | 7,4          |
| Suopursu         | 0,5          |
| Juolukka         | 0,5          |
| Variksenmarja    | 0,5          |
| Kihokki          | 0,1          |

Hieskoivun tiheys kosteilla koealoilla vaihteli välillä 1 000–5 000 tainta/ha (valokuvat H, I, J).

**Taulukko 3.** Suokasvillisuuden peittävyys, % koealan pinta-alasta, sekä hieskoivun ja männyn taimien tiheys/ha, kosteusgradienttikokeen kuivilla koealoilla vuonna 2016.

| Kasvilaji        | Peittävyys % | Taimia/ha  |
|------------------|--------------|------------|
| Rahkasammal      | 48           |            |
| Rämekarhunsammal | 52           |            |
| Hieskoivu        |              | 3 000 t/ha |
| Mänty            |              | 1 500 t/ha |

Kokeen kostealla loholla tupasvillan (*Eriophorum vaginatum* L.) kilpailu rahkasammalen kanssa oli merkittävin kasvillisuuden muutos. Karpalo (*Vaccinium oxycoccus* L.) ei ilmeisesti haitannut rahkasammalia oleellisesti, koska se kasvoi ohuina, pienilehtisinä juonteina rahkasammalen päällä. Eri-tyisesti kokeen kuivilla koealoilla rämekekarhunsammal (*Polytrichum strictum* Menzies) valtasi merkittävästi kasvualaa rahkasammalelta (valokuvat H, I, J).



Valokuvassa C esitetään kosteusgradienttikokeen rahkasammalkoealoja viljelypäivänä. Etualalla sammalviljelykerros 15 cm, taaempänä 1–2 cm viljelykerros. Kuva: Ilari Lumme

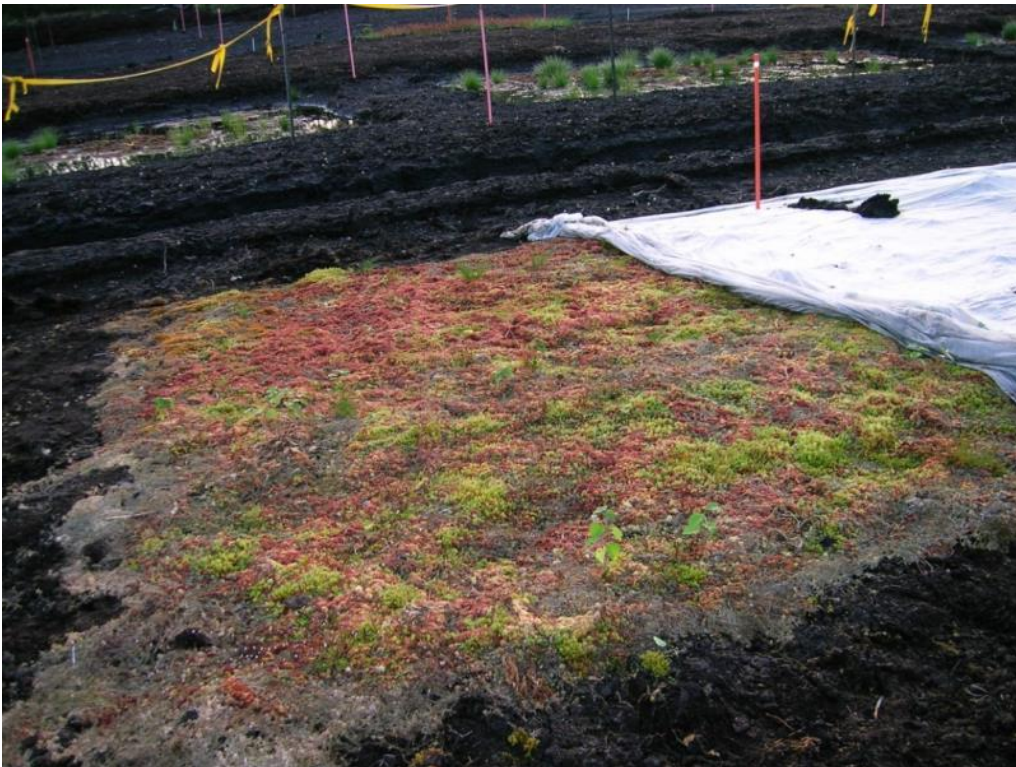


Valokuvassa D esitetään kosteusgradienttikokeen kostean lohkon rahkasammalkasvustoa (sammalviljelykerros 15 cm) ensimmäisen kasvukauden puolivälissä, vuonna 2014. Kuva: Ilari Lumme





Valokuvassa E esitetään kosteusgradienttikokeen kostean lohkon suokasvustoa (sammalviljelykerros 15 cm) toisen kasvukauden lopussa, vuonna 2015. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa F esitetään kosteusgradienttikokeen kuivan lohkon sammalkasvustoa (sammalviljelykerros 15 cm) toisen kasvukauden lopussa, vuonna 2015. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa G esitetään kosteusgradienttikokeen kostean lohkon suokasvustoa (sammalviljelykerros 15 cm) toisen kasvukauden lopussa, vuonna 2015. Etualalla hieskoivuja. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa H esitetään kosteusgradienttikokeen kostean lohkon suokasvustoa (sammalviljelykerros 15 cm) kolmannen kasvukauden lopussa, vuonna 2016. Kuva: Ilari Lumme



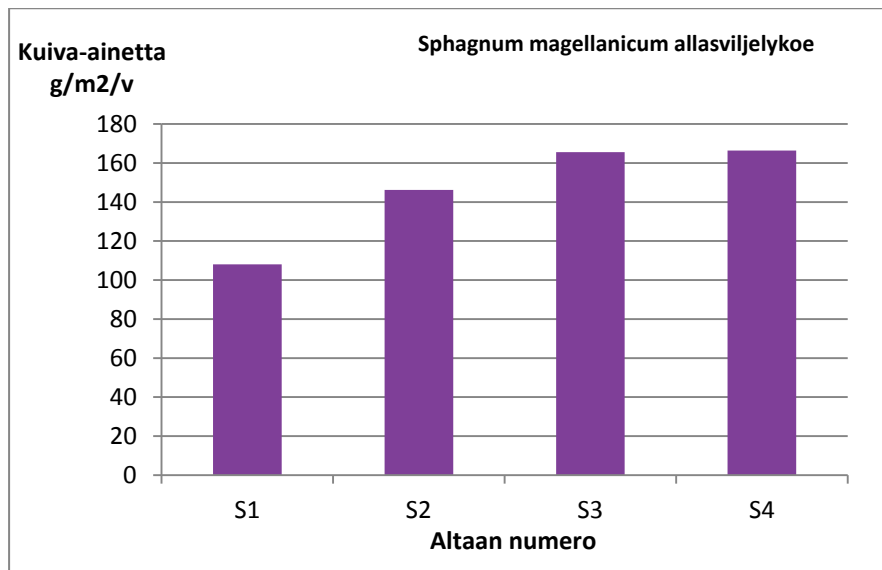
Valokuvassa I esitetään hieskoivun taimia kosteusgradienttikokeen kuivalla lohkolla kolmannen kasvukauden lopussa, vuonna 2016. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa J esitetään männyn kasvua kosteusgradienttikokeen kuivalla lohkolla kolmannen kasvukauden lopussa, vuonna 2016. Kuva: Ilari Lumme

### 3.2.2. Rahkasammalen allasviljelykoe turvesuonpohjalla

*Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen biomassan tuotosta ei mitattu ensimmäisen kasvukauden jälkeen allasviljelykokeella, koska kasvustot olivat syksyllä 2014 vielä sopeutumisvaiheessa kasvualustansa. Tulokset viittaavat siihen, että turvealtaan pysyvämmin kosteissa olosuhteissa rahkasammal-kasvuston kasvuunlähtö ja asettuminen kasvualustaan tapahtuu nopeammin kuin muokkaamattomalla turvesuonpohjalla. Pohjaveden pinnan taso altaissa vaihteli voimakkaasti välillä +30 – -10 cm, ja tulvaa esiintyi useammin ja pysyvämmin kuin kosteusgradienttikokeella. Tulvajaksot olivat kuitenkin suhteellisen lyhyitä, ja toisaalta heinäkuussa 2014–2015 altaissa esiintyi myös pintakuivuutta. Kuvassa 4 esitetään *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen biomassan tuotos allasviljelykokeessa vuosina 2014–2015. Tuotos vaihteli välillä 104–166 g/m<sup>2</sup>/v, kuiva-ainetta.



Kuva 4. *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalen biomassan tuotos, g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v, allasviljelykokeessa, vuonna 2015.

Allaskokeessa havaittiin kolmantena koekasvukautena, vuonna 2016 samansuuntainen muun suokasvillisuuden sukkessio kuin kosteusgradienttikokeellakin. Taulukossa 4 esitetään suokasvillisuuden peittävyys (%) koealtaissa, kasvukauden 2016 lopussa.

**Taulukko 4.** Suokasvillisuuden peittävyys, % koealan pinta-alasta, suonpohjan allasviljelykokeessa vuonna 2016.

| Kasvilaji        | Peittävyys % |
|------------------|--------------|
| Rahkasammal      | 45           |
| Rämekarhunsammal | 16           |
| Tupasvilla       | 38           |
| Karpalo          | 0,4          |
| Suopursu         | 0,1          |
| Kihokki          | 0,5          |

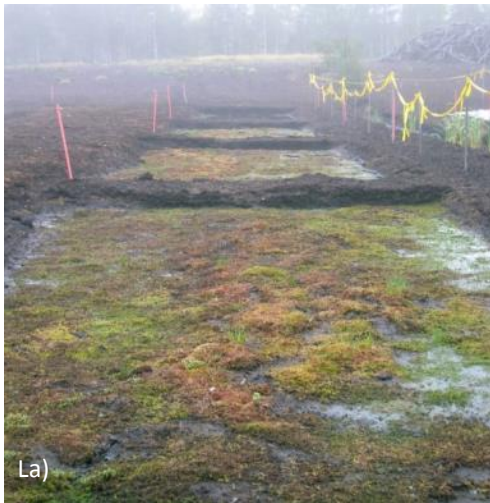
Metsäpuiden taimia ei altaissa kasvanut. Osasyynä lienee puiden siemeniä sisältäneen pintaturpeen poisto altaiden kaivuun yhteydessä. Allaskokeessa merkittävin negatiivinen muutos rahkasammalviljelyn kannalta oli tupasvillan leviäminen kasvualustalle. Toisaalta viljelmien monimuotoisuus lisääntyi merkittävästi.



Ka)

Kb)

Valokuvissa Ka ja Kb esitetään rahkasammalallaskokeen perustamistyötä huhtikuussa, vuonna 2014. Kuvat: Ilari Lumme



La)

Lb)

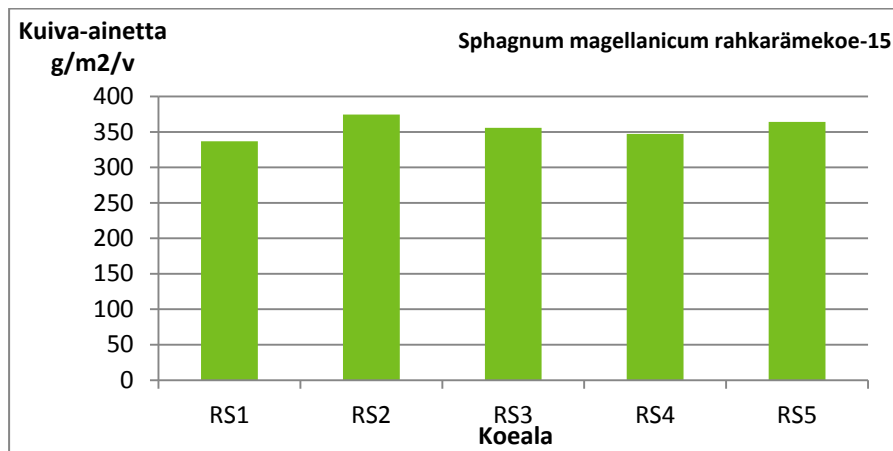
Valokuvissa La ja Lb esitetään allaskokeen rahkasammalkasvustoja ensimmäisen kasvukauden lopussa, vuonna 2014. Kuvat: Ilari Lumme



Valokuvassa M esitetään allaskokeen suokasvustoa toisen kasvukauden lopussa, vuonna 2015. Kuva: Ilari Lumme

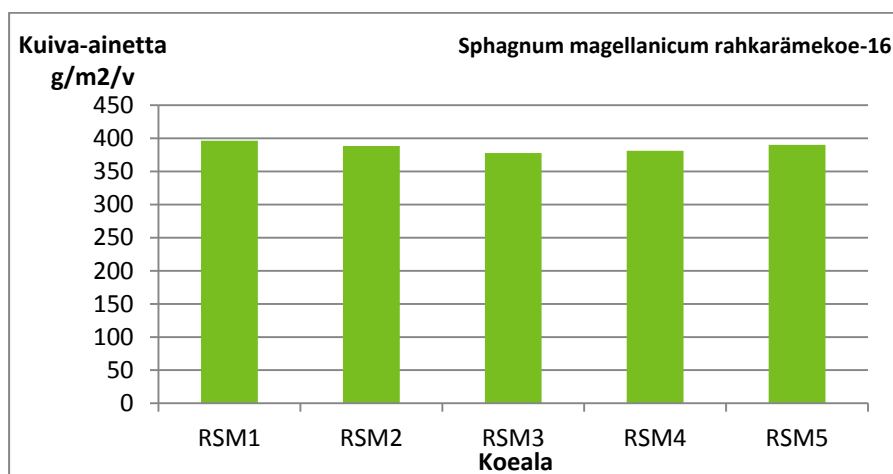
### 3.2.3. Rahkarämeen rahkasammalkoe

Turvesuonpohjia luonnontilaisemman, ojitetun rahkarämeen *Sphagnum magellanicum*-valtaiset (>95%) kasvustot palautuivat suhteellisen nopeasti sammalkerroksen aktiivisen/elävän yläosan (10–15 cm) poistoleikkuun jälkeen. Vuosien 2015 ja 2016 kasvukauden loppuun mennessä korjuupinnat olivat peittyneet uudella, 1–10 cm korkealla sammalmatolla lähes täysin (>95 %). Yksittäisiä uusia kärkikasvustoja leikatulle sammalpinnalle kehittyi jo muutamassa viikossa korjuun jälkeen. Uusiutuva *Sphagnum magellanicum* kasvusto oli väriltään kauttaaltaan karminin punainen - ennen leikkuuta sammalikon väri vaihteli punaisen ja vihreän eri sävyissä. Kuvassa 5 esitetään *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalten biomassan tuotos rahkasuokokeessa vuosina 2014–2015. Tuotos vaihteli välillä 337–374 g/m<sup>2</sup>/v, kuiva-ainetta (valokuvat O, P, Q, R, S).



Kuva 5. *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalten biomassan tuotos, g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v, rahkarämekokeessa, vuosina 2014–2015.

Kuvassa 6 esitetään *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalten biomassan tuotos rahkasuokokeessa vuosina 2014–2016. Tuotos vaihteli välillä 380–396 g/m<sup>2</sup>/v, kuiva-ainetta ja punarahkasammalten vuosituotos kohosi lievästi kasvukaudella 2016. Syinä lisäkasvuun lienee ollut sekä sammalkasvulle edulliset sääolot että uusiutuvan rahkasammalkasvuston yhteyttävän pinta-alan lisääntyminen.



Kuva 6. *Sphagnum magellanicum*-rahkasammalten biomassan tuotos, g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/v, rahkarämekokeessa, vuosina 2014–2016.

Kuten turvesuonpohjakokeilla, myös rahkarämekokeessa rahkasammalkasvuston yläosan poisto tarjosi kilpailuetua muulle suokasvillisuudelle, erityisesti tupasvillakasvustoille. Muutos oli kuitenkin vähäisempi kuin suonpohjalla. Turvesuonpohjakokeista poiketen rahkarämeellä suokarhunsammalen kasvu ja kilpailu rahkasammalten kanssa ei lisääntynyt. Taulukossa 5 esitetään suokasvillisuuden peittävyys (%) rahkarämekokeen koealoilla, kasvukauden 2016 lopussa.

**Taulukko 5.** Suokasvillisuuden peittävyys, % koealan pinta-alasta, rahkarämekokeessa vuonna 2016.

| Kasvilaji   | Peittävyys % |
|-------------|--------------|
| Rahkasammal | 73           |
| Tupasvilla  | 24           |
| Karpalo     | 3,0          |



Valokuvassa O esitetään rahkarämeen pintakerrosta heti rahkasammalten poiston jälkeen. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa P esitetään uudistuvaa rahkasammalkasvustoa kaksi kuukautta pintakerroksen poiston jälkeen. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa Q esitetään uudistuvaa rahkasammalkasvustoa pintakerroksen korjuun jälkeen. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa R esitetään rahkasammalkasvustoa kahden kasvukauden kuluttua pintakerroksen poiston jälkeen. Kuva: Ilari Lumme



Valokuvassa S esitetään rahkasammalkasvustoa kahden kasvukauden kuluttua pintakerroksen korjuun jälkeen. Kuva: Ilari Lumme



## 4. Johtopäätökset

Rahkasammalia (*Sphagnum sp.*) on mahdollista siirtoviljellä turvetuotannosta vapautuvilla suonpohjilla ja kasvihuoneissa. Luonnontilaisempien, ojitettujen rahkarämeiden rahkasammalkasvustoja voidaan hyödyntää niiden luontaisen uudistumiskyvyn avulla. Astiakokeissa viljelyyn soveliaimmiksi lajeiksi valikoituivat punarahkasammal *Sphagnum magellanicum* (Brid.) ja ruskorahkasammal *Sphagnum fuscum* (Schimp.) (Lumme ym. 2014). Kenttäoloissa lajivertailua ei voitu toteuttaa.

Kontrolloidussa astiaviljelyssä tarvittava siirtosammalen määrä on merkittävästi pienempi kuin kenttäoloissa, erityisesti turvesuonpohjilla, joilla esiintyy suuria vaihteluita pintaturpeen vesipitoisuudessa ja lämpötilassa. Astiaviljelyssä riittää tasainen 1–2 cm vahvuinen rahkasammalkerros. Kenttäoloissa tarvitaan tasainen, vähintään 15 cm vahva, tilavuudeltaan noin 0,02–0,03 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, siirtosammalkerros. Luonnontilaisemmilla, ojitetuilla, rahkarämeillä rahkasammalkasvatus toteutetaan poistamalla luontaisesti syntyneestä kasvustosta 10–15 cm vahvuinen elävä yläosa. Jäljelle jäävä sammalkerros kasvattaa poistuman tilalle suhteellisen nopeasti uuden, yhteyttävän pintakerroksen. Elävistä rahkasammalen yläosista siirtoviljelty kasvusto ja rahkasuolle jäävä alempi sammalkerros, voivat kasvattaa 1–15 cm vahvuisen uuden sammalkerroksen, kahden-kolmen kasvukauden aikana.

Kontrolloiduissa astiakokeissa rahkasammalten biomassan tuottopotentiaali osoittautui korkeaksi; tuotos vaihteli välillä 50–750 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi, turpeen vesi- ja ravinnepitoisuudesta sekä ilman lämpötilasta riippuen. Kenttäolosuhteissa sekä turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla että luonnontilaisemmalla, ojitetulla rahkarämeellä, rahkasammalten biomassan tuotos oli merkittävästi alhaisempi kuin astiakokeissa. Suonpohjalla tuotos oli 25–250 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi, vaikka kasvustot kasvoivat kasvinviljelyharson suojassa ja edullisissa sääoloissa. Rahkarämeellä tuotos oli 300–400 g kuiva-ainetta/m<sup>2</sup>/vuosi. Kenttäkokeiden välinen ero johtui todennäköisesti siirtoviljelystä sekä kasvittoman turvesuonpohjan rahkasammalten kannalta epäedullisemmista ja äärevämmistä kasvuoloista. Rahkasuolla hyödynnettiin kasvuympäristöönsä hyvin sopeutunutta, luontaista rahkasammalkasvustoa.

Rahkasammaltutkimuksen kenttäkoetulosten tulokinnassa on tärkeää huomioida, että kokeiden kestoaikana sääolosuhteet olivat rahkasammalten kasvuunlähdon ja elinkyvyn kannalta normaalia suotuisimmat. Alku- ja keskikesien alhaisten lämpötilojen ja korkeiden sademäärien vuoksi rahkasammaliin ei kohdistunut merkittävää kuivuusstressiä, ja varhaiset keväät sekä kasvukausien lämpimät, kosteudeltaan vaihtelevat loppuosat olivat sammalten kasvulle suotuisat. Toisaalta keskimääräistä alhaisempi ilman lämpötila kasvukausien alku- ja keskiosissa todennäköisesti alensi sammalten biomassan tuotosta.

Tärkeimmäksi kasvutekijäksi rahkasammalten menestymisen kannalta osoittautui turpeen vesipitoisuus so. turvemaan pohjaveden pinnan taso. Turvesuonpohjalla ja astiakokeissa optimi oli pohjaveden pinnan ylläpito pysyvästi turpeen yläpinnassa. Ojitetulla rahkarämeellä luontaisesti syntynyt, syvä sammalkerros sekä tasasi kosteusvaihteluita että sieti niitä paremmin. Suonpohjilla ensimmäisen kasvukauden kosteus- ja lämpöolosuhteet ovat kriittiset siirtoviljelyn onnistumisen suhteen. Mikäli maaperän kosteus voidaan ylläpitää optimitasolla ja kasvustoa suojataan kasvinviljelyharsolla, rahkasammalten siirtoviljely voitaneen toteuttaa varhaiskevällä, kasvukauden lähes kaikissa vaiheissa ja syysviljelynä.

Kasvinviljelyharson vaikutus rahkasammalten siirtoviljelyssä turvesuonpohjilla lienee kahden suuntainen. Viljelmän perustamisvaiheessa suojaharso oli näiden kokeiden perusteella välttämätön; suojaamaton siirtosammalikko saattaa tuhoutua lähes täysin ilman harsoa.

Toisaalta ensimmäisen kasvukauden jälkeen, suojaharson varjostus on saattanut heikentää kasvualustalle asettuneen, kasvullisen rahkasammalikon tuotosta, koska tässä testatut rahkasammallajit ovat sopeutuneet avoimiin kasvupaikkoihin. Käytännön viljelytoiminnan kannalta suhteellisen hitaasti biohajoava kasvisuojaharso olisi järkevä ratkaisu.

Testatut rahkasammallajit säilyivät elinkykyisinä tulvassa, mutta liiallinen vesi alensi biomassan tuotosta. Rahkasammalista erityisesti *Sphagnum magellanicum*in todettiin sietävän hyvin pitkäaikais-takin veden puutetta. Kuivuus kuitenkin pysäytti kasvun ja altisti varsinkin ohuen, kasviharsolla suo-jaamattoman viljelmän mm. tuulen haittavaikutuksille. Kasvuolosuhteiltaan äärevälle turvesuonpoh-jalle levitetty vahva siirtosammalkerros säilytti viljelmän alaosan elinkykyisenä kuivien jaksojen aika-na. Suonpohjista kuivimmilla siirtoviljely on toteutettava allasviljelynä ja/tai rahkasammalpaakuista.

Rahkasammalten kasvuunlähtöä ja biomassan tuotosta voitiin parantaa lisäämällä kasvira-vinteita turpeen pintaan. Erityisen merkittäväksi ravinteeksi osoittautui fosfori (P). Sammalten fosforitarve oli kuitenkin suhteellisen alhainen, joten positiivinen kasvureaktio saavutettiin vähäisillä fosforilisäyksil-lä. Toisaalta alhaiset P-annokset turpeen pinnassa eivät vaurioittaneet herkkiä rahkasammalia kemi-allisesti, viljelyn alussa. Astiakokeissa saavutettiin korkeita tuotoslukuja rahkasammalten kannalta edullisimmalla turpeen vesi- ja fosforipitoisuuden yhdistelmällä, mutta ravinnevaikutus heikkeni merkittävästi mikäli pohjaveden pinnan taso ei ollut optimaalinen. Fosforin lisäys muutti rahkasam-malten luonteenomaisen värin; *Sphagnum magellanicum* punerva, *Sphagnum fuscum* tumman rus-kea, vihreäksi. Tämä viittaa muutoksiin sammalten klorofyllin eli lehtivihreän määrässä ja aktiivisuu-dessa ja sammalsolukoiden sisältämien suojaväriaineiden määräsuhteissa. Kasvien pääravinteista fosfori on turvemaassakin niukkaliukoisin ravinne. Happamassa turpeessa se on kemiallisesti sitoutu-nut maan orgaaniseen aineeseen, ja vesiliukoisin fosforin lisääminen edisti rahkasammalten kasvua. Toisaalta ei tiedetä voiko suojaväriaineiden muutos olla rahkasammalille haitallinen, aurinkoisilla, avoimilla soilla (Lumme ym. 2014).

Muista kasvira-vinteista typen (N) ja kaliumin (K) ja magnesiumin (Mg) vaikutukset rahkasammal-ten kasvuun olivat erikseen annosteltuina vähäiset. Toisaalta astiakokeissa *Sphagnum magellanicu-min* korkeita biomassan tuotoksia saavutettiin fosfori-typin-kalium-seoksella. Tämä johtunee siitä, että kaikkien pääravinteiden lisäys johti rahkasammalten kannalta tasapainoisempaan ravinnesuh-teeseen ja/tai turpeen kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä on ollut sammalkasvun minimitekijä, joka säätelä ravinnepökeissa yksittäisesti lisätyn typen ja kaliumin kasvuvaikutuksia (Lumme ym. 2014).

Turvesuonpohjakokeilla havaittiin kolmantena koekasvukautena huomattava suokasvillisuuden sukkessio; muiden lajien kuin rahkasammalten kasvu ja peittävyys lisääntyivät kesän aikana. Tämä lisäsi suonpohjan kasvillisuuden monimuotoisuutta merkittävästi mutta heikensi rahkasammalten kasvua. Luontaisemmalla rahkarämeellä em. sukkessio oli vähäisempää.

Tähän mennessä saadut tutkimustulokset viittaavat siihen, että rahkasammalten siirtoviljely turvetuotannosta vapautuvilla suonpohjilla edistää lähinnä soiden ennallistamista ja suonpohjilta vapau-tuvien hiilidioksidipäästöjen sidontaa. Perinteisen, laaja-alaisen, taloudellisesti kannattavan kasvin-tuotannon suhteen realistisin kasvatuspotentialiaali lienee luonnontilaisemmilla, ojitetuilla/ojit-tamattomilla (vähäpuustoisilla) rahkarämeillä.

Vuosien 2007–2016 turvesuonpohjakokeiden sekä kontrolloitujen astiakokeiden jälkeen rah-kasammaltutkimuksen painopiste tulee siirtää luonnontilaisemmille rahkarämeille. Siellä merkittäviä tutkimusaiheita ovat pohjaveden pinnan tason vaihtelun, fosforilisäysten ja luontaisen rahkasammal-kasvuston leikkuu/korjuusyvyyden vaikutukset sammalkasvustojen elinkykyyn, palautumiseen ja biomassan tuotokseen sekä muutoksiin rahkasammalajien määräsuhteissa. Tärkeä kysymys ojitetuilla rahkarämeillä: onko ojitusta ylläpidettävä suovesien säätelämiseksi vai pitäisikö ojat sulkea täysin? Tämän tutkimuksen, hyvin alustavat kenttähavainnot viittaavat siihen, että pohjaveden pinnan tason säätelymahdollisuus rämeillä tulee säilyttää. Vesitason kohoaminen rahkasammalkasvuston korjuun jälkeen edistää erityisesti tupasvillan kasvua ja kilpailua. Pohjaveden pinnan tason lievä aleneminen puolestaan parantaa uusiutuvan rahkasammalten kilpailuasemaa suokasvillisuudessa.

Perinteisen metsänviljelyn kannalta mielenkiintoinen tutkimustulos turvesuonpohjakokeilla oli, että paljaan, taimettoman pohjaturpeen päälle levitetty rahkasammalkerros edisti sekä hieskoivun että männyn luontaista uudistumista.

Syy tähän on epäselvä. Vaikuttavia ympäristötekijöitä saattavat olla turpeen pinnan tasaisempi kosteus ja lämpötila rahkasammalsuojan alla sekä muutokset turpeen mikrobiologiassa. Viime mainittuun liittyen on mahdollista, että mänty-rahkarämeen siirtorahkasammalmassan mukana suonpohjalle on kulkeutunut sekä hieskoivun että männyn kanssa symbioosissa elävien mykorritsasienten rihmastoja, jotka edistivät tainten kasvua.

#### KIITOKSET

Tekijät esittävät parhaat kiitokset Metsäntutkimuslaitoksen Suometsätieteen emeritusprofessori *Jukka Laineelle* ja Luonnonvarakeskuksen suometsätieteen professori *Raija Laiholle* merkittävästä asiantuntijatuesta rahkasammaltutkimuksen ideoinnissa, suunnittelussa ja tutkimustyön toteutuksen eri vaiheissa. Kiitämme lisäksi Luke/Haapastensyrjän koeaseman ja Luke/Vantaan yksikön tutkimusavustajia laadukkaasta työstä rahkasammalkokeiden parissa.

*”Ja kun Walkeus tuli, Luoja-Jumala loihti punatukkaisen enkelitytön hiuskiharasta rahkasammalen ja sanoi: Painu suolle - kasva ja lisäänny, täytä marto, waskivesien maa”*...(trad. Myth from Scotland).

## Viitteet ja julkaisuja

- Aapala, K., Similä, M., Penttinen, J. (toim.) 2013. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja, B 188, 301 s. ISBN 978-952-295-026-0.
- Andersen, R., Rochefort, L. & Poulin, M. 2010. Peat, water and plant tissue chemistry monitoring: A seven-year case-study in a restored peatland. *Wetlands*, vol 30:1, pp 159–170.
- Campeau, S. & Rochefort, L. 1996. *Sphagnum* regeneration on bare peat surfaces; field and greenhouse experiments. *Journal of Applied Ecology*, vol 33, pp 599–608.
- Crowley, K. & Bedford, B. 2011. Mosses influence phosphorus cycling in rich fens by driving redox conditions in shallow soils. *Oecologia*, vol 167:1, pp 253–264.
- Emmel, M. 2008. Growing ornamental plants on *Sphagnum* biomass. *Acta Horticulturae*, vol 779, pp 173–178.
- Ferland, C. & Rochefort, L. 1997. Restoration techniques for *Sphagnum* dominated peatlands. *Canadian Journal of Botany*, vol 75:7, pp 1110–1118.
- Fritz, C., van Dijk, G., Smolders, A.J., Pancotto, V.A., Elgenza, T.J., Roelofs, J.G. & Grootjans, A.P. 2012. Nutrient additions in pristine Patagonian *Sphagnum* bog vegetation. Can phosphorus addition alleviate the effects of increased nitrogen loads? *Plant Biology*, vol. 14:3, pp 491–499.
- Gaudig, G., Joosten, H. & Kamermann, D. 2008. Growing growing media; the promises of *Sphagnum* biomass. *Acta Horticulturae*, vol 779: 165–172.
- Gaudig, G., Gahlert, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S. & Joosten, H. 2012. *Sphagnum* farming in Germany—10 years on the road to sustainable growing media. *Proceedings of 14 th International Peat Congress in Stockholm, Sweden*, p 374.
- Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S. & Joosten, H. 2013. *Sphagnum* farming in Germany—a review of progress. *Mires & Peat*, vol 13: Special Issue, Art. 08.
- Hytönen, J., Aro, L., Beuker, E., Niemistö, P., Nurmi, J. & Saarsalmi, A. 2014. Hieskoivu, haapa ja leppä energiapuuna; kasvatusta, korjuu ja ominaisuudet. *Bioenergiaa metsistä—Tutkimus- ja kehittämissuhteen keskeiset tulokset. METLAN työraportteja 289: 47–63.*
- Karofeld, E., Muur, M. & Vellak, K. 2016. Factors affecting re-vegetation dynamics of experimentally restored, extracted peatland in Estonia. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23:14, pp 13706–13717.
- Kim, S., Kim, Y., Kim, K., Wang, S., Kang, H. & Yoo, B. 2014. Effects of planting method and N addition on *Sphagnum* growth in microcosm wetlands. *Paddy & Water Environment*, vol 12:1, pp 185–192.
- Krebs, M., Gaudig, G. & Joosten, H. 2012. *Sphagnum* farming on bog grassland in Germany—first results. *Proceedings of 14 th International Peat Congress in Stockholm, Sweden*, p 294.
- Laiho, R., Tuominen, S., Kojola, S., Penttilä, T., Saarinen, M. & Ihalainen, A. 2016. Heikkotuottoiset ojitetut suometsät—missä ja paljonko niitä on? *Metsätieteen Aikakauskirja 2:73–93.*
- Laine, J., Sallantausta, T., Syrjänen, K. & Vasander, H. 2016. *Sammalten kirjo. Metsäkustannus.* ISBN 978-952-6612-74-4.
- Landry, J., Pouliot, R., Gaudig, G., Wichman, S. & Rochefort, L. 2011. *Sphagnum* farming Workshop in the Canadian Maritimes; a chance to overview international research efforts and challenges. *Peatland International 2/2011*, pp 28–33.
- Limpens, J., Tomassen, H. & Berendse, F. 2003. Expansion of *Sphagnum* in bogs: striking the balance between N and P availability. *Journal of Bryology*, vol 25:2, pp 83–90.
- Limpens, J. & Heijmans, M. 2008. Swift recovery of *Sphagnum* nutrient concentrations after excess supply. *Oecologia*, vol 157:1, pp 153–161.
- Lumme, I., Silvan, N. & Penttilä, T. 2014. Suosammalten viljelyn biologiasta ja ekologiasta turvemailla. *Bioenergiaa metsistä—Tutkimus- ja kehittämissuhteen keskeiset tulokset. METLAN työraportteja 289: 64–74.*

- Minkkinen, K. & Ojanen, P. 2013. Pohjois-Pohjanmaan turvemaiden kasvihuonekaasutaseet. Soiden ekosysteemipalvelut ja maankäytön suunnittelun tuloksia soisimmasta Suomesta. METLAN työraportteja 258: 75–111.
- Muster, C., Gaudig, G., Krebs, M. & Joosten, H. 2015. *Sphagnum* farming; the promised land for peat bog species. *Biodiversity & Conservation*, vol 24:8, pp 1989–2009.
- Pouliot, R., Hugron, S. & Rochefort, L. 2015. *Sphagnum* farming; a long-term study on producing peat moss biomass sustainability. *Ecological Engineering*, vol 74, pp 135–147.
- Quinty, F. & Rochefort, L. 2003. Peatland Restoration Guide. Canadian *Sphagnum* Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy. Quebec, Canada. 2 Edition. ISBN 0-9733016-0-0.
- Sottocornola, M., Boudreau, S. & Rochefort, L. 2007. Peat bog restoration; effect of phosphorus on plant re-establishment. *Ecological Engineering*, vol 31:1, pp 29–40.
- Tahvonen, R., Näkkilä, J., Silvan, N. & Reinikainen, O. 2015. Production and use of *Sphagnum* biomass as a plant substrate in greenhouse. SusGro-2015, International Symposium on Growing media, Composting and Substrate Analysis. p 45.
- Wang, M. & Moore, T. 2014. Carbon, nitrogen, phosphorus and potassium stoichiometry in an ombrothropic peatland reflects plant functional type. *Ecosystems*, vol 17.4, pp 673–684.
- Wichmann, S., Gaudig, G., Krebs, M. & Joosten, H. 2012. Paludiculture—ecosystem services of *Sphagnum* farming on rewetted bogs in NW Germany. Proceedings of 14 th International Peat Congress in Stockholm, Sweden, p 369.
- Wojtun, B. 1993. Mineral content in *Sphagnum* mosses from ombrothronic bogs of southwestern Poland—pattern in species and elements. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, vol 62:3–4, pp 203-208.



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000