



Elinvoimaa kosteikosta

Uudet viljelykasvit avaavat uusia mahdollisuuksia

Gilbert Ludwig

Elinvoimaa kosteikosta

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Julkaisu 360

Tekijät:

Gilbert Ludwig
vanhempi tutkija
Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Biotalousinstituutti

Gilbert Ludwig

Elinvoimaa kosteikosta

Uudet viljelykasvit avaavat uusia mahdollisuuksia



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Julkaisuja 360

Sarjan vastaava toimittaja • Jari Parkkinen

Elinvoimaa kosteikosta

Uudet viljelykasvit avaavat uusia mahdollisuuksia

Gilbert Ludwig

Kannen kuva • Adobe Stock
Ulkoasu ja taitto • Pekka Salminen, Jamk

ISBN 978-951-830-811-2 (Painettu)

ISBN 978-951-830-812-9 (PDF)

ISSN-L 1456-2332

Kustantaja

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
jamk.fi/julkaisut
sarjajulkaisut(a)jamk.fi

©2026

Tekijät & Jyväskylän ammattikorkeakoulu



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä
-lisenssillä (CC BY 4.0), pois lukien kuvat.

Sisällys

Tiivistelmä.....	6
Abstract	7
1 Kosteikkoviljelyn tausta ja edut	8
1.1 Kosteikkoviljelyn ilmastoedut.....	9
1.2 Kosteikkoviljely Suomessa	10
1.3 Turbits-hanke	10
2 Tärkeimmät kosteikkoviljelyyn soveltuvat lajit	13
2.1 Rahkasammalet	13
2.2 Osmankäämi.....	19
2.3 Ruokohelpi.....	27
3 Kosteikkoviljelyssä ja korjuussa käytetyt menetelmät ja teknologiat ..	30
3.1 Yleistä	30
3.2 Rahkasammalen korjuu.....	33
3.3 Osmankäämin korjuu.....	36
3.4 Ruokohelven korjuu	40
4 Tulevaisuuden kosteikkolajit	42
4.1 Järviruoko (Phragmites australis).....	43
4.2 Hetesara (Carex acutiformis).....	47
4.3 Kapeaosmankäämi (Typha angustifolia)	52
4.4 Isosorsimo (Glyceria maxima)	61
4.5 Kompassikukka (Silphium perforatum).....	70
4.6 Jättiruoko (Arundo donax)	81
4.7 Elefanttiheinä (Pennisetum purpureum)	84
5 Johtopäätökset ja strategiset suositukset Suomelle.....	91
5.1 Kosteikkoviljely	91
5.2 Rahkasammal	92
5.3 Osmankäämi.....	93
5.4 Ruokohelpi	94
5.5 Tulevaisuuden kosteikkolajit	95
Lähteet	98

Tiivistelmä

Gilbert Ludwig

Elinvoimaa kosteikosta

Uudet viljelykasvit avaavat uusia mahdollisuuksia

Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja, 360

Tässä selvityksessä tarkastellaan kosteikkoviljelyn mahdollisuuksia entisten turvetuotantoalueiden ja turvepeltojen ilmastoälykkäässä käytössä Suomessa. Kosteikkoviljely vähentää kuivattujen turvemaiden suuria kasvihuonekaasupäästöjä nostamalla vedenpinnan lähelle maanpintaa ja mahdollistaa samalla biomassan tuotannon ilman turvepohjan kulumista. Selvityksen ydinlajeina arvioitiin rahkasammalet, osmankäämi ja ruokohelpi, joiden viljelyä ja korjuumenetelmiä, satopotentiaalia, arvoketjuja ja ympäristövaikutuksia tarkasteltiin kotimaisessa ja kansainvälisessä kontekstissa. Lisäksi tunnistettiin useita tulevaisuuden kosteikkolajeja, joilla voisi olla merkittävää potentiaalia esimerkiksi kasvualustojen, kuitujen ja rakennusmateriaalien sekä biojalosteiden raaka-aineina. Selvitys osoittaa, että kosteikkoviljely voi yhdistää ilmastohyödyt, luonnon monimuotoisuuden vahvistamisen ja uuden biotalouden liiketoiminnan. Suosituksena esitetään vaiheittaisia pilotteja eri kasvilajeille, joilla testataan vesitalousratkaisuja, viljelytekniikoita, korjuuteknologioita ja kaupallisia arvoketjuja entisillä turvetuotantoalueilla.

Asiasanat: ennallistaminen, kosteikot, kosteikkokasvit, kosteikkoviljely, luonnon monimuotoisuus, turvemaat, turvetuotanto, vettäminen

Abstract

Gilbert Ludwig

Vitality from wetlands

New crops open up new opportunities

Publications of JAMK University of Applied Sciences, 360

This report examines the potential of paludiculture as a climate-smart land-use option for Finland's former peat extraction areas and peat fields used in agriculture. Rewetting drained peatlands significantly reduces greenhouse gas emissions while enabling sustainable biomass production without degrading the peat layer. The report evaluates three key species – Sphagnum mosses, cattail, and reed canary grass – focusing on their cultivation requirements, harvesting technologies, biomass yields, value chains, and environmental impacts based on Finnish and international cases. In addition, several future wetland crops with potential use in growing media, fiber and construction materials, and bio-based products are identified. The results show that paludiculture can simultaneously deliver climate mitigation, biodiversity benefits, and new bioeconomy opportunities. The review recommends phased pilot areas for different species to test water-level management, cultivation methods, harvesting solutions, and emerging commercial value chains on former peat extraction sites and peat fields.

Keywords: after-use, biodiversity, paludiculture, peatlands, re-wetting, wetlands, wetland plants, wetland cultivation

1 Kosteikkoviljelyn tausta ja edut

Kosteikkoviljely, englanniksi *paludiculture*, on biomassan viljelyä kosteikoilla ja uudelleen kostutetuilla soilla (kuten entiset turvetuotantoalueet) ja turvepelloilla. Ihannetapauksessa suo on niin märkä, että turpeen runko säilyy pysyvästi tai turve voi kasvaa uudelleen (Wichtmann & Joosten, 2007). Kosteikkoviljelyn peruseriaatteena on, että vain se osa nettoprimäärituotannosta (NPT), jota ei tarvita turpeen muodostumiseen, hyödynnetään (tämä on noin 80–90 prosenttia NPT:stä). Maailman lauhkeilla, subtrooppisilla ja trooppisilla vyöhykkeillä on mahdollista tuottaa runsaasti turvetta. Useimmilla soilla on luonnostaan kasvillisuutta, josta maanpäälliset kasvinosat voidaan korjata turpeen sidontapotentialin kärsimättä. Kosteikkoviljelyn ydin on viljellä kasveja, jotka kasvavat kosteissa olosuhteissa, tuottavat määrältään ja laadultaan riittävää biomassaa sekä edistävät turpeen muodostumista.

Kosteikkoviljely edistää kestäväää raaka-aineen tuotantoa: se mahdollistaa soiden hyödyntämisen niin, että turve säilyy tuotannon perustana, jolloin myös tulevat sukupolvet voivat viljellä näitä alueita. Uusia innovatiivisia ja kestäviä käytäntöjä ovat esimerkiksi turvesammalten viljely turpeen korvikkeena puutarhanviljelyn kasvualustoissa, ruovikoiden käyttö uusiin rakennusmateriaaleihin tai suon biomassan hyödyntäminen energiaksi. Kosteikkoviljely tarjoaa vaihtoehtoja fossiilisille raaka-aineille ilman, että se kilpailee elintarviketuotantoon tarkoitettu maasta. Kosteikkoviljely yhdistää taloudelliset, ekologiset ja sosiaaliset näkökohdat (Behrendt & Neitzke, 2016). Se myös vahvistaa alueellisen arvionluonnin varmistamalla soiden pitkäaikaisen käytön tuotantopaikkoina. Lisäksi se luo vaihtoehtoisia tulonlähteitä, ylläpitää alueellista arvionluontia ja vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Biomassaa voivat hyödyntää alueelliset toimijat ja olemassa oleva infrastruktuuri (toiminnallinen, tekninen ja sosiaalinen). Alueellisten yritysten välinen yhteistyö voi edistää paikallisiin erityispiirteisiin perustuvan identiteetin luomista. Lisäarvoaiikutukset ovat suurimmat materiaalien hyödyntämisessä, joissa yleensä tarvitaan useita käsittelyvaiheita ja jotka voivat näin saavuttaa korkeampia markkinahintoja (Holsten, 2016).

Eri suo- tai suoyhdistymätyypillä on ojitusvaiheen jälkeen erilaiset paikkaolosuhteet (esim. ravinteiden saatavuus), jotka voivat rajata viljelykelpoisten kasvilajien valintaa. Esimerkiksi Saksassa Hochmoor-alueet (ombrogeeniset suot, eli suot jotka saavat vettä lähinnä sateiden kautta) ovat niukkaravinteisia ja sopivat lähinnä rakkasammalviljelyyn, kun taas Niedermoor-alueet

(geogeeniset suot, eli suot jotka saavat vettä myös pohjaveden kautta) ovat ravinteikkaita ja sopivat esimerkiksi eri ruokojen ja osmankäämin viljelyyn (Behrendt & Neitzke, 2016). Suurin ilmastonsuojeluvaihtelu ja pienimmät kasvihuonekaasupäästöt saavutetaan, kun vedenkorkeus on pinnan tasolla.

1.1 Kosteikkoviljelyn ilmastoedut

Kosteikkoviljelyn tavoitteena on hyödyntää turvemaiden turvekerrostumia tuotannon perustana uuden turpeen synnyttämisessä ja siten minimoida kasvihuonekaasupäästöt. Turpeen säilyttämiseksi tarvitaan ympärivuotisesti lähellä pintaa olevia vedenkorkeuksia. Tämä on ratkaisevaa myös ilmastonsuojelun kannalta, jotta kasvihuonekaasupäästöt voidaan minimoida (Jurasinski ym., 2016; Tiemeyer ym., 2020). Viljelytapa, jossa kesän keskimääräiset vedenkorkeudet ovat välillä 10–45 cm maanpinnan alapuolella, ei ole kosteikkoviljelyä, vaan jatkaa turpeen kulutusta. Hiilidioksidipäästöt (CO_2) ja dityppioksidipäästöt (N_2O) voivat olla tällöin suhteellisen korkeat. Mitä korkeampi turvesuon vedenpinta on, sitä pienemmät ovat CO_2 -päästöt. Nostamalla veden lähelle pintaa voidaan siis vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä. Kosteikkoviljelyssä keskitytään turvekerrostuman säilyttämiseen tai jopa kasvattamiseen.

Erilaiset kosteikkoviljelymuodot ja -menetelmät voivat kasvupaikan ominaisuuksien mukaan johtaa erilaisiin kasvupaikan päästöihin. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennyspotentiaali kohteessa vaihtelee siis lähtötilanteen päästöjen ja tavoitellun kosteikkoviljelymuodon mukaan. Luonnontilaisten soiden tapaan myös kosteikkoviljelynä hoidetut suot voivat tuottaa metaanipäästöjä (CH_4) ja vähäisissä määrin hiilidioksidipäästöjä (CO_2). Etenkin ensimmäisinä uudelleenkestutuksen jälkeisinä vuosina, jolloin kasvillisuus sopeutuu uuteen vedenkorkeuteen tai on vakiintunut aktiivisilla toimenpiteillä, CH_4 -päästöt voivat aluksi nousta voimakkaasti (Kaiser & Tanneberger, 2021). Kosteikkoalueiden ilmastovaikutus määräytyy kuitenkin ensisijaisesti hiilidioksidin, ei metaanin perusteella. Metaanin vaikutus kasvihuoneilmiöön on aluksi voimakkaampi kuin hiilidioksilla, mutta se myös häviää suhteellisen nopeasti ilmakehästä. Sen sijaan hiilidioksidia kerääntyy ilmakehään yhä enemmän ja enemmän. Tämän vuoksi soiden ojitusten laajuus ja vettymisen ajoitus ovat ratkaisevia ilmasto-vaikutuksen kannalta. Jotta ilmaston lämpenemisen jatkuminen voidaan hillitä, suot on kostutettava uudelleen mahdollisimman nopeasti (Günther ym., 2020). Kosteikkoviljelyn uusiutuvista raaka-aineista valmistetuilla tuotteilla voidaan saavuttaa jopa kaksi- tai kolminkertainen ilmastonsuojeluvaihtelu (Tanneberger ym., 2020; Nordt & Dahms, 2021; Lahtinen ym., 2022): päästöjen väheneminen tuotantoalueen vedenpinnan nousun ansiosta, hiilen sitominen (pitkäkestoiseen) tuotteeseen ja mahdollisesti fossiilisten raaka-aineiden korvaaminen.

Jos tuotteelle hyvitetäisiin tämä alhainen tai jopa negatiivinen hiilijalanjälki, se voisi johtaa markkinaetuihin ja lisätä kosteikkoviljelyn raaka-aineiden kysyntää. Kosteikkoviljelyllä on siten mahdollista edistää ilmastonsuojelutavoitteiden saavuttamista.

1.2 Kosteikkoviljely Suomessa

Turveltoja on Suomen peltoalasta noin kymmenen prosenttia, mutta nämä 10 % tuottavat noin 60 % koko maatalouden ilmastopäästöistä. Pitkäaikaisen nurmen viljely vähentää päästöjä verrattuna yksivuotisten kasvien viljelyyn ja on yksi turveltojen helppoiten toteutettavissa olevista ilmastotoimista. Pohjaveden pinnan nostaminen turvelloilla on kuitenkin tutkitusti nopein ja tehokkain keino vähentää maatalousmaan ilmastopäästöjä. (Regina, 2021; Jokela, 2023). Tämä pätee pitkälti myös turvetuotannosta vapautuviin soihin. Metsitykselläkin on positiivisia ilmastovaikutuksia, mutta ne syntyvät vasta useamman kymmenen vuoden kuluttua.

Kaiken kaikkiaan ajatus kosteikkoviljelystä on Suomessa vielä verraten lapsenkengissä, mutta sekä turvetuotannon väheneminen että kasvava kriittisyys turveltojen käytöstä perinteisessä maanviljelyssä ovat nostaneet kiinnostusta kosteikkoviljelyyn viimeisen 3–4 vuoden aikana. Luonnonvarakeskuksen tutkijan Hanna Kekkosen mukaan jo vuonna 2021 kaavailtiin kosteikkoviljelymenetelmää käyttöön Suomessa jopa 30 000 peltotehtaan alueelle (Reku, 2021). Suomessa on kokeiltu kosteikkoviljelyssä useampikin lajia, kuten esim. rahkasammalta, leveäosmankäämiä, ruokohelmiä tai energiapajua. Kaikki kosteikkoalueet eivät sovi kaikille lajeille, joten kokonaisuuden kannalta järkevin laji on aina selvitettävä paikkakohtaisesti. Yksi keskeinen asia on lajille sopiva vedenpinnan taso. Esimerkiksi energiapajun viljelyssä vettä ei voi nostaa pintaan asti, jolloin ilmastohyödyt ovat selvästi pienemmät. Myös ravinnevaatimukset vaikuttavat lajin valintaan. Osmankäämi viihtyy rehevässä ympäristössä ja kykenee poistamaan maasta tehokkaasti ravinteita, kun taas rahkasammal kasvaa karuimmissakin olosuhteissa. Kosteikkoviljelyn tulevaisuus Suomessa näyttää lupaavalta, mutta sen laajamittainen käyttöönotto vaatii vielä paljon tutkimusta ja kehitystyötä (Miettinen & Saarnio, 2023; Saarnio & Miettinen, 2023).

1.3 Turbits-hanke

Turbits-hanketta ohjaa Keski-Suomen tarve löytää uusia, kestäviä ja taloudellisesti kannattavia ratkaisuja entisten turvetuotantoalueiden ja muiden turvemaiden, kuten turveltojen, jälkikäyttöön. Turvetuotannon nopea alasajo

on jättänyt jälkeensä laajoja ja edelleen merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavia maa-alueita. Niille etsitään ilmastoviisasta ja taloudellisesti kannattavaa vaihtoehtoista maankäyttöä. Samalla alueen yritykset – erityisesti kasvualusta-, kuivike-, tekstiili- ja biokemikaalisektoreilla – tarvitsevat uusia biopohjaisia raaka-aineita ja biomassavirtoja. Tätä taustaa vasten Turbits-hanke käynnistettiin luomaan tutkimukseen ja pilotointiin perustuvaa tietopohjaa siitä, millaisia kasveja voidaan viljellä kosteissa ja uudelleenkostutetuissa olosuhteissa sekä miten niiden arvoketjuja voidaan rakentaa. Turbits-hanke on Euroopan unionin Oikeudenmukainen siirtymä (JTF) -ohjelman rahoittama ja se toteutettiin 23.10.2023–1.5.2026.

Turbits-hankkeen ensisijaisena tavoitteena on kehittää kokonaiskestävästi ja vastuullisesti biosivuvirtojen kiertotaloutta, orgaanisten arvoaineiden talteenottoa biosivuvirroista sekä löytää uusia Keski-Suomessa viljeltäviä, tuottoisia laajan arvoketjun kasveja ja kehittää niiden viljelyyn liittyviä menetelmiä. Ensimmäisessä työpaketissa käsitellään ja selvitetään kosteikkoviljelyn nykytilannetta niin Suomen kuin kansainvälisestä näkökulmista, yhtenä painopisteenä korjuumenetelmät. Hakemuksen perusteella tarkastelun piiriin tulisi valita yhteensä 2–4 potentiaalista, arvoaineita sisältävää kosteikkokasvilajia, joista yksi on rahkasammal. Tässä selvityksessä keskitytään kolmeen lajiin: Rahkasammalet (*Sphagnum* sp.), Leveäosmankäämi (*Typha latifolia*) sekä Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*).

Kosteikkoviljely ja sen potentiaaliset lajit muodostavat hankkeen työpakettien keskeisen ytimen. Hankkeessa selvitetään sekä nykyisiä että uusia kasvilajeja, jotka kykenevät tuottamaan merkittävää biomassaa korkealla vedenpinnalla, vähentämään turpeen hajoamisesta syntyviä päästöjä ja tarjoamaan teollisuudelle uusia sivuvirtoja ja arvoaineita. Tätä varten Turbits laatii kattavan selvityksen kasvien viljeltävyydestä, satopotentiaalista ja kone- sekä korjuuteknologian vaatimuksista Keski-Suomen olosuhteissa ja arvioi niiden soveltuvuutta esim. biomassan, kuitumateriaalien, kasvualustojen ja korkean jalostusasteen raaka-aineiden lähteiksi.

Kosteikkoviljelyselvitys toimii siten Turbits-hankkeen perustana: se määrittää, mille kasvilajeille, viljelymenetelmille ja teknologioille tulevaisuuden koikeilut kannattaa kohdentaa. Selvitys vastaa hankkeen alkuvaiheen kriittisiin tiedontarpeisiin: millaisia lajeja kannattaa testata ja millaisissa olosuhteissa. Samalla se tukee hankkeen laajempaa tavoitetta rakentaa uusia arvoketjuja, joissa kasvien biomassan lisäksi hyödynnetään myös niiden sisältämiä arvoaineita ja sivuvirtoja. Näin hankkeessa yhdistyvät ilmastovaikutusten pienentäminen, uusi liiketoimintapotentiaali ja Keski-Suomen biokierron vahvistaminen.

Tällä selvityksellä Turbits-hanke antaa kokonaisuutena perustellun näkymän siihen, miten kosteikkoviljely voi muodostua uudeksi, kestäväksi maankäyttömuodoksi entisillä turvemailla ja miten valitut kasvilajit voivat palvella sekä alueellisia ilmasto-, elinkeinotalous- että kiertotaloustavoitteita. Selvityksen tekeminen on siten tärkeä vaihe, joka mahdollistaa myöhemmät pilotit, arvoketjusuunnittelun ja uuden yritystoiminnan syntyminen.

2 Tärkeimmät kosteikkoviljelyyn soveltuvat lajit

2.1 Rahkasammalet

Rahkasammalet muodostavat suuren, noin 380 lajia käsittävän sammalheimon (The Plant List, 2016), ja se on tärkein turvetta tuottava organismi luonnonvaraisilla soilla (Gorham, 1957). Rahkasammal voi sitoa vettä jopa 16–26 kertaa oman kuivapainonsa verran, ja se hajoaa hyvin hitaasti vettymisen, hapenpuutteen, korkean happamuuden ja ravinteiden puutteen vuoksi. Lopulta se muodostaa pääosan turpeeksi kutsutusta orgaanisesta pintakerroksesta, joka on tyypillistä lauhkean, boreaalisen ja subarktisen alueen soille (Bold 1967, s. 225). Rahkasammalla on ainutlaatuisia fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, jotka ovat verrattavissa valkoturpeeseen, minkä vuoksi niitä arvostetaan yhä enemmän kasvihuone- ja puutarhanviljelyssä käytettävien kasvualustojen ainesosana (Emmel 2008; Wichmann ym., 2017). Ne ovat potentiaalinen ehdokas vähentämään kasvualustojen turveriippuvuutta puutarhanviljelyssä (Gaudig ym., 2014). Caron & Rochefort (2013) pitävät rahkasammalen välttämättömänä raaka-aineena monenlaisissa puutarhatuotteissa ja korostavat, että kysyntä kasvaa huolimatta muiden turvevaihtoehtojen saatavuuden ja tarjonnan lisääntymisestä. Lisäksi Gaudig ja muut (2018) havaitsivat, että jopa 50 prosentin osuus rahkasammalbiomassasta (tilavuudesta) ei aiheuta ongelmia useimmille kasvualustoille. Lisäksi rahkasammalet sisältävät arvokkaita, biologisesti aktiivisia aineita, kuten estereitä, fenolisia yhdisteitä ja polysakkarideja (Tetemadze ym., 2018), joita voi mahdollisesti hyödyntää sivuvirtojen arvoketuissa. Rahkasammalviljelyä ja -korjuuta pidetään myös yhtenä turvepohjien ja -peltojen jälkikäyttömuotona sekä potentiaalisena turvetuotantoa korvaavana liiketoimintana ja elinkeinomuotona.

Rahkasammalen viljely- ja korjuutoimet voidaan jakaa kolmeen ryhmään (Gaudig ym., 2018).

- **Ennallistaminen:** Rahkasammal-kasvillisuuden ennallistaminen ojitetuilla turvemailla (entisillä turvetuotantoalueilla, turvepelloilla) ilman korjuuaikomuksia, esimerkiksi hiilen sitomiseksi ja/tai luonnonsuojelun edistämiseksi (esim. González & Rochefort 2014; Clarkson ym., 2017; Karofeld ym., 2016).

- **Biomassan korjuu:** Luonnonvaraisen rahkasammalen korjuu joko manuaalisesti tai mekaanisesti suurelta osin hoitamattomista, luonnonvaraisista populaatioista. Manuaalista korjuuta tehdään esimerkiksi Chilessä (Díaz & Silva, 2012), Australiassa (esim. Buxton ym., 1996) ja mekaanista korjuuta Suomessa (Silvan ym., 2012.).
- **Viljely:** Kosteikkoviljely on rahkasammalbiomassan aktiivista hoitoa ja viljelyä korjuuta varten. Alun perin biomassa oli tarkoitettu käytettäväksi luovutusmateriaalina ennallistamishankkeissa (Money, 1994), mutta nykyisin sitä käytetään yhä useammin esim. kasvualustojen tai kuivikkeiden raaka-aineena. Rahkasammalen aktiivista viljelyä harjoitetaan yleensä entisillä turvetuotantoalueilla tai turvepelloilla. Rahkasammalta voidaan kuitenkin viljellä menestyksekkäästi myös kivennäismailla, esimerkiksi entisillä riisipeltoalueilla Etelä-Kiinassa (Ludwig, 2019).

Rahkasammalen viljelyn taloudellinen vaikutus voi olla merkittävä, mutta se edellyttää selkeää tuotantoprosessiketjun laajentamista (*upscaling*) teollisuuden tarpeisiin sopivaksi, mukaan lukien sen kaupallistaminen ja taloudellinen optimointi. Wichmann ja muut (2017) totesivat katsauksessaan, että rahkasammalviljelylaitosten perustamisen investointikustannukset Pohjois-Saksassa ovat hyvin korkeat erityisesti perustajamateriaalin osalta, mutta he korostavat myös, että kustannusten vähentämisessä ja minimoimisessa on suuria mahdollisuuksia.

2.1.1 Rahkasammalviljely Pohjois-Saksassa

Rahkasammalen viljelyä on kokeiltu ja tutkittu Pohjois-Saksassa jo 2000-luvun alusta lähtien (Gaudig, 2019), ja sitä harjoitetaan uudelleen kostutetuilla keidassuoalueilla, joita on aiemmin käytetty esimerkiksi turvepeltona tai joilla on ollut turvetuotantoa (Gaudig ym., 2014). Rahkasammalviljelyllä pyritään edistämään turvepeltojen ja entisten turvetuotantoalueiden kestäväää jälkikäyttöä sekä tarjoamaan kasvualustateollisuudelle turpeen korvaavaa biomassaa, sillä rahkasammalbiomassa on laadukas raaka-aine puutarhanviljelyn kasvualustojen tuotantoon. Esimerkiksi Saksan kasvualustateollisuudessa käytettävän valkoturpeen korvaamiseksi turvesammalella tarvittaisiin noin 40 000 hehtaarin tuotantopinta-ala (LM M-V, 2017).

Turvepelloilla poistetaan ensin pilaantunut, lannoitettu ja kalkittu pintamaa. Poistettu materiaali käytetään korjuussa ajokaistoina käytettävien harjujen muodostamiseen. Entisillä turvetuotantoalueilla tämä vaihe rajoittuu tasoitta-

miseen ja on siksi kustannustehokkaampaa. Kun alue on tasoitettu, luodaan säädettävä ojajärjestelmä, johon kuuluvat kastelukourut, sisääntulot, ylivuodot ja pumput. Kastelukourujen/ojien välit riippuvat turpeen vedenläpäisevyydestä (noin 5–15 m). Vesienhallinnan investointikustannukset voivat vaihdella suuresti, ja ne muodostavat siemenkustannusten jälkeen suurimman kustannuserän asennuksessa (Wichmann ym., 2017).

Silputtua rahkasammalta käytetään siemenenä, josta kasvaa uusia rahkasammaleita. Tähän mennessä siemenet on kerätty alueellisista luonnontilaisista kasvustoista. Tulevaisuudessa siemeniä voidaan saada rahkasammalten viljelyalueilta. Tätä kokeiltiin ensimmäisen kerran heinäkuussa 2016 Hankausen koealueella (Ala-Saksissa), jolloin viljelyala kasvoi 14 hehtaariin. Geneerinen tai kasvullinen lisäys ja esikasvatus on mahdollista myös kasvihuoneissa tai avomaalla. Steriili lisäys bioreaktoreissa tarjoaa mahdollisuuden saada puhdasta siementä erityisen tuottavista lajeista (Beike ym., 2015).

Kun alue on valmisteltu, rahkasammalten palaset levitetään tasaisesti esimerkiksi rinnekoneeseen asennetulla lannanlevittimellä. Jos vedensaintia ei ole riittävästi varmistettu, sammalpalaset kannattaa peittää oljilla niiden kuivumisen estämiseksi (Quinty & Rochefort, 2003). Suljetun rahkasammalviljelyn nopean perustamisen edellytyksenä on, että maanpinnan vedenpinta pysyy vakaana. Noin 1,5 vuoden kuluttua rahkasammalviljelyala on vakiintunut (Gaudig ym., 2014).

Ruotsin maatalousyliopiston SLU:n tutkija Jordan (henkilökohtainen tiedonanto, 30.8.2019) onnistui perustamaan rahkasammalviljelyalan Uppsalan lähellä yhden kasvukauden aikana, mikä mahdollisti sadonkorjuun jo ensimmäisen kasvukauden jälkeen.

Rahkasammalten hyvä kasvu edellyttää tasapainoista vedenkorkeutta noin 2–10 cm rahkasammalsammalpäiden alapuolella. Ylikastelua on vältettävä, samoin kuin suuria ravinnelisiä, sillä ne edistävät putkilokasvien kasvua (Limpens ym., 2003). Säännöllinen niitto kasvukauden aikana on tarpeen putkilokasvien valta-aseman estämiseksi ja niiden populaation sääntelemiseksi. Kastelu- ja viemärointilaitteita on huollettava säännöllisesti (esim. ylivuodot, ojien puhdistus).

Rahkasammalkasvustot ovat pysyviä viljelykasveja, ja niitä voidaan todennäköisesti käyttää 20–30 vuoden ajan niiden suuren uusiutumispotentiaalin ansiosta. Toistaiseksi ei ole kokemusta siitä, milloin uusi istutus on tarpeen.

Saksassa sadonkorjuu on mahdollista ympäri vuoden 3–5 vuoden välein (Gaudig ym., 2014). Sadonkorjuuta on kokeiltu tienpenkereeltä kaivinkoneella, joka poimii turvesammalbiomassan niittokorilla ja lastaa sen kuljetusajoneuvoon. Korjuun yhteydessä turvesammalet katkaistaan ja alueelle jäävät turvesammalvarret jatkavat kasvuaan. Ensimmäisen kerran maailmassa korjattiin

laajamittaisesti koneellisesti viljeltyjä turvesammalia heinäkuussa 2016, jolloin kustannukset voitiin ensimmäistä kertaa laskea kokonaisuudessaan. Kaikkia kannattavuuslaskentaan tarvittavia tietoja ei kuitenkaan ole vielä analysoitu. Lisätietoja korjuumenetelmistä ja -teknologioista kohdassa 3.2.

Kasvuturve on tällä hetkellä tärkein puutarhanviljelyalustojen ja ruukku-mullan raaka-aine, jonka vuotuinen kulutus Saksassa on noin 8 miljoonaa kuutiometriä (Industrieverband Garten [IVG], 2014). Turpeen niukkuus ja turpeen käytöstä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt edellyttävät vaihtoehtojen löytämistä. Turvesammalbiomassa vastaa fyysikaalisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan lievästi hajonnutta rahkaturvetta (ns. valkoturve) ja tarjoaa mahdollisuuden korvata turvetta merkittävästi kasvualustan raaka-aineena (Gaudig ym., 2014). Muita potentiaalisia käyttökohteita ovat muun muassa käyttö rakennusmateriaalina, sidosmateriaalina, hygieniatuotteissa sekä kuljetus- ja pakkausmateriaalina.

Toiminnan laajentaminen ja taloudellinen optimointi skaalaedun saavuttamiseksi ovat toistaiseksi ylivoimaisesti suurin este rahkasammalviljelyn menestykselle pitkällä aikavälillä. Turvetta korvaavien biomassojen, kuten rahkasammaleen sekä taloudellisesti kannattavien turvepohjien jälkikäyttömuotojen tarve kasvavat kuitenkin jatkuvasti. Rahkasammalviljely ja -korjuu voivat siis tulevaisuudessa olla keino turvata sekä tarvittavien resurssien saatavuus että turvetuotanto- että kasvualustayritysten tulevaisuus, jotka usein ovat perinteisiä perheyrityksiä (Kling & Jordan, 2019). Rahkasammalviljely voi myös avata uusia liiketoimintamahdollisuuksia maanviljelijöille ja maanomistajille.

2.1.2 Rahkasammalviljely ja -tutkimusta Suomessa

Vuosina 2007–2014 MTT:n, Metlan ja Vapo Oy:n yhteishankkeessa kehitettiin rahkasammalbiomassaan perustuvia kasvualustoja kasvihuonetuotantoon. Tutkimuksissa rahkasammal osoittautui käyttökelpoiseksi kasvualustaksi, jolla oli myös sienitauteja ehkäiseviä ominaisuuksia. Vuonna 2014 julkais-tussa Luonnonvarakeskuksen raportissa todetaan, että rahkasammat ovat maailman yleisin suokasvilajiryhmä ja niitä voidaan käyttää muun muassa kasvualustoina, bioaktiivisten yhdisteiden lähteenä sekä antimikrobisina eriste- ja pakkaustuotteina (Näkkilä ym., 2014). Raportti korostaa rahkasammalten potentiaalia uusiutuvina kasvualustoina, jotka voivat korvata hitaasti uusiutu-vaa vaaleaa kasvuturvetta kasvihuonekasvatuksessa. Lisäksi rahkasammalista voidaan eristää bioaktiivisia yhdisteitä, joita voidaan hyödyntää kemian- ja lääketieteellisyydessä. Rakennus- ja elintarviketeollisuudessa rahkasammalia voidaan käyttää antimikrobisiin eriste- ja pakkaustuotteisiin. Luonnonvarakeskus tarjoaa monipuolisia tutkimus- ja selvityspalveluja rahkasammalbiomassan

korjuusta, uusiutuvuudesta, korjuun ympäristövaikutusten arvioimisesta sekä hyödyntämisestä. Näihin palveluihin kuuluvat muun muassa kasvatus- ja idätykskoheet, suon soveltuvuuden arviointi rahkasammalbiomassan korjuuseen, ympäristövaikutusselvitykset, uusiutuvuusselvitykset sekä bioaktiivisuustestaukset. Luonnonvarakeskus korostaa luonnonperäisen rahkasammalten korjuun ympäristövaikutusten arviointia ja korjuun kestävyyttä. Esimerkiksi luonnonperäisen rahkasammalten korjuu voi lisätä ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoutumista vesistöön, joten vesistökuormituksen vähentäminen edellyttää huolellista suunnittelua ja valuma-alueen kokonaisvaltaista hallintaa (Laine-Petäjäkangas ym., 2024).

Laajamittaisempaan rahkasammalten viljelyyn alettiin kiinnittää huomiota kuitenkin vasta 2020-luvulla, kun uhka polttoturvetuotannon asteittaisesta alasajosta alkoi toteutua Suomessa (Pohjolainen, 2020). Päätöksiä turvetuotannon lopettamisesta oli tehty jo ennen sitä Irlannissa (Government of Ireland, 2025), ja Saksassakin (Federal Ministry of Food and Agriculture [BMEL], 2022) asteittainen turvetuotannon alasajo oli jo edennyt käytännön tasolle. Turvetuotannon alasajo on haastavaa niin turveyrittäjille kuin kasvualustateollisuudelle sekä kasvualustoihin perustuvalle ruoantuotannolle. Turve on yleisesti katsottuna laadultaan ja saatavuudeltaan paras, yleisin ja silti edullisin kasvualustan raaka-aine. Kasvualustojen globaalin kysynnän odotetaan nelinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä (Blok ym., 2021). Rahkasammal on erittäin potentiaalinen korvaaja kasvuturpeelle, sillä sen ominaisuudet kasvualustamateriaalina ovat lähes turvetta vastaavat. Rahkasammalesta valmistetut kasvualustat ovat ominaisuuksiltaan samoja tai parempia kuin muut tunnetut, turpeettomat kasvualustat. Sammalten vedenpidätys ja kasvien juurille välttämättömän ilmatila ovat parhaita mahdollisia niin ammatti- kuin harrastekäytössä (Tahvonen, 2023). Rahkasammalten käyttö kasvualustana voi olla ilmaston ja luonnon monimuotoisuuden kannalta kestävä ratkaisu. Kestävä käyttö edellyttää vedenpinnan sääntelyä ja rahkasammalten uudistumisen varmistamista korjuualueilla (Laine-Petäjäkangas ym., 2024).

Neova Group on aloittanut rahkasammaleen viljelykokeilun entisellä turvetuotantoalueella Peräseinäjoen Haukinevalla. Kokeilussa rahkasammalta kylvettiin noin kahdeksan hehtaarin alueelle talvella ja syksyllä 2022. Viljelyalueen tasaisuutta, sopivan paksuista turvekerrosta ja kosteusolosuhteiden järjestelymahdollisuutta pidetään tärkeinä tekijöinä onnistuneelle viljelylle (Erkkilä & Niura, 2023).

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK), Luonnonvarakeskuksen (Luke), Suomen ympäristökeskuksen (Syke) ja Itä-Suomen yliopiston yhteishanke RahKoo (2022–2024) arvioi rahkasammalten korjuun, viljelyn ja käytön kokonaiskestävyyttä. Hankkeen tavoitteena oli selvittää rahkasammalten korjuun

ja kasvatuksen kokonaiskestävyys, mukaan lukien ilmasto-, talous-, monimuotoisuus- ja vesistövaikutukset (Laine-Petäjäkangas ym., 2024). Tulokset osoittivat, että rahkasammalen viljely kosteissa olosuhteissa voi olla hiilinegatiivista ja ilmastolle suotuisaa, kunhan uusiutuminen varmistetaan (GTK, 2025). Kuivilla alueilla ilman uusiutumistoimia vaikutukset voivat olla jopa turvetta haitallisempia. Hanke tuotti loppuraportin ja useita julkaisuja, muun muassa *Journal of Environmental Management* -lehdessä (Karjalainen ym., 2025).

John Nurmisen Säätiön ja Luonnonperintösäätiön Suokeidas-hanke (2023–) keskittyy entisten turvetuotantoalueiden ennallistamiseen rahkasammalen siirtoistutuksella. Ranuan Karsikkosuolla tehtiin kesällä 2025 siirtoistutus, jossa paikallista rahkasammalta levitettiin kosteille alueille. Tavoitteena on palauttaa suoluonto, lisätä hiilensidontaa ja vähentää vesistökuormitusta (John Nurmisen Säätiö, 2025). Hanke on JTF-rahoitteinen ja tukee EU:n ennallistamisasetuksen tavoitteita.

Itä-Suomen yliopiston vetämä Kasvua sammaleesta eli SAMPO-hanke kehittää rahkasammalten ekologisesti kestävästä viljelystä entisillä turvetuotantoalueilla Pohjois-Karjalassa. Tavoitteena on korvata kasvuturve uusiutuvalla sammalbiomassalla ja luoda uutta liiketoimintaa turvetuotannon väistyessä (Itä-Suomen yliopisto, ei pvm.). Hankkeessa pilotoidaan viljelymenetelmiä Kontiolahden Kyyrönsuolla, johon on perustettu kosteikkoviljelykenttä. Ensimmäisen kasvukauden aikana saavutettiin kattava rahkasammalpeite, ja kokeissa tutkitaan muun muassa biohiilen vaikutusta kasvuun (Päivinen, 2024). Hanke hyödyntää myös kaukokartoitusta ja paikkatietoanalyysejä sopivien viljelyalueiden tunnistamiseen (Itä-Suomen yliopisto, ei pvm.; Tahvanainen & Lehikoinen, 2024). Hanke ei kuitenkaan pilotoi rahkasammalten mekaanista korjuuta. Sekä Suokeidas- että SAMPO-hankkeet on osa EU:n Oikeudenmukaisen siirtymän rahaston (JTF) rahoittamaa siirtymää kohti ilmastokestävää maankäyttöä (Tahvanainen & Lehikoinen, 2024).

Viljelyteknisesti rahkasammal voidaan kylvää levittämällä se ohueksi kerrokseksi viljelyalueelle traktorin vetämällä levityslaitteella. Viljelyalue suojataan esimerkiksi oljella, jotta rahkasammal saisi hyvät kasvuolosuhteet (Erkkilä & Niura, 2023). Korjuutekniikoissa rahkasammalta leikataan noin 15-25 cm kerros pinnasta, jolloin sammaleen kasvu jatkuu korjuun jälkeen. Korjuu voidaan Kerttulan (2020) mukaan toistaa 15-30 vuoden välein. Viljelyalueella valmiina olleisiin sarkaojiin on hyvä asentaa säädettäviä putkipatoja, joiden avulla vesitaso on mahdollista säätää halutulle korkeudelle (Erkkilä & Niura, 2023).

2.1.3 Rahkasammalviljely Kanadassa

Kanadassa rahkasammalviljelyä alettiin kehittää jo 1990-luvulla, pitkälti turvetuotantoalueiden ennallistamista eikä jatkuvaa biomassan korjuuta varten. Kanadassa soilta nostetaan ainoastaan valkoturve kasvualustoja varten, jolloin suon turvepohja jää selvästi paksummaksi kuin esimerkiksi Suomessa, jossa on nostettu mustaa polttoturvetta lähes suonpohjan asti. Voidaankin sanoa, että ajatus turvetuotantoalueiden muuntamisesta takaisin ilmastoviisaaksi maankäytöksi valkoturvetuotannon loputtua sai alkunsa kanadalaisista tutkimuksista, joissa annettiin ohjeita näiden tuotantoalueiden ennallistamiseksi ja luonnontilaisiksi muuttamiseksi (mm. Quinty & Rochefort, 2003). Ennallistamisprosessin aikana rahkasammalta kerätään uudelta tulevalta turvetuotantoalueelta ja levitetään tiheästi uudelleenkostutetulle hakkuualueelle. Kuivumisesta tai jäätymisestä johtuvien tappioiden välttämiseksi kylvetyt rahkasammalet peitetään oljilla ensimmäisen vuoden ajan, jotta kasvu voi vakiintua. Menetelmä on osoittautunut onnistuneeksi, ja yli kymmenen vuotta kestäneen kasvihuonekaasujen dynamiikan seurannan viimeaikaiset tulokset ovat osoittaneet, että ennallistetut suot muuttuvat hiililähteistä hiilinieluiksi jopa kymmenessä vuodessa (Roulet, 2019). Koska näin viljeltyä rahkasammalta ei ole tarkoitus korjata, korjuumenetelmiä ei ole kehitetty.

2.2 Osmankäämi

Osmankäämi kuuluu osmankäämien (Typhaceae) sukuun, makeanheinäkasvien (Poales) heimoon. Se on monivuotinen ja maailmanlaajuisesti levinnyt vesi- ja suokasvi, joka muodostaa vahvan juurakon ja 2,5–4 metriä korkean, usein monodominanttisen ja tiheän kasvuston. Osmankäämi tarvitsee pysyvää vettä maanpinnalla tai sen yläpuolella, mutta sietää myös pitkäaikaisia tulvia sekä suolaista ja murtovettä. Varsi kasvaa pystyyn ja siinä on vuorottelevat lehdet. Tyypillinen piirre on kukinto, joka koostuu silmiinpistävästä nupusta (naaraskukat) ja sen yläpuolella olevasta vähemmän silmiinpistävästä osittaisesta kukinnosta (uroskukat).

Osmankäämi lisääntyy sekä suvullisesti siementen välityksellä että vegetatiivisesti (Heinz 2011; Oehmke & Abel, 2016, Schröder ym., 2019). Keski- ja Pohjois-Euroopassa ovat kotoperäisiä leveäosmankäämi (*Typha latifolia*), kapeaosmankäämi (*Typha angustifolia*) ja niiden risteymä (*Typha x glauca*). Leveäosmankäämi on yleisempi. Osmankäämi todennäköisesti säilyttää turpeen, mutta ei itse muodosta turvetta (Heinz 2011; Oehmke & Abel, 2016).

Näiden satoisien kasvien tuottoon vaikuttavat monet tekijät. Sadonkorjuun ajankohdan lisäksi vedenkorkeudella ja ravinteiden saatavuudella on tärkeä merkitys. Vuoden sadoksi ilmoitetaan 4,3–22,1 tonnia kuivamassaa hehtaarilta. Ihanteellisissa olosuhteissa sato voidaan korjata kaksi kertaa vuodessa. Tarvitaan ravinteikkaita ja kosteita kasvupaikkoja, jolloin erityisesti typen saatavuus voi olla rajoittava tekijä. Alhaisilla pH-arvoilla (< 4) on myös kielteinen vaikutus biomassan kasvuun (Geurts & Fritz, 2018; Oehmke & Abel, 2016).

2.2.1 Osmankäämin viljely ja käyttö Saksassa

Rahkasammalen tavoin osmankäämiviljely- ja käyttökokeita on tehty Pohjois-Saksassa jo 2000-luvulta alkaen. Tarkoituksena oli tutkia ja pilotoida entisten turvepeltojen sekä turvetuotantoalueiden vaihtoehtoista, hiilitaseen kannalta kestävämpää käyttöä (LM M-V, 2017). Degradoituneet, uudelleen kostutetut suot, joissa on runsaasti ravinteita, soveltuvat erityisen hyvin osmankäämin viljelyyn. Kastelu ravinteikkaalla pintavedellä on suositeltavaa. Ihannetapauksessa osmankäämiviljelmät olisi perustettava ravinnepäästöjen saastuttamien vesien varrelle. Osmankäämin viljelmät voidaan perustaa joko istuttamalla siemenistä kasvatettuja taimia tai kylvämällä suoraan alueelle. Osmankäämiviljelmän perustamista varten voidaan hankkia siemeniä luonnollisista kasvustoista, jotka ovat ravinteiden saatavuuden ja vedenkorkeuden suhteen samanlaisia kuin viljelyalue. Yhdessä pähkylässä on yli 100 000 siementä, ja yli 80 prosenttia siemenistä voi itää (Heinz, 2011).

Greifswaldin yliopistossa tehdyssä kokeessa osmankäämin siemenet kylvettiin kasvihuoneessa ja taimet istutettiin neljälle koealueelle. Saksassa Donaumoosissa ja Alankomaissa tehdyt kokeet osoittavat, että istutettu populaatio voi vakiintua hyvinkin luotettavasti ja nopeasti. Suorakylvö on kustannustehokkaampaa, mutta mekaanisesta istutuksesta tai suorakylvöstä ei toistaiseksi ole kuitenkaan paljon kokemusta. Itämisolosuhteet ovat kylvölle ihanteelliset, kun vedenpinnan korkeus on juuri maanpinnan yläpuolella tai muutama senttimetri sen yli ja kilpailevat putkilokasvit on poistettu. Jos alueen itämisvaiheen olosuhteet ovat nämä, suositellaan kylvöä touko-heinäkuussa (Oehmke & Abel, 2016). Kasvuston aukoissa voidaan istuttaa esikasvatettuja taimia. Nopean vegetatiivisen kasvun vuoksi riittää istutustiheys, joka on alle 1 kasvi neliömetriä kohti. Versojen määrä voi kasvaa 30-kertaiseksi ensimmäisen vuoden aikana (Heinz, 2011). Tasaisen vedenkorkeuden saavuttamiseksi alueen korkeuserojen tulisi olla mahdollisimman pieniä (≤ 20 cm). Tasainen vedenkorkeus voidaan saavuttaa jakamalla alue osa-alueisiin, joiden vedenkorkeuksia voidaan säätää toisistaan riippumatta. Osa-alueet eivät saisi olla liian suuria (<10 ha). Osmankäämi saavuttaa hyvän kasvutuloksen 0–40

cm:n vedenkorkeudella (Pfadenhauer & Wild, 2001). Kastelu ravinnepitoisen valuma-alueen vedellä voi edistää kasvua, mutta se ei ole ehdottoman välttämätöntä, jos pintamaassa on riittävästi ravinteita. Varsinkin kun vedenpinta on korkealla, kilpailevia kasveja ei ole paljon. Reunat ovat kuitenkin suositeltavaa näyttää säännöllisesti kesällä, jotta esimerkiksi ruo'ot eivät pääse siirtymään viljelyalueelle.

Pitkäaikaisia kokemuksia osmankäämin viljelystä ei vielä ole juurikaan saatavilla. On kuitenkin oletettavaa, että kasvustoja voidaan käyttää monivuotisia viljelykasvina vähintään 10 vuotta (Schätzl ym., 2006). Jos tuottavuus heikkenee sen aikana esimerkiksi ravinteiden huuhtoutumisen vuoksi, viljely voidaan muuttaa ruovikkoviljelmäksi. Siirtymäkauden aikana biomassaa on mahdollista hyödyntää energiaksi. Tästä ei kuitenkaan ole vielä kokemuksia. Jos kasvusto saa riittävästi ravinnepitoista vettä, voidaan odottaa pysyvää satoa. Sadonkorjuu voidaan aloittaa ensimmäisenä vuonna perustamisen jälkeen, ja täyttää satoa voidaan odottaa toisena tai kolmantena vuonna (Pfadenhauer & Wild, 2001). Luonnonmukaiset osmankäämikannat ovat erittäin tuottavia, ja voidaan olettaa, että kohdennettu viljely maatilamittakaavassa on mahdollista.

Jos biomassaa hyödynnetään raaka-aineena, se korjataan syksyllä tai talvella. Aikaisempia korjuuajankohtia suositellaan silloin, kun biomassaa suunnitellaan käytettäväksi rehuna, biokaasulaitoksissa tai ravinteiden talteenottoa varten. Korjuu vaatii korkean vedenpinnan vuoksi erikoistekniikkaa. Riippuen aiotusta käyttötarkoituksesta, akanat tai koko kasvi voidaan korjata kimppeina. Ruokohelven niittotekniikkaa voidaan mukauttaa osmankäämin korjuuseen (Pfadenhauer & Wild, 2001). Osmankäämin korjuusta lisää osiossa 4.3.

Osmankäämin viljelemisestä operatiivisessa mittakaavassa on vielä verrattain vähän tietoa. 2000-luvun alussa sitä koeviljeltiin 6,2 hehtaarilla Donau-moosissa Pohjois-Saksassa (Pfadenhauer & Wild, 2001). Koekasvatuskokeita varten korjattiin osmankäämejä Saksassa spontaanisti syntyneiltä alueilta. Alueelliseen soidensuojeluohjelmaan liittyvää osmankäämin viljelyä on koekeltu Saksassa (Mecklenburg-Vorpommern) ja Alankomaissa. Manitobassa (Kanada) korjataan osmankäämikasvustoja Winnipeg-järven valuma-alueella ravinteiden (erityisesti typpi ja fosfori) vähentämiseksi ja samalla biomassan hyödyntämiseksi teollisiin tarkoituksiin (Cicek ym., 2006; Grosshans, 2014).

Osmankäämin ei ole vielä tunnustettu EU:ssa maatalouskasviksi, eikä se siten ole oikeutettu maataloustukiin. Kuten ruovikoiden myös osmankäämin tunnustaminen maatalouskasviksi mahdollistaisi perustettujen osmankäämin kasvustojen erottamisen luonnontilaisista kasvustoista. Tämä edistäisi kaupallisen viljelyn edellyttämää suunnitteluvarmuutta. Kokemusta osmankäämin viljelyominaisuuksista ja pitkän aikavälin hyödyistä on toistaiseksi kertynyt niukasti. Mikäli vakiintuneet osmankäämilajit tunnustetaan maatalousmaaksi,

investointituki osmankäämiviljelmien perustamiseen olisi periaatteessa mahdollista. Tutkimuksissa ja kokeiluhankkeissa todistetut ekologiset saavutukset voidaan myöhemmin hyvyttää käyttöön otettavalla ilmastonsuojelupalkkiolla.

Osmankäämin biomassaa voidaan hyödyntää monin tavoin. Kasvikudoksen monien ilmatäytteisten kammioiden ansiosta maanpäällinen biomassa tarjoaa parhaat edellytykset käytettäväksi esimerkiksi puhallettavana eristysmateriaalina tai eristyslevynä (Oehmke & Abel, 2016). Hedelmien varsien kuituja ja lenninhaivenia voidaan käyttää täyteaineena. Myös energiakäyttö on mahdollista (poltto, biokaasu jne.). Osmankäämibiomassan lämpöarvo (briketteinä, pelletteinä tai paaleina) on 18,2 MJ kg⁻¹ ja tuhkapitoisuus 3,7–6,7 % (Cicek ym., 2006; Dubbe ym., 1988). Osmankäämin biomassan käyttöä rehuna on myös kokeiltu. Taulukko 1 esittää leveäosmankäämin teolliset sovellukset Saksassa.

Osmankäämin säilö- ja väkirehukokeita tehtiin lypsylehmillä onnistuneesti Alankomaissa vuosina 2017/2018 (Pijlmann ym., 2019). Ensimmäiset kokeet osoittivat kuitenkin selvästi, että osmankäämin rehuarvo on alhaisempi kuin nurmen. Lehmät myös suosivat nurmisäilörehua osmankäämisäilörehun sijaan, ja osmankäämi siiloaminen on vaikeampaa kuin nurmen. Lehmät hyväksyivät tuoreet ja nuoret osmankääminkasvit helpommin kuin säilötty osmankäämit. Osmankäämin seleenipitoisuus on korkea, mikä tarkoittaa, että seleenin lisäannostelu ei ole tarpeen tai sitä voidaan vähentää. Lypsylehmien ruokkiminen tuoreella osmankäämillä johti 8–10 prosentin vähenemiseen maidontuotannossa. Tämä voidaan korvata lisäämällä väkirehun määrää. Näin ollen osmankäämi ei ole optimaalinen rehu varsinkaan korkeaan maidontuotantoon jalostetuille naudoille. Osmankäämirehun etuna on, että se vähentää maidon hiilijalanjälkeä verrattuna turvepelloilta peräsin olevaan nurmirehuun.

Periaatteessa kosteikkokasveista, kuten osmankäämistä, järviruo'osta, ruokohelvestä ja saroista peräisin oleva biomassa voi tuottaa samanlaisia biokaasumääriä kuin ruohosäilörehu märkäkäymisessä. Varhainen korjuu on tässä keskeistä (Dragoni ym., 2017; Hartung ym., 2020). Aiemmat tutkimukset puutarhakokeissa osoittavat kosteikkokasvien biomassan metaanituoton olevan keskitasolla. Eri kasvilajien välillä on kuitenkin joitain merkittäviä eroja. Keskimääräinen metaanituotto kolmella lannoitusohjelmalla kasvatetulle osmankäämillä oli 222 (+/- 24) L kgVS⁻¹ (VS = haihtuvat kiintoaineet) (Eller ym., 2020). Biokaasun tuotto kuitenkin pienenee kasvin iän myötä, kun vaikeasti tai mahdottomaksi fermentoitavan biomassan (esim. ligniini) osuus kasvaa (Czubaszek ym., 2021). Kokemukset biokaasun tuotannosta osmankäämillä ja muilla kosteikkokasveilla perustuvat lähinnä teknisiin tutkimuksiin. Nordt ja muut (2022) totesivat, että biokaasun tuotanto biomassalla kosteikkokasveista on toistaiseksi kyseenalaista erityisesti taloudellisesti ajateltuna.

Taulukko 1. Leveäosmankäämin teolliset sovellukset Saksassa (Nordt ym., 2022).
Vihreä: korkea potentiaali. Keltainen: rajoitettu potentiaali

Tuote/Tuoteryhmä	Korjuuaika	Sovellus	Markkinavalmius/Edut
Rehu (maitokarja)	Kesä	Rehu	Pienentää maidon hiilijalanjälkeä (verrattuna turvepellolla tuotettuun nurmea)
Biokaasu/märkä-fermentaatio	Kesä	Biokaasu, sähkö, lämpö	Ollut lähinnä TKI-kokeilussa
Levymateriaali/vaneri	Syksy-talvi	Rakennus- ja eristelevyt	Onnistuneesti testattu, raaka-aineen puute
Puhallettava eriste	Syksy-talvi	Eriste-materiaali	Testattu prototyypeille, raaka-aineen puute
Selluloosa-vahtolevyt	Loppu-kesä-syksy	Eriste-materiaali	Prototyyppi laboratorio-olosuhteissa, ei tuotteistettu
HDF-levyt	Kesä-talvi	Huonekalut, erilaiset vanerityypit	Prototyyppitasolla
TyphaBoard		Rakenteelliset ja eristävät seinä-elementit	
Kasvualustan ainesosa	Syksy-talvi	Kasvualustat	Jonkin verran testattu, turvekorvike

Kosteikkokasvien biomassan materiaalin hyödyntäminen rakennus-, eristys- ja muina materiaaleina tarjoaa suuren käyttöpotentiaalin ja keskisuuria tai suuria tuloja lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä (Nordt ym., 2022).

Osmankäämin rakenteellisia kasviominaisuuksia hyödynnetään erityisesti rakennus- ja eristystuotteissa. Tuotteen laatuun vaikutetaan jo perustamisvaiheessa, viljelyn aikaisella hoidolla ja oikealla korjuuajastuksella. Tunnetuimpia tuotteita ovat osmankäämilevyt ja puhallettavat eristeet. Kasvien osia voidaan käyttää kokonaisina, tai ne voidaan silputa. Esimerkiksi Typhaboard-levy valmistetaan leikatuista ja liimatuista lehdistä, kun taas puhalluseriste (blow-in) koostuu kokonaisten osmankäämikasvien silpusta (Nordt ym., 2022).

Rakennus-/eristysmateriaalina osmankäämin ominaisuudet ovat erinomaiset:

- Kevyt, muodoiltaan vakaa, paineenkestävä
- Erittäin hyvät eristysominaisuudet
- Hyvä palo-, ääni- ja lämmöneristys (levynä vain 0,055 W/mK)
- Säänkestävä, homeenkestävä (korkea tanniinipitoisuus)
- Suhteellisen avoin diffuusiolle, kapillaariaktiivinen
- Helppo käsitellä
- Korkea staattinen kantavuus typhapaneeleina / typhalevyinä.

Koska osmankäämiä on viljelty toistaiseksi vain muutamilla koealoilla, raaka-aineita ei ole saatavilla riittävästi lisäkapasiteetin kehittämiseksi. Lupaavia osmankäämistä valmistettuja rakennus- ja eristysmateriaaleja on tällä hetkellä saatavilla vain prototyyppeinä ja pienissä erissä, kuten esimerkiksi Typha-Board, jonka ovat valmistaneet Typha Technik Naturbaustoffe ja Fraunhofer Institute for Building Physics IBP (Krus ym., 2015). Kalliita sertifiointeja ja lupia osmankäämituotteille saadaan myös vasta, kun viljelyalueet on perustettu ja toimitusvarmuus on riittävä. Eristelevyjen valmistuksessa käytettävän osmankäämin raaka-ainehinta on noin 150–300 €/t (Wichmann ym., 2022). Lisätietoja ja kuvia TyphaBoardista esimerkiksi Gebäudeforum Klimaneutral (2023) -sivustolla.

Myöhään tai talvella uudelleen kostutetuilta soilta kerättyä osmankäämi-biomassaa on tutkittu mahdollisena turpeen tai kompostin korvikkeena kasvu-alustoissa, esimerkiksi mustaturpeen korvikkeena nuorten kasvien viljelyssä. Ensimmäiset tulokset ovat lupaavia (Hartung ym., 2020; Leiber-Sauheitl ym., 2021; Nordt ym., 2021). Talvella korjatun, maanpäällisen osmankäämin kuituominaisuudet ovat verrattavissa puukuituun, mikä tekee siitä uusiutuvan raaka-aineen puutarhatalouden kasvualustoihin. Uusien raaka-aineiden hyviä ominaisuuksia ovat esimerkiksi pieni tilavuuspaino ja suuri ilmakapasiteetti. Yksi haasteista on typen immobilisaation vähentäminen, jota voidaan minimoida kompostoinnilla (Hartung & Meinken, 2021).

2.2.2 Osmankäämi viljely ja käyttö Suomessa

Suomessa osmankäämi kasvaa luonnostaan kosteikoilla, mutta sen viljelyn kaupallinen kehittäminen vaatii infrastruktuuria ja sopivien alueiden käyttöä. Tällä hetkellä raakabiomassaa ei ole helposti saatavilla. Suomessa osmankäämi on siten harvemmin hyödynnetty kasvi, mutta sen käyttö ja kysyntä ovat viime vuosina herättäneet kiinnostusta erityisesti biotalouden, kestävän kehityksen ja ympäristöhoidon näkökulmasta. Osmankäämiä on viljelty Suomessa toistaiseksi vain kokeilumielessä, mutta tutkimustulosten perusteella vuoden 2021 budjettiriihissä linjattiin, että Suomessa olisi osmankäämille so-

pivaa viljelyalaa jopa 30 000 hehtaaria (Reku, 2021). Tähän oli laskettu mukaan turvepeltoja, jossa turvekerros on vähintään 60 cm. Myös entisillä turvetuotantoalueilla viljely voisi olla mahdollista. Osmankäämin viljelyn kannalta on tärkeää ottaa huomioon, että viljelmän perustaminen kosteikolla ja siihen liittyvä pohjaveden nostaminen vaatii tarkkaa ympäristövaikutusten arviointia ELY-keskukselta (Auramo ym., 2024). Auramon ja muiden (2024) julkaisema *Leveäosmankäämin viljelyopas* esittää osmankäämin viljelyperusteet. Olisi myös selvitettävä, ovatko Keski-Suomen entiset turvetuotantoalueet sopivia osmankäämin viljelyyn, erityisesti niiden ravinnetason kannalta.

Luonnonvarakeskuksen kosteikkoviljelytutkimuksessa osmankäämiä on testattu viljelykasvina kosteikoilla ja entisillä turvetuotantoalueilla, esimerkiksi Kauhajoen Tuhkanevalla ja Rojunnevan alueilla (Lång ym., 2024). Näillä alueilla osmankäämi kasvoi joko istutettuna tai luonnostaan levinneenä, mutta sen menestys riippui muun muassa vedenkorkeuden säätelystä ja ravinneolosuhteista. Osmankäämin käyttöä tutkittiin niin kuivikekasvina kuin myös rehuna. Lisäksi sen kevätersoja kokeiltiin salaattinaikseksi, mikä tuotti positiivisia kokemuksia. Kasvusto levittäytyi kosteikolla osittain luonnollisesti, ja kasvualustan ravinnepitoisuus vaikutti merkittävästi kasvin menestykseen. Viljelykokeet eivät heti tuottaneet odotettuja tuloksia, ja osmankäämin kasvun todettiin olevan hyvin riippuvainen vedenkorkeudesta. Kasvuston levittäytyminen alkoi kuitenkin nopeasti perustamisen jälkeen, ja vettäminen vaikutti jopa vähentävän vesistö päästöjä. Vaikka viljelykokeet osoittivat osmankäämin sopeutuvan kosteikkoviljelyyn, markkinoiden puute ja biomassan hyödyntämiseen liittyvät haasteet rajoittavat laajamittaista viljelyä. Osmankäämi voi kuitenkin olla potentiaalinen kasvi bio- ja kiertotalouden tarpeisiin, erityisesti jos sen arvoketjuja ja tuotteistusta kehitetään edelleen. Tämä osoittaa hyvin, että osmankäämin viljelyä kohtaan on kiinnostusta, mutta sen laajempaan hyödyntämiseen tarvitaan lisää tutkimusta ja kehitystyötä erityisesti biomassan jalostamisessa ja markkinoiden luomisessa. On myös tärkeää huomata, että vaikka osmankäämiä voi kasvattaa Suomessa, se vaatii erityisolosuhteita. Osmankäämi vaatii aurinkoisen tai puolivarjoisan kasvupaikan sekä runsasravinteisen ja eloperäisen maan, joka pysyy märkänä. Maaperä on pidettävä kosteana, minkä vuoksi osmankäämit viihtyvät parhaiten alueilla, joilla tämä tapahtuu luonnostaan. Kasvi sopii sinänsä hyvin viljeltäväksi entisillä turvetuotantoalueiden turvepohjilla tai -pelloilla, joissa on tehty vettämistä, kunhan se saa riittävästi ravinteita. Suomessakin osmankäämillä on potentiaalia useilla aloilla, mutta sen laajempi hyödyntäminen vaatii vielä lisää tutkimusta ja markkinoiden kehittämistä.

Rehevien kosteikkojen osmankäämi tuottaa runsaasti biomassaa, joten se on potentiaalinen bioenergian raaka-aine. Sitä voidaan hyödyntää biokaa-

sun tuotannossa tai poltettavana materiaalina, mutta sen kosteudenpoisto ja energiakäyttö vaativat lisäkehitystä. Vaikka Suomessa on harkittu osmankäämiä osana biomassakokeiluja, pääpaino on ollut muissa energiakasveissa ja maatalousjätteissä. Suomessa biomassan energiakäyttöön kuten lämmitykseen ja biokaasun tuotantoon priorisoidaan tällä hetkellä muita materiaaleja, esimerkiksi ruokohelpiä ja muita pelletoitavia raaka-aineita (Maa- ja metsätalousministeriö [MMM], 2024).

Osmankäämi on tehokas ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, poistamisessa vedestä, ja sitä voidaan käyttää kosteikkojen ja vesialueiden puhdistuksessa. Toisin kuin Kanadassa, tätä ei Suomessa kuitenkaan ole hyödynnetty vielä laajasti. Kasvustoja voidaan hyödyntää myös eroosion hallinnassa (Naukkarinen, 2021).

Osmankäämin kuitujen käyttö kevyinä ja ekologisina eriste- ja rakennusmateriaaleina on tunnistettu Suomessakin. Sen käyttö esimerkiksi levyjä sisältävissä rakennusmateriaaleissa voisi korvata fossiilisia tai ympäristöä rasittavia tuotteita. Rakennusalan ohella potentiaalia löytyy myös tekstiilialalta. FluffStuff Oy on suomalainen startup-yritys, joka kehittää ja valmistaa kasvipohjaisia tekstiilien täytemateriaaleja (Aalto, 2022). Yritys hyödyntää osmankäämien höytyviä tai lenninhaiveniä, jotka ovat ominaisuuksiltaan verrattavissa untuviin. Täytemateriaalina ne ovat täysin biohajoavia, vegaanisia, myrkyttömiä ja mikromuovittomia. Näitä materiaaleja käytetään esimerkiksi tyynyissä, taikkeissa ja muissa tekstiilituotteissa. Yritys pyrkii tarjoamaan ilmastopositiivisen ja kestävämmän vaihtoehdon polyesterille ja eläinperäiselle untuvalle. Lenninhaiventen erillinen käyttö voi tuoda osmankääminviljelylle lisäarvoa.

Kuten kosteikkoviljelykasveilla yleisemminkin, osmankäämin käyttöä kuitvikkeena eläimillä pidetään kenties tärkeimpänä käyttötapana, mutta hyviä mahdollisuuksia nähdään myös kasvualusta-alalla. Kuten Saksassa, Suomessakin osmankäämi voisi toimia turpeen korvikkeena nuorten kasvien viljelyssä. Laajempia kokeiluja ei kuitenkaan ole vielä tehty. Osmankäämin viljely pelkästään kasvualustoja varten voi olla taloudellisesti katsottuna kuitenkin melko haastavaa.

Osmankäämin tärkkelyspitoisia juuria on perinteisesti käytetty joissakin maissa elintarvikkeena, mutta Suomessa tämä käyttö ei ole vielä laajaa. Luonnonvarakeskuksen tutkimuksessa on kokeiltu kevätversoja salaattiaineksina. Kasvista on tunnistettu myös bioaktiivisia yhdisteitä, joita voidaan mahdollisesti hyödyntää kosmetiikkatuotteissa (Karppinen, 2020).

Kestäville biomateriaaleille, oliipa kyse sitten raakabiomassasta tai sen sivuvirroista, on jatkuvasti kasvava kysyntä kestävien muotoilutuotteiden ja -esineiden tuotannossa, esimerkiksi sisustuksessa, huonekaluissa, tekstiileissä, taiteessa tai jopa päivittäisissä käyttöesineissä. Ruotsalainen muotoilu-

studio Interesting Times Gang (www.itg.studio, lyhyesti ITG) käyttää 3D-tulostuksessa lukuisia kierrätettyjä biomateriaaleja luodakseen muotoilukonsepteja, joissa raaka-aineet, muotoilu ja käytettävyys yhdistetään tarinoiden avulla fyysisiksi, arvokkaiksi esineiksi. Konseptia kutsutaan biofiiliksi muotoiluksi (eng. *biophilic design*). Näin muotoilijat tarttuvat uusiin tapoihin integroida teknologia suunnitteluprosessiin ja tehdä siitä kestävämpi. Samalla lisätään tietoisuutta kestävyydestä ja kulutuskulttuurin jätteisiin liittyvistä kysymyksistä sekä luodaan järjestelmiä ja uusia tuotantomenetelmiä parantamaan muotoilun kiertokulttuuria. Turbits-hankkeen pilotissa arvioitiin osmankäämibiomassan soveltuvuutta 3D-tulostuksen materiaalina. Osmankäämiä testattiin 3D-tulostusmateriaalin täyteaineena sekoittamalla sitä PLA-muoviin 15 ja 30 prosentin osuuksilla. Vaikka materiaalin käsittelyssä ilmeni haasteita, kuten heikko vetolujuus ja syöttöongelmat erityisesti suuremmalla osmankäämipitoisuudella, onnistuttiin tuottamaan filamenttia ja jopa tekemään onnistunut testituloste. Osmankäämi ei merkittävästi parantanut materiaalin ominaisuuksia, mutta antoi sille puumaisen ulkonäön ja tuntuman. Jatkokehityksessä suositellaan partikkelikoon pienentämistä ja tasalaatuisuuden parantamista sekä mahdollisia kuitukäsittelyjä tai vaihtoehtoisten polymeerien, kuten PHA:n testaamista (Turbits-hanke, julkaisematon). Osmankäämin biomassan hyödyntäminen biofiilisessä designmuotoilussa voisi siis tuoda osmankäämin viljelylle lisäarvoa ja -kysyntää.

2.3 Ruokohelpi

2.3.1 Ruokohelven kosteikkoviljelyä Saksassa

Kun ruokohelpiä viljellään kosteikkoviljelyssä, on otettava huomioon kyseisen lajin kestävyys ylikastelua ja vettymistä vastaan. Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) sietää vaiheittaista tulvimista ja sitä voidaan viljellä myös useilla muilla rehunurmilla. Monia muitakin rehunurmia voidaan viljellä, kunhan vältetään talvista vettymistä. Seuraavassa esitetään ensin teoreettisia selvityksiä ruokohelpin viljelystä Saksassa. Sen jälkeen käsitellään ruokohelpikasvustojen hyödyntämistä, kun ne ovat tulleet vallitseviksi ennallistamisen jälkeen (LM M-V, 2017). Ruovikoiden turpeenmuodostusta ei tunneta (Oehmke & Abel, 2016).

Viljelyyn tarkoitettujen ruokohelpinurmien perustaminen lähelle pintavesitasoa edellyttää vedenpinnan alentamista, jos vedenpinta on jo ennestään korkea. Yleisesti suositellaan viiltokylvöä, koska arpeutumisen rajoittaa voimakkaasti viljelyalueella liikkumista. Kun kasvusto on vakiintunut, vedenpintaa voidaan nostaa. Mukautettuja siemenseoksia on kehitettävä edelleen. Ruokohelpi kylvetään keväällä tai loppukesästä. Hehtaaria kohden kylvetään 15–25

kg siemeniä 12,5 cm:n rivivälillä 1–2 cm:n syvyyteen (Lewandowski ym., 2003; Kaltschmitt ym., 2009). Perustamisen aikana ei saa esiintyä vettymistä. Täysi tuottavuus saavutetaan noin kolmen vuoden kuluttua kylvöstä.

Viljelyt ruohot vaativat säänneltyä vesienhallintaa esimerkiksi patojen ja tulva-altaiden kunnossapidon ja pumppaamon käytön avulla, jotta vältetään ylikastelulta. Kesällä saatetaan tarvita lisävettä kasteluun, jotta vedenpinta ei laskisi. Ruokohelpi suosii vaihtelevasti kosteita paikkoja ja pärjää kesällä vedenpinnan korkeuden ollessa 0–20 cm maanpinnan alapuolella. Suurin tuottavuus saavutetaan säännöllisellä tulvimisella tai hapekkaalla pohjaveden saannilla. Pitkittyneiden tulvien sattuessa kasvustot korvautuvat ruovikoilla tai sarakoilla. Voidaan olettaa, että leikkaustiheyden kasvattaminen johtaa tiheämpään ja siten kestävämpään ruovikkoon. Tämä kuitenkin lisää ravinteiden täydennystarvetta. Ravinteiden täydennyksen puute voi johtaa tasaantumiseen ja happamien heinien leviämiseen (Oehmke & Abel, 2016).

Nurmen ylläpidolla (rullaus, vettyminen) on ratkaiseva merkitys ruokohelven viljelyssä lähellä pintavesiä. Mitä tiheämpi nurmikko on, sitä paremmin se on liikennöitävissä. Koska nurmikon hoito edellyttää koneiden käyttöä märällä maaperällä, on tarpeen käyttää maaperää säästävää erikoistekniikkaa. Ruokohelven kasvustot ovat herkkiä tallaamiselle, joten ne eivät sovellu laiduntamiseen korkeilla vedenkorkeuksilla. Sukkessiosta syntyneitä ruovikkokasvustoja hoidetaan yleensä vain laajaperäisesti (1–2 leikkausta, minimaalinen nurmikon hoito), mikä rajoittaa kasvuston hyödyntämistä.

Viljelmät voidaan korjata vuosittain kesällä heinäksi tai säilörehuksi käyttötarkoituksen mukaan. Sadonkorjuu voidaan tehdä mukautetulla nurmikonhoitotekniikalla (kaksoiskumirenkaat tai leveät renkaat, joissa on pneumaattinen ohjaus). Pohjavedenpinnan etäisyydestä ja käyttötarkoituksesta riippuen voidaan käyttää yksi- tai monivaiheisia korjuu- ja raivausmenetelmiä. Sopeutetulla nurmipeltotekniikalla (niitto, kääntö, karhotus, paalaus, korjuu pellon reunaan) hoidettujen laajaperäisten ruokoheinäkasvustojen korjuukustannukset ovat verrattavissa kosteiden niittyjen hoidon korjuukustannuksiin, ja ne ovat noin 210 € per hehtaaria, kun sato on 4 tonnia kuivamassaa per hehtaari ja vuosi (Dahms ym., 2015). Ruokohelven korjuukustannuksiksi laskettiin 2, 5 ja 10 tonnia kuivamassaa per hehtaari satotasolla 217 € ja 499 €/ha (Wichmann & Wichtmann, 2009), josta on vähennettävä 80 €/ha pinta-alan liittyviä kustannuksia, jotta kustannukset olisivat vertailukelpoisia Dahms ja muiden (2015) esittämän luvun kanssa. Korjuusta lisää osiossa 4.4.

Pohjois-Saksasta ei ole saatavilla tutkimuksia viljeltyjen nurmikasvien tuottavuudesta lähellä pintavesitasoa. Koska vettä on runsaasti ympäri vuoden, ravinteita syötettäessä voidaan odottaa suuria satoja. Tämä on osoitettu esimerkiksi Virossa (4,5–13,9 tonnia kuivamassaa per vuosi ja hehtaari).

Ruokohelven sato riippuu yleensä korjuuajankohdasta, vedenkorkeudesta ja ravinteiden saatavuudesta, ja se on yleensä korkeampi spontaanisti perustetuissa kasvustoissa uudelleen kostutetuilla soilla – esimerkiksi Mecklenburg-Vorpommernissa 4–10 tonnia kuivamassaa per vuosi ja hehtaaria (Oehmke & Abel, 2016).

Jos ruokohelpi korjataan ja säilötään ennen kukintaa, energiasisältö on 4,5–7,1 megajoulea nettoenergiana per kilo (Bockholt & Buske, 1997). Ruokohelpiä voidaan hyödyntää sekä märehitijöiden että myöhään kesällä korjattuna myös hevosten rehuna (Zielke, 2016).

Kesäaikainen niitto ja säilörehun valmistaminen mahdollistavat ruokohelven hyödyntämisen biokaasulaitosten rinnakkaissubstraattina. Biokaasun tuotto riippuu ensisijaisesti esihajoamisesta, ja se on verrattavissa viherleikkuun tuottoon (Limberg, 2015). Ruokohelven polttoaineomaisuuksia voidaan parantaa jättämällä niittomateriaali pellolle (Oehmke & Wichtmann, 2016) tai talvikorjuulla (Wichtmann, 2016). Biomassan lämpöarvo on 16,7 MJ kg⁻¹ ja tuhkapitoisuus 2–7 % (Oehmke & Abel, 2016).

Luotettavaa tietoa ruokohelven viljelystä turvepitoisten vesien pinnalla ei ole riittävästi, joten lisätutkimukselle on tarvetta. Käytettävän korjuutekniikan mukauttaminen on välttämätöntä ja aiheuttaa lisäkustannuksia. Niitä aiheutuu myös tarvittavasta vesienhallinnasta. Tutkimustuloksista ja koehankkeiden tuloksista riippuen voi myöhemmin olla mahdollista palkita ekologiset saavutukset esimerkiksi ilmastonsuojelualuepalkkiolla.

2.3.2 Ruokohelven viljelyn tilanne Keski-Suomessa

Keski-Suomessa ruokohelven viljelyala on pienentynyt huippuvuosista, ja tuotanto on nykyisin pääosin pienimuotoista, mutta kysyntää olisi etenkin kuivikkeissa, kasvualustoissa sekä teollisuuden raaka-aineena. Käytöstä poistuneet turvetuotantoalueet tarjoavat merkittävän mahdollisuuden kannattavaan viljelyyn, koska kustannukset ovat niillä selvästi alemmat ja satokierrot pitkät. Alueella ei vielä ole toimivia arvoketjuja, mutta potentiaalia on sekä paikallisessa käytössä että korkeamman jalostusasteen tuotteissa, kuten sellussa ja tekstiiliratkaisuissa. Tuotannon kannattavuuteen vaikuttavat erityisesti logistiikan sujuvuus ja kevätkorjuun onnistuminen. Lisäksi tukipolitiikka on kehittymässä suuntaan, joka tukee turvemaiden uudelleenkäyttöä ja päästövähennyksiä. Ruokohelpi voisi näin muodostaa yhden vartenotettavan vaihtoehdon Keski-Suomen turvepohjaisten maa-alueiden uudessa hyötykäytössä (Nousiainen & Siimekselä, 2023).

3 Kosteikkoviljelyssä ja korjuussa käytetyt menetelmät ja teknologiat

3.1 Yleistä

Kosteikot ja kosteat turvemaat asettavat viljelylle erityisvaatimuksia erityisesti liikennöitävyydessä, riippumatta siitä, mistä viljeltävästä kasvilajista on kyse. Maaperää on aina säästettävä, ja siten kestävä hyödyntäminen on mahdollista vain mukautetulla tekniikalla eli alhaisella maaperän paineella, sopivilla korjuumenetelmillä ja hellävaraisen logistiikan kriteerit huomioimalla (esim. moninkertaisen liikenteen välttäminen). Kattavassa kosteikkoviljelyn katsauksessaan Nordt ja muut (2021) korostavat heti alkuun, että kosteikkoviljelyn sadonkorjuuteknologia on vielä lapsenkengissä. Saksassa edistystä on kuitenkin tapahtunut erityisesti järviruo'on korjuussa. Käytössä on esimerkiksi raskaita kuljetuskoneita, joissa on suuri renkaiden tai telaketjujen kosketuspinta-ala suuren oman painon aiheuttaman ongelman ratkaisemiseksi. Monet näistä teknisistä ratkaisuista ovat prototyyppisiä, ja ne on kehitetty erityistilanteita varten suhteellisen pienille alueille. Nämä prototyypit eivät kuitenkaan kerro paljoa niiden käyttökelpoisuudesta suurilla alueille. Esimerkiksi pienillä alueille suositaan koneita, jotka pystyvät suorittamaan kaikki työvaiheet (esim. sekä korjuu että kuljetus). Jos tulevaisuudessa on kuitenkin tarkoitus korjata suuria alueita, se edellyttää entistä suurempaa taloudellista tehokkuutta. Tehokkaat sadonkorjuumenetelmät edellyttävät näin ollen esimerkiksi korjuu- ja kuljetusajoneuvojen erottamista toisistaan ja joidenkin lajien kohdalla mahdollisesti teknistä ratkaisua kasvien eri osien erottamiseksi toisistaan sadonkorjuuprosessin aikana. Tehokkaan logistiikkaketjun vaatimusten lisäksi laitteen/ajoneuvon omapaino ja moottorisointi on sovitettava kulloiseenkin toimintaan. Viime vuosina erikoiskoneet tai olemassa olevan tekniikan mukauttaminen tiettyyn käyttötarkoitukseen ovat kehittyneet. Tämä mahdollistaa kulloisiinkin vaatimuksiin mukautetun teknologisen ratkaisun toteuttamisen.

Kosteikkoviljely edellyttää erilaisten teknologisten ratkaisujen hyödyntämistä kaikissa viljelyprosessin vaiheissa. Teknologiaa tarvitaan niin maanmuokkauksessa, kylvössä, istutuksessa kuin viljelyalan hoidossakin, esimerkiksi rikkakasvien torjunnassa, katteiden käytössä tai tarvittaessa uusintakylvössä. Lisäksi sadonkorjuu sekä siihen liittyvä alkukäsittely, kuten leikkaaminen, pilkkominen, paalaus tai niputtaminen, vaativat sopivia koneita ja menetelmiä. Korjatun materiaalin siirtäminen pellon reunalle tai erilliseen siirtopisteeseen on niin ikään osa teknologisesti tuettua työketjua.

Korjuutekniikan käyttö vettämällä ennallistetulla turvemaalla riippuu kasvu-/pintakerroksen kantokyvystä ja pohjamaan vakaudesta. Kasvillisuus, vedenpinta ja maaperän kunto tai pilaantuneisuusaste ovat muita vaikuttavia tekijöitä. Kantavuus riippuu pääasiassa lajikoostumuksesta ja pintakerroksen hoidosta. Uudelleen vetetyllä suonpohjalla kasvillisuuskerrosta ei ole, mikä heikentää kantokykyä. Kahta muuttujaa, leikkauslujuutta ja tunkeutumiskestävyyttä, voidaan käyttää liikennöitävyyden arviointiin ja kantavuuden arviointiin (Wiedow ym., 2016). On myös mainittava, että Saksan kokeilut koskevat useimmiten entisiä turvepeltoja, harvemmin turvetuotantoalueita.

Käytettyjen koneiden tekniset mukautukset: Maaperän paineen minimointi on mukautetun tekniikan keskeinen tavoite. Saksan turvepelloilla ohjearvoksi suositellaan usein noin 100 g/cm², jotta vältytään pintakerroksen ja turverungon vahingoittumiselta (Wichmann ym., 2016). Mukautetun muokkauksen lisäksi on olemassa useita tapoja vähentää käytettävien koneiden aiheuttamaa maanpainetta (Wichmann ym., 2016):

- Mukautetut tavanomaiset maatalouskoneet: Kohtalaisen kosteilla alueilla tai kesän lyhytaikaisen vedenpinnan laskun aikana voidaan käyttää leveitä matalapaine- tai paripyöräisiä traktoreita, joissa on mahdollisesti telaketjut (esim. delta track -malli), kevyttä niittolaitetta ja paalainta. Perinteisen maataloustekniikan käyttömahdollisuus riippuu täysin säästä ja veden määrästä.
- Telaketjuihin perustuva erikoistekniikka: Erikoiskoneita, joissa on telaketjut ja muunnetut lumi-/rinnekoneet (SkiCat), voidaan käyttää erittäin märillä alueilla. Suuri kosketuspinta mahdollistaa alhaisen maanpaineen myös suhteellisen raskailla koneilla. Haittapuolena on se, että koneita ei useimmiten ole hyväksytty tieliikennekäyttöön, ja muutostyöt ovat yleensä yksilöllisiä ratkaisuja ja vaativat käyttäjiltä paljon teknistä asiantuntemusta.
- Ruovikon korjuussa käytetään myös matalapaineisia, pallomaisia renkaita. Kevyitä koneita voidaan käyttää myös hyvin märillä alueilla. Esimerkiksi Seiga on kehittänyt koneita erityisesti eri ruokojen korjuuseen, mutta niiden periaatetta voisi mahdollisesti kehittää eteenpäin osmankäämien tai jopa rahkasammalen korjuuseen.

Pientekniikkaa, esimerkiksi käsin ohjattavaa tekniikkaa, yksiakselisia traktoreita ja pieniä traktoreita voidaan käyttää vain pienillä alueilla kapeamman työleveyden ja siten pienen pinta-alatuoton vuoksi. Yksityiskohtainen yleiskatsaus on esimerkiksi teoksessa Wichmann ym. (2016). Mahdollisia tulevia teknologisia innovaatioita ovat autonomisen kevyen tekniikan käyttö parviälyä hyödyntämällä esimerkiksi yksittäisiä prosessivaiheita varten (huoltoleikkaukset turvesammalalueilla, biomassan kuljetus alueen reunoille jne.). Teknologioista ja niiden toimivuudesta ei kuitenkaan vielä löydy riittävästi tietoa (Nordt ym., 2021).

Sopeutetun nurmieleikkuteknologian alueellinen niittoteho on suuri, mutta se on riippuvainen sääolosuhteista ja nurmikon hoidosta. Turvepelloilla sitä voidaan käyttää kesällä kuivalla säällä, kun vedenpinta on matalammalla. Biomassa poistetaan esimerkiksi paaleina, jotka painonsa vuoksi toisinaan viedään yksitellen pellon reunaan. Tämä tulisi välttää mukauttamalla korjuutekniikkaa ja optimoimalla logistiikka. Kaksoisrenkaiden käyttö johtaa pidempiin taukoihin, koska toinen rengassarja on asennettava tai irrotettava pellon reunalla toisen traktorin avulla. Alennettavissa oleva rengaspaine lisää kosketuspinta-alaa ja vähentää siten kosketuspainetta pinta-alayksikköä kohti, ja säädettävä rengaspaine säästää polttoainetta, työaikaa ja renkaita. Delta-telaketjut antavat puolestaan traktoreille riittävästi voimaa leveään niittoon, vaikka koneen paino kasvaa. Maahan kohdistuvan kuormituksen minimoimiseksi on vältettävä pysähtymistä ja valittava tasainen työnopeus. Tavanomaisen maataloustekniikan sopeutumismahdollisuudet eivät kuitenkaan riitä alentamaan maanpainetta noin 100 grammaan neliösenttimetrillä, mikä on kuitenkin välttämätöntä märkien turvemaiden viljelyssä, joissa turve säilyttää vesipitoisuutensa myös kesällä.

Tätä voidaan vähentää mukauttamalla telaketjuja (esim. kumitelat, Wichmann ym., 2016). Ketjujen leveys-pituussuhteen tulisi olla 1:4 – 1:5, sillä pitkät ketjut lisäävät leikkausvoimia käännösten aikana vahingoittaen samalla suopohjaa (Schröder ym., 2015). Leveämmät telaketjut lisäävät kosketuspinta-alaa ja vähentävät siten maanpainetta. Koska telaketjukone on kuitenkin kuljetettava matalilla kuormaimilla, koneen leveys ei saisi ylittää 3 metriä, jotta kuljetus maanteillä olisi mahdollista. Vaihtoehtoisesti telat on joko irrotettava kalliisti, tai niille on haettava erikoislupa ylileveyden vuoksi. Kuljetuskapasiteettia pellon reunalle voidaan kasvattaa lisäämällä kuormauskapasiteettia ja/ tai tiivistämällä biomassaa korjuuprosessin aikana. Suuremman hyötykuorman haittapuolena on koneen painojakauman muuttuminen ja kokonaispainon kasvaminen. Painoa voidaan vähentää tiivistämällä biomassaa korjuun yhteydessä ja samalla puristaa osa biomassan sisältävästä nesteestä (esim. Ecomoss tekee näin rahkasammalkorjuussa Suomessa). Alusta loppuun asti

suunniteltu korjuu- ja logistiikkaratkaisu on olennaisen tärkeä korkean tuoton ja pinta-alan suorituskyvyn kannalta. Telapohjaiseen erikoistekniikkaan liittyy myös korkeita investointi- ja ylläpitokustannuksia, jotka on kompensoitava korkealla käyttöasteella.

3.2 Rahkasammalen korjuu

3.2.1 Rahkasammalen korjuu Saksassa ja Ruotsissa

Maailman ensimmäinen koneellinen sammalen korjuu tehtiin uudelleen kositetuilla turvepelloilla Pohjois-Saksassa vuonna 2016 kaivinkoneella ja niittokorilla, jonka pitkä varsi korjasi sammaleet 10 metriä leveältä kasvukaistalta. Kaivinkonetta ajettiin vieressä sille tarkoitetulla ajokaistalla, jossa ei kasva sammalta. Sammaleet lastattiin traktorin vetämään kuormausperävaunuun, jolla myös kuljetettiin biomassa pois. Korjatun materiaalin kuivaus tehtiin pellon reunalla tai päällystetyllä pinnalla 70–80 %:n vesipitoisuuteen (Wichmann ym., 2020) ennen jatkokäsittelyä.

Kaivinkoneen painon kestävät ajokaistat muodostuvat turpeen ja kivennäismaan seoksesta, ja ne vievät huomattavan osan pinta-alasta. Ajourat ovat edelleen merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen lähde, joten on tärkeää minimoida ajourapinta-alan suhde viljelyalaan. Sammalen korjuuseen on kehitetty ratkaisuja, joilla voidaan vähentää ajourien määrää. Joulukuussa 2021 tehtiin onnistunut korjuukoe erityisellä caterpillar/telaketjuihin perustuvalla kaivinkonetekniikalla osassa Hankhausenin / Ala-Saksin turvesammalen palstaviljelyaluetta. Caterpillar-kaivinkone (kosketuspintapaine max. 115 g/cm²) ajettiin suoraan sammalturpeelle. Koneeseen kiinnitetty rehunkorjuulaite keräsi yhdellä kerralla sammalturpeen, joka siirrettiin ylös ruuvikuljettimella. Tässä prosessissa osa vedestä puristettiin pois. Tämän jälkeen turvesammalet kuljetettiin heittoputken kautta säiliöön, jonka kuormatilavuus oli 11 kuutiometriä. Keväästä 2022 lähtien ensimmäisiä käytännön kokeita autonomisella, kauko-ohjatulla työkoneella on tehty samalla koealueella. Autonomista ajoneuvoa käytetään sammaleen niittoon ja korjuuseen ilman ajotietä. Sammaleet murskataan prosessin aikana. Käytännön kokeet ovat vielä käynnissä (IASP, 2020).

Ruotsin maatalousyliopisto (SLU) Uppsalassa on vuosina 2018–2019 tutkinut entisten turvetuotantoalueiden ilmastoviisaasta jälkikäyttöä (Kling & Jordan, 2019; Ludwig, 2019). Arvioinnissa tarkasteltiin soiden uudelleenkostutusta, rahkasammalkasvillisuuden palauttamista suolle ja mahdollisuuksia hyödyntää rahkasammalbiomassaa puutarhaviljelyssä. Ensimmäinen koe käynnistettiin vuonna 2018 kahden hehtaarin entisellä turvetuotantoalueella, jota Hasselfors Garden johti yhteistyössä SLU:n, Rölunda-tuotteiden ja SvenskTorvin kanssa.

Rahkasammalen kasvua ja viljelyn ympäristövaikutuksia tutkii SLU:n Sabine Jordanin ryhmä (Kling & Jordan, 2019.). Ensimmäiset tulokset osoittavat, että vaikka uudelleenkostutus ja ennallistaminen aiheuttavat jonkin verran metaanipäästöjä, se sitoo hiiltä siinä määrin, että suosta tulee hiilinielu. Tutkijat valitsivat kasvihuonekokeiden perusteella rahkasammallajin, jolla on paras kasvupotentiaali ja parhaat ominaisuudet kyseisiin olosuhteisiin. Ennallistamisalueet on suunniteltu siten, että korjuu voidaan tehdä mekaanisesti perinteisellä kaivinkoneella. Yhden vuoden rahkasammalkasvun tulokset olivat hyvin lupaavia. Rahkasammal kasvoi jopa 25 cm:n pituiseksi ensimmäisenä vuonna (kuva 1), ja sato oli välillä 4–8 tonnia kuiva-ainetta per hehtaari per vuosi.



Kuva 1. Näyte Rahkasammalen ensimmäisen vuoden sadosta Ruotsissa. Kuva: Sabine Jordan.

3.2.2 Luonnonvaraisen (ei-viljellyn) rahkasammalen korjuu Suomessa

Silvan ja muut (2012) esittelevät ja kuvaavat luonnonvaraisen rahkasammalen mekaanisen korjuumenetelmän Suomessa. Näiden tulosten perusteella Biolan-konserniin kuuluva suomalainen EcoMoss Oy on pilotoinut mekaanista rahkasammalen korjuun tuotantoketjua vuodesta 2016 lähtien (Satakunnan kansa, 2016). Sadonkorjuu tapahtuu poistamalla sammal suon pinnalta sitä varten suunnitellulla kauhakuormaajalla (kuva 2). Kone on rakennettu metsäkoneen päälle, ja sen patentoidulla laitteistolla puristetaan paikan päällä suurin osa

vedestä pois sammalesta. Näin vesi palautetaan alkuperäiseen biotooppiinsa. Rahkasammal, lähinnä *Sphagnum fuscum*, poistetaan 20–30 cm:n syvyyteen, jolloin pintakerrokseen jää riittävästi itiöitä ja silmuja tulevaa lisääntymistä varten. Rahkasammal kasvaa siten luonnollisesti takaisin ilman, että elävää sammalta tai itiöitä tarvitsee levittää korjuun jälkeen.

Rantanen (2019) toteaa, että rahkasammalen uusiutuminen keräämisen jälkeen on ollut hyvin nopeaa, ja hiilinielun tila ja lähes alkuperäiset ympäristöolosuhteet on saavutettu 5–10 vuodessa. Uudelleenkorjuu voidaan tehdä n. 20–30 vuoden kuluttua edellisestä korjuusta. Silvan ja muut (2012, 2017) osoittivat tutkimuksessaan rahkasammalkasvuston ja hiilensidonnan nopean palautumisen. He päättelivät, että rahkasammalbiomassan mekaaninen korjuu on verrattavissa enemmän metsänhoitoon kuin turvetuotantoon, joka aiheuttaa vakavia pitkäaikaisia muutoksia soiden toiminnassa.



Kuva 2. Luonnonvaraisen rahkasammalen niitto Pohjanmaalla. Kuva: Hannu Salo.

Luonnonvaraisen eli ei-viljellyn rahkasammalen korjuu on Suomessa rajoitettu jo ihmistoiminnan muuttamille tai ojitetuille suoalueille, eli korjuuta luonnon-tilaisilta tai luonnontilaisen kaltaisilta soilta ei sallita. Näin rahkasammalbiomassa täyttää samat ehdot kuin RPP (Responsibly Produced Peat, 2019) -sertifiointijärjestelmässä turpeelle asetetut ehdot. 1960-luvulta lähtien yli

50 % suomalaisista soista on ojitettu metsätaloustarkoituksiin vaihtelevalla menestyksellä. Rantasen (2019) mukaan metsätalouteen soveltumattomia ojitettuja soita on noin 700 000 ha, joista 300 000 ha katsotaan soveltuvan rahkasammalen korjuuseen. Kun otetaan huomioon 20 vuoden hakkuuväli, vuosituotanto voisi olla jopa 15 miljoonaa kuutiometriä. Samansuuntaiseen laskelmaan tulivat myös Laine-Petäjäkangas ja muut (2024), joiden mukaan Suomessa on noin 241 000 hehtaaria rahkasammalen korjuuseen soveltuvia alueita. Rahkasammalen korjuun kustannukset ovat toistaiseksi korkeammat kuin kasvuturpeella, mutta taloudellista kannattavuutta voidaan parantaa tuotantoa tehostamalla, etenkin rahkasammalen uudistumistoimia ja koneistusta kehittämällä. Korjuukohteiden valinnassa tulisi käyttää varsinaista ojitustilannetta luonnontilaluokituksen lisäksi. Tällöin korjuu voitaisiin kohdistaa jo luontoarvoiltaan heikentyneille alueille. Rantasen (2019) mukaan prosessiketju rahkasammalen korjuusta lopputuotteeseen on nyt kaupallistumassa. Biolan-konserniin kuuluva, ammattikäyttöön tarkoitettuihin kasvualustoihin erikoistunut Novarbo on kehittänyt turpeettoman kasvualustaseoksen, joka hyödyntää EcoMossin keräämää rahkasammalta. Tällä sammalpohjaisella Mosswool-kasvualustalla on monenlaisia sovelluksia muun muassa elintarviketuotannossa. Mosswoolin sisältämä rahkasammal korvaa myös kiviviljan, toisen kasvualustan ainesosan. Kivivilja on ongelmallinen ainesosa, sillä käytön jälkeen siitä tulee ongelmajätettä, joka ei hajoa eikä pala. Sen sijaan sammalvilla voidaan kompostoida tai kierrättää paikallisesti.

3.3 Osmankäämin korjuu

3.3.1 Osmankäämin korjuu Saksassa

Pyörä- tai telaketjuihin perustuvalla erikoistekniikalla on onnistuneesti liikuttu erilaisissa osmankäämikasvustoissa kesällä ja talvella Saksassa ja Alankomaissa (Korthorst, 2022; Neubert ym., 2022; Dahms, 2017). Kasvava kiinnostus osmankäämiä kohtaan raaka-aineena, ja osmankäämin viljelyalojen ennakoitavissa oleva kasvu tekevät kuitenkin selväksi, että tehokkaan mekaanisen istutuksen sekä mukautettujen niittopäiden ja optimoitujen korjuuprosessien kehittämiseksi on suuri tarve. Myös jatkojalostuksen logistiikkaan, erityisesti sadon kuivaukseen, varastointiin ja käsittelyyn liittyviin kysymyksiin on vastattava. Näitä kysymyksiä on käsitelty muun muassa tutkimus- ja kehityshankkeissa Paludi-PRIMA (2019–2022), TyphaSubstrat (2021–2024) sekä Paludi-PROGRESS (2022–2025). TyphaSubstrat-projektissa yksi työpaketti käsittelee nimenomaan osmankäämin korjuuteknologian kehittämistä. Teknologia-yhtiö Wellink GmbH (www.wellink-equipment.com/) kehittää ja toteuttaa

projektissa ratkaisuja osmankäämin niittämiseen. Kehitettävässä korjuuteknologiassa keskitytään haketettuun materiaaliin tai nippuun, ja siihen sisältyy myös alueen reunalla sijaitsevan säiliön kehittäminen. Kehittämisen perustana on telaketjupohjainen tekniikka (Loglogic, www.loglogic.co.uk). Projektin tuloksia ei ollut julkaistu vielä helmikuussa 2026.

Erikoistuneen korjuuteknologian alueellisesta saatavuudesta on tärkeä huolehtia, jotta riippuvuus kiinteisiin korjuuajankohtiin voidaan välttää ja sääolosuhteisiin voidaan reagoida joustavasti (Neubert ym., 2022; Theuerkorn, 2001). Myös ruumenien korjuu imemällä/puhaltamalla säiliöön on mahdollista (esim. Wichmann ym., 2022). Lehdet ja varret sekä tähkät ja lenninhaivenet voidaan hyödyntää eri tavoin. Sen vuoksi olisi tarpeen kehittää koneellista korjuumenetelmä, joka erottaa kasvin eri osat toisistaan korjuun aikana. Alankomaissa on saatu alustavia kokemuksia siitä, että ”mukulattomasta” puhtaasta lehtimassasta, jossa ei ole varsiosaa, voidaan lisätä yksi sato per vuosi varhaisella ensimmäisellä leikkauskerralla. Aiemmat korjuukokeet, joissa on käytetty korjuumenetelmänä ruokonadan niittotekniikkaa (esim. osana Saksan turvesoiden suojelua koskevaa keskustelua 2015–2018 ja TyphaSubstrat-hankkeita), eivät ole tuottaneet hyviä tuloksia. Kehittämistä tarvitaan leikkuuyksiköiden mukauttamisessa, biomassan syöttämisessä sidontalaitteisiin, vieraan biomassan poistamisessa (puhdistuksessa) ja sopivissa kuljetinjärjestelmissä leikkuuyksiköstä säiliöön. Sadonkorjuukokeet ovat osoittaneet, että niin sanotusta kattoruo’on korjuusta peräisin olevaa tekniikkaa voidaan käyttää vain rajoitetusti, koska ruovikoiden niput ovat yleensä kartiomaisia tai päärynän muotoisia verrattuna yhdensuuntaisiin ruovikon varsiin (joiden tilavuus on paljon suurempi lähellä maanpintaa), ja kattoruo’on korjuusta peräisin olevat kuljetus- ja sidontalaitteet tukkeutuvat siksi usein.

Koneellisen sadonkorjuun haasteena on myös kukintojen sekä lehti- ja varsimassan erottaminen toisistaan. Hampun korjuusta saatuja kokemuksia voidaan ehkä hyödyntää, sillä siinä lehdet ja varret erotellaan samanaikaisesti toisistaan jo korjuuvaiheessa. Muussa tapauksessa lehti- ja varsimassan sekä hedelmänvarsien erottelu on tehtävä sadonkorjuun jälkeen, esi- tai jälkikäsittelyn aikana. Myös korjatun materiaalin kuivaus on optimoitava, sillä Pohjois-Saksassa talvella korjatun osmankäämibiomassan vesipitoisuus on edelleen noin 70 prosenttia (Geurts ym., 2020; Neubert ym., 2022). Pilkotun materiaalin kuivausta testattiin aurinkolämmitteisessä hakekuivauslaitoksessa sekä perävaunukuivurissa, joka hyödynsi biokaasulaitoksen hukkalämpöä (Neubert ym., 2022). Kokeissa havaittiin, että biomassaa on sekoitettava säännöllisesti esimerkiksi automaattisella sekoittimella. Baijerissa oli mahdollista kerätä katteita talvella ja varastoida ne nipuiksi pinottuina katteen alla ilman aktiivista jälkikuivausta (Theuerkorn, 2001).

Kypsät osmankäämien kukinnot muuttuvat pörröiseiksi lenninhaiveniksi, joista siemenet lopulta leviävät tuulen mukana. Erikseen kerättynä tämä pörröinen, puuvillamainen nukka tarjoaa poikkeuksellista lisäarvoa tuotannon sivuvirtana esimerkiksi tekstiili- ja vaatetusteollisuudelle. Näyttää siltä, että lenninhaivenia ei ole vielä yritetty kerätä erikseen koneellisesti Saksassa, Alankomaissa eikä missään muuallakaan. Suomessa FluffStuff-yritys on kokeillut lenninhaiventen erillistä korjuuta manuaalisesti (Aalto, 2022). Edellä mainitun imu-/puhallusmenetelmän muunnoksena sadonkorjuukoneet voitaisiin mahdollisesti varustaa tehokkaalla imurilla, joka kiinnitettäisiin varsinaisen sadonkorjuulaitteen eteen ja jonka imurin teho säädettäisiin siten, että se imuroisi vain lenninhaivenet. Tämän jälkeen lenninhaivenet puhallettaisiin suljettuun säiliöön. Muun biomassan korjuun voisi näin suorittaa samanaikaisesti heti lenninhaiventen keruun jälkeen.

3.3.2 Osmankäämin korjuu Kanadassa

Kanadan Manitobassa Grosshans (2014) esitteli innovatiivisen lähestymistavan, jonka avulla voitiin ratkaista useita kestävän kehityksen haasteita. Nämä liittyivät Winnipeg-järven rehevöitymiseen, joka johtui pääasiassa suuresta fosforikuormituksesta. Yhtenä keskeisenä toimenpiteenä osmankäämikasvustoa kasvatettiin ja korjattiin useiden vuosien ajan, jotta järven rehevöitymiseen suurelta osin vaikuttavat ravinteet saatiin talteen ja poistettua biomassaa voitiin käyttää teollisiin tarkoituksiin. Kuollut, maanpäällinen osmankäämi korjattiin aikaisin keväällä (huhti-toukokuussa) kahdella ”kevätkorjuukohteella”, kun lumi oli poissa, maa vielä jäässä ja korjuun ekologiset vaikutukset olivat vähäiset. Elävät vihreät kasvit korjattiin kahdelta kesäkorjuukohteelta elokuussa, jolloin maanpäällisen kasvin biomassan ja ravinnepitoisuuden voidaan olettaa olevan korkeimmillaan. Vain päällimmäinen osa kasvista veden tai jään pinnan yläpuolelta (30 cm:n korsi) poistettiin kestävän sadonkorjuun varmistamiseksi, jotta ei tuhottaisi nousevia kasviyhteisöjä.

Pohjois-Amerikassa oli siihen aikaan vain vähän kokemusta kosteikkoihin mukautetusta korjuutekniikasta, ja käytetty menetelmä perustui pitkälti eurooppalaisiin, erityisesti edellisessä luvussa esiteltyyn Greifswald Mire Centren kokemuksiin. Tutkimukset ovat osoittaneet, että taloudellisin keino osmankäämin biomassan korjuuseen on yleensä käyttää olemassa olevaa maatalouskalustoa joko suoraan tai muunneltuna. Tähän sisältyy muiden viljelykasvien viljelyyn suunniteltujen koneiden mukauttaminen siten, että ne toimivat tehokkaasti kosteikko-olosuhteissa (Grosshans ym., 2015). Grosshans ja muut (2011) tutkivat mahdollisuuksia käyttää suurilla matalapaineiselle pallorenkailla varustettua maissin rehunkorjuukonetta kosteikkojen os-

mankäämin biomassan leikkaamiseen, keräämiseen ja kuljettamiseen. Tällä lähestymistavalla pyrittiin mukauttamaan olemassa olevia maatalouskoneita kosteikkojen ainutlaatuisiin olosuhteisiin. Grosshans ja muut (2015) keskittyivät näiden menetelmien ja tekniikoiden optimointiin osmankäämien leikkaamiseksi ja paalaamiseksi luonnontilaisella kosteikkoalueella, jossa vedenpintaa pystytettiin säätämään ojitusten avulla. Ainakin kesäkorjuu tehtiin MacDon R85 (www.macdon.com) -nimisellä tavallisella pyörivällä kiekkeleikkurilla, jota käytetään yleensä tavanomaisten rehukasvien leikkaamiseen. Niittokone leikkasi vihreän osmankäämikasvuston tehokkaasti riippumatta kasvillisuuden korkeudesta tai tiheydestä. Pyörivällä kiekkeleikkurilla leikatut osmankäämit tuottivat suora-leikkaukseen verrattuna paremman karhon, mikä mahdollisti suuren Massey Ferguson (Hesston) 2190 -neliöpaalaimen käytön. Rengaspaineita alennettiin kosteikkoon kohdistuvien vaikutusten vähentämiseksi. Ilmastointirullainen pyörivä leikkuupalkki on suositeltavin leikkausmenetelmä osmankäämin korjuuseen olosuhteiden salliessa.

3.3.3 Osmankäämin korjuu Suomessa

Suomessa ei juuri ole kokemusta koneellisesta osmankäämin korjuusta. Märän ja pehmeän pohjan takia perinteiset Suomessa käytetyt raskaat koneet eivät sovellu tähän tarkoitukseen muulloin kuin talvipakkasilla. Kuten yleisesti kosteikkoviljelyn korjuussa, korjuukoneen tulisi olla mahdollisimman kevyt ja sillä tulisi olla mahdollisimman suuri pinta-ala/paino-suhde, esimerkiksi leveät, matalapaineiset renkaat tai leveät telaketjut (Auramo ym., 2024; Wichtmann ym., 2016). Koneelliselle korjuumenetelmälle, jossa erotetaan tähkät (ja niiden sisältämät lenninhaivenet) olisi kysyntää, koska erikseen korjattuna ja hyödynnettyinä tähkien lenninhaivenet tuovat sadolle lisäarvoa. Siihen voisi mahdollisesti toimia osmankäämin elinympäristöön mukautettu maissinpoimintakone (*corn picker*). Tällaisia maissinpoimintakoneita on ollut olemassa jo vuosikymmeniä (Hunter & Kjelgaard, 1963). Ne leikkaavat maissin varret ja keräävät tähkät jättäen varret pellolle. Maastoon jäävät varret voidaan myöhemmin kerätä tai jättää maahan ravinteiksi. Dong ja muut (2024) ovat keksineet maissin leikkuupään korjuutappioiden minimoimiseksi leveä- ja kapearivisille maissiviljelmille. Shravani & Mehta (2022) ovat kehittäneet pienikokoista, kokeellista ”Snapping Roller”-maissinpoimijaa, jonka voi liittää traktorin tai vastaavan työkoneseen eteen. Maissinpoimija koostuu syöttöyksiköstä, tähkän keräyssäiliöstä, voimansiirtoyksiköstä ja pääkehikosta. Sadonkorjuukone kehitettiin poimimaan maissintähkät maissinvarresta ja keräämään ne keräyskauhaan. Sama periaate voisi toimia osmankäämitähkien korjuussa syksyllä, ennen kuin lenninhaivenet alkavat lähteä lentoon. Tiivistettynä voidaan todeta, että Suomen olosuhteisiin

soveltuvan korjuuteknologian puute on tärkeä yksittäinen este osmankäämin hyödyntämiselle.

Vaikka osmankäämin kaupallinen potentiaali on tunnistettu ja kiinnostus kasvaa, kysyntä on vielä pientä ja keskittyy pilottiprojekteihin sekä paikallisiin kokeiluihin, eli haasteena ovat myös toistaiseksi kehnosti toimivat markkinat. Aktiivista viljelyä ei laajasti vielä ole, jolloin ei ole myöskään tarjontaa. Samalla teollisuuden raaka-aineen kysyntä pysyy matalana, sillä muutamatkan ko-keiluhaluiset yritykset eivät saa riittävästi raaka-ainetta (Auramo ym., 2024; de Jong ym., 2021).

Osmankäämin käyttö ja kysyntä Suomessa ovat siis kehittymässä, ja kasvin potentiaalia biotaloudessa pidetään kohtuullisen suurena. Vaikka osmankäämille ei tällä hetkellä ole olemassa tuotantoketjuja eikä viljelyä ole riittävän laajassa mittakaavassa, se voi tulevaisuudessa saada merkittävän roolin erityisesti kestävästä rakentamisesta, biotuotteiden ja ympäristönhoidon ratkaisussa. Luovat ratkaisut kysynnän ja markkinan luomiseksi sekä korjuuhaasteiden selvittämiseksi ovat tässä avainasemassa.

3.4 Ruokohelven korjuu

Suomessa ruokohelpi korjataan pääsääntöisesti alkukevällä, kun maasto on riittävän kantava korjuukoneille. Korjuu tehdään paalaamalla joko pyörö- tai suurkanttipaalaimella tai irtokorjuuna tarkkuussilppurilla. Työvaiheisiin kuuluvat niitto, paalaaminen tai silppuaminen suoraan perävaunuun sekä kuljetus varastoon joko lohkon lähellä tai suoraan keskusvarastoon. Kuljetus tehdään pääsääntöisesti eri traktorilla. Suurkanttipaalaus tuottaa isompia paaleja, ja paalit ovat tilankäytön kannalta tehokkaampia. Suurkanttipaalain on kuitenkin pyöröpaalaimen verrattuna raskas, mikä voi olla kosteikoilla hankalaa sekä huomattavasti kalliimpaa. Kustannustehokkuudesta huolehtiminen on tällöin haastavampaa. Ruokohelven korjuu silppumenetelmällä sopii silloin, kun sitä käytetään suoraan seostettavaksi pääpolttoaineisiin (Pahkala ym., 2005).

Pohjois-Saksassa, varsinkin Mecklenburg-Vorpommernissa on kertynyt jonkin verran kokemusta ruokohelven korjuusta ja sen teknologiasta. Kuten yleisesti kosteikkoalueilla ruokohelven sadonkorjuutekniikan jatkokehityksessä olisi keskityttävä matalaan pinta-alapaineeseen, suureen pinta-alatuotokseen ja logistiikkaketjun optimointiin. Korjuu- ja kuljetusajoneuvojen erottaminen on välttämätöntä vaaditun tehokkuuden saavuttamiseksi. Pyöreät, matalapaineiset renkaat ovat osoittautuneet hyväksi ruokohelven korjuussa, ja niillä on suuri potentiaali erityisesti biomassan kuljetuksessa. Koska markkinoilla ei kuitenkaan ole vielä juurikaan valmistajaa, vaihtoehtona on käytetty lumilinko-/rinnekonetta, joiden muuntaminen ruokohelven korjuuseen on vakiintunut toi-

mintatapa. Muunnetut lumilingot ovat kuitenkin ylimotorisoituja ja soveltuvat oman painonsa vuoksi huonommin biomassan kuljetukseen. Eri valmistajien telapohjaista uutta tekniikkaa on jo saatavilla, mutta se ei vielä ratkaise suuren omapainon ongelmaa (esim. Wichmann ym., 2016). Maatalouden tavanomais-
ten lisälaitteiden käyttö on mahdollista etu- ja takakolmipistekiinnityksillä ja PTO-liitännöillä. Monivaiheisissa prosesseissa kaikki käytetyt koneet on mu-
kautettava maaperäolosuhteisiin, esimerkiksi varustamalla kevyet paalaimet
lisäksi kaksoisakseleilla ja -renkailla tai käyttämällä telapohjaisia yhdistelmiä
(Dahms, 2017). Autonomisten korjuuajoneuvojen käytön odotetaan lisääntyvän
tulevaisuudessa myös ruokohelven korjuussa. Jos sadon kuivaaminen pellolla
ei ole mahdollista korkean vedenkorkeuden vuoksi, tuore eli raskas biomassa
on kuljetettava pellon reunalle tai siirtopaikalle maaperää säästävällä tavalla
ja kuivattava tai säilöttävä muualla kuin pellolla.

4 Tulevaisuuden kosteikkolajit

Rahkasammaleen, leveäosmankkäämin ja ruokohelpin lisäksi on muita potenti-aalisia, mutta vähemmän tunnettuja suokasvilajeja. Osa niistä ei esiinny luon- taisesti Suomessa tai edes Pohjoismaissa, mutta ilmaston muuttuessa niiden soveltuvuutta Pohjoismaissa viljeltäviksi kannattaa selvittää. Moni tällaisista lajeista tuottaa runsaasti biomassaa. Kun lopetettuja turvetuotantoalueita tai turvepeltoja ennallistetaan uudelleen kostuttamalla, nämä kasvilajit voisivat tulevaisuudessa tarjota lupaavia vaihtoehtoja ekologiseen ennallistamiseen, hiilen sitomiseen ja uusiutuvien luonnonvarojen tuotantoon.

Tässä luvussa tarkastellaan lajeja, jotka menestyvät hyvin vettyneissä maissa ja vaihtelevissa pohjavesitasoissa. Niiden kuiva-aineen sadot vaihte-levat 8–50 tonnia hehtaarilta vuodessa lajista, kasvupaikasta ja hoitotavasta riippuen. Kasvit yleensä edistävät turpeen muodostumista, ravinteiden pois- tumista vesistöistä ja monimuotoisuutta, ja niiden biomassassa soveltuu bioener- gian, rakennusmateriaalien, eläinrehun ja kuitutuotteiden tuotantoon.

Lajien valinnassa painotetaan kylmänkestävyyttä, sopeutumista boreaa- liseen ilmastoon, vähäisiä kustannuksia ja yhteensopivuutta ennallistamis- tavoitteiden kanssa. Katsauksessa korostetaan tuottavuuden ja ekologisen kestävyyyden tasapainottamista ja tuodaan esiin riskejä kuten vieraslajivaiku- tukset, metaanipäästöt ja ravinneherkkyys. Suositeltuja hoitostrategioita ovat muun muassa vuorottainen niitto, monimuotoisuutta tukevat suojavyöhykkeet ja kontrolloitu viljely. Seuraavat lajit esitellään: Järviruoko (*Phragmites australis*), Hetesara (*Carex acutiformis*), Kapeaosmankkäämi (*Typha angustifolia*), Isosor- simo (*Glyceria maxima*), Kompassikukka (*Silphium perfoliatum*), Jättiruoho (*Arundo donax*) ja Elefanttiheinä (*Pennisetum purpureum*).

Suomessa ja Pohjois-Euroopassa parhaiten soveltuvat lajit ovat luon- taisesti esiintyviä, turvetta muodostavia ja uudelleenkostutetuilla koekentillä hyvin menestyneitä. Näitä lajeja voidaan integroida monikäyttöisiin maisemiin, jotka tukevat ilmastotavoitteita, veden puhdistusta ja alueellista kestävyyttä turpeenoton jälkeisessä maankäytössä.

Selvitys päättyy strategiaan suosituksiin lajien priorisoinnista niiden ekolo- gisen suorituskyvyn, biomassatuoton ja paikallisen soveltuvuuden perusteella sekä tarjoaa suunnitelman kestävään turvemaiden jälkikäyttöön kosteikkovil- jelyn keinoin.

4.1 Järviruoko (*Phragmites australis*)

Järviruoko on yksi maailman laajimmalle levinneistä ja tuottavimmista kosteikkokasveista. Se on kookas, monivuotinen heinäkasvi, joka kasvaa tavallisesti noin 2–4 metrin korkuiseksi, mutta parhaissa olosuhteissa yksilöt voivat yltää jopa 5–6 metrin korkeuteen (Rezania ym., 2019). Kasvusto muodostaa tiheitä, lähes yksilajisia ruovikoita soilla, järvien rantavyöhykkeillä ja turvemaiden reunoilla. Järviruoko on pitkä, jäykät ja ontohkot varret sekä kellanruskeat, höyhenmäiset kukinnot, jotka puhkeavat loppukesällä. Laji leviää tehokkaasti kasvullisesti juurakoiden ja rönsyjen avulla sekä suvullisesti tuulen mukana leviävillä siemenillä, vaikkakin siementen itävyys on lauhkeassa ilmastossa usein heikko (Köbbing ym., 2013). Ekologiselta sopeutumiskyvyltään järviruoko on poikkeuksellisen joustava: se sietää suuria muutoksia vedenpinnan korkeudessa sekä veden suolaisuudessa ja ravinteikkuudessa (Rezania ym., 2019). Tiheä juurakkoverkosto vakauttaa maaperää, ja kasvi kestää sekä pitkiä tulvakausia että ajoittaisia kuivia jaksoja. Viileässä ilmastossa järviruoko on maanpäälliset osat lakastuvat kasvukauden lopussa, ja kasvi varastoi ravinteita juurakkoon seuraavaa kasvukautta varten (Köbbing ym., 2013). Kosteikkoviljelyssä järviruoko on hyviä puolia ovat suuri biomassatuotto, vähäiset hoitotarpeet ja kyky suojata maaperää eroosiolta ja poistaa ylimääräisiä ravinteita vedestä (Rezania ym., 2019). Laji voi olla tärkeä myös turvemaiden ennallistamisessa: jatkuvasti märissä olosuhteissa kasvava ruovikko edistää turpeen muodostumista ja sitoo hiiltä pitkäaikaisesti maaperään (Tanneberger ym., 2022). *Phragmites australis* -lajista tunnetaan sekä alkuperäisiä että vierasperäisiä genotyyppejä. Euroopassa alkuperäiset populaatiot ovat yleensä vähemmän aggressiivisiä kuin Pohjois-Amerikkaan levinnyt vieraslaji, joka on aiheuttanut vakavia ekologisia haittoja Yhdysvaltojen ja Kanadan kosteikoilla (Chambers ym., 1999). Suomessa ja muualla Pohjois-Euroopassa esiintyy pääosin järviruoko alkuperäisiä kantoja, jotka ovat luontaisesti integroituneet paikallisiin ekosysteemeihin.

Phragmites australis on kosmopoliittinen kasvi, jonka levinneisyys kattaa kaikki mantereet Antarktista lukuun ottamatta (Rezania ym., 2019). Laji on alkuperäinen Euroopassa, Aasiassa, Afrikassa ja Australiassa, ja se on kulkeutunut ihmisten mukana myös Amerikasta löytyviin kosteikkoihin. Pohjois-Amerikassa järviruoko on vieraslaji, joka alkoi 1900-luvulla vallata alaa etenkin itärannikon suistojen ja Suurten järvien rannoilla (Chambers ym., 1999). Suomessa järviruoko on hyvin yleinen rantakasvi sisävesillä ja merenrannikon kosteikkoalueilla, ja sitä tavataan runsaasti myös soistuvien peltojen ja muiden kosteikkojen reuna-alueilla.



Kuva 3. *Phragmites australis*. Kuva: Adobe Stock.

Järviruo'on biomassan vuosisato vaihtelee huomattavasti kasvupaikan olosuhteiden ja viljelykäytänteiden mukaan. Optimaalisissa, runsasravinteisissa kosteikoissa ruovikko tuottaa tyypillisesti noin 15–25 tonnia kuiva-ainetta hehtaarilta vuodessa, ja parhaissa tapauksissa on raportoitu jopa noin 30 t/ha/vuosi esimerkiksi uudelleen kostutetuilla turvemailla (Köbbing ym., 2013). Vastaavasti niukkaravinteisemmissä tai hyvin vähäisillä panostuksilla ylläpidetyissä olosuhteissa sato voi jäädä noin 10–15 t/ha/vuosi tasolle. Sadon määrään vaikuttavat erityisesti veden ja ravinteiden saatavuus sekä korjuuajankohta. Esimerkiksi talvella korjattu kuiva korsiaiaines sisältää vähemmän ravinteita kuin loppukesällä vihreänä korjattu sato, sillä osa ravinteista on siirtynyt juurakkoon talvehtimaan. Suomessa tehdyissä ruovikon hyödyntämiskokeissa on arvioitu, että Etelä-Suomen järviruokobiomassaa voidaan korjata noin 4,6–7,4 tonnia kuivamassaa hehtaarilta vuodessa talviaikaisella niitolla (Isotalo ym., 1981). Kokonaisuutena järviruokoa pidetään yhtenä tuottoisimmista monivuotisista kosteikkoviljelykasveista sen korkean biomassatuotoksen vuoksi (Köbbing ym., 2013).

Järviruo'on biomassa tarjoaa monipuolisia käyttömahdollisuuksia, perinteisestä rakennusmateriaalista moderneihin biotuotteisiin. Köbbing ja muut (2013) tuovat esille, kuinka historian saatossa järviruokoa on käytetty etenkin rakenta-

miseen: kuivattua ruokokortta on vuosisatojen ajan hyödynnetty vesikatteenä, ja monilla rannikkoalueilla olkikatot on perinteisesti tehty järviruo'osta. Nykyisin ruokomateriaalia käytetään myös ekologisissa eristelevyissä ja -paneeleissa, joissa hyödynnetään sen hyvää lämmöneristyskykyä. Teollisuuden raaka-aineena järviruokoa on käytetty selluloosan ja paperin valmistuksessa: etenkin 1900-luvun puolivälin aikoihin ruokokuitua lisättiin paperimassan joukkoon korvaamaan puukuitua. Bioenergian lähteenä järviruo'on kuiva-aines soveltuu sekä suoraan polttoon että biojalostukseen. Kuivasta ruokomassasta voidaan valmistaa pellettejä tai brikettejä polttoaineeksi, ja kosteaa hienonnettua biomassaa voidaan käyttää biokaasureaktoreissa metaaniksi mädätettynä.

Myös bioetanolin tuotanto on mahdollista järviruo'on runsaasta selluloosapitoisesta biomassasta fermentointiteknologioilla. Ympäristönhoidollisesti järviruokoa hyödynnetään tehokkaana fyto-remediaatiokasvina: sitä istutetaan esimerkiksi kosteikkopuhdistamoihin ja laskeutusaltaille poistamaan vedestä ravinteita ja raskasmetalleja, sillä tutkimusten mukaan *P. australis* kerää erittäin tehokkaasti typpeä, fosforia ja metalleja kudoksiinsa (Rezania ym., 2019). Fyto-remediaatiossa kertyneen ruokobiomassan jatkokäyttö on sekin mahdollista – esimerkiksi poltto bioenergiaksi tai jalostus lannoitekompostiksi – jolloin kasvin sitomat haitta-aineet saadaan poistettua ekosysteemistä hallitusti. Järviruokoa on kokeiltu myös eläinten kuivikkeena korvaamaan olkea. Erityisesti lypsykarjan parsinavetoissa ja siipikarjan tuotannossa kuivattu ruokosilppu on toiminut hyvin kosteutta sitovana pehkun materiaalina. Ranskassa järviruokoa on perinteisesti kutsuttu ”suon oljeksi”, ja tuoreen tutkimuksen mukaan se voi olla toimiva ja taloudellisesti kilpailukykyinen kuivikevaihtoehto karjatiloilta, etenkin jos ruovikoita on lähettyvillä helposti hyödynnettävissä (Durant ym., 2020). Kosteikkoviljelyssä järviruo'on viljely linkittyy myös ilmastohyötyihin: märissä oloissa kasvava ja säännöllisesti korjattava ruovikko edistää turpeen säilymistä ja muodostumista, mikä merkitsee hiilen pitkäaikaista varastoitumista maaperään (Tanneberger ym., 2022). Näin järviruokoviljelmä voi samanaikaisesti tuottaa uusiutuvaa raaka-ainetta ja toimia hiilinieluna. Järviruo'on viljely ja hallinta eivät ole täysin ongelmattomia, ja tietyt haasteet on syytä ottaa huomioon.

Alueilla, joilla esiintyy järviruo'on aggressiivista vierasperäistä kantaa (kuten Pohjois-Amerikassa), laji voi levitä hallitsemattomasti ja muodostaa laajoja monokulttuureja alkuperäisen kasvillisuuden kustannuksella. Tällainen kasvustojen yksipuolistuminen vähentää kosteikkojen biodiversiteettiä syrjäyttämällä kotoperäisiä lajeja (Chambers ym., 1999). Siksi esimerkiksi Yhdysvalloissa on jouduttu torjumaan järviruo'on leviämistä luonnonsuojelualueilla vieraslajina.

Järviruoko vaatii menestyäkseen jatkuvasti kostean tai vetisen kasvualustan. Kuivuusjaksojen aikana kasvusto kärsii nopeasti, ja pitkäkestoinen

kuivuusstressi voi huomattavasti vähentää biomassan tuotantoa tai jopa johtaa ruovikon harvenemiseen. Tehokas viljely edellyttääkin, että kasvupaikalla on pysyvästi korkea pohjaveden pinta tai vastaava veden saanti. Jos kosteikko pääsee kuivumaan, järviruoko ei käytännössä kilpaile muiden kasvien kanssa yhtä hyvin.

Tiheän ja korkean ruovikon korjaaminen pehmeäpohjaisilta soilta on teknisesti haastavaa. Korjuutyö vaatii erikoiskalustoa, joka pystyy liikkumaan vetisellä ja upottavalla alustalla ilman että maaperä vaurioituu. Käytännössä korjuu on usein ajoitettava talvikauteen, jolloin pakkanen tai jää kantaa koneet, tai on käytettävä kevytrakenteisia teloilla varustettuja niittokoneita. Leutoina talvina, kun routaa tai jääpeitettä ei muodostu, ruovikon niitto saattaa olla vaikeaa ja kallista, ja koneiden liikkuminen voi tiiviissä kasvustossa vahingoittaa maata tai seuraavan kauden kasvua. Myös korjuun ajoitus on ekologisesti tärkeää: liian varhainen niitto saattaa häiritä lintujen pesintää kosteikolla, kun taas hyvin myöhäinen niitto syksyllä voi jättää kasvustolle liian vähän aikaa uusiutua ennen talvea.

Vaikka järviruoko on viljely määrisä oloissa edistää hiilen sitoutumista turpeen, on huomattava, että hapettomissa olosuhteissa muodostuu metaania (CH_4). Uudelleen kostutetulla turvemaalla ruovikkoalue voikin tuottaa metaanipäästöjä, jotka heikentävät osaltaan saavutettua ilmastohyötyä. Esimerkiksi eräässä ennallistettujen sara- ja ruohosuon kokeessa havaittiin, että runsas vetisyys lisäsi metaanin muodostusta, vaikka kokonaisuutena kasvihuonekaasutase säilyi edullisempänä kuin kuivatusolosuhteissa (Bockermann ym., 2024). Metaanipäästöjen riskiä voidaan kuitenkin pienentää hallitsemalla vedenpinnan korkeutta tarkasti ja korjaamalla sato vuosittain, jolloin turve ei pääse kertymään paksuksi anaerobiseksi kerrokseksi.

Järviruoko on luonnostaan erittäin hyvin sopeutunut kosteikkoviljelykasvi Suomen sekä laajemmin Pohjois-Euroopan olosuhteisiin. Laji on alueella alkuperäinen ja kestänyt läpi vuosituhansien pohjoisen ilmaston vaihteluita. Boreaalisella vyöhykkeellä järviruoko on juurakot talvehtivat jäätyvässä maassa, ja kasvi hyödyntää pitkän valoisan kesäkauden nopeaan kasvuun kevättulvien tuomassa kosteudessa. Järviruoko pärjää erinomaisesti uudelleen kostutetuilla turvemailla ja ravinteikkailla kosteikoilla, joita Suomessa on esimerkiksi entisillä turvetuotantoalueilla runsaasti. Keski-Euroopassa tehdyissä kosteikkoviljelykokeiluissa paikallisista ruokokannoista on saatu vakiinnutettua satoisia viljelmiä muutamassa vuodessa suon ennallistamisen jälkeen (Tanneberger ym., 2022). Esimerkiksi Saksassa ja Alankomaissa järviruoko on viljely on onnistuneesti yhdistetty kosteikkojen ennallistamiseen niin, että samalla kun turpeen hajoaminen on saatu hidastumaan, on kerätty huomattavia biomassasatoja (Tanneberger ym., 2022; Vroom ym., 2022). Rehevillä entisillä pelloilla ruovikon

kasvu käynnistyy nopeasti kosteituksen jälkeen, ja jo ensimmäisinä vuosina huomataan ekosysteemipalvelujen palautumista, kuten typen sitoutumista kasvustoon (Vroom ym., 2022).

Järviruo'on viljely on myös mahdollista tehdä luonnon monimuotoisuutta tukevalla tavalla. Kohtuullisesti hoidettu ruovikkoviljelmä voi tarjota elinympäristöjä esimerkiksi kosteikkolinnustolle ja vesistöjen kaloille toimien näin selvänä parannuksena verrattuna kuivattuihin turvepeltoihin, joilla ei ole vastaavia luontoarvoja. Säännöllinen niitto pitää kasvuston elinvoimaisena ja estää liiallisen karikkeen kertymisen, mikä voi jopa lisätä alueen kasvilajiston monimuotoisuutta verrattuna täysin hoitamatta jätettyyn tilanteeseen. Tuoreen tutkimuksen mukaan kosteikkoviljely voi tukea uhanalaisten kosteikkolajien säilymistä, kunhan käyttö pidetään kestäväenä ja esimerkiksi puuvartisten kasvien liiallinen leviäminen estetään niitolla (Martens ym., 2023).

Kokonaisuutena kansainväliset asiantuntijat pitävät kosteikkoviljelyä – mukaan lukien järviruo'on viljelyä – lupaavana ja kestäväenä maankäyttöstrategiana soilla (Tanneberger ym., 2022). Lähestymistapa säilyttää turpeen hiilivaraston, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, ylläpitää kosteikkojen monimuotoisuutta ja voi luoda uusia taloudellisia mahdollisuuksia paikallisesti esimerkiksi uusiutuvan energian tuotannossa, ympäristöpalveluissa ja vihreässä rakentamisessa. Järviruo'ko on yksi keskeisistä lajeista tässä kehityksessä sen sopeutuvuuden ja monikäyttöisyyden ansiosta. Suomessa ruovikkoviljelmät tarjoavat keinon hyödyntää kosteita turvemaita kestävästi: samalla kun turpeen hiilipäästöt ilmakehään estetään pitämällä maa märkänä, saadaan kotimaista raaka-ainetta energiantuotantoon, rakentamiseen tai maatilojen kuivikekäyttöön. Tällainen ”win-win”-tilanne tekee järviruo'osta houkuttelevan vaihtoehdon, joka auttaa edistämään sekä ympäristön tilan kohentamista että ilmastotavoitteiden saavuttamista (Martens ym., 2023; Tanneberger ym., 2022).

4.2 Hetesara (*Carex acutiformis*)

Carex acutiformis (hetesara) on kookas, juurakkoinen ja monivuotinen sara-laji, joka on alkuperäinen lauhkean vyöhykkeen kosteikoilla. Se muodostaa tiheitä mättäitä ravinteikkaissa, vettyneissä maaperissä ja kasvaa yleensä noin 1,2–1,5 metrin korkuiseksi. Lehdet ovat teräväkärkiset ja varret kolmisärmäiset; ruskehtavat kukinnot ovat huomaamattomia. Laji leviää pääasiassa kasvullisesti pitkinä rönsyinä, muodostaen laajoja juurimattoja, jotka lisäävät turpeen kertymistä ja vakauttavat maaperää. *C. acutiformis* on erityisen hyvin sopeutunut ravinteikkaisiin soistuneisiin turvemaihin ja kosteisiin niittyihin, ja se voikin hallita kasvillisuutta tällaisissa elinympäristöissä. Sille ominainen

suuri lehtialasuhde – huomattava osa biomassasta on lehtilapoja – edesauttaa nopeaa fotosynteesiä ja kasvua kilpailuympäristöissä. Verrattuna moniin muihin saralajeihin (esim. *C. rostrata* ja *C. diandra*) *C. acutiformis* kykenee hyödyntämään tyypeä tehokkaammin ja tuottaa runsaamman maanpäällisen biomassan (PlantaeDB., ei pvm.; Konings ym., 1989; Hinzke ym., 2021). Kosteikkoviljelyssä tätä lajia arvostetaan sen kohtuullisen tai korkean biomassatuoton, turpeenmuodostuskyvyn ja ekologisen soveltuvuuden vuoksi kosteiden turvemaiden käyttöön. Sen runsas juuristo ja vuotuinen karie edistävät hiilensidontaa (Bockermann ym., 2024), ja vähän hoitoa vaativana lajina ylläpitää monimuotoisuutta tarjoamalla elinympäristöjä kosteikkolajeille (Martens ym., 2023).



Kuva 4. *Carex acutiformis*. Kuva: Adobe Stock.

Hetesara on levinnyt laajalle Euroopassa ja osissa Länsi-Aasiaa. Sitä tavataan yleisesti alavien alueiden korpi- ja lettoalueilla, soilla, ojen reunoilla sekä kosteilla rantaniityillä. Pohjois-Euroopassa – Suomi mukaan lukien – laji on yleinen erityisesti ravinteisilla turvemailla ja siirtymäkosteikoilla. Suomen luonnossa se esiintyy alkuperäisenä lajina rehevissä kosteikoissa, rantaluhdissa ja tulvaniityillä. Lajin levinneisyys ulottuu etelässä Keski-Euroopasta Baltiaan ja Fennoskandiaan. Se on hyvin sopeutunut viileähköön, kosteaan ilmastoon ja kestää ajoittaista tulvimista ja vedenpinnan vaihtelua. Vaikka *C. acutiformis* on alkuperäinen Euraasiassa, sitä on satunnaisesti tavattu myös istutettuna muu-

alla (esim. Pohjois-Amerikassa) kosteikkoviljelysten yhteydessä, mutta näillä alueilla se ei yleensä leviä aggressiivisesti vieraiden kasvien tapaan (Flora of North America Editorial Committee, ei pvm.). Levinneisyysalueellaan hetesara on tärkeä osa kosteikkokasvillisuutta ja indikaattorilaji ravinteikkaille soille.

C. acutiformis tuottaa kosteikkoviljelyssä merkittävästi biomassaa, joskin sadot vaihtelevat olosuhteiden mukaan. Tyypillinen kuivamassasato on noin 8–15 tonnia hehtaarilta vuodessa hyvin vettyneissä ja ravinteikkaissa oloissa. Kenttäkokeissa on raportoitu, että saramättäät tuottavat keskimäärin seuraavia satoja. Esimerkiksi Etelä-Saksan kostean suopellon kokeessa *Carex*-sarojen vuosisato vaihteli noin 4–10 tonnia kuiva-ainesta per hehtaaria vedenpinnan korkeuden mukaan (Bockermann ym., 2024). Yleisesti ottaen korkeampi vedenpinta edistää kasvua, kun hapettomat olot vähentävät turpeen hajotusta ja ravinteita on riittävästi. Mesokosmoskokeet tukevat havaintoja tasaisesta tuottavuudesta uudelleen kostutetuissa olosuhteissa. Kun ravinteita lisätään maltillisesti, *C. acutiformis* pystyy ylläpitämään runsaan biomassan tuotannon ilman että kasvimateriaalin hajoaminen kiihtyy liiaksi. Tällaisessa tilanteessa sekä maanpäällinen että juuribiomassa kasvavat yhtä aikaa, mikä johtaa positiiviseen biomassan kertymään. Erityisesti lajin paksu juurimassa edistää turpeen muodostumista ja pitkäaikaista hiilen varastoitumista, sillä iso osa juurten kautta syntyvästä orgaanisesta aineksesta säilyy hajoamatta yhden kasvukauden yli (Hinzke ym., 2021). Näiden ominaisuuksien ansiosta *C. acutiformis* -viljelmät voivat toimia hiilinieluinä kosteikkoviljelyssä, samalla kun ne tuottavat kohtuullisen sadon biomassahyötykäyttöön.

C. acutiformis -biomassan hyödyntämisessä on useita vaihtoehtoja, jotka tekevät siitä kiinnostavan kosteikkoviljelyn kohdelajin. Saroista korjattu biomassa soveltuu bioenergiaksi, erityisesti biokaasun tuotantoon märkämädätyksessä tai kuivemman massan tapauksessa pelletöitäväksi poltto-aineeksi. Tutkimuksissa on todettu, että kosteikkokasvien (kuten sarojen) metaanintuottopotentiali anaerobisessa mädätyksessä on lupaava (Wichtmann ym., 2016). Esimerkiksi *Carex*-lajien seoksella on saavutettu korkeampia metaanisaantoja kuin järviruo'olla tai osmankäämillä tietyissä fermentointimenetelmissä (Hartung ym., 2020). Kuivatusta sarabiomassasta voidaan myös valmistaa brikettejä tai pellettejä polttoon, vaikkakin sen tuhkapitoisuus on suhteellisen korkea ja käsittely vaatii huolellista kuivausta.

C. acutiformis:n varret ja lehdet sisältävät selluloosaa, joten niitä on tutkittu vaihtoehtoisena kuidun lähteenä paperin ja biohajoavien pakkausmateriaalien valmistuksessa (Favero ym., 2019). Vaikka puupohjainen sellu on yhä valtavirtaa, nopeasti kasvavat ruohovartiset kasvit – kuten sara ja ruokohelpi – voivat täydentää raaka-ainetta kestäväen kehityksen mukaisesti. Tämän saran kuitu on melko lyhyttä ja ligniinipitoista, mikä rajoittaa sen käyttöä perinteisessä

paperintuotannossa, mutta se soveltuu esimerkiksi karkeaan pakkaukseen tai komposiittimateriaaleihin, joissa tarvitaan biohajoavuutta.

C. acutiformis:n tiheää juurimassaa ja suurta ravinteidenottoa hyödynnetään myös ympäristötekniikassa. Lajia käytetään rakennetuissa kosteikoissa puhdistamaan valumavesiä: sen juuristo imee itseensä tehokkaasti typpeä ja fosforia sekä joitakin raskasmetalleja, mikä auttaa vähentämään rehevöitymistä (Konings ym., 1989; Martens ym., 2023). Näin ollen hetesara toimii eräänlaisena luonnon suodattimena kosteikkojen vesiensuojelussa. Samalla sen versot ja juuret suojaavat maaperää eroosiolta: tiheä kasvusto sitoo sedimenttejä ja vaimentaa veden virtausta tulva-alueilla. Korjattua sarabiomassaa voidaan myös käyttää esimerkiksi biosuodattimien tai viherkatoille tarkoitettujen kasvu-alustojen komponenttina tai jätteenkompostoinnin strukturointiaineena. Lisäksi *C. acutiformis* -kasvustojen jättäminen niittämättä tietyillä alueilla on keino edistää luontaista turpeen kertymistä ja monimuotoisen elinympäristön säilymistä kosteikoilla (Martens ym., 2023; Hinzke ym., 2021).

Vaikka *C. acutiformis* on hyödyllinen kosteikkolaji, sen viljelyssä on myös haasteita. Hetesaran maanpäällinen sato on usein matalampi kuin kaikkein rotevimpiin kosteikkokasveihin kuuluvilla osmankäämeillä (*Typha* spp.) tai järviruo’olla (*Phragmites australis*). Esimerkiksi eräissä Saksan kokeissa *Typha*-lajien maksimit kasvutuotokset ylittivät 10 t ka/ha vuodessa, kun vastaavissa oloissa *Carex* jäi keskimäärin hieman sitä alhaisemmaksi. Tämä tarkoittaa, että energiabiomassana tai raaka-aineena suurempituottoiset lajit saattavat olla taloudellisesti kilpailukykyisempiä.

C. acutiformis on herkkä hoidon muutoksille. Liian tiheä niitto tai biomassan korjuu useasti kasvukauden aikana voi heikentää sen kasvuvoimaa seuraavina vuosina, koska lajin on varastoitava tarpeeksi resursseja juurakoon talvehtimista varten. Suosituksena on yleensä yksi vuosittainen niitto loppukesällä tai syksyllä. Tätä tiheämpi korjuu voi pienentää satoa ajan myötä ja vaarantaa myös turpeen muodostuksen edellyttämän juuriston kehityksen. Jos hetesaraa viljellään hyvin vähä- tai niukkaravinteisilla turvepelloilla (kuten turvetuotannosta vapautuneilla soilla), sen kasvu saattaa jäädä vaatimattomaksi ilman lisäravinteita. Tutkimukset Suomesta osoittavat, että vähä- tai niukkaravinteisilla turvemaiden viljelyssä etenkin ruohovartisten suokasvien lisälannoitus voi olla tarpeen kohtuullisen biomassan tuottamiseksi (Laasasenaho ym., 2025). Lannoituksen tarve kuitenkin törmää kosteikkoviljelyn ympäristötavoitteisiin: märillä mailla lannoitteet voivat huuhtoutua vesiin, joten ravinnekierron optimointi (esim. mädätysjäännöksen palautus) on tärkeää näissä järjestelmissä.

C. acutiformis on vahva kilpailija omassa ympäristössään, mutta uudelleen kostutetuilla, ravinteita sisältävillä mailla se voi joutua kilpailemaan aggressiiv-

visten lajien kanssa. Esimerkiksi hoitamattomilla kosteikkopelloilla osmankäämit tai korkeat ruohovartistet rikkakasvit (kuten nokkonen ja ohdakkeet) voivat vallata alaa ja varjostaa sarakasvustot. Martens ja muut (2023) havaitsivat, että ilman niittoa rehevillä kosteikoilla kasvillisuus muuttuu nopeasti yksittäisten korkeiden lajien hallitsemaksi, mikä vähensi sekä hetesaran että muiden matalampien kasvien esiintymistä. Lisäksi *C. acutiformis* ei siedä hyvin syvää pitkäaikaista tulvaa. Jos vedenpinta nousee toistuvasti selvästi maanpinnan yläpuolelle (esim. yli 30 cm pitkäkestoinen tulva), se saattaa menehtyä. Tällöin tilaa valtaavat kelluskasvit tai varsinaiset vesikasvit. Viljelyssä nämä riskit voidaan hallita sopivalla vesitalouden säädöllä ja niittokäytännöillä. Kaiken kaikkiaan hetesaran pitäminen tuottavana vaatii huolellista hoitointensiteetin mitoittamista: liiallinen hoito tai täydellinen hoidon puute molemmat voivat heikentää sen elinvoimaa.

Carex acutiformis on erittäin soveltuva laji kosteikkoviljelyyn Suomessa ja lähialueilla, sillä se on alueella luontainen ja sopeutunut pohjoiseen ilmastoon. Boreaalisisessa ilmastossa laji kestää kylmät talvet juurakkonsa avulla ja aloittaa kasvun varhain keväällä hyödyntäen pitkää valoisaa kautta tehokkaasti. Suomessa hetesara menestyy erityisen hyvin uudelleenkostutetuilla saraturvemaidilla, rantasoilla ja tulvaniityillä, jotka muistuttavat sen luonnollisia elinympäristöjä. Käytännön kokemusta lajin viljelystä on kertynyt mm. Keski-Euroopasta. Saksassa ja Alankomaissa *C. acutiformis* on mukana kosteikkoviljelykokeiluissa, joissa sitä kasvatetaan energiabiomassaksi ja turpeenkorvikkeeksi (Martens ym., 2023; Bockermann ym., 2024). Näissä kokeiluissa sara on osoittautunut kestäväksi. Esimerkiksi Koillis-Saksan pitkäaikaisilla kosteikkopelloilla *C. acutiformis* -valtaiset kasvustot ovat säilyneet elinvoimaisina yli 15–20 vuotta uudelleenvenyttymisestä. Lajin kotoperäisyys merkitsee sitä, että viljelystä ei koidu vieraslajiriskejä ja että se tukee alueen luontoa. *C. acutiformis* -kasvustot tarjoavat elinympäristöjä monille kosteikkolinnuille, selkärangattomille ja muille suolajistoille myös viljelyolosuhteissa (Martens ym., 2023). Lisäksi lajin kyky sitoa hiiltä turpeeseen on hyödyksi pyrittäessä hillitsemään ilmastomuutosta. Suomalaisissa ja pohjoiseurooppalaisissa olosuhteissa kostea saraviljelmä voi toimia hiilen nettonieluna, jos vesitalous pidetään optimaalisena (Hinzke ym., 2021; Bockermann ym., 2024). *C. acutiformis* on osoittanut soveltuvuutensa myös yhdistelmäsystemeissä, joissa osa alueesta pidetään luonnontilaisena ja osa niitetään: se kestää tämän mosaiikkimaisen maankäytön hyvin ja edistää samalla suoluonnon monimuotoisuutta (Martens ym., 2023). Käytännössä hetesaran viljely Suomessa edellyttää riittävän kosteita oloja läpi kasvukauden. Peltoalueen on oltava pysyvästi vettynyt tai ainakin korkean pohjaveden alueella. Jos nämä ehdot täyttyvät, laji on Pohjois-Euroopassa yhtä tuottava ja ekologisesti hyödyll-

linen kuin etelämpänä tehdyissä kokeissa. Kokonaisuutena *C. acutiformis* on turvallinen, ilmastoa kestävä ja luonnon monimuotoisuutta tukeva valinta boreaalisten alueiden kosteikkoviljelyyn.

4.3 Kapeaosmankäämi (*Typha angustifolia*)

Typha angustifolia eli kapeaosmankäämi on kookas, monivuotinen kosteikkokasvi, joka tunnistetaan noin 0,5–1 cm levyisistä kapeista lehdistään ja sirosta, kahtia jakautuneesta kukintotähkästään (hede- ja emitähkän välissä on selvä väli) – piirre, joka erottaa sen leveälehtisestä osmankäämistä (*T. latifolia*, jonka hede- ja emitähkä ovat yhtenäiset) (Lim 2016; Wasko ym., 2022). Kapeaosmankäämi kasvaa tavallisesti 1,5–3 metrin korkuiseksi muodostaen tiheitä yksi- tai muutamalajisia kasvustoja mataliin vesiin. Varsi on jäykkä ja haaraton. Maavarsi tai juurakko on vahva, vaakasuoraan rönsyilevä (halkaisijaltaan 2–4 cm) muodostaen tiheän juuriverkoston, jonka nivelkohdista nousee versoja ja kuitujuurten kimppuja. Kasvi on emi- ja hedekukinnoltaan kaksiosainen: kapean, lieriömäisen ruskean emitähkän yläpuolella on erillinen vaaleamman ruskea hedetähkä, ja näiden väliin jää muutaman senttimetrin rako. Kukut ovat tuulipölytteisiä ja siemenet hyvin pieniä, pitkäkhöjen haivenien avulla tuulen mukana leviäviä (Lim, 2016). Osmankäämi lisääntyy tehokkaasti myös kasvullisesti: juurakolla se valtaa alaa kosteikossa kloonaamalla itseään muodostaen laajoja yhtenäisiä kasvustoja.

Ekologisilta ominaisuuksiltaan *T. angustifolia* on hyvin sopeutumiskykyinen. Se sietää erilaisia tulvaoloja – niin pysyvästi vetisiä ympäristöjä kuin vedenpinnan kausittaista vaihtelua – ja pystyy kasvamaan sekä matalassa rantavedessä että huomattavasti syvemmissäkin vesissä kuin leveä osmankäämi. Tutkimusten mukaan leveäosmankäämi on kilpailukykyisempi hyvin matalassa vedessä (< 0,5 m), mutta kapeaosmankäämi pärjää paremmin syvemmissä vesissä (Haldan ym., 2022). Myös lievästi suolainen vesi (murtovesi) ei estä sen kasvua: lajia tavataan rannikkosuistoissa ja merenlahtien rantamatalikoissa, mikä kertoo sen suolankestävyydestä (Hong ym., 2020; Lim, 2016). Kasvi muodostaa runsaasti niin sanottua aerenkymikudosta (ilmakanavia) varsiinsa ja juuriinsa, mikä auttaa sitä selviämään hapettomassa, vettyneessä maassa ja samalla tekee sen kuivatusta biomassasta kevyttä mutta rakenteeltaan lujaa (noin 80–85 % kudoksesta on ilmatilaa) (Haldan ym., 2016).

Kapeaosmankäämi on biologiselta strategialtaan voimakaskasvuinen alkuasukaslaji kosteikoilla. Se kykenee korkealla yhteyttämisen- ja kasvunopeudellaan keräämään suuren biomassan ja usein valtaamaan elintilan lähes monokulttuuriksi, mikä vähentää muiden lajien kilpailumahdollisuuksia (Hong ym., 2020). Tämä ilmiö näkyy etenkin ravinteikkaissa ympäristöissä, joissa os-

mankäämi voi muodostaa laajoja yhtenäisiä kenttiä estäen esimerkiksi puiden taimettumisen ja tarjoten samalla suojaista elinympäristöä vesilinnuille ja kosteikkohyönteisille. Kapeaosmankäämi lisääntyy sekä suvullisesti (siemenistä) että vegetatiivisesti (juurakon kautta) erittäin tehokkaasti: tuuli voi kuljettaa kevyitä siemeniä kauas uusille kasvupaikoille. Mutta kosteikkoviljelyssä merkittävämpää on sen aggressiivinen kasvullinen leviäminen, minkä ansiosta se peittää nopeasti uudelleen kostutetun alan vihreäksi. Kosteikkoviljelyssä tätä lajia arvostetaan juuri mainittujen piirteiden takia: se tuottaa runsaasti biomassaa vähällä ylläpidolla, vakauttaa juurillaan maaperää eroosiota vastaan ja ottaa tehokkaasti ravinteita vedestä ehkäisten näin ylimääräisten ravinteiden valumista vesistöihin (Lim, 2016; Hong ym., 2020).

Kapeaosmankäämi muistuttaa ekologisesti hyvin paljon leveälehtistä osmankäämiä, ja nämä kaksi lajia esiintyvätkin usein samoilla alueilla. Lajit voivat myös risteytyä keskenään. Niiden risteymä *Typha × glauca* (iso-osmankäämi) on tunnettu erityisesti Pohjois-Amerikassa, missä Euroopasta levinnyt *T. angustifolia* risteytyy paikallisen *T. latifolia* kanssa. Risteymä on osoittautunut erittäin elinvoimaiseksi ja aggressiiviseksi vallaten kosteikkoja ja syrjäyttäen alkuperäislajistoa, joten *T. angustifolia* on siellä saanut vieraslajin maineen (Hong ym., 2020; Wasko ym., 2022). Sen sijaan Suomessa molemmat osmankäämit ovat luontaisia lajeja, joten niiden risteymääkin tavataan meillä paikoin, mutta sitä ei pidetä samanlaisena uhkana ekosysteemille. Pikemminkin se on osoitus näiden osmankäämien geneettisestä läheisyydestä.

Typha angustifolia on levinnyt laajalle alueelle pohjoisen pallonpuoliskon lauhkeissa ilmastoissa. Se on luokiteltu kosmopoliittiseksi kosteikkokasviksi, jonka esiintymisalue kattaa Euroopan, Pohjois-Afrikan, Aasian lauhkeat osat sekä Pohjois-Amerikan itä- ja länsirannikon (Lim, 2016; Zhou ym., 2018). Maa-ilmanlaajuisesti laji on tavattu ainakin 56 eri maassa, ja sen oletetaan levittäytyneen laajalti jääkauden jälkeisinä kausina vesistöjen ja kosteikkojen kautta (Lim, 2016). Pohjois-Amerikassa *T. angustifolia* ei välttämättä ollut alun perin runsaslukuinen sisämaan kosteikoilla, mutta sitä on kulkeutunut Euroopasta ja levinnyt etenkin Suurten järvien alueelle 1800-luvun lopulta alkaen (Zhou ym., 2018). Nykyisin se on siellä paikoin runsas, tosin usein hybridisoituen paikallisen leveäosmankäämin kanssa (Hong ym., 2020).



Kuva 5. *Typha angustifolia*. Kuva: Adobe Stock.

Suomessa kapeaosmankäämi on alkuperäinen laji ja melko yleinen näky rehevillä kosteikkoalueilla maan etelä- ja keskiosissa. Sitä tavataan etenkin läntisen ja eteläisen Suomen järvien rantasoistumissa, merenrannikon matalissa lahdenpoukamissa ja jokisuistoissa sekä toisinaan myös ojitettujen soiden reunaosissa ja tulvaniityillä (Kuitunen, 2016). Levinneisyyskartoitusten mukaan lajin pääesiintymisalue ulottuu suunnilleen Oulun-Kainuun korkeudelle; pohjoisimmilta alueilta (Lappi) se puuttuu lähes täysin (LuontoPortti, ei pvm.). Etelä-Suomessa kapeaosmankäämi on paikoin yleinen, esimerkiksi rannikko-seuduilla ja suurten järvien rantamilla se muodostaa laajoja kasvustoja. Keski-Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla se käy harvinaisemmaksi. Esiintymät ovat siellä hajanaisia ja sijaitsevat yleensä erityisen suojaisissa ja ravinteikkaissa lahdelmissa. Lajin esiintymisen painottuminen Suomessa etelään ja lounaaseen johtuu osin ilmastollisista tekijöistä (pidempi kasvukausi ja leudommat talvet suosivat runsasta kasvua), mutta se kykenee kestämään myös kylmää. Osmankäämi talvehtii juurakkonsa suojassa jopa järvien pohjasedimentissä jääkerroksen alla. Levinneisyytensä pohjoisrajoillakin *T. angustifolia* menestyy, kunhan kasvukaudella on riittävästi lämpöä ja valoa. Tämä näkyy esim. Pohjois-Ruotsissa ja -Norjassa, missä lajia tavataan vielä rannikkoalueilla (Mossberg & Stenberg, 2005). Kokonaisuutena kapeaosmankäämi on laajalle levinnyt laji Euraasiassa. Suomen lisäksi se on alkuperäinen kaikkialla Euroopassa Välimereltä Skandinaviaan ja Britteinsaarille, ja idässä sen levinneisyys

jatkuu Venäjän halki Keski-Aasiaan asti (Zhou ym., 2018). Alkuperäisillä esiintymisalueillaan se on yleensä yksi kasvi kosteikkokasvillisuuden joukossa, usein yhteiselossa leveäosmankkäämin kanssa jossain määrin eriytyneissä mikrohabiataateissa.

Kapeaosmankkäämi on yksi tuotteliaimmista kosteikkokasveista, vaikkakin sen sadontuotto kyky on hieman alhaisempi kuin leveäosmankkäämillä optimioiloissa (Haldan ym., 2022). Tyypillisesti *T. angustifolia* -kasvustot tuottavat kuivamassasatoa noin 8–18 tonnia hehtaarilta vuodessa vallitsevien olosuhteitten mukaan (Haldan ym., 2022; Hong ym., 2020). Mesokosmoskokeissa laji on osoittanut pystyvänsä ylläpitämään kohtalaista tuottoa jopa alhaisilla ravinnetasoilla: esimerkiksi Haldan ja muiden (2022) kokeessa osmankkäämien biomassat pysyivät yllättävän hyvinä hyvin niukalla tyypillisellä, mikä lupaa pitkäjänteistä satoa myös vähälannoitteisessa kosteikkoviljelyssä. Toisaalta optimaalisissa olosuhteissa – runsasravinteisilla kasvupaikoilla, joissa vesi on sopivan korkealla mutta ei tukahduta kasvua, osmankkäämiviljely voi tuottaa huomattavankin sadon. Kirjallisuudessa on raportoitu *T. angustifolian* seisovan versoston kuivapainon ylittävän 3 kg/m², mikä vastaa yli 30 tonnin hehtaarisatoa (Hong ym., 2020). Tällaiset huippuarvot on mitattu erittäin rehevissä ympäristöissä, esimerkiksi jäteveden käsittelykosteikoilla tai lannoitetuissa koekasvatuksissa. Luonnonolosuhteissa tyypilliset vuosisadot asettuvat edellä mainittuun 8–18 t ka/ha vaihteluväliin, esimerkiksi Keski-Euroopan uudelleen kostutetuilla turvemaidella *T. angustifolia* on tuottanut noin 10–15 t/ha vuodessa kuivamassaa, mikä on moninkertaisesti enemmän kuin samoilla paikoilla aiemmin viljeltyt kuivat nurmet (Haldan ym., 2022). Yli 20 t/ha vuosisatoja on kirjattu erityisen suotuisissa tapauksissa Pohjois-Amerikassa tulvakosteikolla ja eteläisessä Saksassa lannoitetulla koekentällä (Pfadenhauer & Wild, 2001), mutta tällaiset lukemat edustavat absoluuttista maksimitasoa. Olennaista on, että osmankkäämien sato on varsin vakaata vuodesta toiseen, jos kasvusto pysyy terveenä. Monivuotisina kasveina ne hyödyntävät juurakkoonsa varastoitua energiaa keväällä uuteen kasvuun. Juuribiomassan osuus *T. angustifolian* kokonaistuotannosta on merkittävä – ravinteidenolosuhteitten mukaan maanalaista biomassaa voi olla jopa yhtä paljon kuin maanpäällistä. Esimerkiksi ravinteiltaan tasapainoisissa oloissa osmankkäämi jakaa biomassansa lähes 50/50 versoihin ja juurakkoon (Hong ym., 2020), kun taas ravinnepuutoksessa se panostaa suhteellisesti enemmän juuriin. Tämä tarkoittaa, että vaikka kaikkea biomassaa ei voida korjata sadoksi, koska osa on maassa, laji samalla kartuttaa maaperään orgaanista ainesta. Korjuukäytännöt vaikuttavat sadon määrään: jos kasvusto niitetään vasta talvella, monet lehdet ja siemenhuis-kilot ovat jo varisseet, mikä voi pienentää talteen saatavaa määrää. Toisaalta talviaikainen niitto tuottaa kuivempaa ja puhtaampaa satoa sekä vähemmän

ravinteita sisältävää biomassaa. Japanissa tehdyn tutkimuksen mukaan *T. angustifolia* -suon niittäminen keskikesällä laski merkittävästi juurakon biomassaa syksyllä verrattuna niittämättömään suohon (Tanaka ym., 2005). Toisin sanoen liian aikainen korjuu verottaa kasvin liian aikainen korjuu verottaa kasvin varastointikykyä ja siten saattaa pienentää seuraavan vuoden satoa. Sopiva korjuuajankohta kosteikkoviljelyssä onkin yleensä loppusyksy tai talvi, jolloin vuosisadon potentiaali on hyödynnetty ja kasvi voidaan turvallisesti leikata.

Kapealehtisen osmankäämin runsaalla biomassalla on monia hyödyntämismahdollisuuksia, minkä vuoksi se on kiinnostava laji kosteikkoviljelyssä. Osmankäämin kuivattu versoaines soveltuu sekä kiinteäksi polttoaineeksi että biojalostuksen raaka-aineeksi. Talvella korjattu osmankäämimassa on suhteellisen kuiva (mutta silti jopa noin 40 % vettä sisältävä) ja vähäravinteinen, joten sitä voidaan polttaa esimerkiksi lämpölaitoksissa seospolttoaineena (esim. hakkeen tai pelletoidun ruokomassan joukossa) (Haldan ym., 2022; Wichtmann ym., 2016). Biomassan tuhkapitoisuus on kohtalainen, ja koska suurin osa ravinteista on talvella juurakossa, poltossa vapautuvat typen oksidit tai muut epäpuhtaudet jäävät suhteellisen vähäisiksi verrattuna lehtipolttoon. Kuten osmankäämit yleensä *T. angustifolia* on myös potentiaalinen biokaasun raaka-aine: sen versot sisältävät paljon helposti hajoavaa orgaanista ainesta (selluloosaa, hemiselluloosaa, hieman tärkkelystä juurakoissa), joten mädätysprosessissa siitä saadaan metaanipitoista biokaasua (Wichtmann ym., 2016). Myös bioetanolin tai muiden nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto osmankäämistä on tutkimuksen kohteena. Sen tärkkelyspitoisia juurakoita ja selluloosapitoisia versoja voisi sopivalla esikäsittelyllä käyttää bioetanolin valmistukseen (Bah ym., 2010), vaikkakaan toistaiseksi tämä ei ole yleisessä käytössä.

Osmankäämien kuivista versoista voidaan valmistaa erinomaisia rakennus- ja eristysmateriaaleja. Lajin aerenkyyimirakenne (ontelokudoksen runsaus) tekee siitä kevyen mutta jäykän materiaalin (Haldan ym., 2022). Saksassa ja Itävallassa on kehitetty *Typha*-levyjä, joissa kapea- että leveälehtisten osmankäämien leikatut varret puristetaan yhteen muodostaen eristelevyjä tai rakennuspaneeleja (Krus ym., 2023). Nämä paneelit ovat ympäristöystävällisiä, kasvin sisäisen ilmatilan takia hyvin eristäviä ja yllättävän kantavia. Tutkimusten mukaan puristettu osmankäämilevy kestää kuormitusta ja on mittapysyvä (Georgiev ym., 2014). Euroopassa *T. angustifolia* -pohjaisia eristetuotteita kehitetään korvaamaan styroksi- ja mineraalivillaeristeitä biohajoavilla vaihtoehdoilla (Krus ym., 2023). Historiallisesti osmankäämiä on käytetty myös eristeenä: sen karvaista siemenhaituvaa ("ruokosilkki") on ennen vanhaan käytetty tyynyihin ja jopa pelastusliivien kellukkeena keveytensä vuoksi (Lim, 2016).

Kapeaosmankäämin kuituja voidaan hyödyntää myös paperinvalmistuksessa tai muissa kuitutuotteissa. Vaikka puukuitu on nykyään pääasiallinen

raaka-aine, osmankäämistä on kokeiltu valmistaa sellua ja paperia, ja se on lupaavaa erityisesti biohajoavien pakkausmateriaalien raaka-aineena (Haldan ym., 2022). Osmankäämimassasta valmistettu paperi on kellertävää ja karkearakenteista, joten laatu ei täysin vastaa hienopaperia, mutta se soveltuu pakkauksiin, esimerkiksi munakennoihin. Lisäksi osmankäämien pitkäkuituinen rakenne tarjoaa mahdollisuuden valmistaa komposiittimateriaaleja, joissa kasvikuitu vahvistaa esimerkiksi savea tai biohartsia.

Osmankäämi on vesiensuojelun kannalta hyödyllinen kasvi, sillä se pystyy keräämään ravinteita ja haitallisia aineita itseensä. Sitä on käytetty laajasti rakennetuissa kosteikoissa puhdistamaan jätevesiä: *T. angustifolia* imee juuriinsa tehokkaasti typpeä ja fosforia sekä joitakin raskasmetalleja (esim. lyijyä, kadmiumia) (Coops & van der Velde, 1995). Tämän vuoksi osmankäämiä istutetaan ojien ja alaiden reunoille suojavyöhykkeiksi, joilla hidastetaan veden virtausta ja vangitaan valumavesien mukana tulevaa kiintoainesta. Tiheän juurakkonsa ansiosta ne myös suojaavat rantapenikkoja eroosiolta. Juuriverkosto sitoo maata paikoilleen, ja lehvästö vaimentaa aallokkoa (Keto, 2022). Kosteikkoviljeltynä osmankäämikasvusto voi toimia sekä sadon tuottajana että ympäristötoimijana. Korjattaessa biomassaa poistuu samalla kosteikosta siihen sitoutuneita ravinteita, mikä estää niiden palautumista kiertoon.

Osmankäämin kuivunut lehvästö soveltuu eläinten kuivikkeeksi samoin kuin järviruoko tai olki. Silputtuna osmankäämimassa imee kosteutta hyvin ja hajoo kompostissa, joten sitä voidaan käyttää karjan lantapohjissa. Joissakin maissa osmankäämihaketta on kokeiltu hevosten ja nautakarjan kuivikkeena, ja tulokset ovat olleet lupaavia. Materiaalin saatavuus tosin on rajallisempaa kuin oljen. Rehuna osmankäämiä on käytetty lähinnä hätätilanteissa: sen nuoria versoja on syötetty tuoreeltaan karjalle ja kuivattua lehtimassaa on tarjottu märehitijöille silloin, kun muuta karkearehua ei ole ollut (Lim, 2016). Ravintoarvoltaan se on kuitenkin heikko: siinä on paljon kuitua ja vähän sulavia ravintoaineita, joten rehukäyttö on nykyään harvinaista.

Osmankäämikasvusto toimii hiilinieluna etenkin uudelleenkestutetuilla turvemailla. Vuosittain korjaamatta jäävä juurimassa kertyy turpeeksi ja sitoo hiiltä maaperään pitkiksi ajoiksi (Haldan ym., 2022; Succow & Joosten, 2001). Lisäksi, jos osmankäämibiomassaa käytetään rakentamisessa tai tuotteissa, hiili pysyy sitoutuneena tuotteisiin niiden elinkaaren ajan. Tällä tavoin osmankäämin viljely edistää pitkäaikaista hiilen varastoitumista sekä suoraan maaperässä että välillisesti korvaamalla fossiilisia raaka-aineita (esimerkiksi eristelevyjen valmistuksessa korvautuu öljypohjaisia materiaaleja). Voidaankin todeta, että osmankäämi on monikäyttöinen biomassalähde, joka soveltuu energiantuotantoon, materiaaliteollisuuteen ja ympäristönhoitoon yhtäaikaaisesti.

Alueilla, joille osmankäämi ei kuulu luontoon, se voi karata viljelystä ja aiheuttaa haittaa. Erityisesti Pohjois-Amerikassa eurooppalaisen kapealehtisen osmankäämin saapuminen on johtanut ongelmiin: laji on muodostanut invasiivisia populaatioita, jotka risteytyvät *T. latifoliar* kanssa ja tuottavat erittäin elinkykyisen risteymän (osmankäämiristeymä *T. × glauca*), mikä on vähentänyt alkuperäisten matalakasvuisten kosteikkolajien elintilaa (Hong ym., 2020). Viljelyssä tämä merkitsee, että on varottava siementen leviämistä, sillä siemenet voivat kulkeutua tuulen mukana hyvinkin kauas. Suomessa laji on alkuperäinen, joten tällaista vieraslajiriskiä ei ole – päinvastoin, viljelykasvusto voi suojella avointen rantaniittyjen monimuotoisuutta, jos sitä hoidetaan oikein. On kuitenkin huomionarvoista, että myös meillä leveä- ja kapeaosmankäämien risteymä saattaa ilmaantua viljelylohkoille, jos molempia lajeja kasvaa lähekkäin. Risteymäkasvusto voi olla biologisesti kilpailukykyinen ja esimerkiksi tuottaa steriiliä, pystyyn jäävää massaa, joka ei levitä siementä. Tämä ei sinänsä ole ongelma, mutta se voi muuttaa viljelykasvuston ominaisuuksia (korkeus, tiheys) ajan mittaan.

Osmankäämit mielletään rehevien ympäristöjen kasveiksi, mutta Hongin ja muiden (2020) tutkimuksen mukaan liian korkea ravinnetaso voi olla haitaksi kapealehtisen osmankäämin taimille. Mesokosmoskokeessa havaittiin, että hyvin korkealla typpi- ja fosforitasolla *T. angustifolia* -taimet kuolivat muutamassa viikossa, todennäköisesti liiallisten suolojen vaikutuksesta. Parasta kasvua saatiin keskinkertaisella ravinnetasolla, kun taas täysin vähäravinteikkaassa ympäristössä taimet jäivät hyvin pieniksi. Aikuiset kasvustot toki sietävät paremmin vaihteluja: kirjallisuudessa on raportoitu osmankäämien kasvavan sekä lähes ravinteettomissa oloissa että äärioloissa kuten ravinnerikkaalla lietealtaalla. Ravinteiden saatavuus heijastuu kuitenkin sadon määrään ja laatuun: niukkaravinteisilla mailla sato jää pienemmäksi ja kasvi allokoii enemmän biomassaansa juuriin, kun taas hyvin ravinteisessä ympäristössä versosto kasvaa tiheäksi ja korkeaksi, mutta liiallinen typpi voi johtaa kudosten vetistyneisyyteen ja kasvuston kaatumiseen. Käytännön viljelyssä tämä tarkoittaa, että osmankäämikasvuston ravinnetilaa kannattaa tarkkailla. Erittäin köyhtynyt kasvupaikka voi vaatia lisäravinteita. Ylimääräistä lannoitusta tulee kuitenkin välttää vesistön rehevöitymisen ja runsaan leväkasvun estämiseksi. Yleisesti ottaen *T. angustifolia* on osoittautunut pärjäävän niukoilla ravinteilla. Se kasvaa kunnolla jo maa-aineksessa, joka vastaa niukkaa mesotrofiaa (Hong ym., 2020). Kosteikkoviljelyssä usein riittää turpeen luontainen ravinnevaranto.

Tuhohyönteiset vaivaavat osmankäämejä harvoin, sillä runsas piidioksidi-pitoisuus ja kova lehtirakenne eivät maistu monelle eläimelle. Joitakin sieniä (ruosteita, homesieniä) saattaa esiintyä tiheissä kasvustoissa, mutta laajat kasvintuho-ongelmat ovat harvinaisia. Kuitunen (2016) mainitsee, ettei merkittäviä

mikrosienituhoja ole yleisesti). Tämä tekee lajista suhteellisen helppohoitoisen viljelyssä, kasvinsuojeluaineita tai erityisiä torjuntatoimia ei yleensä tarvita.

Kapeaosmankäämi osoittautuu monessa mielessä erittäin lupaavaksi kosteikkoviljelykasviksi Suomen ja Pohjois-Euroopan oloihin. Se on alkuperäinen laji, joten sen ekologiset vaikutukset ovat pääosin positiivisia: se tarjoaa tutun elinympäristön kotoperäisille kosteikkolinnuille ja -eliöille, eikä sen viljely uhkaa luonnon monimuotoisuutta samalla tavalla kuin vieraslajikasvit. Päinvastoin oikein hoidettuna osmankäämiviljelmä voi parantaa paikallista biodiversiteettiä. Martens ja muut (2023) havaitsivat, että ennallistetuilla sara- ja osmankäämi-valtaisilla soilla monimuotoisuus (mm. lintulajisto) oli huomattavan monipuolista hoitamattomiin kohteisiin verrattuna. Osmankäämi on kylmänkestävä: sen juurakko talvehtii jopa routaisessa turpeessa, ja se lähtee kasvamaan keväällä heti, kun pintavesi lämpiää muutamia asteita. Pohjois-Saksassa tehdyissä kokeissa *T. angustifolia* selvisi useista peräkkäisistä talvista ja tuotti joka vuosi uuden sadon, vaikka talven minimilämpötilat laskivat reilusti pakkasen puolelle (Haldan ym., 2022). Tämä lupaa hyvää myös Suomen oloissa: laji kestää esimerkiksi Etelä-Suomen talvet vaivatta. Versot toki paleltuvat syksyllä, mutta juurakko itää uudestaan keväällä. Osmankäämi hyödyntää pitkää päivänvaloaikaa: pohjoisissa oloissa se usein kasvaa hieman matalammaksi, mutta runsas valo kompensoi viileämpiä lämpötiloja ja kasvattaa lehtien fotosynteesipotentiaalia (Konings ym., 1989). Kylmän sietämisen lisäksi laji sietää toistuvia jäätymisiä ja sulamisia kevätkaudella. Esimerkiksi Itä-Euroopan tulvaniityillä osmankäämi selviää jään puristuksista paremmin kuin useimmat suoranaisesti talvehtivat kasvit.

Käytännön kokeita osmankäämin viljelystä on tehty eri puolilla Pohjois-Eurooppaa. Saksassa Greifswaldin yliopiston vetämissä mesokosmoskokeissa *T. angustifolia* kasvoi hyvin erilaisilla vedenkorkeuksilla, jopa +40 cm tulvassa, mikä osoittaa sen sopeutuvan vaihteleviin kosteustasoihin (Haldan ym., 2022). Alankomaissa ja Puolassa on toteutettu pilottihankkeita, joissa ojitettuja turvepeltoja on uudelleen kostutettu ja istutettu osmankäämiä: näissä hankkeissa on raportoitu onnistuneesta kasvuston vakiintumisesta ja kohtuullisista biomassoista jo 1–2 vuodessa (Geurts ym., 2020; Wichtmann ym., 2016). *Typha*-kasvien (mukaan lukien *T. latifolia* ja *T. angustifolia*) viljely onkin nostettu esiin yhtenä keskeisenä vaihtoehtona turvetuotannosta poistuvien alojen jatkokäytölle mm. Saksassa ja Suomessa (Wichtmann ym., 2016; Auramo ym., 2024). Suomessa on toistaiseksi keskitytty enemmän leveäosmankäämin viljelyn pilotointiin (esim. Luonnonvarakeskuksen hankkeet), mutta kapealehtinen laji voisi olla yhtä lailla soveltuva. Se on meillä hieman harvinaisempi, mutta kuitenkin luontaisesti esiintyvä ja erityisen hyvin sopeutunut syvempiin vesialueisiin kuten entisille järvenpohjille. Rehevillä, uudelleenkostutetuilla tur-

vemalla osmankäämi pystyisi yhdistämään monta hyötyä: se tuottaa hyötybiomassaa, vähentää turpeen hajoamisesta syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä pitämällä pinnan märkänä ja imee itseensä ravinteita, mikä hillitsee vesistöjen rehevöitymistä (Tanneberger ym., 2022; Haldan ym., 2022).

Esimerkiksi Saksassa tehdyssä skenaariolaskelmassa kosteikkoviljelty osmankäämpinta-ala tarjosi samanaikaisesti neljä etua: 1) turpeen hiilidioksidipäästöt vähenivät, koska märkä suo ei hengitä hiiltä ilmaan kuten kuivattu, 2) syntyi korjattavaa biomassaa (taloudellinen tuotto), 3) monimuotoisuus koheni (sara- ja osmankäämikosteikot tarjosivat elinympäristöjä monille lajeille) ja 4) paikallistalouteen tuli uusia tuotteita (mm. eristemateriaaleja) (Tanneberger ym., 2022). Nämä tulokset voi hyvin yleistää Suomeen: nostamalla veden pinta ojitetuilla soilla ja kylvämällä/istuttamalla osmankäämi saadaan lähes automaattisesti tiheä kasvusto 1–2 vuodessa, minkä jälkeen vuosittainen niitto ylläpitää systeemin avoimena ja tuottavana. Lajin integrointi viljelykiertoon on myös joustavaa: osmankäämikasvusto voi periaatteessa kasvaa paikoillaan vuosikymmeniä, mutta tarvittaessa alue voidaan kuivata ja ottaa muuhun käyttöön, jos prioriteetit muuttuvat. Tällainen joustavuus on etu verrattuna vaikkapa metsitykseen. Kosteikkoviljelmä on helpompi muuttaa takaisin avovedeksi tai pelloksi kuin puita kasvava maa. Pohjois-Euroopan ilmasto-oloissa osmankäämin kasvukausi on riittävän pitkä tuottaakseen huomattavan sadon. Esimerkiksi Viron suokokeissa *T. angustifolia* saavutti 3–12 t/ha kuivamassasadon vain kolmen vuoden kuluttua ennallistamisesta (Maddison ym., 2009). Lajia tavataan luonnonvaraisena myös Ruotsin ja Tanskan entisillä peltoalueilla, jotka on muutettu kosteikoiksi. Tämä viittaa siihen, että osmankäämi leviää sopivissa olosuhteissa.

Lopuksi voidaan todeta, että kapeaosmankäämi on erinomaisesti pohjoisiin kosteikkoihin sopiva viljelykasvi. Sen biologiset ominaisuudet – kestävyys, tuottavuus ja monipuoliset käyttömahdollisuudet – tekevät siitä potentiaalisen työkalun sekä ilmastomuutoksen hillintään (turvepäästöjen vähentäjänä ja hiilen sitojana) että uuden vihreän biotalouden raaka-ainetuotantoon. Suomessa laji on ollut osa luontaista rantaluontoa tuhansia vuosia, joten sen ”tuominen” pelloille ei ole uhka, vaan pikemminkin jatkumo luonnon prosesseille ihmisen ohjaamana. Käytännön kysymyksiä, kuten sadonkorjuutekniikkaa ja sadon markkinointia, on vielä ratkaistavana, mutta tutkimus ja pilotointi etenevät vauhdilla, kuten Haldan ym. (2022) ja kotimaiset Luken hankkeet (Temmink ym., 2026) osoittavat. *T. angustifolia* on osoittanut pärjäävänsä meidänkin ilmastossamme, ja oikein toteutettuna sen viljely voi tuoda samalla kertaa ekologisia, taloudellisia ja sosiaalisia hyötyjä Pohjois-Euroopan maille.

4.4 Isosorsimo (*Glyceria maxima*)

Isosorsimo on kookas, juurakkoperäinen monivuotinen heinäkasvi, joka kasvaa 1,5–2,5 metrin korkuiseksi muodostaen tiheitä, yhtenäisiä kasvustoja ravinteikkaissa kosteikoissa (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019; Viljamaa, 2019). Sille ovat tunnusomaisia leveät (noin 2–3 cm), kaarevat lehdet ja paksuhkot, ontot varret, jotka voivat tyvestä olla jopa sormen paksuisia. Kukinto on leveä, haaro- rova röyhy, jonka pienet vihneet ovat vihertävän ruskeita. Kukinto ei ole yhtä näyttävä kuin esim. osmankäämeillä, mutta tuottaa runsaasti pieniä siemeniä veden ja tuulen levitettäväksi. Isosorsimo kasvaa parhaiten matalassa vedessä tai jatkuvasti kosteassa maassa. Sen juuristo ei kestä pitkäaikaista kuivumista, mutta toisaalta versot sietävät hyvin sekä tulvavesiä että vedenpinnan vaihte- luita kauden mittaan. Kasvi levittäytyy tehokkaasti kasvullisesti: voimakkaat, vaakasuuntaiset juurakot rönsyilevät ympäristöön muodostaen uusia versoryhmiä ja näin laajentavat kasvustoa jopa useiden neliömetrien aloiksi yhden kasvukauden aikana. Siemenlevintä on myös mahdollista – isosorsimo tuottaa runsaasti pieniä kelluvia siemeniä – mutta käytännössä kasvustoja ylläpitää ennen kaikkea juurakkoleviäminen (samoin kuin esimerkiksi osmankäämeillä ja sarakasveilla). Tiheän juurimattonsa ansiosta isosorsimo pystyy lukkiutumaan kasvualustansa ja kestämiään ajoittaisia tulvavirtoja. Samalla juuret ja juurakot sitovat pohjamaata tehokkaasti, mikä vähentää eroosiota jokien ja rantojen reunoilla (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019). Kasvuston tyvelle kerääntyvä vuosi vuodelta eloperäistä ainesta (juurakon kappaleita ja lehtitikkua), mikä alkaa hitaasti muodostaa turvetta veden alla. Tämän on todettu edistävän hiilen kertymistä maaperään, kun osaa biomassasta ei korjata pois.

Ekologiselta profiililtaan *G. maxima* on tyypillinen eutrofisen kosteikon kasvi. Se menestyy parhaiten ravinteikkaassa ympäristössä, missä sen nopea kasvu ja suuri lehtiala antavat kilpailuedun. Tutkimuksissa on todettu, että isosorsimo hyötyy erityisesti korkeasta typen saannista – sen kasvu kiihtyy ja se sitoo silloin myös runsaasti fosforia kudoksiinsa (Vroom ym., 2022). Vastaavasti hyvin niukkaravinteisessa ympäristössä sen kasvu hidastuu ja se allokoii suhteellisesti enemmän resursseja juurakon ylläpitoon kuin versokasvuun, joten sato jää vaatimattomaksi (Bentley, 2023). Isosorsimo kuuluu aerenchyma-sarakkeellisiin kosteikkokasveihin. Sen juuristo ja varret muodostavat ilmaon- teloita, jotka kuljettavat happea juurille asti ja toisaalta päästävät maaperän anaerobisissa oloissa syntyvää metaania ilmakehään. Tällä on kaksijakoinen vaikutus: hapen kuljetus juuristoalueelle voi edesauttaa orgaanisen aineen hajoamista (ja ravinteiden vapautumista kasvin käyttöön), mutta samalla kasvi toimii potentiaalisena metaanikanavana (kuten monet sorsimot, osmankäämit ym.), mikä voi lisätä kosteikon metaanipäästöjä korkeissa lämpötiloissa. Tästä

huolimatta isosorsimon nettopanos suon hiilitaseeseen voi olla positiivinen, sillä sen tuottama runsas juurimassa jää ainakin osittain maahan hajoamaan hitaasti turpeeksi (Ross, 2024). Isosorsimo muodostaa tyypillisesti monokulttuureja: vallatessaan alaa se luo niin tiiviin kasvuston, etteivät muut lajit saa tarpeeksi valoa. Näin se voi syrjäyttää esim. matalampia ruohoja ja saroja tehokkaasti. Joskus kasvuston seassa voi esiintyä yksittäisiä pajuntaimia tai osmankäämiä, mutta tiheä sorsimokasvusto tukahduttaa tehokkaasti kilpailijoita sekä varjostamalla että juuristokilpailulla (Viljamaa, 2019). Tämän vuoksi isosorsimo luokitellaan tietyissä ympäristöissä ongelmalliseksi tulokaslajiksi (ks. kohta 5.4.5).

Kosteikkoviljelyssä isosorsimoa arvostetaan sen nopean kasvun ja suuren biomassatuoton vuoksi. Laji kasvaa täyteen mittaansa jo alkukesästä ja tuottaa runsaasti lehtivihreää, mikä tekee siitä erittäin tuottoisan. Lisäksi sen jyykkä varsimateriaali on verrattain kuiva (sisältää paljon kuituja ja vähemmän vesipitoista solunestettä), minkä ansiosta korjattu biomassa on energiapitoista ja kohtuullisen hyvin varastoitavissa. Isosorsimo on ollut kokeellisena viljelykasvina Keski-Euroopassa mm. turvemaiden kosteikoilla: Saksassa ja Alankomaissa tehdyissä kokeissa se on menestynyt hyvin uudelleenkostutetuilla turvepelloilla tuottaen satoa samaa luokkaa kuin esimerkiksi osmankäämi tai ruokohelpi (Ross, 2024). Erityisen mielenkiintoisen isosorsimosta tekee sen innovatiivinen käyttömahdollisuus ns. kasvimikrobipolttoainekennoissa (Plant Microbial Fuel Cell, PMFC). Tutkimuksessa Timmers ja muut (2012) havaitsivat, että isosorsimon juuristo erittää orgaanisia yhdisteitä, joita tietyt elektroaktiiviset maaperämikrobit voivat hajottaa vapauttaen elektroneja. Tämä mahdollistaa sähkövirran tuottamisen suoraan elävän kasvin juuristoalustasta. Kyseisessä kokeessa isosorsimon juuriyhteisön avulla pystyttiin ylläpitämään pientä mutta mitattavaa jännitettä, mikä korostaa lajin potentiaalia uudenaikaisissa bioenergiaratkaisuihin. Toki teknologia on vielä kehitysvaiheessa. Voidaankin todeta, että isosorsimo on rakenteeltaan ja toiminnaltaan hyvin sopeutunut märkiin, ravinteikkaisiin olosuhteisiin: se kasvaa nopeasti ja tuottaa paljon biomassaa, kestää tulvia ja korkeakin vedenpintaa, ja sen ekologiset vuorovaikutukset (ravinteiden otto, juuristovaikutus mikrobiin) tekevät siitä monikäyttöisen kasvin kosteikkoympäristöissä.

Glyceria maxima on alkuperäinen laji Euroopan, Länsi-Aasian ja osin Pohjois-Afrikan lauhkean vyöhykkeen kosteikoissa. Sen luontainen levinneisyysalue ulottuu Britteinsaarilta ja Fennoskandiasta (Suomi mukaan lukien) aina Venäjän länsiosiin, Keski-Aasiaan ja Japaniin saakka (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019). Useimmissa Euroopan maissa isosorsimo on yleinen rehevien vesistöjen rantakasvi. Esimerkiksi Britanniassa se on hyvin tavallinen Englannin alavilla seuduilla, joskin niukempi Skotlannin pohjoisosissa. Suomessa iso-

sorsimo on levinnyt etenkin maan etelä- ja länsiosiin: sitä tavataan yleisesti jokien varsilla, järvien rantasoihustumissa, merenlahtien ruovikkoalueiden reu-
nassa sekä ojitusalueiden kosteikoissa. Se on tyypillinen laji esim. Vanajaveden
ja Kokemäenjoen vesistöissä, missä matalat, ravinteiset vedet suosivat sen
kasvua. Uudemman levinneisyyskartoituksen mukaan isosorsimo on levinnyt
Suomessa viime vuosikymmeninä uusiin kohteisiin ihmisen toiminnan vaiku-
tuksesta/seurauksena. Esimerkiksi Loimijoessa ja eräissä Pirkanmaan joissa
se on yleistynyt 2000-luvulla siellä, missä veden mukana kulkeutuu ravinteita
pelloilta (Viljamaa, 2019). Levinneisyytensä pohjoisrajoilla noin Oulun korkeu-
della laji on harvinaisempi ja esiintyy vain satunnaisesti suotuisissa paikoissa,
kuten ravinteikkaissa lintujärvissä.



Kuva 6. *Glyceria maxima*. Kuva: Adobe Stock.

Koska isosorsimo on alkujaan Euraasian laji, se ei ole globaali vieraslaji samalla
tavoin kuin monet trooppiset kasvit. Sitä on kuitenkin tahallisesti tai vahingossa
tuotu Euroopan ulkopuolelle esimerkiksi Pohjois-Amerikkaan. Ensimmäiset
havainnot Yhdysvalloissa tehtiin jo 1940-luvulla Ontario-järven lähistöllä, ja
sitten sitä on tavattu paikoin esimerkiksi Wisconsinissa, Washingtonin
osavaltiossa sekä uudemmin Alaskassa (luultavasti puutarhakarkulaisena tai
veden mukana levinneenä) kosteikoissa (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019).

Myös Oseaniassa (esimerkiksi Uudessa-Seelannissa) *G. maxima* on havaittu vieraslaajina kosteikoissa. Suomessa lajia pidetään osin alkuperäisenä, osin tulokkaana – historiallisesti sitä ei mainittu 1800-luvun kasvioissa laajasti, mutta 1900-luvun aikana se yleistyi sisävesillä osin mahdollisesti puutarhajäte- tai rehuviljelyperäisenä leviäjänä (lajin kansanomaisen nimi onkin “sorsanruoho”, mikä viittaa sen käyttöön vesilintujen rehuna). Nykyään isosorsimo on Suomessa niin vakiintunut, että se luokitellaan elinvoimaiseksi lajiksi Luonnonvarakeskuksen arvioissa, mutta toisaalta vieraslajiasetuksessa se mainitaan “haitalliseksi sisävesien vieraslajiksi” sen leviämisherkkyden vuoksi (Viljamaa, 2019).

Isosorsimo kuuluu tuottavimpiin boreaalisiin kosteikkokasveihin. Tyyppillinen vuotuinen kuivamassasato hyväkasvuissa ruovikossa on arviolta 10–15 tonnia hehtaarilta (Ross 2024), mikä on samaa suuruusluokkaa kuin ruokohelven (*Phalaris arundinacea*) tai hetesaran (*Carex acutiformis*) tuotto uudelleenkostutetulla turvemaalla. Optimaalisissa olosuhteissa sato voi olla suurempikin: kokeissa, joissa sorsimokasvusto sai runsaan ravinnelisan jatkuvasti matalassa vedessä, on saavutettu jopa noin 20 t ka/ha vuodessa kuivamassaa. Toisaalta epäsuotuisissa oloissa, kuten ravinneköyhällä maalla tai jos kasvusto kärsii toistuvasta kuivumisesta, sadot voivat jäädä huomattavan alhaisiksi. Esimerkiksi tuoreessa brittiläisessä kokeessa *G. maxima* tuotti vain noin 3,3 t ka/ha vuodessa, kun se kasvoi luonnonvaraisena niukkaravinteisellä kosteikolla, samalla kun osmankäämi ja järviruoko tuottivat moninkertaisen sadon (Bentley, 2023). Tämä osoittaa, että lajin biomassatuotos vaihtelee suuresti ympäristötekijöiden mukaan: ravinteiden ja veden hyvä saatavuus on korkean satotason ehto.

Rakenteellisesti isosorsimon sadossa merkittävä osa on lehtimassaa, mutta myös paksut varret tuovat kuivapainoa. Lisäksi kasvi tuottaa suuren maanalaisen biomassan: juurakoiden ja juurien osuus voi olla samaa luokkaa kuin maanpäällinen osa. Eräässä klassisessa tutkimuksessa (Westlake, 1966) havaittiin, että myöhäissyksyllä sorsimokasvuston kuivamassa jakautui siten, että juurakot edustivat lähes puolta koko biomassasta (Sundblad & Robertson, 1988). Tämä maanalainen varasto toimii merkittävänä hiili- ja ravinnepankkina: osa siitä hajoaa ja vapauttaa ravinteita seuraavan vuoden kasvulle, osa jää turpeen aineksiksi. Korjuun kannalta tämä tarkoittaa, että vain osa ekosysteemin tuotannosta korjataan talteen (usein vain versot), mikä on hyvä huomioida lannoitustarvetta arvioidessa. Sorsimokasvuston toistuva vuosittainen niitto poistaa maasta typpeä ja fosforia, joten pitkällä aikavälillä täysin ilman ravinteiden palautusta sato saattaa heikentyä.

Isosorsimon tuottamaa biomassaa voidaan hyödyntää monin tavoin, ja lajin käyttöä on tutkittu niin perinteisissä sovelluksissa kuin uusissa inno-

vaatioissa. Isosorsimomassa soveltuu sekä polttoaineeksi että biokaasun raaka-aineeksi. Kuivattua sorsimoa voi polttaa suoraan lämpölaitoksessa (esim. pelletteinä tai seospolttoaineena turpeen/hakkeen joukossa), sillä sen lämpöarvo on kohtuullisen korkea ja tuhkapitoisuus maltillinen myöhäissyksyn korjuussa. Erään laskelman mukaan 5 tonnin kuivamassasadosta sitoutunut hiili (noin 2 tonnia) voidaan pitkäaikaisesti varastoida, jos massa prosessoitetaan rakennuseristelevyiksi. Tällä tavoin käytettynä sorsimobiomassan poltosta aiheutuva hiilidioksidi vapautuu hyvin hitaasti, vasta vuosikymmenien kuluessa rakenteiden kautta (Ross, 2024). Isosorsimo soveltuu hyvin biokaasun raaka-aineeksi. Siitä saadaan märkämädätyksessä metaania, ja lisäksi se toimii tehokkaana ravinteiden kerääjänä jätevesistä. Saksassa on tutkittu useiden kosteikkokasvien metaanintuottokykyä, ja isosorsimo sijoittuu samaan joukkoon osmankäämin ja järviruo'on kanssa tuottaen n. 200–300 m³ metaania per tonni orgaanista ainetta mädätyksessä (arviot vaihtelevat olosuhteitten mukaan, ks. Wichtmann ym., 2016).

Monien kosteikkoheinien tapaan isosorsimo sopii rehuksi, kunhan se korjataan oikeaan aikaan. Nuoret isosorsimon versot ovat proteiinipitoisia ja suhteellisen pehmeitä, ja niitä on perinteisesti pidetty hyvänä viherrehuna karjalle. Historiallisia mainintoja on mm. 1800-luvun lopun Ruotsista, jossa isosorsimoa istutettiin kosteille niityille rehukasviksi (Sundblad & Robertson, 1988). Nykyisin sen rehukäyttö on vähäistä, mutta tutkimukset vahvistavat, että kasvin korsissa on huomattavasti ravinteita. Esimerkiksi analyysit Tšekissä (Chatt, 1984) osoittivat monien kosteikkokasvien, mukaan lukien sorsimon, sisältävän runsaasti hivenaineita ja sulavia kuituja, mikä tekisi niistä potentiaalista karjan ravintoa. Erityisesti isosorsimon kuiva-aines on osoittautunut melko proteiinipitoiseksi rehevillä kasvupaikoilla. Tämä selittyy kasvin kyvyllä kerätä typpiyhdisteitä vedestä tehokkaasti (Ozimek & Klekot, 1979). Käytännössä sorsimoa voisi hyödyntää rehuna lähinnä tilanteissa, joissa sitä poistetaan vesistöistä haittakasvina. Esimerkiksi niitettäessä isosorsimoa vesistöjen kunnostustöissä biomassan voi kerätä ja käyttää karjan kuivikkeena tai kompostin paranteena, ellei suoraa rehukäyttöä ole. Isosorsimo tuottaa mannarynimäisiä *Glyceria*-suvun siemeniä, joita on käytetty leivonnassa esimerkiksi Puolassa (Fens of the future, ei pvm.). Nykyään isosorsimon suuret siemenet ovat lähinnä vesilinnuille kelpaavaa ravintoa märkien rantaniittyjen ekosysteemeissä.

Isosorsimo on luontaisesti tehokas ravinteiden poistaja vedestä. Sitä on kokeiltu istutettavaksi rakennetuille kosteikoille jätevesien puhdistusta varten, missä se imee nitraatteja ja fosfaatteja vedestä juurillaan. Sundbladin ja Robertsonin (1988) mukaan isosorsimo soveltuu erinomaisesti jätevesien puhdistamiseen, sillä se kasvaa nopeasti ja sitoo tehokkaasti ravinteita. Kahden niiton strategialla isosorsimo pystyi poistamaan noin 121 kg typpeä per hehtaari

kasvukaudessa (verrattuna 80 kg/ha yhdellä niitolla) kyseisessä kokeessa. Tämä osoittaa, että intensiivisesti hyödynnettynä laji voi toimia eräänlaisena biologisena suodattimena rehevöityneille vesille. Suomessa isosorsimo leviää itsestäänkin ojaverkostoon, missä se usein tukkii virtaamia. Jos sen kasvua ohjattaisiin, voitaisiin ojista muodostaa ”puhdistamoita”. Tämä edellyttää kuitenkin biomassan poistamista vuosittain, jotta ravinteet saadaan todella talteen eivätkä ne palaudu veteen kasvin lahotessa syksyllä.

Isosorsimon tiheä juuriverkosto toimii ”luonnonmattona”, joka sitoo ranta-maata tehokkaasti. Kosteikkokunnostuksessa lajia voidaan käyttää paljaiden jokitörmien ja tulvaniittyjen reunojen stabilointiin. Istuttamalla isosorsimoa uoman varteen saadaan nopeasti kasvava juurimatto, joka ankkuroi maa-aineksen ja vähentää virtaavan veden aiheuttamaa eroosiota (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019). Esimerkiksi Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen op-paassa (Keto, 2022) mainitaan, että syväjuuriset rantakasvit auttavat vähentämään rantapenkkojen sortumia ja hidastavat veden virtausta. Isosorsimo on tästä hyvä esimerkki: sen mättäät vangitsevat tulvavesien mukana tulevaa kiintoainesta ja suojaavat rantaa aaltojen hakkaavalta vaikutukselta. Toisaalta on huomattava, että sama ominaisuus tekee lajista hankalan tulokkaan. Kun se kasvaa tiheinä lauttoina matalissa joissa, se voi padota vettä ja aiheuttaa tulvariskejä. Mutta hallituissa paikoissa (esimerkiksi suojavyöhykkeenä pellon ja joen välissä) isosorsimo toimii vihreänä penkereenä sitoen sekä maata että ravinteita.

Kuten edellä on tuotu esiin, isosorsimo osallistuu turpeen muodostukseen jättämällä huomattavan osan biomassastaan juuristona maahan. Tämä tekee siitä potentiaalisen hiiliinielun märillä alueilla. Jatkuvasti kosteassa suossa osa sen juurakoista muuttuu hitaasti turpeeksi lukiten hiiltä maaperän varastoihin (Ross, 2024). Lisäksi, jos korjattua biomassaa hyödynnetään tavalla, joka ei palauta hiiltä nopeasti ilmakehään (kuten biohiilenä maanparannuksessa tai rakennuslevyinä), isosorsimon avulla kerätty hiili pysyy poissa kierrosta pitkään. Tanneberger ja muut (2022) totesivatkin, että kosteikkoviljely ylipäättään voi säästää turpeessa olevaa hiiltä ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä dramaattisesti verrattuna perinteiseen ojitettuun viljelyyn. Sorsimo on yksi laji, joka mainitaan potentiaalisena ”ilmastopalveluna”. Sen viljely kosteusolosuhteiden parantamisen ohella sitoo hiiltä ja voi korvata fossiilisia polttoaineita (jos sen poltolla tuotetaan energiaa), jolloin syntyy kaksoishyöty ilmaston kannalta.

Isosorsimo on tunnettu siitä, että se voi muodostaa erittäin tiheitä monokulttuureja, jotka syrjäyttävät alkuperäistä kasvillisuutta. Alueilla, joilla lajia ei esiinny ennestään, tämä voi johtaa biodiversiteetin vähenemiseen. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa *G. maxima* luokitellaan haitalliseksi vieraslajiksi: se on levinnyt mm. Suurten järvien alueelle, missä sen on havaittu valtaavan kos-

teikkoja ja tukahduttavan paikallisia kasveja kuten saraniittyjä lähes 100 % peittävyydellä. Myös Uudessa-Seelannissa isosorsimo listataan vieraslajiksi, joka voi muuttaa kosteikkojen rakenteita. Suomessa lajia tavataan luontaisena, mutta sen leviämisenopeus luokitellaan ympäristöille haitalliseksi. Tuore kartoitus Loimijoella osoitti sorsimon vallanneen jokivarren lähes koko mitalta ja muodostaneen laajoja kasvustoja, joissa muu vesikasvillisuus on selvästi taantunut (Viljamaa, 2019). Tästä syystä viljelijän on oltava varovainen, ettei sorsimo pääse leviämään hallitsemattomasti viljelykohteen ulkopuolelle – erityisesti siemenlevintä ojaverkostoa pitkin voi tapahtua huomaamatta. Mikäli sorsimoa viljellään, olisi suositeltavaa tarkkailla sen levinneisyyttä lähivesistöissä ja torjua tarpeen vaatiessa uusia ilmestymiä, jotta arvokkaat luontaiset rantaniityt eivät joudu yksinomaan tämän lajin valtaamiksi. Kansallisesti laji ei kuitenkaan ole kielletty (se on sallittu vieraslaji Suomessa), joten sen vastuullinen käsittely on viljelijän omalla vastuulla.

Isosorsimo vaatii jatkuvasti määrän kasvualustan: jos maa kuivuu pidemmäksi aikaa, kasvusto kärsii huomattavasti (Buttery ym., 1965). Lajin paksut juurakot säilyvät kosteassa mudassa talven yli, mutta jos pohjavesi laskee toistuvasti juurakon alapuolelle ja maa halkeilee kuivuuttaan, osa juurakoista kuolee. Tämä näkyy harventuvana kasvustona seuraavana vuonna. Toisaalta isosorsimo myös suosii matalaa vedensyvyyttä. Jos vesi nousee yli puolen metrin, kasvi voi ”hukkua” kilpailussa korkeampia osmankäämejä tai ruokoja vastaan. Näin ollen sorsimon viljely onnistuu parhaiten paikoissa, joissa vedenpinta pysyy suhteellisen tasaisena ja matalana (0–30 cm syvyydessä) läpi kasvukauden. Jos viljelyalue on altis kuivumiselle (esim. paljaan turvepinnan kesäkuivuminen) tai toisaalta syville tulville, sato voi vaihdella rajusti vuodesta toiseen.

Isosorsimo kasvaa vaikeakulkuisessa maastossa – upottavat suopohjat ja matalat vedet tekevät koneellisesta korjuusta haastavaa. Tiheä, kahden metrin heinikko peittää alleen epätasaisen mätäspinnan, johon tavallinen traktori juuttuu helposti. Paras korjuuajankohta olisi talvella jääpeitteen päältä, mikäli jää kantaa. Suomen oloissa tämä voisi toimia: pakkastalven tullen ruovikkoalue jäätyy usein kantavaksi, ja sorsimo ulottuu jään yläpuolelle kuivuneena massana, joka voidaan niittää ja kerätä esim. kevyillä ajoneuvoilla. Leutoina talvina jäätä ei välttämättä kuitenkaan muodostu riittävästi, jolloin joudutaan turvautumaan amfibio- tai telakoneisiin syksyllä. Teknologia sinänsä on sama kuin järviruo’on tai osmankäämin korjuussa ja haasteetkin ovat vastaavanlaisia: korjuu on hidasta ja kallista verrattuna kuivamaan pellon niittoon. Lisäksi sorsimomassa on kosteana painavaa, joten kuljetuskustannukset voivat olla merkittävät, ellei odoteta kuivumista. Viljelyä suunniteltaessa onkin syytä pohtia, onko sadolle käytännön logistisia edellytyksiä. Voiko alueelle rakentaa ajouria tai patoja, pääseekö jälle, voidaanko työ tehdä kevyellä kalustolla ilman

maapainetta? Wichtmannin ja muiden (2016) mukaan sopivan korjuukaluston puute on yksi suurimmista esteistä isosorsimon ja muiden kosteikkokasvien kaupalliselle viljelylle. Tarvittaisiin erikoisharvestereita tai -koneita, joita on toistaiseksi saatavilla vain prototyyppiasteella. Yksi ratkaisu voi olla pyhittää sorsimolle paikkoja, joihin voidaan padota matala tulva ja käyttää veneeseen kiinnitettyä niittolaitetta. Tällaisia menetelmiä on kehitetty Keski-Euroopan ruovikkosadoille. Myös korjuun ajoitus nivoutuu vesitalouteen: jos vedenpintaa joudutaan laskemaan koneiden pääsyn takaamiseksi, se saa aikaan turpeen hapettumista ja päästöpiikkejä, mikä syö hiilensidonnan hyödyt (Ross, 2024). Parhaana käytäntönä suositellaan, että vettä ei laskettaisi paljaalle turpeelle lainkaan, vaan suositeltaisiin kevyitä, kelluvia laitteita tai odotettaisiin jääkeliä.

Isosorsimon muodostamat monokulttuurit ovat luonnon monimuotoisuuden kannalta kaksiteräinen miekka. Yhtäältä tulvaniityt ja kosteikot ovat arvokkaita elinympäristöjä monille lintulajeille, ja isosorsimo tarjoaa suojaa ja pesimämateriaalia esimerkiksi sorsille ja kaulushaikaralle. Toisaalta kasvin yksinvallassa pitämä kasvillisuuskerros on hyvin yksipuolinen. Se syrjäyttää harvinaiset sarat, orkideat ja muut lajiston helmet, joita kosteikoilla voisi muuten esiintyä. Kosteikkoviljelyssä tämä tarkoittaa, että jos sorsimoa viljellään laajoina peltomaisina aloina, kasviyhteisön monimuotoisuus jää vähäiseksi. Tähän on ehdotettu ratkaisuksi mosaiikkimaista hoitoa. Esimerkiksi Martens ja muut (2023) havaitsivat, että kun kosteikosta jätetään osa alueesta niittämättä, siellä säilyy heterogeenisempi rakenne, joka suosii hyönteisiä ja linnustoa. Käytännössä sorsimoviljelmälle voisi luoda ”sarkoja”, joita niitetään vuorovuosin tai erilaisiin korkeuksiin. Osa kasvustosta toimii tällöin suojavyöhykkeenä ja lintujen pesimäpaikkana, ja osa korjataan biomassaksi. Myös sekakasvustot ovat mahdollisia: sorsimon seassa voi kasvattaa esimerkiksi osmankäämiä reunavyöhykkeillä, jolloin rakenteesta tulee kerroksellisempi. Ilman hoitoa sorsimo luo kuitenkin yksinvaltaisen tilanteen, mikä on haitallista monille vähävaloisuutta sietämättömille vesikasveille kuten uposkasveille. Lyhyesti: viljelijän on aktiivisesti pidettävä huolta, että sorsimokasvuston ympäristössä säilyy myös muita elinympäristöjä kuten avovesilampareita tai niitettyjä reunaniittyjä, eikä koko kosteikko muutu yhdeksi loputtomaksi sorsimomereksi.

Glyceria maxima soveltuu hyvin kosteikkoviljelyyn pohjoisilla alueilla. Se on alkuperäinen ja kylmänkestävä kasvi, sen juurakot talvehtivat ongelmitta jäätävissäkin maassa, ja keväällä se aloittaa kasvunsa varhain heti kun lämpötila nousee muutaman asteen plussalle. Laji sietää myös routajaksoja – jäätynyt turve ei tapa juurakoita, vaan ne lähtevät uudelleen kasvuun sulaessaan. Fennoskandiassa isosorsimo onkin levinnyt omin neuvoin melko laajalti aina Oulun korkeudelle, eikä se siten ole viljelyssäkään ”vieras” ilmastollemme. Kasvukauden pituus toki rajoittaa sen maksimituotosta verrattuna Keski-Eurooppaan,

mutta pitkät valoisat päivät kompensoivat tätä. Pohjois-Saksassa, jossa on samantyyppinen ilmasto kuin Etelä-Suomessa, isosorsimo on tuottanut rehevöitetyillä turvemaidella >10 t/ha satoja ja osoittautunut hyvin kilpailukykyiseksi osmankäämin ja järviruo'on rinnalla (Ross, 2024). Suomessa lajia on valmiiksi monin paikoin. Itse asiassa eräitä entisiä turvetuotantoalueiden reunoja sorsimo on vallannut spontaanisti ojen kautta. Tämä indikoi, että jos turvepelto kostutetaan, sorsimon ilmestymiselle on suuri todennäköisyys ilman istutustakin. Isosorsimon siemeniä tai juuren kappaleita kulkeutuu vesilintujen ja valumavesien tuomina. Hallitumpi viljely istuttamalla tai kylvämällä on toki suositeltavaa, jotta lajivalikoima tiedetään. Baltian maissa on kokeiltu sorsimon kylvöä ennallistettaville suolohkoille: Virossa ja Latviassa *G. maxima* -kasvustot vakiintuivat parissa vuodessa alustoilleen ja alkoivat kerätä rehevöityneistä vesistä ravinteita tuottaen samalla korjattavaa biomassaa (Joosten ym., 2016; Ross, 2024). Pohjois-Euroopassa isosorsimo on erityisen kiinnostava laji monien hyötjensä vuoksi. Se auttaa säilyttämään turvetta pitämällä maan märkänä ja tuottamalla uutta orgaanista ainesta. Lisäksi se vähentää päästöjä. Ross (2024) arvioi Ison-Britannian olosuhteissa hiilitaseen paranevan noin 10 t CO₂-ekv/ha vuodessa verrattuna kuivamaan viljelyyn. Vaikka kasvusto on yksipuolinen, avoin kosteikko tarjoaa linnuille arvokkaamman elinympäristön kuin kuivattu pelto. Samalla laji tuottaa hyödyllistä biomassaa. Tanneberger ja muut (2022) raportoivat, että uudelleen vettyneillä Saksan turvepelloilla kosteikkoviljely (sis. sorsimo ja osmankäämi) voi samanaikaisesti suojella maaperän hiilivaroja, vähentää ilmastopäästöjä, edistää biodiversiteettiä ja tukea paikallistaloutta. Nämä neljä hyötyä ovat juuri niitä, joita Suomessakin turvemaiden uudiskäytöltä toivotaan.

Käytännössä isosorsimoa voisi Suomessa hyödyntää esim. entisillä turvepelloilla, kosteilla rantaniityillä tai jopa osana monitoimikosteikkoja maatalousympäristöissä. Se soveltuu osaksi monikäyttöisiin ympäristöihin. Isosorsimovyöhykkeet voidaan sijoittaa peltujen reunoille suodatuskosteikoiksi, joista korjataan rehu- tai kuivikebiomassaa. Vaihtoehtoisesti sitä voi kasvattaa entisillä turvesoilla yhdistäen energiantuotannon ja ennallistamisen. Luonnonhoidossa sitä voidaan puolestaan niittää lintulahdilta, jolloin maisema pysyy avoimena ja kasvin biomassaa saadaan talteen. Koska laji on kotoperäinen, sen ympäristöhyväksyttävyyden on suurempi kuin kokonaan vierasperäisten kasvien. Isosorsimo kuuluu jo suoluontoon, joten sen leviämistä ei tarvitse pelätä, kunhan se ei lisääntyessään tukahduta harvinaisia lajeja. Ilmastollisesti sorsimon viljely on mahdollista ainakin Etelä- ja Keski-Suomeen asti, jossa se voi hyödyntää tehokkaasti yli 150 päivän kasvukautta. Pohjoisempaan kasvukausi lyhenee, mutta koska laji talvehtii perennana, yhtenäinen sato voidaan silti saada joka vuosi.

Sorsimon valintaa puoltavat myös sen vähäiset hoitovaatimukset. Kun kasvusto on lähtenyt käyntiin, se kilpailee tehokkaasti rikkakasveja vastaan, joten erillistä rikkakasvien torjuntaa ei välttämättä tarvita. Sen ainoa ”tuholainen” on liika kuivuus – tuholaiseliöiden kuten hyönteisten ei juuri tiedetä sitä suuresti vaivaavan. Sorsimoa ravintona käyttävistä eläimistä esimerkiksi hanhet saattavat suurina laumoina syödä nuoria versoja paikallisesti, mutta laajat kasvustot kestävät sen hyvin.

Kaiken kaikkiaan *Glyceria maxima* vaikuttaa Pohjois-Euroopan oloissa kestävältä, monihyötyiseltä ja suhteellisen helppokasvuiselta kosteikkoviljelykasviltä. Sen avulla voisi Suomessa kestävästi hyödyntää kosteita turvemaita niin, että saadaan biomassa- ja ympäristöhyötyjä samanaikaisesti. Kuten Ross (2024) raportissaan toteaa, kosteikkoviljelyn menestys riippuu lopulta markkinoista: jos sorsimolle löytyy kysyntää (olipa se energia, rehu tai muu tuote), sen viljely voi yleistyä ja tuoda maatiloille uuden ansaintamallin, samalla kun yhteiskunta saa ilmasto- ja vesistöhyötyjä. Lisää kokeiluhankkeita tarvitaan vielä, mutta tietoisuus lajin potentiaalista kasvaa koko ajan, ja Suomen olosuhteisiin se on mitä todennäköisimmin yksi parhaista vaihtoehtoista ojitettujen turvemaiden uudiskäyttöön.

4.5 Kompassikukka (*Silphium perforatum*)

Silphium perfoliatum, suomeksi kompassikukka, on kookas (tyypillisesti 2–3 m korkea) monivuotinen ruohovartinen kasvi asterikasvien (Asteraceae) heimossa. Sen suuret, vastakkaiset lehdet kasvavat varren ympärillä maljamaisina keräten sadevettä – tästä juontuu kasvin englanninkielinen nimi *cup plant*. Keski- ja loppukesällä kompassikukka kehittää kirkkaankeltaisia, päivänkakkaramaisia kukintoja, jotka houkuttelevat runsaasti pölyttäjiä (Gansberger ym., 2015). Kasvilla on syvälle tunkeutuva, säikeinen juuristo, joka parantaa maaperän rakennetta, ehkäisee eroosiota ja sitoo hiiltä maaperään tehokkaasti (Ruf & Emmerling, 2022).

Kompassikukka on monivuotinen – yksittäinen kasvusto voi elää ja tuottaa satoa yli kymmenen vuotta. Se leviää pääasiassa kloonisesti: vaikka siemeniä muodostuu, niiden itävyys on heikko ja taimettuminen hidasta (Gansberger ym., 2015), mutta vakiinnuttuaan kasvi kasvattaa tyvestään yhä uusia versoja muodostaen tuuhean, laajenevan mättään. Ensimmäisinä kasvuvuosina kompassikukan hidas alkukehitys tekee siitä alttiin kilpailulle. Viljelyksellä on tärkeää torjua rikkakasvit etenkin ensimmäisen kasvukauden aikana, kunnes kasvin oma lehvästö sulkee pinnan (Ylitalo, 2025). Tiheänä kasvustona kompassikukka pärjää rikkakasveja vastaan ja vaatii vain vähän hoitoa. Esimerkiksi tyypeä se ottaa talteen syvältä maasta, joten yleensä lisälannoitustarve on pieni (Gansberger ym., 2015).

Ekologisilta ominaisuuksiltaan kompassikukka erottuu monista muista kosteikkokasveista. Toisin kuin tyypilliset kosteikon heinäkasvit (esim. os-mankäämit *Typha spp.* tai sarakasvit *Carex spp.*), sillä on näyttävät mesiä tuottavat kukat, jotka tarjoavat ravintoa pölyttäjähöyrynteisille. Samalla sen syvä juuristo toimii toisin kuin monilla matalajuurisilla kosteikkokasveilla: se ulottuu maaperän syvempiin kerroksiin ja sietää ajoittaista kuivuutta paremmin kuin jatkuvaa tulvavettä vaativat lajit. Kompassikukka ei siis ole täysin vesikasvi, vaan viihtyy parhaiten kosteilla, hyvin ojitetuilla mailla tai tulvaniittymäisissä ympäristöissä, joissa maa on jatkuvasti kostea mutta ei kauttaaltaan veden peittämä. Se kestää toisaalta myös märkyyttä: lehden maljamainen rakenne on sopeutunut kosteaan ympäristöön ja varastoi sadevettä kasvin käyttöön. Kylmänkestävyys on kompassikukalla hyvä. Maanpäälliset osat lakastuvat talveksi, mutta juurakko talvehtii jopa routaisessa maassa ja lähtee uuteen kasvuun keväällä. Kasvi sietää myös jonkin verran kuivuutta syvän juuristonsa ansiosta sekä kestää keväthaljoja, mikä pidentää sen kasvukautta verrattuna hallanarka maissiin. Näiden ominaisuuksien takia kompassikukka on herättänyt kiinnostusta kosteikkoviljelyssä vähän panostusta vaativana energia-kasvina. Toisin kuin yksivuotinen maissi, se vaatii vain minimaalisen määrän muokkausta ja kemikaaleja monivuotisen elinkiertonsa aikana, mikä pienentää viljelyssä tarvittavien fossiilisten energianlähteiden käyttöä (Gansberger ym., 2015; Ylitalo, 2025).

Kompassikukan syvään menevä juuristo ja roteva rakenne tuovat myös muita etuja. Alustavat tutkimukset osoittavat sen olevan sopiva fytoimediaatioon, eli se pystyy keräämään ja siirtämään versoonsa raskasmetalleja kuten sinkkiä (Zn), kadmiumia (Cd) ja lyijyä (Pb) saastuneista maaperistä (Ullah ym., 2023). Tämä tarkoittaa, että kasvia voitaisiin käyttää esimerkiksi puhdistuskasvina metalleilla pilaantuneilla maa-alueilla, yhdistäen biomassan tuotanto ja maaperän kunnostus. Tällaisia ominaisuuksia monilla muilla kosteikkokasveilla ei esiinny yhtä selvästi. Kaiken kaikkiaan *Silphium perfoliatum* on monipuolinen laji, joka pitkäikäisyytensä, rakenteensa ja ekosysteemille tuomansa hyödyn vuoksi tarjoaa ainutlaatuisia hyötyjä kosteikkoviljelyyn verrattuna perinteisiin nurmiin tai yksivuotisiin viljelykasveihin (Gansberger ym., 2015; Ylitalo, 2025).

Kompassikukka on alkuperäinen laji Pohjois-Amerikan itä- ja keskiosissa, erityisesti Suurten järvien alueen ympäristössä ja Mississippin jokilaaksossa, missä se kasvaa luonnonvaraisena kostean preerian ja tulvaniittyjen kasvina. Se on sittemmin tuotu viljelykasvina Eurooppaan. Keski- ja Itä-Euroopassa (erityisesti Saksassa, Puolassa ja Itävallassa) *Silphium perfoliatum* on 2000-luvulla yleistynyt uusi monivuotinen energiakasvi, jota on istutettu biokaasulaitosten raaka-aineeksi maissin ohella (Gansberger ym., 2015). Kasvi on osoittautunut varsin sopeutuvaksi Euroopan oloihin, ja se kestää mannerilmaston talvet ja

hyödyntää pitkiä kesäpäiviä (Ruf & Emmerling, 2022). Laji onkin levinnyt paikoin myös viljelykarkulaisena. Esimerkiksi Saksassa “Durchwachsene Silphie” on toisinaan tavattu karkaavan luontoon viljelyksiltä, mutta toistaiseksi sitä ei luokitella haitalliseksi vieraslajiksi, koska sen leviäminen siemenestä on hidasta (Gansberger ym., 2015).

Suomessa kompassikukka ei esiinny luontaisena, mutta sitä on kokeiltu viljelyssä ja tutkimusprojekteissa ilmastonmuutoksen hillintään soveltuvana uutena lajina. Koska laji on alun perin lauhkean vyöhykkeen kasvi, sen menestys vaatii riittävän pitkän ja lämpimän kasvukauden. Etelä- ja Lounais-Suomessa kompassikukka ehtii yleensä kukkia ja kerätä suuren biomassan erityisen suotuisina kesinä (Ylitalo, 2025). Viileämpinä kesinä tai pohjoisemmassa sen kasvu jää matalammaksi ja kukinta voi jäädä vaillinaiseksi, mikä saattaa rajoittaa siementen muodostumista ja osin biomassan kypsymistä (Gansberger ym., 2015). Kuitenkin lajin kylmänsieto on hyvä eikä talvinen pakkasjakso haittaa juurakoita, joten suurin haaste Suomessa onkin kesän lämpösumma ja veden saatavuus (Ylitalo, 2025). Nurmiapiloiden tapaan kompassikukka vaatii keväällä kosteutta käynnistyäkseen, mutta kestää myös loppukesän kuivia kausia kohtuullisesti (Gansberger ym., 2015).



Kuva 7. *Silphium perfoliatum*. Kuva: Adobe Stock.

Maaperältään *Silphium perfoliatum* on hyvin joustava: se sietää monenlaisia maalajeja hiekasta saviin ja pH-vaihtelua happamasta lievästi emäkseen. Luontaisesti se kasvaa runsasravinteisilla tulvamailla, joten ravinteikas kasvualusta (kuten entinen pelto tai ravinnerikas turvema) on sille eduksi (Ruf & Emmerling, 2022). Kompassikukka ei ole varsinainen suokasvi, mutta se pärjää kosteilla turvemailla, kunhan ne eivät ole jatkuvasti syvän veden alla. Tämä tekee siitä kiinnostavan kandidaatin uudelleenkostutettujen turvepeltojen viljelykasviksi Suomessa. Se pystyy hyödyntämään tehokkaasti turpeen kosteutta ja ravinteita. Toisin kuin varsinaiset suolajit, se vaatii kuitenkin jonkin verran pintakuivuutta juuriston hapensaannin varmistamiseksi. Alustavissa kotimaisissa kokeissa kompassikukka on kasvanut hyvin Keski-Suomen turvepelto-olosuhteissa, joskin optimaalisen sadon saavuttaminen edellytti taimien esikasvatusta ja rikkakasvien torjuntaa alkuvaiheessa (Ylitalo, 2025). Pohjois-Euroopan leveysasteilla lajin menestystä helpottaa myös pitkä päivä: fotosynteesi jatkuu myöhään iltaan, mikä osittain kompensoi keskilämpötilan alhaisuutta verrattuna Keski-Eurooppaan (Gansberger ym., 2015).

Silphium perfoliatum on siis alkujaan amerikkalainen mesofiilinen kosteikkokasvi, joka on valtaamassa sijaa Euroopassa uutena viljelylajina (Gansberger ym., 2015). Suomessa se voidaan nähdä viljelyssä tulokaslajina, ei luonnonvaraisena, mutta mahdollisesti yleistyvänä osana kestävää maankäyttöä turvemailla. Lajin laajamittainen viljely meillä on vasta kehitysvaiheessa, mutta sen ekologinen sopeutumiskyky viittaa siihen, että eteläisessä Suomessa sekä Baltian maissa ja Etelä-Ruotsissa kompassikukalla on potentiaalia menestyä tuotantokasvina (Ylitalo, 2025).

Kompassikukan kuiva-ainesadot vaihtelevat olosuhteiden mukaan. Kirjallisuudessa tyypillisenä vaihteluvälinä mainitaan noin 10–20 tonnia kuivaa ainesta hehtaarilta vuodessa ja hyvänä keskiarvona pidetään noin 15 t/ha/v kuivamassaa. Tämä on hieman alhaisempi kuin intensiivisesti lannoitetulla maissilla saavutettavat sadot (maissisäilörehun kuiva-ainesadot Etelä-Suomessa voivat nousta 18–20 t/ha), mutta toisaalta kompassikukka tuottaa tämän sadon monena vuonna peräkkäin ilman uudelleenmuokkausta. Parhaissa olosuhteissa eli lämpimänä ja pitkänä kesänä ravinteikkaalla pellolla kompassikukalla on Keski-Euroopassa raportoitu jopa yli 20 t/ha kuivamassasatoja. Vastaavasti heikommassa oloissa (viileä kesä, kuiva kasvupaikka) sato voi jäädä lähemmäksi 8–10 t/ha. Kasvukauden pituus ja lämpösumma vaikuttavat selvästi: mitä pidempään kasvi ehtii yhteyttää (syksyllä hallojen tuloon asti) ja mitä enemmän vettä ja ravinteita on käytettävissä, sitä suurempaan kokoon se ehtii kasvaa. Lisäksi kasvuston ikä vaikuttaa satoon – usein täysi tuotantopotentiaali saavutetaan vasta toisesta tai kolmannelta vuodelta alkaen, kun juuristo on laajentunut ja versotiheys kasvanut. Ensimmä-

mäisen vuoden sato voi jäädä muutamaan tonniin hehtaarilta hitaan alun takia (Gansberger ym., 2015).

Merkittävä piirre kompassikukassa on sen suuri juuribiomassa. Tutkimusten mukaan sen juuristo (mukaan lukien paksu juurakko ja syvälle menevät juuret) voi olla jopa 36 % runsaampi massaltaan kuin maissin juuristo vastaavissa oloissa. Tämä tarkoittaa, että huomattava osa kasvin kokonaistuotannosta jää maahan juurina ja tyven tyviosina. Kun satoa korjataan, noin 77 % kasvin kokonaisbiomassasta on korjattavissa ja loput jää maahan tai hajoaa ennen korjuuta. Vertailuna maissilla korjattava osuus on noin 96 %, kun melkein koko kasvi korjataan tähkineen. Käytännössä kompassikukasta korjataan lähes pelkästään maanpäällinen osa. Talveksi maahan jäävät paksut tyvet ja juurakot, jotka varastoivat ravinteita seuraavaa kasvukautta varten. Tämä juurivaraston kertyminen on kaksiteräinen ilmiö: toisaalta se vähentää heti korjattavan sadon osuutta (eli osa sadosta ”hukkuu” maahan), mutta toisaalta se parantaa maaperän hiilitaseita ja lisää kasvin talvenkestävyyttä. Lannoituksen kannalta se myös merkitsee, että joka vuosi osa ravinteista sioutuu maahan kasvin juuriin. Kompassikukan on havaittu palauttavan syksyllä osan ravinteistaan maaperään, kun lehtivihreä hajoaa ennen korjuuta. Tämä ravinnekierto vähentää lannoitustarvetta, mutta myöhään syksyllä korjatun biomassan typpi- ja fosforipitoisuus on alhaisempi.

Sadonmuodostuksen vaihteluun vaikuttavia tekijöitä voidaan mainita neljä (Gansberger ym., 2015). Ensinnäkin veden saatavuus: Kompassikukka hyötyy hyvästä vesitaloudesta, mutta ei siedä äärimmäistä kuivuutta kasvukaudella. Pysyvästi tulviva ympäristökään ei ole optimaalinen, mutta satunnaiset tulvat eivät sitä tapa. Toiseksi vaikuttavat ravinteet. Vaikka kasvi tulee toimeen vähäisellä panostuksella, perusravinteiden (typpi, fosfori, kalium) hyvä saatavuus nostaa satoa. Kokeissa kohtalainen lannoitus on lisännyt versokasvua, mutta liialliset ravinteet voivat suosia kilpailijoita enemmän kuin *Silphiumia*. Kolmanneksi on lämpö, sillä kompassikukka vaatii tarpeeksi lämpösummaa. Jos kasvukausi jää lyhyeksi, osa potentiaalista jää käyttämättä ja kasvi talvehtii ikään kuin ”ali-ikäisenä”. Seuraavana vuonna se kuitenkin yleensä kasvaa normaalisti, kun juurakko on talvehtinut. Neljäntenä vaikuttaa niittoajankohta. Optimaalisin korjuu on myöhään syksyllä ennen kuin varret alkavat hajota talven vaikutuksesta, jolloin kasvi on maksimimassassa. Liian aikainen korjuu esimerkiksi elokuussa antaisi toki suuren sadon, mutta samalla veisi ravinteita, joita kasvi muuten vetäisi juuriinsa. Lisäksi peltopinnan peittävyys heikkenisi loppusyksyksi. Yleensä biokaasuksi aiottu aines niitetään syys-lokakuussa ja säilötään rehuna.

Silphium perfoliatum kykenee tuottamaan vakaan, monivuotisen sadon keskimäärin 10–15 tonnin kuiva-ainemäärällä hehtaarilta, mikä on kilpailuky-

kyinen määrä verrattuna muihin kosteikkoviljelykasveihin, kuten osmankäämiin tai isosorsimoon. Vaikka sen yksittäisvuoden sato ei ylitä parhaiden yksivuotisten viljojen huippulukemia, sen kokonaistuotos usean vuoden jaksolla ilman uudelleenkylvöä on erittäin hyvä. Lisäksi sadonkorjuun yhteydessä peltoon jäävällä runsaalla juuristolla on pitkäaikaisia hyötyjä maaperän hiilitaseelle (Ruf & Emmerling, 2022)

Kompassikukan pääasiallinen käyttötapa on bioenergian ja erityisesti biokaasun tuotto. Kompassikukkaa onkin viljelty Keski-Euroopassa menestyksekkäästi maissisäilörehun osittaisena korvaajana biokaasulaitoksissa. Sen energiasisältö on hieman maissia alhaisempi korkeamman kuitupitoisuuden vuoksi, mikä tarkoittaa, että metaanintuotto kuiva-ainekiloa kohti on noin 20–30 % maissia pienempi. Toisaalta kompassikukassa on vähemmän ravinteita biokaasuprosessia varten. Se sisältää maissia vähemmän tyypeä ja rikkiä, mikä vähentää mädätejäämän käsittelytarvetta. Kompassikukan kuivatua vartta voidaan hyödyntää myös kiinteänä biopolttoaineena pelleteimalla: Itä-Euroopassa tehdyissä kokeissa *Silphium*-pelleteillä on onnistuneesti korvattu turvetta energiantuotannossa. Pelletoidun materiaalin tuhkapitoisuus on kohtuullinen, ja ravinteet voidaan palauttaa peltoon tuhkalannoitteena (Gansberger ym., 2015).

Biokaasukäytön ohella *Silphiumin* biomassa on kiinnostava biojalostuksen raaka-aine. Lunze kumppaneineen (2011) käsitteli kompassikukkaa kuumalla vedellä ja fermentoi hydrolysaatin mikrobien avulla. Tuloksena syntyi 2,3-butaanidiolia lupaavalla saannolla.

Kompassikukkaa on tutkittu myös rehukasvina. Sen ravintoarvo muistuttaa kokoviljasäilörehua: kuiva-aineen raakavalkuaispitoisuus on noin 11–14 % ja kuitupitoisuus melko korkea. Puolalaisissa kokeissa kompassikukasta tehty säilörehu on todettu naudoille hyvin maittavaksi, ja se soveltuu erityisesti märehtijöiden karkearehuksi osana ruokintaseosta. Nuoria kompassikukan versoja voidaan hyödyntää myös laitumena. Tosin varttuneiden varsien lignifioituessa niiden ruokinnallinen arvo laskee kukinnan jälkeen. Kompassikukkaa on kokeiltu viherlannoitusnurmen komponenttina: eläimet syövät osan kasvustosta ja tallaavat loput maahan, mikä lisää maan orgaanista ainesta. Lisäksi kompassikukan kuivasta korsisilpusta saa imukykyistä kuivikeainesta. Ranskassa ja Itävallassa silputtua *Silphium*-olkea on käytetty hevostallien kuivikkeena. Koska lajia viljellään Suomen oloissa etupäässä vaikeilla turveilla, eikä se näin kilpaile ruokakasvien kanssa, sen rehukäyttöä voidaan pitää hyödyllisenä sivutuotteena (Gansberger ym., 2015).

Mielenkiintoisena yksityiskohtana kompassikukka on tutkittu raskasmetallien saastuttamien maiden puhdistuksessa. Tuore tutkimus osoitti, että *Silphium perfoliatum* kykenee ottamaan juurillaan maaperästä huomattavia

määriä sinkkiä (Zn), kadmiumia (Cd) ja lyijyä (Pb) kerryttäen niitä versokudoksiinsa (Ullah ym., 2023). Kasvin kestävyys oli hyvä jopa korkeissa metallipitoisuuksissa, mikä viittaa siihen, että sitä voitaisiin hyödyntää fyto-remediaatiokasvina saastuneilla pelloilla ja joutomailla. Kun kompassikukan massa korjataan ja poistetaan alueelta, samalla poistuu maaperästä sinne sitoutuneita haitallisia metalleja, joita olisi vaikea poistaa muuten kuin kaivamalla maata.

Kompassikukan viljely palvelee myös ympäröivää ekosysteemiä. Monivuotisen, syväjuurisen kasvitapansa ansiosta laji auttaa sitomaan hiiltä tehokkaasti maaperään. Arvioiden mukaan kompassikukkapellon maaperään kertyy vuosittain noin 1,5–2 tonnia hiiltä enemmän kuin vastaavalla maissipellolla. Tämä johtuu erityisesti kompassikukan paljon suuremmasta juuribiomassasta (Ruf & Emmerling, 2022). Ruf ja Emmerling (2022) havaitsivat, että *Silphium perfoliatum* -kasvuston juuristo oli 36 % massiivisempi kuin maissin juuristo samanlaisissa oloissa, mikä selittää hiilen pitkäaikaisen varastoitumisen eron. Pitkällä aikavälillä monivuotinen viljely lisää maan orgaanisen aineksen pitoisuutta. Kymmenen vuoden aikana kompassikukkapelto voi varastoida kymmeniä tonneja CO₂-ekvivalenttia enemmän hiiltä maaperään kuin vuoroviljely. Samalla maan rakenne paranee: syvät juuret kuljettavat ilmaa syvälle maahan, mikä voi edistää turvepellon kantavuutta ja vedenläpäisyytä. Kompassikukaviljelmä toimii siis hiilinieluna samalla kun se tuottaa biomassatuloa viljelijälle. Onkin ehdotettu, että *Silphium*-pelloille maksettaisiin ympäristökorvauksia hiilen sidonnasta. Näin lajin viljely olisi entistä kannattavampaa.

Kompassikukka on arvokas mesikasvi. Sen pitkä, keskikesästä syksyyn jatkuva kukinta-aika tarjoaa runsaasti mettä ja siitepölyä mehiläisille ja muille pölyttäjille. Saksalaisissa kokeiluissa on havaittu, että maissipelloille viljelykasviksi tuotu *Silphium perfoliatum* lisää merkittävästi pölyttäjien saatavilla olevia mesilähteitä verrattuna yksivuotiseen maissiin, joka ei tarjoa kukinnallaan ravintoa hyönteisille. Mehiläishoitajat ovat raportoineet kompassikukaviljelmien läheisyydessä kohonneita hunajasatoja. Kasvi kukkii heinä-elokuussa, jolloin monet luonnonkukat ovat jo niukentumassa, ja myöhään kukkivat kompassikukat tukevat myös kimalaisyhdyskuntien ja perhosten ravinnonsaantia syksyllä. Pölyttäjäystävällisyys onkin merkittävä ekologinen plussa tälle energiakasville: kompassikukka tarjoaa ”biodiversiteettikaistan” muuten yksipuolisten peltojen keskelle ja edistää maatalousympäristön monimuotoisuutta (Gansberger ym., 2015).

Silphium perfoliatum -kasvin viljelyssä on muutamia keskeisiä haasteita, jotka tulee huomioida kestävä tuotannon varmistamiseksi. Kompassikukan siementen itävyys on epätasaista. Kypsyvä kukinto tuottaa koko kesän ajan sekä kypsiä että kehittymättömiä pähkylöitä, joten kylvetäessä vain osa siemenistä itää ensimmäisen kuukauden aikana (Gansberger ym., 2017). Itämi-

seen vaikuttaa myös lämpötila ja valo: viileässä huhtikuun säässä itäminen voi kestää jopa 2–4 viikkoa. Ensimmäinen kasvukausi onkin kompassikukalle kriittinen kilpajuoksu rikkakasvien kanssa. Nuori ruusuke kehittyy hitaasti ja jättää alustavasti paljon avomaata, mikä antaa rikkakasveille etumatkaa, ellei niitä torjuta. Käytännön suositus on perustaa viljelmä istuttamalla esikasvatettuja taimia suoran kylvön sijaan, mikäli mahdollista. Taimikasvatus varmistaa lähes 100 % taimettumisen ja tukevan juuriston ennen pellolle vientiä, kun taas peltoon kylvettynä taimettuminen jää helposti hajanaiseksi. Jos kylvö tehdään siemenillä, on varauduttava korkeaan kylvömäärään ja mahdollisesti siementen käsittelyyn (skarifiointi, kylmäkäsittely) itävyyden parantamiseksi. Ensimmäisen kasvuvuoden aikana rivivälien intensiivinen rikkakasvientorjunta (mekaanisesti tai tarvittaessa kemiallisesti) on yleensä välttämätöntä, jotta *Silphium*-ruusukkeet ehtivät sulkea kasvuston. Vakiintuneessa kasvustossa (yleensä toisesta vuodesta alkaen) aikuiset kompassikukat varjostavat tehokkaasti useimmat rikkakasvit, eikä jatkuvaa torjuntaa enää tarvita (Gansberger ym., 2015).

Kompassikukan siementen laatu vaihtelee. Sadonkorjuussa saadaan sekä täysiä että typötyhjiä pähkylöitä. Kokeissa on todettu, että siemenerien itävyys voi vaihdella 50–90 % välillä. Itävyyttä on parannettu siemenkäsittelyillä. Esimerkiksi erottamalla seulalla yli 10 mm pituiset pähkylät itävyyden todettiin nousevan jopa 97,5 prosenttiin (Gansberger ym., 2017). Tämä viittaa siihen, että kaupallisesti saatavilla olevissa erissä on paljo huonosti kehittyneitä siemeniä. Tutkimuksissa siementen itämistä on pyritty nopeuttamaan kokeilemalla siementen pelletöintiä ja optimaalisia olosuhteita, kuten valolämpösyklitystä (Gansberger ym., 2015).

Kompassikukka tarvitsee pitkän kasvukauden ja riittävästi lämpösummaa tuottaakseen runsaan sadon. Viileinä ja lyhyinä kesinä kasvu ja kukinta voivat jäädä selvästi vajaiksi. Esimerkiksi yhden katsauksen mukaan normaalia viileämpi kesä saattoi alentaa vuosisatoa noin viidenneksen verrattuna lämpimään kesään. Kasvi kyllä sietää pakkastalvet juurakkonsa turvin, mutta lyhyt kasvukausi tai toistuvat kylmät jaksot kesällä rajoittavat biomass- ja siementuotantoa. Kompassikukka kestää kuivuutta melko hyvin, mutta pitkitynyt kuivuusjakso keskikesällä voi pienentää satoa (Peni ym., 2020). Toisaalta liiallinen märkyys kasvukaudella ei ole kompassikukalle eduksi. Noin viikon mittaisen tulvan kasvi vielä sietää ilman suurempaa tuhoa, mutta jatkuvasti vettyneessä maassa sen juuristo kärsii hapen puutteesta ja kasvu hidastuu. Optimaalista on, jos uudelleenkostutetun pellon pinta on jatkuvasti kostea, mutta ei kauttaaltaan veden peittämä. Näin *Silphium* saa tarvitsemansa veden, mutta juuret pysyvät hapellisessa tilassa (Ende ym., 2021).

Kompassikukka tuottaa hieman maissia vähemmän metaania massayksikköä kohden. Sen metaanisaanto on noin 20–30 % maissisäilörehua alhaisempi (Peni ym., 2020). Puutteelliset kannustimet saavat viljelijän pohtimaan kompassikukan kannattavuutta, jos maissi tuottaa enemmän biokaasua. Skenaarimallien mukaan kompassikukka voi olla taloudellisesti jopa maissia kannattavampaa, kun huomioidaan monivuotisuuden tuomat säästöt (kertyvän kylvön kustannus ja vähäisempi lannoitustarve) ja ympäristöhyödyt. Erityisen kilpailukykyistä se on silloin, jos viljelijälle maksetaan korvaus ekosysteemin parannuksista, esimerkiksi hiilensidonnasta ja pölyttäjien tukemisesta (Cumplido-Marín ym., 2020). Cumplido-Marín ja muut (2020) mallinsivat, että pienen hiilensidonta- ja monivuotisuuspalkkion ansioista *Silphium*-viljelmän tuotto ylitti maissin useimmissa tarkastelluissa skenaarioissa. Toisin sanoen kompassikukan kokonaistaloudellinen arvo vahvistuu, kun sen epäsuorat hyödyt huomioidaan osana uusiutuvan energian tukijärjestelmiä.

Kompassikukalla on roteva kasvu ja runsaasti siementuottoa, joten se voi potentiaalisesti levitä viljelyksiltä ympäröivään luontoon, erityisesti sen suosimille ravinteikkaille kosteikoille. Saksassa on raportoitu tapauksia, joissa viljelyksiltä karanneita *Silphium*-yksilöitä on kotiutunut jokivarsien rantakasvustoihin ja muodostanut paikoin laajoja kasvustoja, mikä on herättänyt huolta luonnonsuojelijoissa. Tutkimuksessa todettiin, että märillä kasvupaikoilla *Silphium* lisääntyy vegetatiivisesti ja siemenillä erittäin tehokkaasti, mikä voi tehdä siitä invasiivisen, ellei sen leviämistä hallita. Torjuntakeinoina suositellaan mm. kasvuston niittämistä ennen siementen kypsymistä sekä viljelylohkon reunoille jätettäviä suojakaistoja (Ende ym., 2021). Myös vuorottainen niitto eli pellon eri osien niittäminen eri aikoina voi ylläpitää rakenteeltaan vaihtelevampaa kasvustoa ja estää kompassikukkaa muodostamasta täysin yhtenäistä, monokulttuurimaista peitettä. Tällainen mosaiikkimainen hoito ylläpitää pellolla myös korkeampaa pienelinympäristöjen vaihtelua, mikä voi edesauttaa muiden kasvi- ja hyönteislajien säilymistä *Silphium*-viljelmän lomassa. On huomattava, että kompassikukka ei ole säädösten tarkoittama haitallinen vieraslaji Suomessa, ja sen leviämiskasvu pohjoisissa oloissamme on arvioitu melko pieneksi. Laji menestyy lähinnä viljelyoloissa eikä ole toistaiseksi villiintynyt laajasti (Ylitalo, 2025). Varovaisuus on silti paikallaan. Viljelyssä on seurattava ympäröiviä kosteikkoja ja suojelualueita. Jos kompassikukkaa ilmaantuu luontoon viljelmän ulkopuolelle, se on syytä poistaa ennen pysyvää kotiutumista.

Kompassikukan korjuu muistuttaa maissin korjuuta, mutta siihen liittyy muutamia erityispiirteitä. Kasvin varret ovat syksyllä hyvin paksuja ja puumaisia (tyviosasta jopa >2 cm läpimitaltaan), joten niiden korjaaminen vaatii järeää kalustoa. Yleensä käytetään maissisilppuria tai vastaavaa rehu-/biomassasilppuria, joka pystyy murskaamaan kovat varret. Pehmeillä turvemaidella raskaat

koneet voivat kuitenkin aiheuttaa maan tiivistymistä ja painua syvälle, mikä korostuu kompassikukan usein märkinä pidettävillä kasvupaikoilla. Tämän vuoksi on suositeltavaa ajoittaa korjuu myöhään syksyyn tai talveen, kun maa on roudassa tai jäässä. Käytännössä monilla *Silphium*-viljelmillä sato korjataan vasta talvella jään tai routapinnan päältä, mikä mahdollistaa tavanomaista raskaamman korjuukaluston käytön ilman pellon vaurioitumista. Esimerkiksi Saksassa on onnistuneesti korjattu kompassikukkaa joulutammikuussa telaketjuleikkuupäällä varustetulla koneella, jolloin sato voitiin kerätä lumipeitteestä huolimatta pelloilta (Ylitalo, 2025). Talviaikainen korjuu toimii kompassikukan kohdalla hyvin, koska kasvi on siirtänyt valtaosan ravinteistaan juuriin jo syksyllä ja varret seisovat talvella kuivina pystyssä. Toisin sanoen biomassan laatu ei heikkene ratkaisevasti, vaikka se odottaa pellolla pakkaskauden yli (Gansberger ym., 2015). Verrattuna maissiin etuna on myös se, että kompassikukan korjuu voidaan tehdä pienin muutoksin olemassa olevilla maatilakoneilla eikä vaadi täysin erikoistunutta kalustoa, toisin kuin esimerkiksi puuvartisten energiakasvien korjuu (Cumplido-Marín ym., 2020). Korjuun joustava ajoitus helpottaa työhuippujen hallintaa maatilalla. Kompassikukan voi halutessaan jättää pakkasille, kun taas maissisato on korjattava ennen pakkasia. Kaiken kaikkiaan sadonkorjuu on *Silphium*-viljelyssä ratkaistavissa oleva haaste – onnistuneesta korjuusta on näyttöä sekä Keski-Euroopassa että kotimaisissa kokeiluissa (Ylitalo, 2025).

Silphium perfoliatum on osoittautunut hyvin kylmänkestäväksi monivuotiseksi kasviksi Euroopan oloissa. Sitä pidetään pakkasenkestävänä energia-kasvina, joka selviää talven yli ankarassakin kylmyydessä (Peni ym., 2020) Eräiden lähteiden mukaan jopa $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ei tuhoa juurakkoa (Cumplido-Marín ym., 2020). Tämä kylmänsieto tekee kompassikukasta lupaavan viljelykasvin Pohjois-Euroopan viileillä alueilla (Peni ym., 2020). Kasvi talvehtii maavarren ja juuriston avulla, joten maanpäällisten osien paleltuminen ei ole ongelma, kunhan juurakko on vahvistunut ensimmäisen kasvukauden aikana. Keväällä kompassikukan versot alkavat kasvaa aikaisin. Keski-Euroopan kokeissa nuoria taimia istutettiin avomaalle jo toukokuun alussa, ja ne sietivät hyvin kevään viileitä öitä. Tämä varhainen kasvu auttaa kompassikukkaa kilpailemaan tilasta rikkakasveja vastaan, kun kasvukausi kunnolla käynnistyy (Ende ym., 2021).

Kompassikukka saavuttaa täyden satopotentialinsa, kun kasvukausi on riittävän pitkä, lämmin ja tarpeeksi kostea. Kesälämpötilojen on hyvä nousta $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tienoille, sillä optimaalisissa olosuhteissa (päivälämpö noin $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, aurinkoinen sijainti) kasvi kasvaa nopeasti ja kehittää runsaasti lehtiä sekä kukintoja (Cumplido-Marín ym., 2020). Viileämmässä ilmastossa kasvu on hitaampaa ja kukinta voi jäädä vajaaksi. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaan

keskilämpö +14 °C on kirjallisuudessa mainittu kompassikukan *minimirajana* kannattavalle tuotannolle (Ylitalo, 2025). Kosteuden suhteen kompassikukka viihtyy parhaiten kosteilla, hyvin vettä pidättävillä mailla, mutta ei täysin tulvivan määssä ympäristössä (Dauber ym., 2016). Saksalaisissa ruutukokeissa suurin biomassasato saatiin, kun pohjavesi oli kohtalaisen lähellä pintaa (noin 50 cm syvyydessä), jolloin kasvien keskimääräinen korkeus oli noin 3 metriä ja kuivamassasato noin 1,5 kg/kasvi toisen kasvuvuoden lopulla. Liian määssä maassa (pohjaveden pinta aivan juuristossa) kasvu hidastui hieman hapen puutteen vuoksi, ja erityisesti jatkuva tulviminen heikensi kukintojen määrää, vaikkakin kompassikukka sietä noin viikon mittaisen täydellisen vedenpeiton paremmin kuin useimmat yksivuotiset viljelykasvit (Ende ym., 2021). Toisaalta jatkuva kuivuus näkyy sadon selvänä laskuna. Useat tutkimukset raportoivat, että pitkäaikainen vedenpuute voi pienentää vuosisatoa jopa kolmanneksella verrattuna ihanteelliseen vesitalouteen (Dauber ym., 2016; Peni ym., 2020). Käytännössä tämä tarkoittaa, että kompassikukka menestyy parhaiten kosteilla ja multavilla mailla, mutta sietää silti suhteellisen hyvin kuivuutta. Se ei tarvitse jatkuvaa kastelua ja pärjää vaihtelevissa sadeolosuhteissa paremmin kuin moni muu biomassaa- tai rehukasvi (Peni ym., 2020). Sen on todettu olevan keskimääräistä viljelykasvia vähemmän riippuvainen kasvukauden sateista, kunhan juuristo yltää syvemmälle maaperään etsimään kosteutta (Peni ym., 2020; Ende ym., 2021).

Keski-Euroopassa kompassikukkaa on viljelty onnistuneesti useiden vuosien ajan. Esimerkiksi Saksassa on 2010-luvulla ollut tuhansia hehtaareja kaupallista viljelyä biokaasulaitosten tarpeisiin, ja kasvi on talvehtinut hyvin tuottaen satoa yli 15 vuoden ajan samalta alalta (Ende ym., 2021; Peni ym., 2020). Suomessa varsinaisia pitkäaikaisia peltokokeita on vasta vähän. Ylitalon (2025) kirjallisuuskatsaus kuitenkin päätyi johtopäätökseen, että *Silphium perfoliatum* "on ilmastönäkökulmasta lupaava viljelykasvi" maamme kosteikko-tiljelyyn, kunhan sen viljelytekniikasta kertyy paikallista kokemusta (Ylitalo, 2025). Olennaista on varmistaa, että kasvusto ehtii juurtua hyvin ensimmäisenä vuotena ja kerätä tarpeeksi vararavintoa juurakkoon talvehtimista varten.

Kaiken kaikkiaan kompassikukka vaikuttaa erittäin sovelialta viljelykasviltä uudelleenkestutettujen turvemaiden hyödyntämiseen Suomessa. Se yhdistää energia- ja rehukäyttöön tarvittavan korkean biomassatuoton ja monia ekosysteemin kannalta hyödyllisiä vaikutuksia (hiilensidonta, eroosiosuoja, pölyttäjäien tuki) tavalla, johon harva muu kasvi kykenee (Peni ym., 2020; Ende ym., 2021). Kirjallisuuden perusteella se kestää hyvin pohjoisen ilmastön haasteita eli kylmiä talvia ja vaihtelevia kosteusoloja, kunhan viljely tehdään oikeilla menetelmillä. Ensimmäisen vuoden hoitotyö (rikkakasvin torjunta, mahdollinen kastelu kuivimpina jaksoina) on kriittinen investointi,

joka maksaa itsensä takaisin moninkertaisesti kasvin tuottaessa satoa jopa vuosikymmenen ajan ilman uudelleen kylvöä (Ylitalo, 2025; Peni ym., 2020). Samalla turvepeltojen päästöt vähenevät, kun pellot pidetään kosteina ja monivuotisen kasvillisuuden peitossa. Myös vaikeasti hyödynnettävät maat saadaan tuottavaan viljelykäyttöön. Kaikkiaan tutkimusnäyttö tukee vahvasti näkemystä, että *Silphium perfoliatum* on Pohjois-Euroopan oloissa perustamisvaiheen jälkeen kestävä ja monihyötyinen viljelykasvi. Sen laajamittainen käyttöönotto kannattaa kuitenkin tehdä hallitusti. Kasvin invasiivisuutta on pidetty mahdollisena, jos siementuotanto pääsee valvomatta luontoon (Ende ym., 2021). Laji vaatii myös seurantaa, ettei se ala levitä hallitsemattomasti luonnon kosteikoille. Lisäksi on varmistettava, että biomassaa voidaan hyödyntää esimerkiksi biokaasulaitoksissa, karjatiloilta tai vaikka kuiviketurpeen korvaajana. Näillä ehdoilla kompassikukasta voi tulla merkittävä osa kestävästä kosteikkoviljelyä Suomessa.

4.6 Jättiruoko (*Arundo donax*)

Arundo donax on pitkä, monivuotinen ja juurakkoinen heinäkasvi, joka on peräisin subtrooppisilta ja lämpimän lauhkeilta alueilta Aasiasta. Ulkoasultaan se muistuttaa bambua: ontot ja jaokkeelliset varret voivat kasvaa optimaalisissa oloissa jopa 6–8 metrin korkuisiksi. Kasvilla on pitkät, suikeat lehdet, ja loppukesällä kehittyvät kukinnot ovat yleensä steriilejä. Kasvi lisääntyy lähes yksinomaan kasvullisesti juurakoiden ja versojen avulla (Pilu ym., 2012). Jättiruoko tunnetaan erittäin nopeasta kasvustaan ja korkeasta fotosynteesitehosta. Se on C3-kasvi, mutta sen yhteytysteho on verrattavissa C4-kasveihin (Rossi ym., 1998). Lisäksi se kykenee kasvamaan karuissakin maaperissä, ja näiden ominaisuuksien ansiosta *A. donax* onkin yksi lupaavimmista lignoselluloosapohjaisista energiakasveista (Pilu ym., 2012; Fabbrini ym., 2019). Laji menestyy monenlaisissa ympäristöissä, kuten jokivarsilla, soilla ja köyhtyneillä pelloilla, ja sietää hyvin kuivuutta, maaperän suolapitoisuutta sekä jopa raskasmetallien saastuttamia oloja. *Arundo donax* on viljelty vuosisatojen ajan perinteisiin käyttötarkoituksiin. Sitä on käytetty esimerkiksi kattomateriaalina, aitana sekä puhallinsoittimien lehdyköiden valmistukseen (Pilu ym., 2012). Viime vuosina laji on herättänyt kasvavaa kiinnostusta bioenergian, fyto-remediaation ja teollisten sovellusten alalla. Sen vahvat, ligniinipitoiset varret tekevät siitä käyttökelpoisen raaka-aineen bioetanolin, biohiilen ja biokomposiittien tuotantoon (Córdoba ym., 2023; Pilu ym., 2012).



Kuva 8. Arundo donax. Kuva: Wikimedia Commons.

Jättiruoko on alun perin kotoisin Aasiasta, mutta nykyisin se on levinnyt ihmisen mukana lähes kaikille mantereille. Sitä tavataan laajalti Välimeren alueella ja lämpimissä osissa Eurooppaa, Afrikkaa, Lähi-itää sekä Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, samoin kuin Australiassa. Euroopassa kasvi on yleinen erityisesti Etelä-Euroopan maissa kuten Italiassa, Espanjassa ja Kreikassa, missä sitä viljellään sekä koriste- että hyötykasvina. *Arundo donaxia* on tuotu ja kotiutettu uusille alueille sen moninaisten käyttötarkoitusten vuoksi, mutta samalla se on paikoin villiintynyt ja vakiintunut osaksi paikallista kasvillisuutta (Pilu ym., 2012). Kasvia on myös kokeiltu viljellä Keski- ja Pohjois-Euroopassa bioenergian tuotantoon, mutta viileämmässä ilmastossa sen menestyminen on rajallisempaa (Fabbrini ym., 2019; Pilu ym., 2012).

Suotuisissa olosuhteissa *Arundo donax* tuottaa erittäin suuren biomassasadon. Tyypillisesti vuosittainen kuiva-ainesato vaihtelee optimioloissa noin 30–50 tonnin välillä hehtaaria kohti. Karummilla mailla sato voi jäädä pienemmäksi. Esimerkiksi eräissä kenttäkokeissa noin 20 t kuivamassaa/ha/vuosi saavutettiin kolmannen kasvuvuoden jälkeen, mikä korostaa vakiintumiseen tarvittavaa aikaa (Pilu ym., 2012). Trooppisissa oloissa on lyhyen kierron kokeissa puolestaan raportoitu jopa noin 24 tonnin hehtaarisato vain puolen vuoden kasvujaksolla (Salazar-Zeledón ym., 2015). Biomassan energiasisältö

on korkea: jättiruokomassan lämpöarvoksi on mitattu noin 17,36 MJ/kg (Córdoba ym., 2023). Tuotettuun satoon vaikuttavat merkittävästi kasvin genotyyppi (ekotyyppi), kasvupaikan maalaji ja ravinteisuus, veden saatavuus sekä ilmasto (Fabbrini ym., 2019). Kenttäkokeet niin Etelä-Euroopassa kuin Keski-Amerikassakin vahvistavat lajin korkean tuottavuuden myös vähän panostusta vaativissa olosuhteissa, mikä tekee siitä houkuttelevan energiakasvin vaikeisiinkin oloihin (Salazar-Zeledón ym., 2015; Pilu ym., 2012). Jättiruosta voidaan tuottaa toisen sukupolven biopolttoaineita, kuten bioetanolia, tai käyttää sitä kiinteänä bioenergian lähteenä esimerkiksi pellettien ja biohiilen muodossa lämmöntuotannossa (Córdoba ym., 2023; Pilu ym., 2012).

*Arundo donax*in kuitua voidaan hyödyntää myös rakentamisessa. Siitä valmistetaan biokomposiitteja, eristyslevyjä ja muita rakenteellisia materiaaleja, joissa kasvin vahva ja kestävä varsimateriaali toimii lujitteena. Lisäksi lajilla on osoitettu olevan merkittävä kyky fytoimediaatioon. Se voi tehokkaasti poistaa maaperästä raskasmetalleja, kuten arseenia, kadmiumia ja lyijyä, keräämällä niitä juuriinsa ja versoihinsa (Pilu ym., 2012).

*Arundo donax*illa on pitkät perinteet myös käsityö- ja hyötykasvina. Teollisesti sen runsasta selluloosapitoista biomassaa on hyödynnetty paperin, viskoosin ja muiden selluloosatuotteiden raaka-aineena (Pilu ym., 2012). Korkean lignoselluloosapitoisuuden ja toisaalta alhaisen inhibiittoriainesisällön ansiosta jättiruokoa pidetään erityisen lupaavana raaka-aineena toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantoon ilman suuria esikäsitteilyyn liittyviä saanto-ongelmia (Fabbrini ym., 2019).

Jättiruoko on invasiivinen monilla alueilla. Se voi muodostaa tiheitä monokulttuurisia kasvustoja, jotka syrjäyttävät paikalliset alkuperäislajit ja muuttavat elinympäristöjen rakenteita. Esimerkiksi jokivarsilla kasvavat jättiruokotiheiköt voivat hidastaa veden virtausta ja muuttaa tulvadynamiikkaa. Jättiruoko on lähes aina steriili, eli se ei tuota itäviä siemeniä, vaan se lisääntyy pelkästään juurakon palojen sekä versojen kautta (Pilu ym., 2012). Tämä rajoittaa lajin geneettistä muuntelua ja vaikeuttaa jalostustyötä.

Myös viljelmän perustaminen on tavallista työläämpää ja kalliimpaa, koska lisäysmateriaali on hankittava kasvullisesti ja täyden satotason saavuttaminen kestää useita vuosia. Kasvi on lisäksi herkkä pakkasvaurioille: se ei menesty alueilla, joilla esiintyy ankaria talvipakkasia (Pilu ym., 2012). Näiden haasteiden vuoksi laajamittainen viljely vaatii huolellista riskien arviointia tapauskohtaisesti. Oikein hallituissa olosuhteissa – esimerkiksi suljetuissa tai valvotuissa kosteikkojärjestelmissä – jättiruokoa voidaan kuitenkin hyödyntää kestävästä biomassantuotannon osana ilman, että se leviäisi ympäristöön hallitsemattomasti

Suomen ja muun Pohjois-Euroopan ilmasto-olosuhteissa *Arundo donax*in viljely on hyvin haasteellista. Laji ei kestä talven pakkasia. Käytännössä ulkoviljely onnistuisi talvisin vain erittäin leudoilla alueilla. Muualla se vaatisi erityisjärjestelyjä, kuten juurakoiden talvisuojausta tai kasvihuoneviljelyä (Pilu ym., 2012). Etelä-Suomen ja rannikkoalueiden leudommissa mikroilmastoissa jättiruokojen on havaittu selviytyvän yksittäisistä talvista, mutta säännöllinen tuotanto avomaalla ei ole todennäköistä. Kasvia voisikin Suomessa hyödyntää lähinnä yksivuotisena kesäkasvina biomassan tuotantoon tai tutkimusmielessä suljetuissa järjestelmissä. Sen potentiaalia on pidetty lupaavana erityisesti marginaalisten maiden bioenergia- ja fytoimediaatiosovelluksissa, mikäli viljelyolosuhteet saataisiin hallittua (Fabbrini ym., 2019; Pilu ym., 2012). Nykyilmastossa lajin laajamittainen kaupallinen viljely jäisi todennäköisesti vain pienimuotoisiksi kokeiluksi tai vain erityiskohteisiin. Esteenä ovat Suomen ankarat talvet ja kasvin vieraslajistatus.

4.7 Elefanttiheinä (*Pennisetum purpureum*)

Pennisetum purpureum, tunnettu myös nimillä Napier-ruoho ja elefanttiheinä, on trooppisesta Afrikasta kotoisin oleva jyrävä, nopeakasvuinen monivuotinen heinäkasvi. Se kasvaa tyypillisesti 2–4 metrin korkuiseksi muodostamalla tiheitä, jopa metrin levyisiä mättäitä (Heuzé ym., 2020). Kasvustolle tunnusomaisia ovat paksut, sokeriruokoa muistuttavat varret ja pitkät (jopa 1–1,2 m) leveähköt lehdet, joissa on selvä keskisuoni. Lehdet ovat tyvestä karvaisia ja reunoilta hienohampaisia, ja kasvi muodostaa röyhymäisen kukinnon, joka on 15–20 cm pituinen jäykkä tähkä. Siementuotanto on vähäistä, joten *P. purpureum* leviää pääasiassa kasvullisesti rönkyjen ja juurakkojen avulla (Heuzé ym., 2020). Tämän vuoksi lisääminen tapahtuu yleensä pistokkaista tai juurakon paloista. Kasvi on C4-fotosynteesin tyyppiä, mikä tarkoittaa korkeaa yhteytystehoa ja erinomaista biomassan tuotantoa lämpimissä ja aurinkoisissa oloissa (Reza ym., 2020). Sen fotosynteesinopeus ja säteilyn hyödyntämis-kyky pysyvät korkeina pitkään, mikä osaltaan selittää lajikkeen huippusadot. Elefanttiheinällä on laaja ja syvä juuristo, joka voi ulottua jopa 4,5 metrin syvyyteen, ja se tuottaa runsaasti sivuversoja. Tämän ansiosta kasvi sietää kuivuutta hyvin ja kykenee sitomaan hiiltä maaperään tehokkaasti (Islam ym., 2023). *P. purpureum* on läheistä sukua helmiläiselle (*Pennisetum glaucum*, nykyisin *Cenchrus americanus*), ja risteytyäkseen helmiläisen kanssa se muodostaa hybridejä kuten ”King grass” ja ”Bana grass”, joissa yhdistyvät korkea biomassantuotto ja parempi siementuotanto (Heuzé ym., 2020).



Kuva 9. Pennisetum purpureum. Kuva: Adobe Stock.

P. purpureum on alkuperäinen Saharan eteläpuolisessa Afrikassa, missä se on tärkeä rehu- ja suojakaistakasvi. Ihminen on levittänyt sen maailmanlaajuisesti trooppisille ja subtrooppisille alueille. Sitä viljellään laajalti Itä- ja Kaakkois-Aasiassa (esimerkiksi Indonesiassa, Filippiineillä ja Bruneissa) sekä Etelä- ja Keski-Amerikassa rehuksi ja bioenergian raaka-aineeksi (Reza ym., 2020; Islam ym., 2023). Laji tuotiin Yhdysvaltoihin jo 1910-luvulla. Myöhemmin se levisi muualle tropiikkiin: 1950-luvulla Keski- ja Etelä-Amerikkaan sekä Karibialle, ja 1960-luvulla edelleen Australiaan ja Välimeren alueelle. Nykyisin elefanttiheinää tavataan satunnaisesti viljelmien ulkopuolelle monissa maissa, ja se luokitellaan haitalliseksi vieraslajiksi joillakin trooppisilla alueilla, esimerkiksi Galápagossaarilla ja Yhdysvaltojen eteläosissa. Se viihtyy monenlaisissa ympäristöissä: teiden varsilla, joutomailla, kosteikkojen reunoilla ja avoimilla metsänreunoilla, missä se saattaa syrjäyttää alkuperäistä kasvillisuutta. Tyypillisesti elefanttiheinää tavataan 10°N–20°S leveyspiirien välissä, missä lämpötilat ovat suotuisat ympäri vuoden. Se kasvaa merenpinnan tasolta aina noin 2 000 metrin korkeuteen saakka. Optimaalinen kasvu edellyttää korkeita lämpötiloja, parhaimmillaan kasvu on 25–40 °C lämpötiloissa. Kasvu pysähtyy alle 15 °C lämpötilassa, ja pakkasta Napier-ruoho ei kestä lainkaan. Kylmässä ilmastossa maanpäälliset osat kuolevat, mutta lievässä pakkasessa se voi uusiutua juurakon säilyessä elinkelpoisena, mikäli maaperä ei jäädy syvältä. Kasvi vaatii runsaasti valoa eikä menesty täydessä varjossa, mutta se sietää

kuitenkin jonkin verran puolivarjoa. Sademäärän suhteen *P. purpureum* on joustava: se kasvaa alueilla, joiden vuotuinen sadanta vaihtelee noin 700–4 000 mm välillä, mutta optimaalinen tuotanto edellyttää yli 1 500 mm vuosittaista sadetta (Heuzé ym., 2020). Pitkiä kuivia kausia se kestää laajan juuristonsa ansiosta ja toimii pioneerikasvina kuivuneilla mailla, mutta jatkuvaa tulvaa tai useiden päivien kestäväää veden kyllästämää maata se ei siedä. 1980-luvun Bruneissa tehdyssä tutkimuksessa raportoitiin, että Napier-ruoho tuotti veden kyllästämässä maassa jopa 55 tonnia kuivamassaa hehtaarilta vuodessa, kun taas kuivissa olosuhteissa sato jäi vain noin 5 tonniin. Toisin sanoen riittävä kosteus voi moninkertaistaa sadon verrattuna kuiviin oloihin. Kasvualustaltaan elefanttiheinä suosii hyvin ojitettua, ravinteikasta maata, mutta kestää myös suhteellisen köyhiä ja happamia alustoja. Sitä tavataan niin hiekka- kuin savi-mailta (pH-alueella n. 4,5–8,2). Kasvi ei kuitenkaan siedä pitkään seisovaa vettä (Williams, 1980).

P. purpureum on yksi maailman tuottavimmista ruohokasveista. Sen kuiva-ainesadot voivat vaihdella suuresti olosuhteitten mukaan. Tyypillisissä trooppisissa olosuhteissa tavallisia satoja ovat 30–45 tonnia kuivaa ainesta per hehtaari vuodessa, mikä on erittäin korkea verrattuna moniin muihin nurmikasveihin (Reza ym., 2020). Optimaalisissa olosuhteissa ja intensiivisessä viljelyssä sadot ovat vielä suurempia. Esimerkiksi lannoituksella kontrolloidussa kokeessa Kolumbiassa saavutettiin jopa 72 tonnin vuotuinen kuivainainesato (72 000 kg DM/ha/v) ”King Grass” -nimisellä elefanttiheinän lajikkeella. Tutkimuksessa havaittiin, että sato kasvoi merkittävästi, kun leikkuuväli piteni 90 päivään ja maaperään lisättiin runsaasti typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitteita. Sadon lisäystä rajoitti kuitenkin ravinteiden saatavuus: intensiivinen kasvu vaati vastaavasti suuria määriä lannoitetta. Samassa tutkimuksessa raportoitiin, että ilman lannoitusta King Grass tuotti noin 40 t DM/ha/v (90 päivän korjuuvälillä), kun lannoituksen kanssa päästiin 115 t DM/ha/v (Botero-Londoño ym., 2021).

Pellon sadontuottokyky riippuu useista tekijöistä: kasvuajan pituudesta (niittojaksosta), ravinteiden saatavuudesta, kosteudesta ja lajikkeesta. Lyhyemmillä niittoväleillä (esim. 30–60 päivää) Napier-ruohon laatu on rehuntuoton näkökulmasta parempi (korkeampi proteiinipitoisuus ja sulavuus), mutta tällöin kertakertymä on pienempi. Pidemmällä korjuuvälillä (90 päivää ja yli) yksittäisen sadon massa kasvaa, mutta rehun laatu heikkenee kasvin vanhetessa. Kuiva-ainesato kertyy enemmän varren massaun, kuitupitoisuus (NDF-arvo) kohoaa jopa 70 prosenttiin, ja raakavalkuainen vastaavasti laskee (esim. 12,7 % → 6,5 % proteiinia, kun kasvu aika pitenee 30 päivästä 90 päivään, ks. Botero-Londoño ym., 2021). Parhaana kompromissina rehun laadun ja määrän välillä on usein 60–90 päivän korjuuväli, jolloin sekä biomasen että ravinteiden (kuten typen ja kaliumin) kerääntyminen on huipussaan

(Botero-Londoño ym., 2021). Esimerkiksi tieteellisissä kokeissa on todettu, että 60 päivän leikkausväli maksimaalisella lannoituksella tuotti korkeimmat sadot ennen kuin ravinteiden otto ja kasvin kasvu alkoivat tasaantua lajikkeella (Botero-Londoño ym., 2021).

Myös maaperän kosteus vaikuttaa satoon: Napier-ruohon on havaittu kestävän tilapäistä kosteutta ja tuottavan hyvin kosteikkoviljelyssä. Bruneissa raportoiduista tuloksista (Williams, 1980) ilmenee, että kosteilla, hyvin vettä pidättävillä mailla Napier tuotti jopa 55 t DM/ha vuodessa optimaalisella lannoituksella (Reza ym., 2020). Sama tutkimus mainitsi, että huonolla hiekkamaalla ja kuivissa oloissa sato jäi vain 5 tonniin DM/ha, kun taas happamalla sulfaattimaalla (soistuneella) kalkituksen ja lannoituksen jälkeen saatiin kohtalaiset reilut 20 t DM/ha vuodessa. Tämä osoittaa, että Napier-ruohon tuottopotentiaali on korkea, mutta vaihtelee jyrkästi ympäristötekijöiden mukaan.

Napier-ruohon monipuolisuus näkyy sen käyttökohteiden laajuudessa. Perinteisesti se on arvostettu ja laadukas lypsykarjan sekä puhvelien rehukasvi tropiikissa (Heuzé ym., 2020). Sitä viljellään laajasti ”cut-and-carry” -järjestelmässä eli pellolta leikattuna vihantarehuna navetassa syötettäväksi, koska se tuottaa runsaasti massaa ja on maittavaa nuorena kasvuna. Oikein korjattuna (alle 2 metrin korkuisena) Napier-heinä sisältää noin 8–12 % raakavalkuaista ja on hyvin sulavaa. Tätä laadullista tasoa pidetään riittävänä ylläpitämään maidon- tai lihantuotantoa kohtalaisella tasolla. Vanhetessaan rehun laatu heikkenee: kuidun (NDF) lisääntyessä sulavuus putoaa ja proteiinipitoisuus voi laskea jopa alle 6 prosentin (Botero-Londoño ym., 2021), mikä edellyttää valkuaistäydennystä ruokinnassa. Silti Napier on kotieläimille erinomainen karkearehu etenkin kuivien kausien yli. Monissa tropiikin maissa se muodostaa jopa 50–80 % naudanhedestä, kun laidunruohoja ei ole saatavilla (Islam ym., 2023). Sitä voidaan myös säilöä: hapanta rehua saadaan lisäämällä hiilihydraattilähteitä kuten melassia, mikä parantaa käymislaatua (Heuzé ym., 2020).

Bioenergiakäytössä *P. purpureum* on noussut esiin yhtenä lupaavimmista energiakasveista ja sitä voidaan hyödyntää monin eri tavoin. Elefanttiheinän biomassassa soveltuu mädätykseen biokaasureaktoreissa. Korkean lignoselluloosapitoisuuden vuoksi esikäsittely (pilkkominen silpuksi tai mahdollinen alkalinen esikäsittely) parantaa metaanintuottoa, mutta jo ilman esikäsittelyä Napier tuottaa huomattavia määriä biokaasua verrattuna moniin muihin ruohokasveihin runsaan satonsa ansiosta. Kasvia on tutkittu biokaasun lähteenä esimerkiksi seoksena karjanlannan kanssa (Botero-Londoño ym., 2021).

Napier-ruohon korsibiomassa sisältää runsaasti kuitua (selluloosaa noin 35–45 % ja hemiselluloosaa noin 30–40 % DM), joten se on potentiaalinen raaka-aine toisen sukupolven bioetanolin (lignoselluloosaetanolin) tuotannossa. Tutkimukset (Gallego, 2015; Cardona, 2019 viitattu Botero-Londoño

ym., 2021) ovat osoittaneet, että King grass -niminen Napier-lajike (*Pennisetum hybridum*) on lupaava myös biobutanolin valmistuksessa, ja eräässä vertailussa sen etanolisaanto todettiin jopa sokeriruokojätettä paremmaksi. Tämä johtuu sen suuresta biomassan tuotosta ja suhteellisen helposta hydrolysoitavuudesta fermentoitaviksi sokereiksi.

Napier-ruohoa pyrolysoimalla saadaan korkealaatuista biohiiltä. Biohiili voidaan polttaa energiaksi (lämpöarvo noin 23 MJ/kg eli suunnilleen kivihiilen luokkaa) tai käyttää maaperään sekoitettuna parantamaan maan rakennetta ja sitomaan hiiltä pois ilmakehästä jopa vuosisadoiksi. Napierin korkea tuotto (45 t DM/ha Bruneissa ja muualla todetut huippusadot >70 t DM/ha) tarkoittavat, että hehtaarilta voi vuodessa saada kymmeniä tuhansia kiloja biomassaa biohiileksi tai pyrolyysipolttoaineeksi (Botero-Londoño ym., 2021).

Napier-ruhosta valmistetun pyrolyysiöljyn jalostamista liikennepolttoaineeksi on tutkittu. Pyrolyysi tuottaa nestemäistä biopohjaista öljyä ja kaasua hiilen lisäksi, ja joissain tutkimuksissa pyrolyysiöljyn energiasisältöä on verrattu muihin biopolttoaineisiin. Vaikka pyrolyysiöljy itsessään on happopitoista ja vaatii jatkojalostusta, Napierin käytöllä invasiivisena ruohona pyrolyysireaktoreissa saavutetaan ympäristöhyötyjä: haitallinen biomassa muutetaan hyödyksi ja samalla korvataan fossiilisia polttoaineita (Reza ym., 2020).

Kuivattu Napier-ruoko on kuitupitoista ja sitkeää. Sitä on perinteisesti käytetty aita- ja rakennusmateriaalina trooppisissa kylissä. Pystyy kuivunut elefantiheinä muodostaa tuulensuojia ja biologisia aitoja, ja sen pitkiä korsia on käytetty olkkattoon ja punontatöihin (Heuzé ym., 2020). Modernimmissa sovelluksissa Napier-kuitua on testattu paperimassan valmistukseen, sillä se on nopeakasvuinen vaihtoehto puukuidulle, vaikkakin sen korkea ligniini saattaa vaatia lisäkäsittelyä. Myös kuivattuja korsia poltetaan suoraan paikallisena polttoaineena esimerkiksi tiiliuuneissa.

Napier-ruoho on luokiteltu invasiiviseksi monilla trooppisilla alueilla. Se voi karata viljelystä ja muodostaa laajoja monokulttuurisia kasvustoja luonnonympäristöihin, joissa se syrjäyttää alkuperäisiä kasveja ja muokkaa elinympäristöjä (Reza ym., 2020). Esimerkiksi Yhdysvaltain Floridassa ja Havaijilla Napier-heinä on tunnistettu haitalliseksi rikkaruohoksi, ja sen leviämistä pyritään ehkäisemään. Sen palamiskestävyys ja nopea kasvu tekevät siitä tulipalojen jälkeen ensimmäisenä esiin nousevan lajin, mikä vaikeuttaa metsän uudistumista. Riskien hallinta edellyttää säännöllistä niittoa ennen siementen muodostumista sekä viljelyksen reuna-alueiden tarkkailua. Vaikka kasvi tuottaa harvoin eläviä siemeniä, rönsyjen kulkeutuminen riittää levittämään kasvia. Tarvittaessa voidaan käyttää mekaanista tai kemiallista torjuntaa nujertamaan villiintyneitä kasvustoja.

Elefanttiheinä vaatii äärimmäisen paljon ravinteita tuottaakseen huippusatoja (Botero-Londoño ym., 2021). Sen valtavat sadot vievät maasta suuria määriä typpeä, fosforia ja kaliumia. Botero-Londoño ja muut (2021) havaitsivat, että lannoittamattomassa maassa Napier-ruohon tuotanto jäi murtoosaan lannoitettuun verrattuna, ja lannoituksen ollessa intensiivistä ruohon ravinteidenotto nousi mm. typellä jopa 3,4-kertaiseksi yli lannoittamattoman vertailutuloksen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ilman ravinnekierron huomioimista Napierin viljely voi pitkällä aikavälillä köyhdyttää maaperän. Suurimmat typentarpeet (yli 300 kg N/ha/v) voivat myös johtaa ympäristöongelmiin, kuten nitraattien huuhtoutumiseen, ellei lannoitusta kohdenneta tarkasti kasvin kysynnän mukaan (Islam ym., 2023).

Napier-ruohon merkittävin heikkous on sen huono kylmänkestävyys. Se on puhtaasti trooppinen laji, jonka kasvu tyrehtyy viileässä. Jo alle +10 °C lämpötilat vaurioittavat lehtiä, ja pakkasella kasvin maanpäälliset osat kuolevat (Heuzé ym., 2020). Napier ei muodosta lepovaihetta, jolla se kestäisi talvea mannerilmastossa. Tästä syystä avomaaviljely ei onnistu ilmastoissa, joissa esiintyy pakkasta tai pitkiä viileitä kausia. Vaikka juurakko voisi selvitä lyhyestä hallasta, toistuva tai ankara pakkanen tappaa myös juuriston. Sitä voitaisiin kasvattaa pohjoisemmilla leveysasteilla ainoastaan kasvihuoneissa tai yhden kesän viljelykasvina (vuosikasvuna), mutta silloinkin sato jäisi tropiikin tuottotasoa pienemmäksi, koska kasvukausi on lyhyempi ja valoa vähemmän syksyllä. Napier vaatii runsaasti auringonvaloa eli se on päiväntasaajan kasvi, joka hyödyntää pitkät päiväntasaajanseudun päivänpituudet ja korkean säteilyn (noin 12 tuntia voimakasta valoa päivittäin). Esimerkiksi Suomessa valon laatu kesällä on hyvä, mutta syys- ja kevätkausien viileys rajoittaa kasvua. Napier-ruoho ei sovellu lauhkean ilmaston viljelykasviksi, koska se ei kestä talvea eikä sen takia menesty monivuotisena.

Napier-ruohon viljely avomaalla Suomessa ei valitettavasti ole käytännössä mahdollista. Kylmänkestävyys on suurin este: jo ensimmäiset syyshallat tappaisivat kasvuston, eikä monivuotisuus onnistu talven yli. Lisäksi *P. purpureum* vaatii trooppista lämpösummaa ja pitkää kasvukautta (Heuzé ym., 2020) eikä Suomen lyhyt kesä riitä sen täyteen kehitykseen. Se tuskin ehtisi saavuttaa merkittävää korkeutta ennen syysviileitä. Myös valon intensiteetti ja päivä-yö-syklin pituus poikkeavat sen luonnollisesta ympäristöstä. On kuitenkin teoreettisesti mahdollista hyödyntää Napier-heinää kontrolloiduissa ympäristöissä pohjoisilla alueilla esimerkiksi tutkimustarkoituksiin. Kasvihuoneissa tai lämpimissä kasvutunneleissa Napier-ruohoa voisi kasvattaa esimerkiksi kesäkauden yli tai ympäri vuoden valo- ja lämpöä säädellen. Tätä on käytännössä tehty esimerkiksi tutkimusasemilla, joissa halutaan tuottaa biomassaa kokeellisiin tarkoituksiin (kuten pyrolyysikokeisiin tai rehuvertailuihin) tai

jalostaa Napier-hybridejä. Lisäksi Napier-ruhosta voitaisiin teoriassa saada kesäkauden bioenergiapelto Suomessa, jos kylvö tehtäisiin keväällä pistokkaista tai istuttamalla juurakkoja ja korjaamalla koko sato ennen syysviileitä. Tällöin kasvi toimisi yksivuotisena biomassakasvina. Sen tuotto Suomen ke-
sässä olisi todennäköisesti vaatimattomampi – ehkä luokkaa 10–15 t DM/ha optimiolosuhteissa heinäkuun ja elokuun aikana. Vertailun vuoksi maissin kokoviljasadon kuivatuotos Etelä-Suomessa on noin 10 t/ha. Toisaalta Napierin vaatimukset ravinteiden ja veden suhteen olisivat yhtä lailla korkeat täälläkin.

5 Johtopäätökset ja strategiset suositukset Suomelle

5.1 Kosteikkoviljely

Kosteikkoviljely tarjoaa Suomelle merkittävän keinon vähentää turvemaiden kasvihuonekaasupäästöjä ja edistää maan ilmasto- ja kiertotaloustavoitteita. Turvepeltojen ja entisten turvetuotantoalueiden uudelleenkestutus on osoittautunut tehokkaimmaksi tavaksi pienentää päästöjä nopeasti, ja samalla se mahdollistaa biomassan tuotannon ilman, että turvekerros tuhoutuu. Raportti osoittaa, että vedenpinnan pitäminen lähellä maanpintaa (0–10 cm) minimoi hiilidioksidipäästöt ja mahdollistaa pitkäkestoisen hiilensidonnan sekä juuribiomassalla että pitkäikäisillä tuotteilla. Kosteikkoviljely ei kilpaile ruokatuotannosta ja mahdollistaa uuden liiketoiminnan syntymisen turvealan rakennemuutoksessa. Kasvilajivalinnat tulee aina tehdä paikkakohtaisten ravinne- ja kosteusolosuhteiden mukaan, ja viljely vaatii mukautettua kevyttä korjuuteknologiaa, jonka kehitys on vielä alkuvaiheessa.

5.2 Rahkasammal

Rahkasammal on raportin perusteella selvästi Suomen potentiaalisin ja kaupallisesti pisimmällä oleva kosteikkoviljelykasvi. Se menestyy karuillakin kasvupaikoilla ja kasvaa hyvin entisillä turvetuotantoalueilla, kun vesitalous saadaan vakaaksi. Rahkasammal soveltuu erinomaisesti kasvuturpeen korvaajaksi, ja sen kysyntä kasvaa nopeasti kotimaisessa ja kansainvälisessä kasvualustateollisuudessa. Viljely onnistuu 1–2 vuodessa ja korjuu voidaan tehdä 3–5 vuoden välein. Suomessa on jo ensimmäisiä kokeiluja (mm. Haukineva), ja tutkimus osoittaa rahkasammalen viljelyn olevan hiilinegatiivista, kun uusiutuminen varmistetaan. Korjuuteknologiaa on jo saatavilla (esimerkiksi EcoMoss-kalusto), mutta se vaatii jatkokehitystä laajamittaista viljelyä varten.

Strategiset suositukset Suomelle: Rahkasammal

Viljely

- Suomi voi skaalata rahkasammalviljelyä nopeasti entisillä turvetuotantoalueilla, joilla vesitalouden säätely on teknisesti helppoa.
- Suositeltavaa on edistää siemen- ja taimimateriaalin tuotantoa sekä kehittää standardoituja perustamismenetelmiä (tasainen pinta, olkikate, vedenpinnan tarkka hallinta).
- Erityistä potentiaalia on metsäojitetuilla soilla, joilla rahkasammalen palautuminen vähentää ilmastopäästöjä merkittävästi.

Korjuu

- Kehitetään ja testataan kevytrakenteisia telaketjuneita ja modulaarisia niitto–murskaus–kuljetusratkaisuja, jotta korjuu ei riko suopohjaa.
- Suositellaan logistiikkamalleja, joissa ajourat minimoidaan ja kuivatus tehdään pellon reunalla.
- Kehitetään teollisten käyttäjien (kasvualustateollisuus, pakkaus- ja rakennusmateriaalit) raaka-aineketju niin, että toimitusvarmuus mahdollistaa investoinnit.

5.3 Osmankäämi

Osmankäämi on erittäin tuottava kosteikkokasvi, joka vaatii pysyvästi korkean vedenpinnan ja ravinteikkautta. Suomessa se soveltuu erityisesti ravinteisille turvepelloille ja entisille tuotantoalueille, joilla kosteutta voidaan säädellä. Raportti osoittaa, että osmankäämillä on laaja materiaallinen potentiaali (eristeet, levyt, puhallusvilla, biokaasu, kuivikkeet, kasvualustat). Suurimmat rajoitteet Suomessa ovat markkinoiden ja korjuuteknologian puute. Biomassan erillinen käsittely (lehdet, varret, lenninhaivenet) vaatii kehittynyttä tekniikkaa, jota vasta pilotoidaan Keski-Euroopassa. Viljely on kuitenkin ekologisesti lupaavaa ja voi tuottaa merkittävää hiilinieluaikutusta.

Strategiset suositukset Suomelle: Osmankäämi

- | | |
|----------------|--|
| Viljely | <ul style="list-style-type: none">• Viljelyä kohdennetaan erityisesti ravinteisille entisille turvetuotantoalueille ja turvepelloille, joissa osmankäämi voi samalla vähentää vesistökuormitusta.• Laaditaan kansallinen viljelyopas ja yhtenäinen lupa- ja ympäristömenettely (ELY) vesitalouden muutoksiin.• Pilotoidaan pienialaisia viljelmiä Keski-Suomessa, jotta kasvuolosuhteiden vaihtelut voidaan dokumentoida. |
| Korjuu | <ul style="list-style-type: none">• Toteutetaan kotimainen korjuuteknologian koe, jossa testataan:<ul style="list-style-type: none">– kevyet telakoneet– ruovikkokoneet– mahdollinen ”maissinpoimijamalli” lenninhaiventen erilliskorjuuseen• Luodaan logistiikka biomassoille, joita voidaan käyttää sekä kuivikkeena että eristemateriaaleissa.• Rakennetaan ensimmäinen teollinen arvoketju (esim. eristelevyt + lenninhaivenmateriaalit tekstiiliteollisuuteen), jotta viljelijöiden kannattavuus paranee. |

5.4 Ruokohelpi

Ruokohelpi on Suomessa hyvin tunnettu ja aiemmin laajasti viljelty energiaheinä, joka soveltuu myös kosteikkoviljelyyn, kun vedenpinta pysyy 0–20 cm maanpinnan alapuolella. Raportti osoittaa, että ruokohelpi tuottaa 4–10 t kuiva-ainesta per hehtaaria vuodessa kosteikoilla ja sietää tulvimista paremmin kuin monet nurmikasvit. Se on kustannuksiltaan edullinen ja soveltuu turvepeltojen vaihtoehtokasviksi erityisesti energian, kuitujen, kuivikkeiden ja kasvualustojen käyttöön. Suomessa ongelmana ei ole viljelytekniikka vaan arvoketjujen hajanaisuus ja markkinoiden pieni koko. Korjuutekniikka on hyvin hallussa, mutta kosteikkoalueilla vaaditaan kevyitä ratkaisuja.

Kokonaisuutena suositellaan, että Suomi ottaa käyttöön alueellisen kokeilu-alustamallin, jossa eri kasvilajeilla testataan vesitalousratkaisut, viljelytekniikat, korjuuteknologiat sekä kaupalliset arvoketjut. Näin voidaan rakentaa kansallinen polku kohti ilmastokestäviä ja taloudellisesti toimivia kosteikkoviljelmiä. Infolaatikkoon alla olevat suositukset

Strategiset suositukset Suomelle: Ruokohelpi

- | | |
|----------------|---|
| Viljely | <ul style="list-style-type: none">• Hyödynnetään ruokohelpeä erityisesti niillä turvepelloilla, joilla vedenpinnan nosto ei voi olla aivan pintaan asti (esim. energiapajun tilalle).• Tutkitaan ja pilotoidaan ruokohelven käyttöä kasvualustatuotteissa, sillä kotimaisen turpeen saatavuus heikkenee.• Rakennetaan alueellisia sopimusviljelyketjuja esimerkiksi sellu- ja kuituteollisuuden kanssa. |
| Korjuu | <ul style="list-style-type: none">• Suositellaan kevyitä paalaus- ja silpputekniikoita sekä telaketjujullisia traktori- ja paalainratkaisuja, erityisesti märillä lohkoilla.• Kehitetään logistiikkaa entisille turvetuotantoalueille, joissa valmiit sarkaojat ja kantavat rakenteet helpottavat korjuuta.• Suositeltavaa pilotoida myös pelletöintiä ja paikallisia lämpölaitosratkaisuja, jolloin kuljetuskustannukset alenevat. |

5.5 Tulevaisuuden kosteikkolajit

Tulevaisuuden kosteikkolajit tarjoavat Suomelle monipuolisia mahdollisuuksia laajentaa kosteikkoviljelyä erilaisissa vedenkorkeus- ja ravinneolosuhteissa. Luku 5 osoittaa, että useat lajit voivat tuottaa merkittäviä määriä biomassaa (8–50 t ka/ha), edistää hiilen sidontaa ja vahvistaa luonnon monimuotoisuutta, kunhan lajivalinta ja vesitalous sovitetaan tarkasti kasvupaikkaan. Lajien joukossa korostuvat neljä kokonaisuutta: (1) erittäin korkean biomassatuoton lajit (järviruoko, isosorsimo, kompassikukka), (2) ravinteita poistavat ja vettä puhdistavat lajit (hetesara, järviruoko, osmankäämit), (3) materiaaliteollisuuteen sopivat kuitukasvit (järviruoko, osmankäämit, isosorsimo) ja (4) ilmasto- ja biodiversiteettihyötyjä tuottavat suotyyppeihin sopeutuvat lajit (hetesara, osmankäämit, isosorsimo). Suosituksena on, että Suomi rakentaa vaiheittaisen pilotointiohjelman, jossa eri lajeja testataan turvepeltojen, entisten turvetuotantoalueiden ja kosteikkojen erilaisissa olosuhteissa. Tärkeimmiksi jatkokehitettäviksi lajeiksi voidaan nostaa kolme lajia. Järviruoko yhdistää suuren sadon ja monipuoliset käyttömahdollisuudet. Hetesara on kotoperäinen, hiiltä sitova ja hyvin kosteisiin oloihin sopeutuva. Kolmantena on isosorsimo, joka on tuottava, kylmänkestävä ja soveltuu hyvin ravinteikkaisiin kosteikkoihin. Suomen olosuhteissa nämä voivat yhdistää korkean ekologisen hyödyn taloudelliseen tuottopotentiaaliin.

Tulevaisuuden kosteikkolajit vaativat käytännössä vastaavan kokeilualustamallin kuin rahkasammal, osmankäämi ja ruokohelpi. Eri lajeja on tarpeen testata hallitussa pilotointiympäristössä, jossa voidaan vertailla vesitalousratkaisuja, viljelytekniikoita, korjuuteknologioita ja lupaavia kaupallisia arvoketjuja. Ainoastaan silloin voidaan luotettavasti tunnistaa Suomen oloihin parhaiten soveltuvat lajikokonaisuudet ja rakentaa vaiheittain laajennettavia, ilmasto- ja kiertotaloushyötyjä tuottavia viljelymalleja.

Taulukko 2. Tulevaisuuden kosteikkolajit – vahvuudet, haasteet ja soveltuvuus Suomessa

Laji	Vahvuudet	Haasteet	Soveltuvuus Suomeen
Järviruoko	Erittäin suurisä- toinen; sopii ener- gian, eristeiden ja kuitujen raaka- aineeksi; vahva juuristo suojaa maaperää ja sitoo ravinteita.	Korjuu vaikeaa pehmeillä pohjilla; voi muodostaa monokulttuureja; metaanipäästöt mahdollisia hyvin märissä oloissa.	Erittäin hyvä – menestyy luontai- sesti Suomessa ja soveltuu sekä ra- vinteisiin että koh- talaisen niukkoihin ympäristöihin.
Hetesara	Kotoperäinen, hyvin kosteisiin oloihin sopeutu- nut; hiiltä sitova; kohtuullisen suuri sato; hyvä veden- puhdistaja.	Keskisuuri biomassatuotto verrattuna ruoko- kasveihin; voi muodostaa tiheitä mättäitä.	Erittäin hyvä – luonnostaan laajalle levinnyt ja sopii erityisen märlle turvemaille.
Kapea- osman- käämi	Hyvin tuottava; erinomainen eristemateriaali; ravinteiden pois- tossa tehokas.	Vaatii korkean vedenpinnan ja ravinteikkautta; korjuuteknologian puute.	Hyvä – sopii reheville kostei- koille ja ravinteisille turvepelloille.
Isosorsimo	Suurituottoinen ravinteikkaissa oloissa; hyvä eroosion torjuja; sopii energia- ja kuitukäyttöön.	Voi levitä aggressiivisesti; sato vaihtelee ravinteisuuden mukaan.	Erittäin hyvä – kylmänkestävä ja menestyy Suomen rehevillä kosteikoilla.
Kompassi- kukka	Monivuotinen, vähäpanoksinen energiakasvi; syvä juuristo sitoo hiiltä; hyödyttää pölyttäjiä.	Ei siedä pysyvää tulvaa; hidas alku- vaiheen kasvu.	Kohtalainen – soveltuu kosteille mutta ei pysyvästi märlle turvemaille etenkin Etelä- Suomessa.
Jättiruoko	Erittäin suuri biomassatulos lämpimillä alueilla; laajat materiaali- käyttömahdolli- suudet.	Vieraslajiriski; ei kestä kylmää; vaatii korkeaa ravinnetasoa.	Heikko – ilmasto liian kylmä laajamittaiseen viljelyyn.
Elefantti- heinä	Erittäin suurituot- toinen trooppisissa; hyvä energiakasvi.	Ei kestä kylmää; ei sovellu boreaali- seen ilmastoon.	Heikko – ei sovellu Suomeen.

Lähteet

Lähteet

Aalto. (29.9.2022). *Sata vuotta sitten osmankäämihöntyvällä täytettiin jopa pelastusliivejä - nyt suomalaisyritys haluaa ekomateriaalin tyynyihin ja talvitakkeihin ja.* <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/sata-vuotta-sitten-osmankaamihoyty-valla-taytettiin-jopa-pelastusliiveja-nyt-suomalaisyryitys>

Auramo, T., Honkanen, H., Kekkonen, H. & Lång, K. (2024). *Leveäosmankäämin viljelyopas*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 107/2024. Luonnonvarakeskus.

Bah, T. M., Rahman, M. M., Salleh, M. A. M. & Anuar, N. (2010). Bioethanol production from *Typha angustifolia* by fermentation of hydrolysate using *Saccharomyces cerevisiae*. *African Journal of Biotechnology*, 9(49), 8454–8460.

Behrendt, D. & Neitzke H.-P. (2016). Nachhaltige Landnutzung. In W. Wichtmann, C. Schröder and H. Joosten (Eds.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz – Biodiversität – regionale Wertschöpfung* (p. 272). Schweizerbart Science Publishers.

Beike, A.K., Spagnuolo, V., Lüth, V., Steinhart, F., Ramos-Gómez, J., Krebs, M., Adam o, P., Rey-Asensio, A.I., Angel Fernández, J., Giordano, S., Decker, E.L. & Reski, R. (2015). Clonal in vitro propagation of peat mosses (*Sphagnum* L.) as novel green resources for basic and applied research. *Plant cell, tissue and organ culture* 120(3), 1037–1049.

Bentley, O. (2023). Testing the potential use of UK wetland plant species in paludiculture using examples from the Somerset Levels. *The Plymouth Student Scientist*, 16(2), 175–198.

Blok, C., Eveleens, B. & van Winkel, A. (2021). Growing media for food and quality of life in the period 2020-2050. *Acta Horticulturae*, 1305, 341–355. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.46https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/peat-use-reduction-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=6

Federal Ministry of Food and Agriculture [BMEL]. (2022). *Going peat-free, protecting the climate*. https://www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/peat-use-reduction-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=6

Bockermann, C., Eickenscheidt, T. & Drösler, M. (2024). Adaptation of fen peatlands to climate change: rewetting and management shift can reduce greenhouse gas emissions and offset climate warming effects. *Biogeochemistry*, 167, 563–588. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01113-z>

Bockholt, R. & Buske, F. (1997). Variationsbreite des Futterwertes von Niedermoorgrünland unter Berücksichtigung der häufigsten autochthonen Pflanzen. *Das wirtschaftseigene Futter* 43, 5 –20.

Bold, H. C. (1967). *Morphology of Plants* (2nd ed.). Harper and Row.

Botero-Londoño, J. M., Celis-Celis, E. M. & Botero-Londoño, M. A. (2021). Nutritional quality, nutrient uptake and biomass production of *Pennisetum purpureum* cv. King grass. *Scientific Reports*, 11, 13799. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93301-w>

Buttery, B. R., Williams, W. T. & Lambert, J. M. (1965). Competition between *Glyceria maxima* and *Phragmites communis* in the region of Surlingham Broad: II. The fen gradient. *Journal of Ecology*, 53(1), 183–195. <https://doi.org/10.2307/2257576>

Buxton, R. P., Johnson, P. N., & Espie, P. R. (1996). Sphagnum research programme: The ecological effects of commercial harvesting. *Science for Conservation*, 25.

Cardona, E., Rios, J., Peña, J., Peñuela, M. & Rios, L. (2016). King Grass: A very promising material for the production of second generation ethanol in tropical countries. *Biomass Bioenergy*, 95, 206–213. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.10.008>.

Caron, J. & Rochefort, L. (2013). Use of peat in growing media: State of the art on industrial and scientific efforts envisioning sustainability. *Acta Horticulturae*, 982, 15–22.

Chambers, R. M., Meyerson, L. A. & Saltonstall, K. (1999). Expansion of *Phragmites australis* into tidal wetlands of North America. *Aquatic Botany*, 64, 261–273. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00055-8)

Chatt, M. (1984). *Chemical composition and nutritional value of certain wetland species* [Master's thesis, Agricultural University of Prague, Faculty of Agricultural Economics].

Cicek, N., Lambert, S., Venema, H.D., Snelgrove, K.R., Bibeau, E.L. & Grosshans, R. (2006). Nutrient removal and bio-energy production from Netley-Libau Marsh at Lake Winnipeg through annual biomass harvesting. *Biomass and Bioenergy*, 30, 529–536.

Clarkson, B., Whinam, J., Good, R. & Watts, C. (2017). Restoration of *Sphagnum* and restiad peatlands in Australia and New Zealand reveals similar approaches. *Restoration Ecology*, 25, 301–311.

Coops, H. & van der Velde, G. (1995). Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation. *Freshwater Biology*, 34(1), 13–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1995.tb00418.x>

Córdoba, V. E., Manzur, A. M. & Santalla, E. M. (2023). Thermal behaviour and emission characteristics of *Arundo donax* L. as potential biofuel. *BioEnergy Research*, 16(3), 1618–1628. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10556-5>

Cumplido-Marín, L., Graves, A. R., Burgess, P. J., Morhart, C., Paris, P., Jablonowski, N. D., Facciotto, G., Bury M., Martens, R. & Nahm, M. (2020). Two novel energy crops: *Sida hermaphrodita* and *Silphium perfoliatum*—state of knowledge. *Agronomy*, 10(7), 928.

Czubaszek, R., Wysocka-Czubaszek, A., Wichtmann, W. & Banaszuk, P. (2021). Specific Methane Yield of Wetland Biomass in Dry and Wet Fermentation Technologies. *Energies*, 14, 8373.

Dahms, T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2015). *Paludi-Pellets-Broschüre - Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren*. Universität Greifswald

Dahms, T. (2017) *Biomass harvest on wet peatlands. Assessment of different harvesting regimes using a labor time classification-based model*. Kongressiesitys.

Dauber, J., Müller, A. L., Schittenhelm, S., Schoo, B., Schorpp, Q., Schrader, S. & Schroetter, S. (2016). Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenden Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomassepflanze der Zukunft. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Bericht 22004411. <https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22004411.pdf>

de Jong, M., van Hal, O., Pijlman, J., van Eekeren, N. & Junginger, M. (2021). Paludiculture as Paludifuture on Dutch Peatlands: An Environmental and Economic Analysis of *Typha* Cultivation and Insulation Production. *Science of The Total Environment*, 792, 148161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148161>.

Díaz, F. & Silva, W. (2012). Improving harvesting techniques to ensure Sphagnum regeneration in Chilean peatlands. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(2), 296–300.

Dong, W., Wu, Y., Liu, F., Hu, H., Yan, J., Bai, H. & Zhao, X. (2024). Design and Experiment of a Harvesting Header for Wide–Narrow-Row Corn. *Applied Sciences*, 14(3), 1309 <https://doi.org/10.3390/app14031309>

Dragoni, F., Giannini, V., Ragaglini, G., Bonari, E. & Silvestri, N. (2017). Effect of Harvest Time and Frequency on Biomass Quality and Biomethane Potential of Common Reed (*Phragmites australis*) Under Paludiculture Conditions. *BioEnergy Research*, 10(4), 1066 –1078.

Dubbe, D.R., Garver, E.G. & Pratt, D.C. (1988). Production of cattail (*Typha* spp.) biomass in Minnesota, USA. *Biomass*, 17, 79 –104.

Durant, D., Farruggia, A. & Tricheur, A. (2020). Utilization of Common Reed (*Phragmites australis*) as Bedding for Housed Suckler Cows: Practical and Economic Aspects for Farmers. *Resources*, 9(12), 140. <https://doi.org/10.3390/resources9120140>

Eller, F., Ehde, P.M., Oehmke, C., Ren, L., Brix, H., Sorrell, B.K. & Weisner, S.E.B. (2020). Biomethane Yield from Different European *Phragmites australis* Genotypes, Compared with Other Herbaceous Wetland Species Grown at Different Fertilization Regimes. *Resources*, 9, 57.

Emmel, M. (2008). Growing ornamental plants in Sphagnum biomass. *Acta Horticulturae*, 779, 173–178.

Ende, L.M., Knöllinger, K., Keil, M., Fiedler, A.J., Lauerer, M. (2021). Possibly Invasive New Bioenergy Crop *Silphium perfoliatum*: Growth and Reproduction Are Promoted in Moist Soil. *Agriculture*, 11, 24. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010024>

Erkkilä, A. & Niura, T. (2023). Neova aloitti rahkasammaleen viljelykokeilun entisellä turvetuotannolla. Haettu 15.4.2025 osoitteesta <https://www.neova-group.com/fi/neova-aloitti-rahkasammaleen-viljelykokeilun-entisella-turvetuotantoalueella-ensimmaiset-talvikylvot-valmiina/>

Fabbrini, F., Ludovisi, R., Alasia, O., Flexas, J., Douthe, C., Carbó, M. R., Robson, P., Taylor, G., Scarascia-Mugnozza, G., Keurentjes, J. J. B., & Harfouche, A. (2019). Characterization of phenology, physiology, morphology and biomass traits across a broad Euro-Mediterranean ecotypic panel of the lignocellulosic feedstock *Arundo donax*. *GCB Bioenergy*, 11(1), 152–170. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12555>

Favero, A., Thomas, V. M. & Luetzgen, C. O. (2019). Life cycle analyses of alternative fibers for paper. *Journal of Advanced Manufacturing and Processing*, 1(1), e10023. <https://doi.org/10.1002/amp2.10023>

Fens for the Future. (Ei pvm.). *Wetland crop Glyceria*. Haettu 23.1.2026 osoitteesta <https://fensforthefuture.org.uk/creating-the-future/wetland-crop-glyceria>

Flora of North America Editorial Committee. (Ei pvm.). *Carex acutiformis*. In Flora of North America. Haettu 4.2.2026 osoitteesta https://floranorthamerica.org/Carex_acutiformis

Gallego, L. J., Escobar, A., Peñuela, M., Peña, J. D. & Rios, L. A. (2015). King Grass: A promising material for the production of second generation butanol. *Fuel*, 143, 399–403. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.11.077>.

Gansberger, M., Montgomery, L. F. R. & Liebhard, P. (2015). Botanical characteristics, crop management and potential of *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: A review. *Industrial Crops and Products*, 63, 362–372.

Gansberger, M., Stüger, H.-P., Weinhappel, M., Moder, K., Liebhard, P., von Gehren, P., Mayr, J. & Ratzenböck, A. (2017). Germination characteristic of *Silphium perfoliatum* L. seeds. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 68(2), 73–79. <https://doi.org/10.1515/boku-2017-0007>

Gaudig, G. (2019). *Sphagnum growth and its perspectives for Sphagnum farming*. [Dissertation, Universität Greifswald] https://epub.ub.uni-greifswald.de/frontdoor/deliver/index/docId/4175/file/Dissertation_Greta_Gaudig_2019.pdf <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:9-opus-41753>

Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S. & Joosten, H. (2014). Sphagnum farming in Germany - a review of progress. *Mires and Peat*, 13(08), 1–11.

Gaudig, G., Krebs, M., Prager, A., Wichmann, S., Barney, M., Capron, S.J.M., Emmel, M., Graf, M., Grobe, A., Gutierrez Pacheco, S., Hogue-Hugron, S., Holzträger, S., Irrgang, S., Kämäräinen, A., Karofeld, E., Koebbing, J.F., Kumar, S., Matchutadze, I., Oberpaur, C., Oestmann, J., Raabe, P., Rammes, D., Rochefort, L., Schmilewski, G., Sendzikaite, J., Smolders, A., St-Hilare, B., van de Riet, B., Wright, B., Zoch, L. & Joosten, H. (2018). Sphagnum farming from species selection to the production of growing media: a review. *Mires and Peat*, 20(13), 1–30.

Gebäudeforum Klimaneutral. (2023). *Rohrkolben (Typha): Leichter, stabiler und witterungsbeständiger Baustoff*. Haettu 17.3.2026 osoitteesta <https://www.gebaeudeforum.de/realisieren/baustoffe/nachwachsende-rohstoffe/rohrkolben-typha/>

Georgiev, G., Theuerkorn, W., Krus, M., Kilian, R. & Grosskinsky, T. (2014). The Potential Role of Cattail-Reinforced Clay Plaster in Sustainable Building. *Mires and Peat*, 13, 09. <https://doi.org/10.19189/001c.129423>

Geurts, J.J.M. & Fritz, C. (2018). *Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report*. - CINDERELLA project FACCE-JPI ERA-NET Plus on Climate Smart Agriculture. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12916.24966>

Geurts, J., Oehmke, C., Lambertini, C., Eller, F., Sorrell, B., Mandiola, S., Grootjans, A., Brix, H., Wichtmann, W., Lamers, L. & Fritz, C. (2020). Nutrient removal potential and biomass production by *Phragmites australis* and *Typha latifolia* on European rewetted peat and mineral soils. *Science of the Total Environment*, 747, 141102.

González, E. & Rochefort, L. (2014). Drivers of success in 53 cutover bogs restored by a moss layer transfer technique. *Ecological Engineering*, 68, 279–290.

Gorham, E. (1957). The development of peatlands. *Quarterly Review of Biology*, 32(2), 145–66. <https://doi.org/10.1086/401755>

Government of Ireland. (11.4.2025). *Department of Communications, Climate Action and Environment. (11.4.2025). Accelerated Exit from Peat will be accompanied by Just Transition for Workers and the Midlands – Minister Bruton* [Press release]. <https://www.gov.ie/en/department-of-climate-energy-and-the-environment/press-releases/accelerated-exit-from-peat-will-be-accompanied-by-just-transition-for-workers-and-the-midlands-minister-bruton/>

Grosshans, R.E. (2014). Cattail (*Typha* spp.) *Biomass Harvesting for Nutrient Capture and Sustainable Bioenergy for Integrated Watershed Management*[PhD Thesis, The University of Manitoba].

Grosshans, R., Grieger, L., Ackerman, J., Gauthier, S., Swystun, K., Gass, P. & Roy, D. (2015). *Cattail Biomass in a Watershed-Based Bioeconomy: Commercial-scale harvesting and processing for nutrient capture, biocarbon and high-value bioproducts*. International Institute for Sustainable Development.

Grosshans, R. E., Venema, H., Cicek, N. & Goldsborough, G. (2011). Cattail farming for water quality: Harvesting cattails for nutrient removal and phosphorous recovery in the watershed. In *Proceedings of WEF-IWA nutrient recovery and management* (pp. 1107–1132). Water Environment Federation.

Geologian tutkimuskeskus [GTK]. (2025). *Rahkasammalen korjuu voi olla kestävä vaihtoehto kasvuturpeelle*. <https://www.gtk.fi/ajankohtaista/rahkasammalen-korjuu-voi-olla-kestava-vaihtoehto-kasvuturpeelle/>

Günther A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinsky, G., Koebisch, F. & Couwenberg, J. (2020). Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications*, 11, 1644.

Haldan, K., Köhn, N., Hornig, A., Wichmann, S. & Kreyling, J. (2022). Typha for paludiculture – Suitable water table and nutrient conditions for potential biomass utilization explored in mesocosm gradient experiments. *Ecology and Evolution*, 12, e9191. <https://doi.org/10.1002/ece3.9191>

Hartung, C., Andrade, D., Dandikas, V., Eickenscheidt, T., Drösler, M., Zollfrank, C. & Heuwinkel, H. (2020). Suitability of paludiculture biomass as biogas substrate – biogas yield and long-term effects on anaerobic digestion. *Renewable Energy*, 159, 64 –71.

Hartung, C. & Meinken, E. (2021). Fen plant biomass as growing media constituent – reduction of nitrogen immobilization by composting. *Acta Horticulturae*, 1317.

Heinz, S. (2011). *Population biology of Typha latifolia L. and Typha angustifolia L.: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland* [PhD Thesis, Technical University of Munich].

Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Bastianelli, D. & Lebas, F. (2020). *Elephant grass (Pennisetum purpureum)*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/395>

Hinzke, T., Li, G., Tanneberger, F., Seeber, E., Aggenbach, C., Lange, J., Kozub, Ł., Knorr, K.-H., Kreyling, J., & Kotowski, W. (2021). Potentially peat-forming biomass of fen sedges increases with increasing nutrient levels. *Functional Ecology*, 35(8), 1579–1595. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13803>

Holsten, T. (2016). Regionale Wertschöpfung. In W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (Hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz – Biodiversität – regionale Wertschöpfung*. Schweizerbart Science Publishers.

Hong, M. G., Park, H. J. & Kim, J. G. (2020). Nutrient effects on seedling survival and growth performance of *Typha angustifolia* in a mesocosm experiment. *Journal of Plant Biology*, 63(1), 43–49. <https://doi.org/10.1007/s12374-020-09228-8>

Hunter, A.S. & Kjølgaard, W.L. (1963). A Portable Self-Propelled One-Row Corn Picker for Experimental Plots. *Agronomy Journal* 55(5), 504 –504. <https://doi.org/10.2134/agronj1963.00021962005500050030x>

The Institute for Agricultural and Urban Ecological Projects at the Humboldt Universität zu Berlin [IASP]. (2020). Kooperationsprojekt: Entwicklung eines terrestrischen Sphagnum-Erntefahrzeugs. AiF Projekt GmbH. Haettu 15.2.2026 osoitteesta <https://www.iasp-berlin.de/abstract/kooperations-projekt-entwicklung-eines-terrestrischen-sphagnum-erntefahrzeugs>

Islam, M. R., Garcia, S. C., Sarker, N. R., Sultana, N. & Clark, C. E. F. (2023). Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum) management strategies for dairy and meat production in the tropics and subtropics: yield and nutritive value. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1269976. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1269976>

Isotalo, I., Kauppi, P. E., Ojanen, T., Puttonen, P. K. & Toivonen, H. (1981). *Järviruoko energiakasvina. Tuotosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu*. Vesihallituksen julkaisuja, No. 210.

Itä-Suomen yliopisto. (Ei pvm.). *Kasvua sammalesta Pohjois-Karjala. Rahkasammalen viljelyn kehitystä Pohjois-Karjalassa*. Haettu 15.2.2026 osoitteesta <https://sites.uef.fi/kasvuasammalesta/>

Industrieverband Garten [IVG]. (2014). Zahlen, Daten, Fakten Deutschland – Einsatz und Verfügbarkeit alternativer Ausgangsstoffe. Haettu 15.4.2025 osoitteesta <http://www.warum-torf.info/zahlen-daten-fakten/daten-deutschland/deutschland-einsatz-und-verfuegbarkeit>.

John Nurmisen Säätiö. (24.6.2025). *Turvekentän paljas pinta saa uuden peitteen rahkasammalesta* [Tiedote]. <https://johnnurmisenasaatio.fi/mita-teemme/itameri-media/tiedotteet/turvekentan-paljas-pinta-saa-uuden-peitteen-rahkasammalesta>

Jokela, R. (31.10.2023). Pohjaveden nostolla turvemaiden päästöt kuriin? Ilmasto muutoksessa. Pro Agria. <https://www.proagria.fi/blogit/ilmasto-muutoksessa/pohjaveden-nostolla-turvemaiden-paastot-kuriin?>

Jurasinski, G., Günther, A., Huth, V., Couwenberg, J. & Glatzel, S. (2016). Treibhausgasemissionen. In W. Wichtmann, C. Schröder ja H. Joosten (Hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (S.79–94).

Kaiser, M. & Tanneberger, F. (2021). Treibhausgase. In F. Närmann, F. Birr, M. Kaiser, M. Nerger, V. Luthardt, J. Zeitz ja F. Tanneberger (Hrsg.), *Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden*. BfN-Skripten 616. Bundesamt für Naturschutz.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H. & Hofbauer, H. (Hrsg.) (2009). *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren* (2. Aufl.). Springer.

Karjalainen, S., Anttila, J., Maanavilja, L., Hamedianfar, A. & Laine, A. M. (2025). Carbon dioxide and methane gas exchange following Sphagnum moss harvesting in boreal peatland. *Journal of Environmental Management*, 373. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123357>

Karofeld, E., Müür, M. & Vellak, K. (2016). Factors affecting re-vegetation dynamics of experimentally restored extracted peatland in Estonia. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 13706–13717.

Karppinen, V. (2020). *Kosteikkoviljelyyn mahdollisuudet* [opinnäytetyö, Savonian Ammattikorkeakoulu]. Theseus-julkaisuarkisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023052413828>

Kerttula, R. (2020). *Rahkasammal parantaa ammattiviljelykasvualustojen viljelyominaisuuksia*. Haettu 15.4.2025 osoitteesta <https://www.novarbo.fi/ajan-kohtaista/rahkasammal-parantaa-ammattiviljelykasvualustojen-viljelyominaisuuksia.html>

Keto, K. (2022). *Rantaeroosio ja sen torjunta. Opas 1/2022*. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. https://vesi.fi/aineistopankki/wp-content/uploads/2022/04/Eroosio-opas_fi_web.pdf

Kling, M. & Jordan, S. (2019). Nya rön om vitmosseodling väckte intresse. *Branschföreningen Svensk Torv*, 3, 4–5

Köbbing, J. F., Thevs, N. & Zerbe, S. (2013). The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires and Peat*, 13(01), 1–14.

Konings, H., Koot, E. & Tijman-de Wolf, A. (1989). Growth characteristics, nutrient allocation and photosynthesis of *Carex* species from floating fens. *Oecologia*, 80(1), 111–121. <https://doi.org/10.1007/BF00789939>

Korthorst, M. (2022). *Paludicultuur in de Praktijk. Ervaringen in het IPV in de periode 2018-2021*. Natuurlijke Zaken.

Krus, M., Theuerkorn, W., Großkinsky, T. & Kraft, R. (2023). Development of Various Building Materials Based on Paludiculture Cattail. In *Bio-Based Building Materials. ICBBM 2023, RILEM Bookseries*, 45 (pp. 255–263). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33465-8_29

Krus, M., Werner, T., Großkinsky, T., & Georgiev, G. (2015). *A new load-bearing insulation material made of cattail*. In First International Conference on Bio-based Building Materials (ICBBM 2015) (pp. 666–673). Clermont-Ferrand, France. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33465-8_29

Kuitunen, T. (1.2.2016). *Luopioisten kasvisto: Kapeaosmankäämi (Typha angustifolia)*. Haettu 27.1.2026 osoitteesta <https://luopioistenkasvisto.fi/Sivut/Kasvilajit/Kapeaosmankaami.html>

Laasasenaho, K., Lauhanen, R., Maanavilja, L., Aro, L., Laakso, T., Miettinen, M., Pappinen, A. & Kuittinen, S. (2025). Barriers to paludiculture and carbon markets: Regulatory ambiguity and biomass yield risks on Finland's cutaway peatlands. *Peatlands International* (3, 32–34.

Lahtinen, L. Mattila, T., Myllyviita, T., Seppälä, J. & Vasander, H. (2022). Effects of paludiculture products on reducing greenhouse gas emissions from agricultural peatlands. *Ecological Engineering*, 175, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106502>

Laine-Petäjäkangas, A., Anttila, J., Maanavilja, L., Uusheimo, S., Vuorenmaa, J., Myllyviita, T., Lampela, M., Karvonen, J., Hamedianfar, A., Allonen, O., Grönroos, J., Lehtoranta, S., Ikkala, L., Karjalainen, S., Kivilompolo, J., Silvan, N., Sutinen, H. & Turunen, J. (2024). *Rahkasammalesta ilmastoviisas kasvu-alusta – mahdollisuudet kokonaiskestävään korjuuseen (RahKoo) -hankkeen loppuraportti*. Geologian tutkimuskeskus.

Leiber-Sauheitl, K., Bohne, H. & Böttcher, J. (2021). First Steps toward a Test Procedure to Identify Peat Substitutes for Growing Media by Means of Chemical, Physical, and Biological Material Characteristics. *Horticulturae*, 7(7), 164.

Lewandowski, I., Scurlock, J.M., Lindvall, E. & Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy* 25, 335– 361.

Lim, T. K. (2016). *Typha angustifolia*. In *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*, 13 (pp. 103–113). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5_4

Limberg, J. (2015). “ e.V. Förderverein „Naturschutz im Peenetal“ e.V..

Limpens, L., Berendse, F. & Klees, H. (2003). N deposition affects N availability in interstitial water, growth of Sphagnum and invasion of vascular plants in bog vegetation. *New Phytologist*, 157, 339– 347.

LM M-V. (2017). *Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzeskonzeptes*. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg- Vorpommern. Schwerin.

Ludwig, G. (2019). *Opportunities and Challenges of Sphagnum Farming & Harvesting* [opinnäyteyö ylempi AMK, Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Lunze, A., Heyman, B., Chammakhi, Y., Eichhorn, M., Büchs, J., Anders, N. & Spiess, A. C. (2021). Investigation of *Silphium perfoliatum* as feedstock for a liquid hot water–based biorefinery process towards 2,3-butanediol. *BioEnergy Research*, 14(3), 799–814.

Luontoportti. (Ei pvm.). *Kapeaosmankäämi (Typha angustifolia)*. LuontoPortti. Haettu 15.2.2026 osoitteesta <https://luontoportti.com/t/1775/kapeaosmankaami>

Lång, K., Honkanen, H., Kekkonen, H., Laurila, M., Nieminen, M., Saarnio, S., Sarkkola, S., Savikko, R., Sorvali, J. & Virkkunen, E. (2024). *Kosteikkoviljely ilmastonmuutoksen hillintäkeinona*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 106/2024. Luonnonvarakeskus. <https://luontoportti.com/t/1775/kapeaosmankaami>

Maddison, M., Mäuring, T., Remm, K., Lesta, M. & Mander, Ü. (2009). Dynamics of *Typha latifolia* L. populations in treatment wetlands in Estonia. *Ecological Engineering*, 35(2), 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.06.003>

Martens, H. R., Laage, K., Eickmanns, M., Drexler, A., Heinsohn, V., Wegner, N., Muster, C., Diekmann, M., Seeber, E., Kreyling, J., Michalik, P. & Tanneberger, F. (2023). Paludiculture can support biodiversity conservation in rewetted fen peatlands. *Scientific Reports*, 13, 18091. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44481-0>

Miettinen, A. & Saarnio, S. (2023). *Kosteikkoviljely Suomessa, Osa 2. Kustannus- ja hyöty-arvioita Ingannevan kosteikkoviljelykohteelta* [webinaari 29.11.2023]. Luonnonvarakeskus.

Maa- ja metsätalousministeriö [MMM]. (Ei pvm.). *Suomessa uusiutuvasta energiasta merkittävä osa on bioenergiaa*. Haettu 15.2.2025 osoitteesta <https://mmm.fi/biotalous/bioenergia>

Money, P.M. (1994). *Restoration of Lowland Raised Bogs Damaged By Peat Extraction - With Particular Emphasis On Sphagnum Regeneration* [PhD Thesis, Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield]. <https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/1860/1/DX197070.pdf>

Mossberg, B., Stenberg, L., Vuokko, S. & Väre, H. (Toim.) (2005). *Suuri Pohjolan kasvio*. Tammi.

Naukkarinen, V. (2021). *Kosteikkoviljelyn kasviopas*. Baltic Sea Action Group. https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2022/07/Kosteikkoviljelyn_kasviopas_2021_web.pdf

Neubert, J., Köhn, N., Haldan, K., Kuprina, K. & Wichmann, S. (2022). *Paludikultur in die Praxis bringen: Integration – Management – Anbau. Schlussbericht zum Projekt Paludi-PRIMA*. Universität Greifswald.

Nordt, A., Abel, S., Hirschelmann, S., Lechtape, C. & Neubert, J. (2021). *Leitfaden für die Umsetzung von Paludikultur*. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe.

Nordt, A. & Dahms, T. (2021). *Paludi-tiny house – a demonstrator for climate friendly building materials* [poster]. RRR2021 – Renewable Resources from Wet and Rewetted Peatlands, Virtual Conference.

Nordt, A., Wichmann, S., Risse, J., Peters, J. & Schäfer, A. (2022). *Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreiz für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“*. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt).

Nousiainen, H. & Siimekselä, T. (2023). *Esiselvitys ruokohelven, oljen ja järvi-biomassan tuotantomahdollisuuksista, saatavuudesta ja markkinapotentiaalista korkean jalostusasteen tuotteisiin Keski-Suomessa: HelpiKS-hankkeen loppuraportti* (Julkaisematon raportti).

Näkkilä, J., Silvan, N., Jokinen, K., Särkkä, L. & Tahvonen, R. (2014). *Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana*. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. <https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/0ddf8d75-6e04-49c2-a559-01f5612beb5c/content>

Oehmke, C. & Abel, S. (2016). Ausgewählte Paludikulturen. In W. von Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (Hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore* (s. 22–38). Schweizerbart.

Oehmke, C. & Wichtmann, W. (2016). Kritische Inhaltsstoffe von Festbrennstoffen aus Paludikultur. In W. von Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (toim.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore* (s. 50–51). Schweizerbart.

Ozimek, T. & Klekot, L. (1979). *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. in ponds supplied with post-sewage water. *Aquatic Botany*, 7, 231–239. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(79\)90024-X](https://doi.org/10.1016/0304-3770(79)90024-X)

Pahkala, K., Isolhti, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A-M., Peltonen, M., Sahraa, M., Lindh, T. & Flyktman, M. (2005). *Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten* (2. korj.p.) Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Peni, D., Stolarski, M.J., Bordiean, A., Krzyżaniak, M., & Dębowski, M. (2020). *Silphium perfoliatum* – A Herbaceous Crop with Increased Interest in Recent Years for Multi-Purpose Use. *Agriculture*, 10(12), 640. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120640>

Pfadenhauer, J. & Wild, U. (2001). *Rohrkolbenanbau in Niedermooren. Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept*. Abschlussbericht zum DBU-Projekt. Freising-Weihenstephan.

Pijlmann, J., Geurts, J.J.M., Vroom, R.J.E., Bestman, M., Fritz, C. & Eekeren, N. Van. (2019). The effects of harvest date and frequency on the yield, nutritional value and mineral content of the paludiculture crop cattail in the first year after planting. *Mires and Peat*, 25(04).

Pilu, R., Bucci, A., Badone, F. C. & Landoni, M. (2012). Giant reed (*Arundo donax* L.): A weed plant or a promising energy crop? *African Journal of Biotechnology*, 11(38), 9163–9174.

The Plant List. (2016). Haettu 17.3.2026 osoitteesta <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/B/Sphagnaceae/Sphagnum/>

PlantaeDB. (Ei pvm.). *Carex acutiformis* in Section *Carex* sect. *Paludosae*. Haettu 4.2. 2026 osoitteesta <https://plantaedb.com/taxa/phylum/angiosperms/order/poales/family/cyperaceae/tribe/cariceae/genus/carex/subgenus/carex-subg-carex/section/carex-sect-paludosae/species/carex-acutiformis>

Pohjolainen, P. (10.3.2020). Ympäristöministeri Mikkonen patistaa turpeen polton hallittuun alasajoon – asian jättäminen markkinoille jättäisi alueet ja tuottajat oman onnensa nojaan. *Suomenmaa*.

Päivinen, S. (27.9.2024). Suomalaistutkijat yrittävät löytää uutta käyttöä vanhoille turvetuotantoalueille. Yle. <https://yle.fi/a/74-20112208>

Quinty, F. & Rochefort, L. (2003). *Peatland Restoration Guide* (2nd ed.). Canadian Sphagnum Peat Moss Association & New Brunswick Department of Natural Resources and Energy.

Rantanen, T. (2019). *Sphagnum moss, new growing material* [konferenssiesitelmä]. International Symposium on Peat for Food & Quality of Life, Qingdao/China. <https://ilmastopaneeli.fi/miksi-turvepeltoja-tarvitaan-ilmastotalkoisiin/>

Regina, K. (19.8.2021). Miksi turvepeltoja tarvitaan ilmastotalkoisiin? *Suomen ilmastopaneeli*. <https://ilmastopaneeli.fi/miksi-turvepeltoja-tarvitaan-ilmastotalkoisiin/>

Reku, J. (21.9.2021). Täysin uusi viljelymenetelmä halutaan Suomessa käyttöön 30 000 peltohehtaarella – viljelijöiden innostus kosteikkoviljelyä kohtaan yllätti tutkijankin. *Maaseudun Tulevaisuus*. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/20f71a4f-e91f-57c4-93a8-8fdc23843856>

Responsibly Produced Peat. (2019). *RPP Principles and Criteria*. Haettu 17.3.2026 osoitteesta <https://www.responsiblyproducedpeat.org/en/certification>

Reza, M. S., Afroze, S., Bakar, M. S. A., Saidur, R., Aslfattahi, N., Taweekun, J. & Azad, A. K. (2020). Biochar characterization of invasive *Pennisetum purpureum* grass: effect of pyrolysis temperature. *Biochar*, 2(2), 239–251. <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00048-0>

Rezania, S., Park, J., Rupani, P.F., Parveen, F.R., Negisa, D., Xin, X. & Rahim, S. (2019). Phytoremediation potential and control of *Phragmites australis* as a green phytomass: an overview. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 7428–7441. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04300-4> <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00048-0>

Ross, K. (2024). *Potential for Greenhouse Gas Emission Savings from Paludiculture*. Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).

Rossa, B., Tuffers, A. V., Naidoo, G. & von Willert, D. J. (1998). *Arundo donax* L. (Poaceae) – a C3 species with unusually high photosynthetic capacity. *Botanica Acta*, 111, 216–221.

Roulet, N. (2019). Research Update – NSERC CRD – McGill (2018– 2023) [esitelmä]. Semi-Annual Meeting of the Canadian Sphagnum Peat Moss Association, Rivière-du-Loup, Quebec, Canada.

Ruf, T. & Emmerling, C. (2022). Biomass partitioning and nutrient fluxes in *Silphium perfoliatum* and silage maize cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 124(3), 389–405.

Saarnio, S. & Miettinen, A. (29.11.2023). *Kosteikkoviljely Suomessa* [webinaari]. Luonnonvarakeskus.

Salazar-Zeledón, E., Moya, R. & Valaert, J. (2015). Biomass and bioenergy production of *Arundo donax* L., *Pennisetum purpureum* Schum., and Pen-

nisetum purpureum Schumack × Pennisetum glaucum L. in short rotation cropping system in Costa Rica. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 9(6), 572–579.

Satakunnan kansa. (7.6.2016). Tässä on maailman ensimmäinen sammaleen-keruukone – kaapii suosta uutta vientituotetta. *Satakunnan kansa*. <https://www.satakunnankansa.fi/satakunta/art-2000007138696.html>

Schröder, C., Hohlbein, M., Wichmann, S., Busse, S., Wichtmann, W. & Tanneberger, F. (2019). *Identifizierung von landwirtschaftlich genutzten Mooren, die für die Einrichtung von Demonstrationsflächen für Paludikultur in Mecklenburg-Vorpommern geeignet sind* [Julkaisematon loppuraportti].

Schröder, C., Schulze, P., Luthard, V. & Zeitz, J. (2015). *DSS-TORBOS Steckbriefe für Niedermoorbewirtschaftung bei unterschiedlichen Wasserverhältnissen*. Haettu 17.3.2026 osoitteesta <https://dss-torbos.de/bewirtschaftungsoptionen.html>

Schätzl, R., Schmitt, F., Wild, U. & Hoffmann, U. (2006). Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. *Wasserwirtschaft*, 96, 24–27.
Schätzl, R., Schmitt, F., Wild, U. & Hoffmann, U. (2006). Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. *Wasserwirtschaft*, 96, 24–27.

Shravani, M. & Mehta, A. K. (2022). Prototype development of a single row self-propelled maize cob picker cum stalk cutting machine. *Ecology, Environment and Conservation*, 28(4), 1738–1742. <http://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i04.010>

Silvan, N., Jokinen, K., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. (2017). Swift recovery of Sphagnum carpet and carbon sequestration after shallow Sphagnum biomass harvesting. *Mires and Peat*, 20, 1-11

Silvan, N., Silvan, K., Näkkilä, J., Tahvonen, R. & Reinikainen, O. (2012). Silvan, N., Silvan, K., Näkkilä, J., Tahvonen, R. & Reinikainen, O. (2012). Renewability, use and properties of Sphagnum biomass for growing media purposes. *Proceedings of the 14th International Peat Congress, session 'Sphagnum Farming', extended abstract number 55. International Peat Society, Stockholm.*

Succow, M. & Joosten, H. (2001). *Landschaftsökologische Moorkunde* (2 p.). Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. <https://www.suomenmaa.fi/uutiset/ymparistoministeri-mikkonen-patistaa-turpeen-polton-hallittuun-alasajoon-asian-jattaminen-markkinoille-jattaisi-alueet-ja-tuottajat-oman-onnensa-nojaan/>

Sundblad, K. & Robertson, K. (1988). Harvesting reed sweetgrass (*Glyceria maxima*, Poaceae): effects on growth and rhizome storage of carbohydrates. *Economic Botany*, 42(4), 495–502.

Tahvanainen, T. & Lehtikoinen, H. (2024). *Entisillä turvesoilla voidaan kasvattaa rahkasammalta*. Itä-Suomen yliopisto. <https://www.uef.fi/fi/artikkeli/entisilla-turvesoilla-voidaan-kasvattaa-rahkasammalta>

Tahvonen, R. (2023). Rahkasammal – tulevaisuuden kasvualusta. *Puutarha.net*. Haettu 17.3.2026 osoitteesta <https://puutarha.net/artikkelit/rahkasammal-tulevaisuuden-kasvualusta/>

Tanaka, N., Watanabe, T., Asaeda, T. & Takemura, T. (2005). Management of below-ground biomass of *Typha angustifolia* by harvesting shoots above the water surface on different summer days. *Landscape and Ecological Engineering*, 2(2), 113–126. <https://doi.org/10.1007/s11355-005-0014-0>

Tanneberger, F., Birr, F., Couwenberg, J., Kaiser, M., Luthardt, V., Nерger, M., Pfister, S., Oppermann, R., Zeitz, J., Beyer, C., van der Linden, S., Wichtmann, W. & Närmann, F. (2022). Saving soil carbon, greenhouse gas emissions, biodiversity and the economy: Paludiculture as sustainable land use option in German fen peatlands. *Regional Environmental Change*, 22, 69. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01900-8>

Tanneberger, T., Schröder, C., Hohlbein, M., Lenschow, U., Permien, T., Wichmann, S. & Wichtmann, W. (2020). Climate Change Mitigation through Land Use on Rewetted Peatlands – Cross-Sectoral Spatial Planning for Paludiculture in Northeast Germany. *Wetlands*, 40, 2309–2320. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01900-8>

Temmink, R. J. M., Lång, K., Vroom, R. J. E., Leifeld, J., Fritz, C., Zeug, W., Thrän, D., Kleinspehn, C., Gaudig, G., Neubert, J., Kreyling, J., Rhymes, J.

M., Evans, C. D., Kotowski, W., Nordt, A., Tanneberger, F. (2026). Agriculture on wet peatlands: The sustainability potential of paludiculture. *Agricultural Systems*, 231, Article 104561. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.104561>

Tetemadze, N., Bakuridze, A., Jokhadze, M. & Machutadze, I. (2018) Peculiarities of the composition of acids in Sphagnum species of the percolation bog of the Kolkheti lowland. *Annals of Agrarian Science*, 16(2). <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/B/Sphagnaceae/Sphagnum/>

Theuerkorn, W. (2001). Rohrkolbenverwertung. In J. Pfadenhauer & U. Wild (Hrsg.), *Rohrkolbenanbau in Niedermooren – Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept* (S. 97–111). Technische Universität München.

Tiemeyer, B., Freibauer, A., Albiac-Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer C., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Laggnier, A. & Leiber-Sauheidl, K. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>

Timmers, R. A., Rothballer, M., Strik, D. P. B. T. B., Engel, M., Schulz, M., Hartmann, A., Hamelers, H. V. M. & Buisman, C. J. N. (2012). Microbial community structure elucidates performance of *Glyceria maxima* plant microbial fuel cell. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(2), 537–548. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-3894-6>

Ullah, A., Angelova, V. & Kizilkaya, R. (2023). *Silphium perfoliatum* L. – A promising plant for phytoremediation of heavy metal-contaminated soils. *Proceedings of the International Soil Science Symposium on Soil Science & Plant Nutrition*, 10–11.

U.S. Fish and Wildlife Service. (2019). *Ecological risk screening summary: Reed mannagrass (Glyceria maxima)*. <https://www.fws.gov/sites/default/files/documents/Ecological-Risk-Screening-Summary-Reed-Mannagrass.pdf>

Viljamaa, L. (2019). *Isosorsimon alustava levinneisyyskartoitus Loimijoella ja selvitys isosorsimon hyötykäyttömahdollisuuksista* [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019110620686>

Vroom, R.J.E., Geurts, J.J.M., Nouta, R., Borst, A.C.W., Lamers, L.P.M. & Fritz, C. (2022). Paludiculture crops and nitrogen kick-start ecosystem service provisioning in rewetted peat soils. *Plant Soil* 474, 337–354. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05339-y>

Wasko, J. D., McGonigle, T. P., & Goldsborough, L. G., Wrubleski, D.A., Badiou, P.H. & Armstrong, L.M. (2022). Use of shoot dimensions and microscopic analysis of leaves to distinguish *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, and their invasive hybrid *Typha* × *glaucia*. *Wetlands Ecology and Management*, 30, 19–33. <https://doi.org/10.1007/s11273-021-09836-2>

Westlake, D. F. (1966). The biomass and productivity of *Glyceria maxima*: I. Seasonal changes in biomass. *Journal of Ecology*, 54(3), 745–753. <https://doi.org/10.2307/2257814>

Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016). Landtechnik für nasse Moore. In W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (Hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore* (S. 63–70). Schweizerbart.

Wichmann, S., Krebs, M., Kumar, S. & Gaudig, G. (2020). Paludiculture on former bog grassland: Profitability of Sphagnum farming in North West Germany. *Mires and Peat*, 26, 1–18

Wichmann, S., Nordt, A. & Schäfer, A. (2022). *Lösungsansätze zum Erreichen der Klimaschutzziele und Kosten für die Umstellung auf Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“*. Hrsg. v. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt). Berlin.

Wichmann, S., Prager, A. & Gaudig, G. (2017). Establishing Sphagnum cultures on bog grassland, cut-over bogs, and floating mats: procedures, costs and area potential in Germany. *Mires and Peat*, 20.

Wichmann, S. & Wichtmann, W. (2009). *Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM)*. Universität Greifswald.

Wichtmann, W. (2016). Nutzungszeiträume. In W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (Hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore* (S. 22). Schweizerbart.

Wichtmann, W. & Joosten, H. (2007): Paludiculture: peat formation and renewable resources from rewetted peatlands. *IMCG Newsletter*, 3, 24–28.

Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (2016). *Paludiculture - Productive Use of Wet Peatlands: Climate Protection - Biodiversity - Regional Economic Benefits*. Schweizerbart, Science Publishers.

Wiedow, D., Burgstaler, J. & Schröder, C. (2016). Befahrbarkeit nasser und wiedervernässter Niedermoore. In W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (Hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore* (S. 59–62). Schweizerbart.

Williams, C. N. (1980). Fertilizer response of Napier grass under different soil conditions in Brunei. *Experimental Agriculture*, 16(4), 415–423. <https://doi.org/10.1017/S0014479700012084>

Ylitalo, K. (2025). *Kompassikukan viljelypotentialiaali turvemaalla* [opinnäytetyö ylempi AMK, Jyväskylän ammattikorkeakoulu]. Theseus-julkaisuarkisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2025052214534>

Zhou, B., Tu, T., Kong, F., Wen, J. & Xu, X. (2018). Revised phylogeny and historical biogeography of the cosmopolitan aquatic plant genus *Typha* (Typhaceae). *Scientific Reports*, 8(1), 8813. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27279-3>

Zielke, L. (2016). Rohrglanzgras vernässter Moorstandorte als Pferdefutter. In W. Wichtmann, C. Schröder & H. Joosten (hrsg.), *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore*. Schweizerbart.

Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisut.

**Avoimet julkaisumme tekevät tunnetuksi
Jamkin laajaa ja monialaista
opetus-, tutkimus- ja kehittämistyötä.**

▶ jamk.fi/julkaisut



Jyväskylän ammattikorkeakoulu

PL 207, 40101 Jyväskylä
Rajakatu 35,
40200 Jyväskylä
Puh. +358 20 743 8100

jamk.fi

Jamkin julkaisut tutkittua tietoa sinulle.

Entiset turvetuotantoalueet ja turvepellot tarjoavat merkittäviä mahdollisuuksia ilmastoälykkääseen maankäyttöön kosteikkoviljelyn keinoin.

Tämä selvitys tarkastelee rahkasammalen, osmankäämin ja ruokohelpin viljelyä ja korjuuta sekä niiden satopotentiaalia, arvoketjuja ja ympäristövaikutuksia Suomessa ja kansainvälisesti. Lisäksi tunnistetaan uusia kosteikkokasveja, joilla on potentiaalia kasvualueiksi, rakennusmateriaaleiksi ja biojalosteiden raaka-aineiksi.

Kosteikkoviljely voi yhdistää ilmastohyödyt, luonnon monimuotoisuuden vahvistamisen ja uuden biotalouden liiketoiminnan. Selvitys suosittelee vaiheittaisia pilotteja, joissa testataan vesitalousratkaisuja, viljelytekniikoita ja kaupallisia arvoketjuja entisillä turvemailla.

ISBN 978-951-830-811-2 (Painettu)

ISBN 978-951-830-812-9 (PDF)

jamk | Jyväskylän
ammattikorkeakoulu