

LUOKO ry

Pajun viljely ja salaojitus

– katsaus kirjallisuuteen



Pajun viljely ja salaojitus

– katsaus kirjallisuuteen

Asiantuntija, MMM, agronomi, Iida Viholainen

Maaliskuu 2017

Julkaisija

Luonnonhoidon koulutus LUOKO ry

Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki

puh: (09) 694 2100

Julkaisu on saatavissa sähköisenä osoitteesta:

www.salaojayhdistys.fi -> julkaisut

Etukannen kuva: Pajupojat Oy

Taitto: DTPage Oy

Helsinki 2017

ISBN 978-952-5345-36-0

Esipuhe

Suomen peltopinta-alasta noin 70 % on salaojitettu. Salaojitus on keskeinen kuivatusmuoto ja perusedellytys toimivalle viljelylle. Peltomme ovat pääosin tasaisia ja maaperä yleensä tiivistä. Suuren sademäärän, vähäisen haihdunnan ja huonosti vettä läpäisevän maaperän johdosta vesi ei haihdu tai valu pellolta pois tarpeeksi nopeasti, minkä vuoksi ojitus on yleensä välttämättömyys. (Salaojayhdistys 2016). Kiinnostus pajun peltoviljelyyn on viime aikoina lisääntynyt, johtuen pajun hyvistä bioenergiaominaisuuksista ja mahdollisuudesta jalostaa siitä biohiiltä. Pajun juuristo tunkeutuu syvälle maaperään ja saattaa joissain olosuhteissa aiheuttaa salaojien tukkeutumista. Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää, missä olosuhteissa tukkeutumista voi aiheutua ja miten se voidaan välttää.

Lisäksi tässä selvityksessä käydään läpi, kuinka pajukko lopetetaan ja muutetaan takaisin maatalouskäyttöön sekä miten mahdolliset juuritukkeumat avataan. Viimeisessä osiossa arvioidaan pajun viljelyn vaikutuksia pellon ravinnetaseeseen ja myöhempään viljelykäyttöön.

Tämän julkaisun on toimittanut Luonnonhoidon Koulutusyhdistys Luoko ry. Hankkeen rahoitus on saatu täysimääräisesti Salaojituksen Tukisäätiöltä, josta säätiölle parhaat kiitokset. Julkaisun tekstin on laatinut MMK Iida Viholainen ja taiton on tehnyt Paula Heiäng. Kiitokset kommenteista ympäristöjohtaja Liisa Pietolalle, toiminnanjohtaja Jyrki Wallinille, vararehtori Esa Leinoselle, toiminnanjohtajalle Seija Virtaselle ja toiminnanjohtaja Helena Äijölle. Yhdistys esittää parhaat kiitokset myös kaikille muille julkaisun valmistumiseen vaikuttaneille henkilöille.

Helsingissä 20.3.2017

Tarmo Luoma
Luoko ry
Puheenjohtaja

Tiivistelmä

Kiinnostus pajun viljelyä kohtaan on lisääntynyt viime vuosina. Motivaatiota pajun viljelyyn on lisännyt muun muassa sen hyvät bioenergiaominaisuudet ja jalostuspotentiaali biohiileksi. Pajun, kuten muiden puuvartisten kasvien viljely lisää salaojaputkien tukkeutumiseriskiä. Pajun juurten ja maa-aineksen muodostamat tukkeumat ovat kuitenkin harvinaisia. Jos pajuille on riittävästi vettä ja ravinteita, salaojien tukkeutumiseriski on melko pieni. Pellot, jotka ovat poistumassa viljelykäytöstä ja joilla salaojat ovat jo heikossa kunnossa, saattavat soveltua pajun viljelyyn hyvin. Muovisissa salaojaputkissa havaittiin selvästi vähemmän juuria kuin tiiliputkissa. Lisäksi tiilisen salaojaputken liitoskohdan näytti olevan alttiimpi juurten sisälle pääsyyn. Juuret saattavat kasvaa putkeen, mutta eivät välttämättä vähennä merkittävästi veden virtausta salaojaputkessa. Juuritukkeumia voidaan tilanteesta riippuen poistaa huuhtelulla. Pajun juurten haittavaikutusten ehkäisemiseksi kannattaa ainakin kokooja- ja imuojien sekä laskuaukkojenpäälle jättää leveä pajuvapaa alue. Eri pajulajikkeiden juurtenkasvuominaisuudet sekä eri maalajien vaikutus juurten kasvuun ja salaojien tukkeutumiseen ovat edelleen hieman epäselviä tutkijoille.

Pajun viljelyssä tulee ottaa huomioon maaperän pitkäaikainen viljavuus. Pajupellon hiili- ja ravinnetase muuttuu pajun viljelyn aikana, mikä vaikuttaa oleellisesti siihen, kuinka nopeasti pelto toipuu pajun viljelystä ja tuottaa taas vilja- tai nurmisatoa. Erityisesti typpi- ja fosforilannoituksesta tulee huolehtia, ettei pelto ole ravinnealijäämäinen viljelyn jäljiltä. Pellon palautuminen kasvukuntoiseksi pajun viljelyn jälkeen ottaa aikansa, sillä pajun juurten hajoaminen kestää useamman kasvukauden. Toisaalta pajun viljelyn on todettu lisäävän maaperän orgaanisen aineksen määrää, mikä on maan kasvukunnon kannalta tärkeää.

Tulokset ja suositukset pajun kasvatusta ja salaojitusta koskien ovat ristiriitaisia. Jotkut suositukset kehottavat viljelemään pajua heikompiteutoittaisilla alueilla, joissa salaojitusta ei ole viime aikoina uusittu, kun taas toiset kehottavat ottamaan käyttöön vesitaloudeltaan hyvässä kunnossa olevat, juuri ojitetut kivennäismaat.

Osalla viljelijöistä on vahvana ennakkokäsityksenä, että paju tukkii salaojat. Käytännön kokemusta pajun viljelystä ja sen vaikutuksesta salaojiin on jonkin verran, mutta tutkimusta asiasta on edelleen vähän. Erityisesti tutkimus juurten syvyydestä ja leveydestä sekä leikkuun vaikutuksesta puuttuu. Monien tutkijoiden mukaan tällä hetkellä ei ole tarpeeksi tieteellistä näyttöä pajujen vaikutuksesta ojiin ja salaojiin. Kuitenkin tämän hetkisen tutkimuksen ja käytännön kokemuksen perusteella voidaan todeta, että pajun viljely lisää riskiä salaojien tukkeumien muodostumiseen. Salaojissa on sekä vettä että ravinteita, minne pajut hakeutuvat luontaisesti.

Sisällys

Esipuhe	3
Tiivistelmä	4
Pajun viljelyä Pohjolassa – taustaa	6
Pajut ja salaojat	7
Pajun juuret	7
Riskit salaojaputkien tukkeutumiselle	7
Suojakaistat	9
Maalaji	9
Pajukon lopettaminen ja muuttaminen takaisin maatalouskäyttöön	10
Pajutukoksen avaaminen	11
Huuhtelu	11
Pellon ravinnetase pajukon päättämisen jälkeen	12
Johtopäätökset	13
Viitteet	16

Pajun viljelyä Pohjolassa – taustaa

Suomessa on noin 30 pajulajia. Suomen oloissa on tutkittu muun muassa mustuva-pajun (*Salix myrsinifolia*), koripajun (*Salix viminalis*) ja siperianpajun (*Salix schewwrinii*) kasvua, haketusta yms. (Pohjonen 1991; Tahvanainen ja Rytönen 1999; Heino ja Hytönen 2015; Laitila ym. 2010; Sihvonen ym. 2013).

Pajun viljelyä harjoitetaan yleensä nk. lyhytkiertoviljelynä (*short rotation coppice*, *SRC*). Tällä tarkoitetaan nopeakasvuisten puulajien intensiivistä viljelyä, jonka tavoitteena on maksimoida puubiomassan tuotos esimerkiksi energiaksi lyhyttä kasvatuskiertoaikaan käyttäen. Lyhytkierto kasveilla tulee olla hyvä vesomiskyky ja tuhonkestävyys sekä mielellään myös kyky juurtua puutuneista pistokkaista. Pajujen lisäksi muita lyhytkiertoviljelyyn pajuja pidemmällä kiertoajoilla sopivia puuta ovat mm. haapa ja leppä. Metsässä aktiivista energiapuun kasvatusta (vesametsäkasvatus tai sen variaatiot) voidaan toteuttaa myös esimerkiksi hieskoivulla, joka sopii turvemaille (Laitila ym. 2010).

Energiapajun viljelyä on kehitetty Suomessa 1970-luvulta alkaen. Viljelyn ensimmäinen tavoite oli bioenergia. Pajun viljelyala Suomessa energiakasvina on tällä hetkellä noin 100 hehtaaria (Forest Energy2020, 2015). Arvioiden mukaan pajuviljelmää ei kannata perustaa, ellei ala ole vähintään 30 ha. Toisaalta Suomen energiapaju Oy:n (2012) mukaan suositeltu vähimmäispinta-ala pajuviljelmälle on noin 5 hehtaaria. Lyhyet kuljetusetäisyydet ja riittävän suuri pinta-ala ovat tärkeimpiä edellytyksiä pajun viljelyn kannattavuudelle. Laitila ym. (2010) mukaan energiapajun kustannustehokas tuotanto on 10 000–20 000 pistokasta hehtaaria kohden. Pistokkaita voidaan istuttaa paririviin etäisyydellä 0,8 metriä ja paririvien välinä 1,5 metriä. Maksimaalisen kokonaistuotoksen korjuukiertoaika on kokeissa osoittautunut 4 vuotta, käytännössä kiertoaika on noin 2–3 vuotta. Sato voidaan korjata 3–8 kertaa, riippuen kierron pituudesta. 20–25 vuoden ikäisenä pajukkoviljelmiä pitää uusida. Kuiva-ainesadot ovat olleet 6–8 tn/ha vuodessa ensimmäisen kiertoajan (4 v) aikana ja 8–14 tn/ha vuodessa toisen korjuukiertoajan aikana. Suomessa korjuu suoritetaan usein syksyllä tai talvella, ja korjuussa käytetään traktorin metsäkuormaimeen liitettyä keräävää energiapuukouraa. Sillä katkaistaan ja kerätään useampia pajunipuja, jotka siirretään korjuukentälle kasoiksi. Ajokone kerää pajukasat ja kuljettaa ne tienvarteen varastokasoihin kuivumaan (Laitila ym. 2010).

Ruotsissa pajun viljelyä on kannustettu kansallisella tukipolitiikalla, ja viljelyala on noin 13 700 ha (2013) (Mola-Yudego 2008; Pohjonen 2012). Suomessa pajunviljelyä ei ole tuettu. Tämän energiakoostumus on noin 13,2 GJ/t. Yksi hehtaari tuottaa noin 172 GJ energiaa vuodessa. Parhaimmillaan yhdellä hehtaarilla pajua on yhtä suuri energiakoostumus kuin 4 500 litrassa öljyä. Yksi hehtaari pajua (25 % kosteutta) tuottaa noin 13 tn pajua joka vuosi. Ruotsissa pajua on istutettu monille pienille aloille, minkä seurauksena korjuukustannukset ovat nousseet korkeiksi ja osa pajusta on jäänyt korjaamatta. Yksi esimerkki hyvin toteutetusta biovoimalasta Ruotsissa on Enköpingsissä, jonka läheisyydessä on noin 1000 hehtaaria pajua. (Pohjonen 2012). Ongelmina pajun poltossa voi olla tuhkan paakkuuntuminen, kattilan likaantuminen ja korroosio, mikä johtuu pajun korkeista kloori-, kalium- ja fosforipitoisuuksista. Pajusta voidaan myös valmistaa bioetanolia, biodieseliä ja biohiiltä.

Pajun fytoimediaatio-ominaisuuksia erityisesti vesien ja maaperän puhdistuksessa on tutkittu. Fytoimediaatiossa esimerkiksi ravinnerikkaat jätevedet, kaatopaikkojen valumavedet, turvesoiden hienojakoinen humus tai raskasmetallit sidotaan lyhytkiertoisiin viljelykasveihin.

Ruotsalaisten tutkimusten mukaan (esim. Rytter ym. 2012) pajun lyhytkiertoviljelyssä (3 vuotta) on mahdollista saavuttaa merkittävä hiilinielu viljeltävälle alueelle. Hiilinielun suuruus rungoissa ja oksissa oli noin 7 tn C/ha/v (7 Mg C/ha/v). Kun biomassapajua viljeltiin Keski-Ruotsissa pajukon maanpäällinen nielun suuruus rungoissa ja oksissa oli viiden vuoden iässä noin 8 tn C/ha.

Pajut ja salaojat

Pajun juuret

Pajukasveilla on huomattavan paljon syvemmälle ulottuvat juuret kuin vuosittain kasvatettavilla viljakasveilla. Jos pajulla on hyvin vettä saatavilla ylemmissä kerroksissa, pysyvät juuret yleensä 40–50 senttimetrin syvyydessä. Myös Rytterin ja Hanssonin (1996) tutkimuksen mukaan suurin osa pajujen juurista ja hienojuurista kasvavat 45–50 senttimetrin syvyyteen. Juurten syvyyteen vaikuttaa oleellisesti veden ja ravinteiden saatavuus. Myös juurten kokonaisbiomassaa on tutkittu, mutta pajun juurten horisontaalista levittäytymistä ei tunneta täysin. Kuivempina kesinä juuret hakeutuivat syvemmälle. Salaojat taas ovat noin 100 senttimetrin syvyydessä. Toisaalta esim. Lindhin (2013) tutkimuksen mukaan pajun juuria havaittiin 70 senttimetrin syvyydessä ja Takalan (1985) tutkimuksessa juuria havaittiin 80–100 senttimetrin syvyydessä. Leikkuutiheyden ja lajikkeiden vaikutusta juurten kasvuun ei ole tutkittu, mutta *European willow breeding AB*:n Stig Larssonin suullisen tiedonannon (2016) mukaan kasvuston alasleikkaus max. 5 vuoden ikäisenä uudistaa juuristoa 30 %:lla. Tämä pitää juuriston noin 50 cm syvyydessä. Käytännön kokemusten lisäksi tieteellistä tutkimusta tarvitaan siis asiasta.

Minnesotan teknillisen yliopiston asiantuntijan Mark Dittrichin mukaan pajut ovat ongelmallisia tukkiessaan salaojia. Hänen ryhmänsä tuloksista selviää, että yllättäviä juuritukkeumia salaojissa olivat aiheuttaneet myös retiisien ja nauriiden juuret. Ne olivat kasvaneet jopa 80–100 senttimetrin syvyyteen. Muutkin kasvit kuin pajut ja orgaaninen aines voivat siis aiheuttaa tukkeumia salaojiin.

Riskit salaojaputkien tukkeutumiselle

Lindh (2013) selvitti pajunkasvatuksen ja salaojien mahdollisia ongelmia haastatteleamalla 125 maanviljelijää Ruotsissa. Lindhin (2013) mukaan 63 % maanomistajista ei kokenut ongelmia pajunkasvatuksen ja salaojien kanssa. 22 % pajunviljelijöistä, jotka viljelivät pajua joko täysin tai osittain salaojitetulla maalla, havaitsivat juurten esiintymistä salaojissa. Lindhin (2013) mukaan pajun juuret voivat vaikuttaa veden virtaukseen salaojaputkissa, mutta että yleisin virtausta hidastava tekijä on sedimentin ja liejun kertyminen. Vain kahdessa tapauksessa 125:stä olivat juuritihentymät vaikuttaneet veden virtaukseen hyvin voimakkaasti. Tiilisten salaoja-

putkien liitoskohdat ovat erityisen alttiita juurien tunkeutumiselle. Veden seisominen pellolla saattaa olla merkki salaojaputkien tukkeutumisesta. Lindhin raportin mukaan pajun viljely salaojitetulla pellolla lisää riskiä salaojaputkien tukkeutumiselle, mutta pajuviiljelmien ei havaittu aiheuttaneen suuria vahinkoja putkille. Ongelmia alettiin havaita yleisemmin pajukon ollessa 8–12 vuoden ikäinen (Lindh 2013).

Lindhin (2013) raporttiin oli sisällytetty myös käytännön osuus, jossa salaojia oli kuvattu kameralla. Sedimentti ja lieju (orgaaninen aines) vaikeuttivat kamera-tutkimusta. Pajuviiljelmissä nähtiin selvästi juurten tulevan salaojaputkiin. Raportin mukaan halkaisijaltaan 50-mm muoviputkissa havaittiin selvästi vähemmän juuria kuin samankokoisissa tiiliputkissa. Myös Puustisen ja Pehkosen (1985) tutkimuksen mukaan tiiliputkissa havaittiin enemmän juuritukoksia kuin muoviputkissa. Usein edes saveksen kanssa pajun hienoituureet eivät estäneet kokonaan veden virtausta salaojaputkessa. Muutamissa tapauksissa pajun hienoituureet olivat tukkinut liejun/saven kanssa salaojaputken. Lindhin (2013) mukaan suurimmassa osassa tapauksissa salaojat toimivat normaalisti pajuviiljelystä riippumatta. Pajun syväjuuruisuus myös Lindhin (2013) mukaan kuohkeutti maata ja vähensi sen tiivistymistä.

Lindhin (2013) raportin mukaan kannattaa salaojituksen ollessa uusi valita riskin minimoimiseksi alue, jossa salaojan tukkeutumismahdollisuus ei ole niin suuri ja vahinko niin kallis. Salaojan iällä on muutekin vaikutusta siihen, kuinka juuret mahdollisesti sisään pääsevät. Salaojitus, joka on jo huonosti toimiva ja vanha, saattaa soveltua hyvin pajun viljelyyn. Lindhin (2013) raportin mukaan energiapajun kiertojalla ja hakkuutiheydellä ei ollut vaikutusta juurten kasvuun.

Suomessa tehtiin laaja peltojen kuivatusselvitys vuosina 1989–1992 (Puustinen ym. 1994), johon osallistui yli 1000 tilaa. Tulosten mukaan juuritukkeumien osuus oli viljelijähaastattelujen mukaan 0,4 % ja kenttätutkijoiden mukaan 1,3 % kuivatushäiriöistä. Salaojakeskuksen vikatarkastuksia tehtiin vuosina 1981–1982 pelloilla, joiden pinta-ala oli yhteensä 1641 ha. Toimintahäiriöitä oli yhteensä 934 kpl, joista 1,3 % oli juuritukkeumia (Puustinen 1986).

Takalan (1985) MTTK:lle tekemän selvityksen mukaan paju ei tukkinut salaojia. Paju hakeutui juurillaan salaojien läheisyyteen ja ravinnepitoiseen veteen ravinteisiin eli noin metrin syvyyteen, tehden salaojien ympärille vanun tyypin kerroksen.

Saksalaisessa selvityksessä Dimitriou ja Rutz (2015) tiivistävät, että jos salaojitus on uusi, kannattaa pajuviiljelämä riskin minimoimiseksi istuttaa jonkin toisaalle. Salaojituksen ikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa pajuviiljelmän elinkaarta. Jos pajuille on riittävästi vettä ja ravinteita, ne eivät aiheuta tukkeumia salaojiin. Riittävä määrä riippuu pedoklimaattisista olosuhteista. Dimitriou ja Rutzin (2015) mukaan pellot, joilla on jo heikossa kunnossa olevat salaojat, saattavat soveltua pajun viljelyyn hyvin. On siis olemassa riski, että paju, kuten muutkin puuvartisen kasvit, voi aiheuttaa ongelmia tukkimalla oja. Koska salaojissa on sekä vettä että ravinteita, hakeutuvat pajut niihin luontaisesti. Suomen energiapaju Oy:n (2009) suositusten mukaan taas pajun viljely ja salaojitus kannattaa ajoittaa niin, että viljelypajukon tullessa uusittavaksi tai raivattavaksi (20–25 vuoden iässä), uusitaan alueen ojitus samalla. Heidän mukaansa pajuviiljelmä ei tulisi sijoittaa lainkaan kokoojajojen päälle salaojitetuilla mailla. Suomen energiapaju Oy:n (2009) mukaan erityisesti jyrkkärinteisissä pelloissa pajun juuret voivat helpommin tukkia salaojia. Ohjeita ei

selvennetä tarkemmin. Lisäksi jyrkät rinteet soveltuvat muutenkin huonosti pajun viljelyyn, koska koneellinen korjuu voi olla tällaisissa tapauksissa vaikeaa. Suomen energiapaju Oy:n suositukset eivät siis perustu suoraan tutkimustietoon.

Suojakaistat

Lindh (2013) tekemän selvityksen mukaan Ruotsin olosuhteissa on suositeltu, että, jos juurtenkasvun vaikutusta halutaan minimoida salaojien laskuaukkojen kohdalla, on hyvä jättää 10–12 m leveä paju vapaa alue. Lindhin (2013) mukaan salaojien päälle perustettavia suojakaistoja tulisi tutkia enemmän ja testata erilaisia leveyksiä (6–12 m) ja niiden vaikutusta juurten pääsyyn salaojaputkessa. Dimitrioun ja Rutzin (2015) mukaan energiaksi kasvatettava paju tarvitsee vuosittain noin 600 mm:n sadannan. Heidän mukaansa pajun viljely vaikuttaa oleellisesti pellon vesitalouteen. Heidän mukaansa pajua ei tulisi istuttaa kokoajojien ja laskuaukkojen läheisyyteen, suojakaistaa tulisi jättää jopa 30 metriä.

Maalaji

Suomen Energiapaju Oy:n (2009) mukaan pajun kasvatuksessa maan pH:n tulisi olla yli 5,5 ja pohjaveden riittävän lähellä pintaa. Parhaiten viljelyyn soveltuvia maalajeja ovat ravinteikkaat, kalkitut ja multavat kivennäismaat, multavat maat sekä kevyet savimaat ja jäykät savet. Karkea hiekka ja hieta soveltuvat pajun kasvatukselle vain, jos pohjavesi on riittävän korkealla. Pieniä lohkoja lähellä metsiä tulisi välttää hirvien ja muiden eläinten tekemien tuhojen välttämiseksi.

Paras kasvupaikka pajulle on ravinteikas ja kalkittu kivennäismaapello, mutta pajua voidaan kasvattaa myös esimerkiksi turpeen tuotannosta vapautuneilla orgaanisilla mailla, edellyttäen että ne on hyvin kalkittu. Tosin orgaanisilla mailla viljeltäessä biomassan sato-odotukset ovat pienemmät (Paappanen ym. 2012). Turvemaiden käyttöönottoa suunniteltaessa on otettava huomioon myös suon vesitalous, sillä sen järjestely peruskuivatuksen ja pintavesien poisjohtamisen avulla on perusedellytys pajun tasaiselle kasvulle (Paappanen ym. 2012).

Maalaji vaikuttaa oleellisesti pajun juurten kasvuun. Lindhin (2013) tulosten perusteella pajun juuret kasvoivat paremmin savimailla kuin hiesu, hiekka ja soramailla. Savimailla rakenne on usein murumaisempi ja juuret pääsevät usein helpommin syvälle. Hiesulla, hiekalla ja soramailla on pinnasta tiheä rakenne, eivätkä juuret pääse niin helposti matojen käytäviin tai muihin halkeamiin. Etenkin vanhempien salaojan yläpuoli on yleensä täytetty ruokamultakerroksella, jolloin pajun juurten on helpompi mennä salaojaputkeen. Tästä syystä myös juuret ulottuvat ojien kohdalla syvemmälle. Ruotsissa Larssonin ja Käckin (1991) tekemässä pajujen juuritutkimuksessa selvisi, että juurten määrä, laatu ja siten myös hiilensitomiskyky vaihtelevat eri pajulajikkeiden välillä suuresti. Tutkimuksessa selvitettiin pajujen juurten kasvua 2–9 vuotta erilaisissa olosuhteissa. Tutkijoille jäi epäselväksi millaiset ympäristöt (maalaji, sää) olivat otollisimpia pajujen kasvulle. Lindhin (2013) tutkimus osoitti, että ongelmia ja tukkeumia salaojaputkille aiheutti enemmän orgaaninen lieju ja sedimentti kuin pajujen juuret. Hänen mukaansa maan rikastumiskerros ja liejumaat vaikuttavat salaojien tukkeutumiseen enemmän kuin savimaat.

Pajukon lopettaminen ja muuttaminen takaisin maatalouskäyttöön

Kun pajukko on tullut kokonaiskiertonsa päähän ja saavuttanut noin 20 vuoden iän, tulee alue uudistaa, esimerkiksi nurmelle tai viljakasville. Pajukon päättäminen kosteammissa paikoissa saattaa olla työlästä ja hankalaa sekä aiheuttaa maaperälle vahinkoa, kuten tiivistymistä (Caslin ym. 2010; Dimitriou ja Ritz 2015).

Caslinin ym. (2010) mukaan pajukko päätetään jättämällä pajun kannot maahan ja niiden annetaan versoa 30–50 cm:n pituisiksi keväällä. Paju on herkkä kasvintuhoaineille, joten pienet määrät riittävät lopettamaan kasvuston. Aineen annetaan vaikuttaa pari viikkoa, minkä jälkeen kannot käännetään raskaalla maanmuokkauskooneella niin että juurakko ja kasvinjäte sekoittuvat muokkauskerrokseen, johon nurmi perustetaan. Myös Dimitrioun ja Rutzin (2015) mukaan pajukko voidaan päättää herbisidillä keväällä, kun uudet versot ovat noin 30–40 cm pituisia. Caslinin ym. (2010) mukaan suurin osa pajun juuristosta jää edelleen peltoon, mutta näin maan rakenne vahingoittuu vähemmän ja kasvihuonekaasupäästöjä muodostuu vähemmän. Palautuminen nurmipelloksi ottaa koko kasvukauden, ja palautuminen viljakasvustoksi ottaa vielä pidemmän ajan. Jos pelto halutaan palauttaa nopeammin viljakasvustoksi, tulee käyttää järeämpiä mekaanisia keinoja pajun juurten ja kantojen poistamiseksi (Caslin ym. 2010). Dimitriou ja Rutz (2015) korostavat, ettei ole vielä täysin selvää, kuinka nopeasti pelto toipuu entiselleen pajukon päättämisestä. Pajun juurten hajoaminen riippuu maalajista sekä toimenpiteistä (perusmuokkaus vai jyrshintä).



Kuva: Pajupojat Oy

Ruotsalaisen bioenergiaportaali (Bioenergiportalen, 2016) sekä Nordh ja Nordberg (2012) kehottavat samantapaisiin toimenpiteisiin, paitsi herbisidiä kehoitetaan annostelevaan reippaasti. Tämän jälkeen maa kynnetään, kun juurakko on vielä jäinen. Juurakko kantoineen voi olla kovin kiinni maassa ja syvällä, jolloin niiden poistamiseen joudutaan käyttämään erityiskalustoa ja urakointia, kaivinkonetta tai polttamaan ne. Kannot jyrsitään syvältä, sillä ilman syväjyrsintää juurien hajoaminen syvemmissä maakerroksissa kestää useita vuosia.

Pajutukoksen avaaminen

Huuhtelu

Lindhin (2013) mukaan, kun pellolla on ollut esim. 20 vuotta pajuviiljelämä, tulee taimikko uusia tai laittaa nurmelle, viljalle ym. Selvityksessä ehdotetaan, että tämän yhteydessä salaojaputket voisi olla hyvä huuhdella tai uusia. Lindhin (2013) mukaan huuhtelu on lähes aina paras tapa pajutukoksen aukaisemiseksi salaojan rakenteellisen korjaamisen tai uudistamisen sijasta. Salaojien huuhtelun periaatteita on esitetty muun muassa oppikirjassa ”Maan vesi- ja ravinnetalous” (Salaojayhdistys 2016). Lähes kaikki sedimentin ja liejun sekä juurten aiheuttamat tukokset voidaan avata huuhtelulla. Runsaita sedimentti- sekä juuritukoksia saatetaan joutua huuhtelemaan kovalla paineella useita kertoja. Pienemmissä tukoksissa riittää pelkkä huuhtelu. Hankalampien tukkeutumisen yhteydessä on mahdollista toteuttaa myös juurien leikkuu, mikä varmistaa juurten irtoamisen putkesta. Tukos paikannetaan testiletkulla tai videokuvauksella. Suuttimella varustettu huuhteluletku asetetaan varovasti salaojaan, samalla pumppaamalla suuttimesta vettä korkealla paineella. Itse huuhtelu onnistuu lähes aina, mutta salaojaan pääsyn vaivattomuus sekä huuhteluveden ja huuhteluauton saatavuus vaikuttavat toimenpiteen onnistumiseen.

Lindhin (2013) mukaan salaojan huuhtelu voi olla teknisesti hyvä ratkaisu tukoksen avaamiseksi. Pellon kantavuus ja tukoksen löytäminen saattavat olla haasteellisia. Huuhteluita voidaan toteuttaa halkaisijaltaan yli 50 mm putkissa. Tiiliputkia ei saa huuhdella kovemmalla paineella kuin 120 kg minuutissa, koska ne voivat liukua erilleen tai haljeta. Lindhin (2013) mukaan aiemmin on käytetty myös ns. puhdistusnauhaa (*rensband*), mutta todettu huuhtelun ja leikkuun olevan tehokkaampia tapoja puhdistaa salaojan tukos.

Puiden, kuten pajujen, aiheuttamien tukosten avaamista kemiallisesti on myös tutkittu (Gröning ja Bohanek, 2000). Joissain olosuhteissa juurten poistaminen kemiallisesti on todettu olevan hyvä keino, eikä sen ole todettu heikentävän kasvin kasvua, ainakaan lyhyellä aikavälillä. Toisaalta vesistöön päätyvien herbisidien määrä lisääntyy. Myös kuparilangan tai vastaavan sijoittamista salaojaputkeen on tutkittu (esim. Ahrens ym. 1970). Tämä vähentää juurten kasvua salaojaputkessa, mutta saattaa toisaalta lisätä paikoin kuparin huuhtoutumista.

Pellon ravinnetase pajukon päättämisen jälkeen

Hurskaisen (2015) sekä Tahvanaisen ja Rytkösen (1999) mukaan pajun viljely sopii hyvin osaksi peltoviljelyä ja viljelykiertoa. Heidän mukaansa pajun viljely peltoaukeiden varsilla vähentäisi vesien rehevöitymistä ja kuohkeuttaisi maaperää, lisäten humuksen määrää ja maaperän eliöiden määrää.

Kanadalaisen Hangsin (2014) mukaan neljän vuoden pajun viljelyn jälkeen pelto oli tyyppistä (N), fosforista (P), kaliumista (K), kalsiumista (Ca) ja magnesiumista (Mg) alijäämäinen ja rikistä (S) ylijäämäinen. Fosforialijäämä oli suurin. Pajulajikkeella ei ollut vaikutusta pellon ravinnetaseeseen. Suuria määriä tyyppiä, fosforia ja rikkiä rikastui juuribiomassaan, kun taas pajun maanpäälliseen osaan rikastui kaliumia (K), kalsiumia (Ca) ja magnesiumia (Mg). Hangsin (2014) mukaan maaperän pitkäaikaisen viljavuuden ylläpitämiseksi pajuviljelmiä tulee lannoittaa oikein ja tarpeeksi, jotta pelto ei ole ravinnealijäämäinen ja kasvukelvoton pajun viljelyn jälkeen. Erityisesti typpi- ja fosforilannoituksesta on huolehdittava. Pellon alkupe räinäinen kunto ja historia ennen pajun viljelyn aloittamista vaikuttavat myös oleellisesti siihen, millainen ravinnetasevaikutus pajun viljelyllä on pellon maaperään. Toisaalta pajun karike ja lehdet lisäävät biomassan määrää maaperässä, vaikuttaen positiivisesti maaperän orgaanisen aineksen määrään (*soil organic matter, SOM*). Lisäksi pajulla saattaa olla negatiivinen vaikutus pellon vesitaseeseen eli luontaisesti kuiville alueille pajua ei kannata istuttaa (Dimitriou ja Rutz 2013). Lisäksi pajun juurten vaikutus maaperän suuriin huokosiin on epäselvä. Voi olla, että tällä saataisi olla negatiivinen vaikutus ravinteiden pidätyskykyyn.

Niemen (2014) mukaan Ruotsissa lannoitussuositukset peltomaalle perustetulle pajuviljelmälle ovat 30 kg fosforia ja 80 kg kaliumia hehtaarille. Lannoitus tehdään ennen istuttamista ja jokaisen sadonkorjuun jälkeen. Typpilannoitusta tarvitaan 45–120 kg/ha riippuen kasvuston iästä. Niemen (2014) mukaan perustettaessa pajuviljelmää suopohjaiselle maalle, voi lannoitustarve olla suurempi kuin pellolla, koska turvemaalla sisältää luonnollisesti huomattavasti vähemmän ravinteita kuin kivennäismaa. Turvemaalle perustettavalle pajuviljelmälle ei ole esitetty virallisia lannoitesuosituksia, mutta suopohjan metsitystä varten niitä on saatavilla. Metsityksen annostuksena suositellaan 50 kg fosforia, 150 kg kaliumia ja 1,5 kg booria hehtaarille (Niemi 2014). Jos lannoitteena käytetään tuhkaa, ei erillistä kalkitusta välttämättä tarvita.

Johtopäätökset

Suomessa pajun peltoviljely on toistaiseksi pienimuotoista. Maataloussektorilla on suuri paine vähentää kasvihuonekaasupäästöjään ja sektorin hiilensitomiskapasiteettia on korostettu niin EU:n kuin kansainvälisellä tasolla. Jos pajun hiilensitomispotentiaali pystytään osoittamaan entistä paremmin, voi sillä olla suuri merkitys maatalouden ilmastotoimissa. Oppia pajun kasvatuksesta haetaan tällä hetkellä Ruotsista, missä siitä on jo enemmän kokemusta. Pajun kasvattamista on edistetty Ruotsissa kansallisella tuella. Tämä on toisaalta aiheuttanut sen, että pajua on istutettu pienille, hajanaisille ja heikkotuottoisille pelloille. Korjuukustannukset ovat olleet liian suuret ja pajasato on jäänyt korjaamatta. Pajun viljelyn kustannustehokkuuden kannalta pieniä ja hankalan mallisia peltoja ja lohkoja ei kannata ottaa pajun viljelyyn. Pajun viljelyn tulisi siis tapahtua ennen kaikkea markkinavetoisesti, ei tukiin perustuen.

Pajun viljely salaojitetulla pellolla lisää salaojaputkien tukkeutumisriskiä. Pajuviljelmien ei ole kuitenkaan havaittu aiheuttaneen vahinkoja salaojaputkille usein. Pajun juuret kasvavat yleensä noin 40–50 senttimetrin syvyyteen, mutta niiden kasvuun vaikuttaa oleellisesti veden ja ravinteiden saatavuus sekä maalaji. Toisaalta esim. Lindhin (2013) tutkimuksen mukaan pajun juuria havaittiin 70 senttimetrin syvyydessä, ja Takalan (1985) tutkimuksessa juuria havaittiin 80–100 senttimetrin syvyydessä. Pajunjuurten kasvamista leveys suunnassa ei tutkimuksen perusteella tunneta vielä kovin hyvin. Lindh (2013) raportoi tapauksesta, jossa pajunviljelijä oli todennut pajun juurten alkaneen kasvaa horisontaalisesti ylemmän multa- ja alemman hiekkakerroksen rajapinnassa n. 50–70 senttimetrin syvyydessä (ks. s. 7). Pajun juurten todettiin pääsevän herkästi sisään tiilisten salaojaputkien liitoskohdista.

Lasku-aukkojen ja kokoojaojien kohtaan tulisi jättää pajuvapaa-alue. Myös imuojien huomioiminen on tärkeää, vaikka kirjallisuudessa siitä ei ole erillistä mainintaa. Suomessa viljelijöitä on ohjeistettu huoltamaan salaojituksiaan niin, että laskuaukot pidetään pajuvapaina (Salaojakeskus ry 2000). Luultavasti tästä syystä laskuaukkojen tukkeutuminen ei ole ollut niin yleistä Suomessa. Salaojien päälle jätettäviä pajuvapaita alueita on myös tutkittu. Arviot suojakaistan sopivasta leveydestä laskuaukkojen kohdilla vaihtelevat 6:sta 30 metriin. Salaojien päälle, laskuaukkojen ja kokoojaojien läheisyyteen laitettavia suojakaistoja tulisi tutkia enemmän ja testata erilaisia leveyksiä ja niiden vaikutusta juurten pääsyyn salaojaputkiin. Rei'ittämättömien viemäriputkien käyttöä kriittisissä salaojien kohdissa tulisi myös testata tieteellisesti. Säätösalaajituksen vaikutusta pajunkasvatukselle, juurten kehittymiselle ja salaojille olisi tutkittava. Oletettavaa olisi, että pohjaveden pinnan korkeuden nostaminen parantaisi pajun veden saatavuutta ja vähentäisi juurituskosten mahdollisuutta.

Tulokset ja suositukset pajun kasvatusta ja salaojitusta koskien ovat ristiriitaisia. Kirjallisuuden perusteella suositeltavaa on, että pellon salaojituksen ollessa uusi, kannattaa pajuviiljelmä istuttaa jonnekin toisaalle riskin minimoimiseksi, eli salaojituksen ikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa pellon soveltuvuutta pajuviiljelyyn. Toisaalta pellot, joilla on vanhimmat salaojat, saattavat myös olla viljanviljelyn kannalta viljavimpia lohkoja. Jotkut suositukset kehottavat viljelemään pajua heikompituottoisilla alueilla, joissa salaojitusta ei ole viime aikoina uusittu, kun taas toiset kehottavat ottamaan käyttöön vesitaloudeltaan hyvässä kunnossa olevat, juuri ojitetut kivennäismaat. Suositeltavia alueita ovat viljavat ja hyvin vettä sekä ravinteita pidättävät multavat kivennäismaat. Tämä on ristiriidassa sen kanssa, että energiakasveja suositellaan viljelemään heikompituottoisemmilla alueilla, niin että bioenergian tuotanto ei kilpailisi ruoantuotannon kanssa samoista maa-aloista.

Viljelijöiden mukaan pajun viljely ei ole ollut tuottavaa epäsuotuisilla maa-alueilla. Energiakasvien viljelyssä halutaan maksimoida sadontuotanto, eivätkä vajaatuottoiset, pienet tai vesitaloudeltaan heikot pellot välttämättä tuota kovin hyvää satoa. Turvepeltojen viljelyssä haasteita taas ovat kalkitsemistarve, istutuksen ja korjuun mahdollinen hankaloituminen kosteasta maaperästä johtuen, suurempi hallanriski (pajulajikkeesta riippuen) ja pienempi biomassan tuotto. Turvetuotannosta vapautuneet alueet ovat kuitenkin monesti hyvin suuria yhtenäisiä alueita, mikä olisi pajun viljelyn kannalta ihanteellista. Ruotsalaisessa selvityksessä Paulrud ja Rönnbäck (2010) toteavat, että pajunviljelijöiden taloudelliseen kannattavuuteen vaikutti negatiivisesti: pajuviiljemät, jotka oli perustettu huonoille maa-alueille, ja joita oli lannoitettu heikosti. Vedenvältaamilla alueilla pajunviljely ei ollut taloudellisesti kannattavaa.

Pajun viljelyn jälkeen maan palautuminen normaaliin peltoviljelyyn vie aikaa. Pajukko päätetään, kun se on tullut kokonaiskiertonsa päähän ja saavuttanut noin 20–25 vuoden iän. Alue uudistetaan lopettamalla kasvusto keväällä herbisidillä, muokkaamalla maa/jyrsimällä, minkä jälkeen nurmi kylvetään. Pajukon juurten hajoaminen kestää useita vuosia ja viljakasvin perustaminen pajukon jälkeen kestää useamman kasvukauden. Tutkimuksen mukaan ei pystytä täsmällisesti sanomaan, kuinka nopeasti maa on taas viljelykunnossa, sillä pajun juurten hajoaminen riippuu muun muassa maalajista ja pajulajikkeesta. Lisäksi kantojen ja juurien jyrsiminen aiheuttaa kustannuksia ja on työlästä sekä saattaa lisätä kasvihuonekaasupäästöjä.

Kun pajukko lopetetaan, tulee salaojien kunto arvioida. Jos mahdollisia tukkeumia on havaittavissa, avataan ne huuhtelulla tai huuhtelun ja leikkuun yhdistelmällä. Myös herbisidien ja kuparilangan käyttöä pajutukosten ehkäisemiseksi on tutkittu. Tutkimusta tarvitaan myös selvittämään, kuinka nopeasti salaojat mahdollisesti tukkeutuvat huuhtelun jälkeen. Pajukkoa perustettaessa tulee siis ottaa huomioon mahdolliset kustannukset salaojien tukkeumien ehkäisemisestä, niiden avaamisesta tai koko salaojan uusimisesta. Esimerkiksi Suomen energiapaju Oy:n (2009) mukaan taas pajun viljely ja salaojitus kannattaa ajoittaa niin, että viljelypajukon tullessa uusittavaksi tai raivattavaksi (20–25 vuoden iässä), uusitaan alueen ojitus samalla. Mekaanisen rikkakasvientorjunnan kustannukset tulee ottaa huomioon. Torjunta tehdään riittävän usein, rikkakasvien määrää tarkkailemalla.

Paju sitoo maaperästä ja vedestä ravinteita erittäin tehokkaasti. Jos pajukkoa lannoitetaan liian vähän, saattaa se aiheuttaa negatiivisen ravinnetaseen maaperälle. Pellon pitkäaikainen kunto, ravinteiden määrä ja orgaanisen aineksen määrä tulee ottaa siis huomioon pajun viljelyä suunniteltaessa. Pajuviljelmä ei ole kestävä, jos pellon ravinnetase on negatiivinen pajun viljelyn jälkeen. Ennen pajukon perustamista on otettava huomioon pellon historia, ravinnetase ja pajun viljelyn aikana muistettava tasapainoinen lannoitus. Pajunviljelijöiden taloudelliseen kannattavuuteen saattaa myös vaikuttaa negatiivisesti, jos pajuviljelmä on perustettu liian kostealle maa-alueelle ja pajuille annetaan liian vähän lannoitteita. Lisäksi pajulla saattaa olla negatiivinen vaikutus pellon vesitaseeseen eli luontaisesti kuiville alueille paju ei kannata istuttaa. Toisaalta runsasravinteisilla alueilla paju sitoo itseensä ravinteita, vähentäen ravinnevalumia vesistöihin.

Viljelijät ovat kokeneet pajun haasteelliseksi, mutta tutkimusta kestävästä pajunkasvatuksesta ja vaikutuksesta salaojiin pohjoisissa oloissa on vielä vähän. Esimerkiksi ruotsalaisen pajututkijan Rose-Marie Rytterin ja Luken Jyrki Hytösen mukaan pajun viljelyn vaikutusta ei tunneta vielä tarpeeksi. Eri pajulajikkeiden ja maaperän vaikutusta juurten kasvulle ja salaojille ei osata vielä määrittää täysin. Myös pajun leikkuu- ja uudistustiheyden vaikutusta juurten kasvuun ei ole tieteellisesti tutkittu. Rei'ittämättömien viemäriputkien käyttöä kriittisissä salaojien kohdissa tulisi myös testata tieteellisesti. Säättösalaajituksen vaikutusta pajun kasvatukselle, juurten kehittymiselle ja salaojille olisi tutkittava. Kestävän pajun viljelyn toteuttamiseksi tarvitaan lisää tutkimusta hyvistä viljelykäytännöistä sekä juurten vaikutuksista salaojiin eri olosuhteissa.

Pajun viljelyyn tarvitaan selkeät objektiiviset tieteelliseen tutkimukseen perustuvat ohjenuorat. Ilman selkeitä ohjeita pajun viljely saattaa olla haitaksi pellon salaajitukselle ja pitkäaikaiselle ravinnetaseelle sekä sadontuotannolle pajukon lopettamisen jälkeen.

Viitteet

- Ahrens, J. F., Leonard, O. A. & Townley, N. R. 1970. Chemical control of tree roots in sewer lines. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 1643-1655.
- Bioenergiportalen. 2016. Avsluta en salixodling. <http://www.bioenergiportalen.se/>. [viitattu 3.1.2017].
- Caslin, B., Finnan, J. & McCracken, A. 2010. Willow - Best practice guidelines.
- Dimitriou, I. & Rutz, D. 2013. Sustainable Short Rotation Coppice – A Handbook. SRCPLUS. 108 s.
- ForestEnergy2020. 2015. Pajun kilpailukyky paranee energiäkäytössä, jos sitä voidaan hyödyntää myös erilaisten vesien puhdistuksessa. Uutiskirje. <http://www.forestenergy2020.org/fi/uutiskirjeet/uutiskirje-1-15/paju/:icmsmode/clear> [viitattu 2.1.2017].
- Gröninger, J. W. & Bohanek, J. R. 2000. Effects of diquat applied to exposed roots of black willow. *Journal of plant growth regulation*, 19: 4, 453-456.
- Hangs, R. 2014. Biomass production and nutrient cycling in short-rotation coppice willow (*Salix* spp.) bioenergy plantations in Saskatchewan, Canada. A Dissertation Submitted to the College of Graduate Studies and Research in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Soil Science University of Saskatchewan Saskatoon. 2 67 s.
- Heino, E. & Hytönen, J. 2015. Suomalainen pajukirjallisuus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. 57/2015. Luonnonvarakeskus.
- Hurskainen, L. 2015. Opinnäytetyö. Energiapajun viljelypotentiaali Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa. Karelia-ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma.
- Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M. & Asikainen, A. 2010. Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. VTT Tiedotteita 2564.
- Larsson, S. 2016. Suullinen tiedonanto. European willow breeding AB.
- Larsson & Käck, 1991, Salixrötters utveckling ovanför samt inväxtning i dräneringsledning, examensarbete, rapport SLU.
- Lindh, C. 2013. Salixrötternas påverkan på täckdikningen. LRF Konsult. 127 s.
- Mola-Yudego, B. & Aronsson, P. 2008. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 32: 9, 829-837.
- Niemi, A. 2014. Energiapajun viljely ja käyttö vesien puhdistuksessa – teknistaloudellinen tarkastelu. Pro gradu –tutkielma. 72 s.
- Nordh, N-E. & Norberg, I. 2012. Att avsluta en salixodling - snabbast och billigast med yttlig uppbrytning.. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI-INFORMERAR. JTI:s skriftserie 2012: 2. 12 s.
- Paappanen, T., Leinonen, A., Villa, A., Kaipainen, E. & Reinikainen, O. 2012. Pajuviljelmän perustaminen. –Energiapajun kestävä tuotanto ja käyttö -projekti. Tutkimusraportti.
- Paulrud, S., Rönnbäck, M., Gunnarsson, C. & Olsson, J. 2010. Utvärdering av salixodlares erfarenheter och attityder till odling. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Energiteknik SP Rapport 2013:71.
- Pohjonen, V. 1991. Selection of species and clones for biomass willow forestry in Finland. *Acta Forestalia Fennica* 221. The society of forestry in Finland, The Finnish forest research institute.
- Pohjonen, V. 2012. Maaseudun tulevaisuus. Lukijalta. Valumat luontoon pysähtyvät energiapajuun. <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mielipiteet/lukijalta/valumat-luontoon-pysahtyvat-energiapajuun-1.18698> [viitattu 12.12.2016].

- Puustinen, M. ja Pehkonen, A. 1985. Salaojien toimintahäiriöt. Helsingin yliopisto, Maatalousteknologian laitos, Tutkimustiedote nro 48. 67 s.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. ja Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 198.323 s.
- Rytter, R. M. 2012. The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 36: 86-95.
- Rytter, R. M. & Hansson, A. C. 1996. Seasonal amount, growth and depth distribution of fine roots in an irrigated and fertilized *Salix viminalis* L. plantation. *Biomass and Bioenergy*, 11:2, 129-137.
- Salaojakeskus ry. 2000. Salaojien kunnossapito-opas. 49 s. Saatavissa: www.salaojayhdistys.fi/Julkaisut [Viitattu 4.3.2017]
- Salaojayhdistys ry. 2015. Peltosalaojitus. 15 s. Saatavissa: www.salaojayhdistys.fi/Julkaisut [Viitattu 4.3.2017]
- Salaojayhdistys ry. 2016. Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Toinen painos. 486 s. Saatavissa: http://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanvesi-jaravinnetalous_B5_2016.pdf [Viitattu 4.3.2017]
- Sihvonen, J., Leinonen, A. & Villa, A. 2013. Pajun korjuu, varastointi ja toimitus laitokselle - Tehtäväraportti. Energiapajun kestävä tuotanto - ja käyttö -projekti.
- Suomen energiapaju Oy. 2009. Pajun viljelyopas. Saatavissa: http://www.suomenenergiapaju.fi/images/Energiapajun_viljelyopas_2009.pdf [viitattu 13.12.2016].
- Suomen energiapaju Oy. 2012: Ensimmäinen kokemus pajun korjuusta ja poltosta. Saatavissa: <http://www.suomenenergiapaju.fi/> [viitattu 3.1.2017].
- Tahvanainen, L. & Rytönen, V-M. 1999. Biomass production of *Salix viminalis* in southern Finland and the effect of soil properties and climate conditions on its production and survival. *Biomass and Bioenergy* 16: 103-117.
- Takala, M. 1985. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskennällä. Maatalouden tutkimuskeskus (MTTK). Tiedote 12/85. Hämeen tutkimusasema. 110 s.