

Märgalaviljeluseks sobivad kultuurid Eestis

Ekspert hinnang Eestimaa Looduse Fondi tellimusel

**Autorid: Katrin Heinsoo (pajud ja hundinui)
Indrek Melts (pilliroog)**

Tartu, 2019

Uuring on valminud projekti „Märgalaviljelus Baltimaades“ raames, mida toetab Euroopa Kliimainitsiatiiv (EUKI). EUKI on Saksamaa Keskkonna-, Looduskaitse- ja Tuumaohutuse Ministeeriumi (BMU) projektide rahastamise vahend. EUKI üldine eesmärk on toetada koostööd Euroopa Liidus, et vähendada kasvuhoonegaaside kogust. Selleks tugevdatakse piiriülest dialoogi ja koostööd ning vahetatakse teadmisi-kogemusi. Autorid vastutavad täielikult uuringus avaldatu eest. Euroopa Kliimainitsiatiiv (EUKI) ja Saksamaa Keskkonna-, Looduskaitse- ja Tuumaohutuse Ministeerium (BMU) ei vastuta avaldatu sisu eest.

On behalf of:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety



European
Climate Initiative
EUKI

of the Federal Republic of Germany

Sisukord

Pajud (<i>Salix</i> sp).....	3
Üldteave	3
Kuidas kasvatada	4
Head ja vead	8
Hundinui (<i>Typha</i> sp)	11
Üldteave	11
Kuidas kasvatada	12
Head ja vead	13
Harilik pilliroog (<i>Phragmites australis</i>)	16
Kasutatud materjal:	23

Pajud (*Salix sp*)

Üldteave

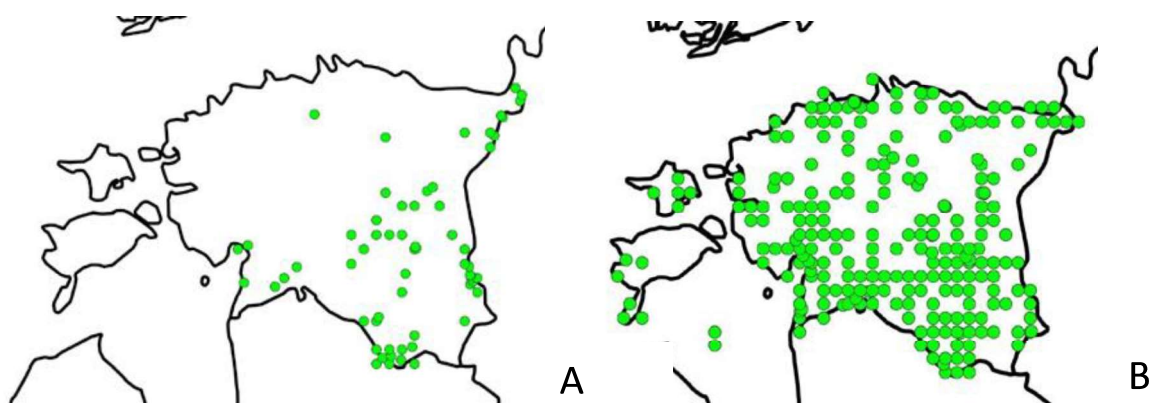
Eestis rajatavatel eksperimentaalsetel maadel-taastatud veerežiimiga ning turvasmuldadega märgaladel põllumajandusaladel soovitame kasvatama hakata pajukultuure. Soovituse anname lähtudes ekspertide pädevusest ning märgalakultuuridele esitatavatest kriteeriumitest. Ainsana puittaimedest on Euroopa Liidu põllumajanduspoliitikas pajud põllumajanduskultuuride nimekirjas. Selle kultuuri käsitlemine põllumajandusliku (ning seega ka toetusõigusliku) kultuurina seotud istanduse koristustsükli (raieringi) pikkusega, mis on erinevates maades varieeruv. Eestis on soovituslikuks ülempiiriks pakutud seitse aastat, kuid majanduslikult õigustab ilmselt lühem (4...5aastane) raiering (Mola-Yudego, 2010).

Pajude kasvatamine põllumajanduskultuurina on kogunud endale populaarsust Euroopas eelkõige Rootsis (kuid ka näiteks Suurbritannias, Poolas ning Lätis) ning Põhja-Ameerikas (Langholtz et al., 2019). Enamasti on istanduse rajamise põhimotivaatoriks hakkpuidu tootmine taastuenergiaga seotud soojus(elektri)jaamadele, kuid on ka edukaid näiteid pajuistanduste kasutamine eelnevalt reostunud pinnase puhastamiseks (füto remedatsioon) või lisanduvate saasteainete utiliseerimiseks (taimkattefiltrid, puhvertsoonid). Teadaolevalt on pajudest toodetud hakkpuidu kütteväärtus kg kuivaine kohta umbes 90% metsapuude omast – eelkõige on see tingitud paju koore madalast energiasaldusest ning suurest osakaalust istandusest saadavas tootes. Seega soovitatakse seda Rootsi paljude koostootmisjaamade kogemuse põhjal kasutada seguna teiste hakkpuidu sortidega, mitte iseseisva kütteallikana. Hakkpuidu tootmise majandusliku tulususe määrab muidugi eelkõige kõigi energiakandjate ning eriti puidu maailmaturu hind. Tootmiskuludest on kõige suuremad kulutused istutusmaterjalile ning koristamisele (Rosenqvist et al., 1997). Seetõttu on oluline valida optimaalne koristustsükkel, mis minimeeriks koristustehnika töökulude osakaalu kuid säilitaks istanduse hea seisukorra kogu planeeritud perioodi jooksul (umbes 20 aastat) ning maksimeeriks istanduse pajujuurestiku kasvupotentsiaali kasutamise. Pajude puiduproduktiooni on suhteliselt palju uuritud ning eksperimentaalsetes istandustes on hästi väetatud kasvualade produktiivsemate sortide puidusaagiks mõõdetud 12...15 tonni absoluutselt kuiva biomassi hektarilt aastas. Pikaajaline analüüs Lõuna-Rootsi erinevatel mullatüüpidel kasvavatest energiavõsa istandustest, mille kliimatingimused on analoogsed Eesti omadega on andnud keskmiseks saagiks 5...9 tonni absoluutselt kuiva biomassi hektarilt aastas. Märgalaviljelusse ei sobi kindlasti istanduse väetamine ning seetõttu on seal prognoositav saagikus 5 tonni absoluutselt kuiva biomassi hektarilt aastas. Viimaste numbrite aluseks on Kambja lähedal madalsoomullal asunud eksperimentaalse energiavõsa mõõtmised aastates 1995-2000 (osaliselt avaldatud (Heinsoo et al., 2002).

Teiseks pajukultuuri eripäraks, mis võiks leida positiivset kasutust märgalaviljeluse praktiseerimisel, on selle omadus korjata enda kasvavasse biomassi (eriti puukoosse) mitmeid inimestele probleeme valmistavaid reoaineid (nt raskmetallid) (Dimitriou et al., 2006). Sellele fenomenile lisandub veel tiheda, maapinnalähedase juurevõrgustiku teke, mis eraldab sellesse mullastikukihti pidevalt hapnikku, võimaldades paljude aeroobsete bakterite kasvu selles nn risosfääri piirkonnas (Jackson & Attwood, 1996). Paljud neist bakteritest võivad olla

ammooniumioone nitrifitseerivate omadustega ning seega saab pajulodu kasutada näiteks koduse heitvee puhastamisel hajaasustusega piirkonnas või täiendava kaitsena väetiste lekke vastu intensiivsest põllumajanduspiirkonnast looduslikesse veekogudesse (Heinsoo & Holm, 2010). Samuti on oletatud, et tihe kiirekasvuline juurestik koos hapnikurikka pinnase pealmise kihiga võiks vähendada märgalade kasvuhoonegaaside emissiooni võrreldes teiste mitmeaastaste põllukultuuridega (võrreldes näiteks *Miscanthus* siidpööriseega (McCalmont *et al.*, 2018)). Lisaks siintoodutele on pajude kasvatamisel potentsiaali veel paljude teistegi keskkonnaprobleemide lahendamisel (vt näiteks (Isebrands *et al.*, 2014)) ning seepärast võiks populariseerida pajude kasvatamist loodushoiu põhimõttel.

Nagu kogu põhjapoolkeral, nii on ka Eestis soovituslik kasvatada kiirekasvulise lühiealise raeringiga põllumajandusmaadel aktsepteeritud istanduse pajuliikidena („energiavõsa“ inglise keeles short rotation coppice) vitslehise paju (*Salix viminalis*) ning pikalehise paju (*Salix dasyclados*) ning nende omavahelistel ristamisel saadud taimi. Mõlemad nimetatud liigid on Eestis looduslikult levinud ning seetõttu ei ole nende levitamisel või genofondi kasvuvõimaluste laiendamisel erilisi keskkonkakaitselisi piiranguid (Joon. 1).



Joonis 1. Pikalehise paju (*Salix dasyclados*) (A) ja vitspaju (*Salix viminalis*) (B) looduslik levik Eestis. (Allikas: <https://elurikkus.ee/bie-hub/species/6204#overview>)

Kuidas kasvatada

Kuigi mõlemad liigid on Eestis laialt levinud, tuleb hoiatada nendest omapäi istutusmaterjali kogumise eest. Kuna mõlemad pajud on hea vegetatiivse kasvuga st. kergesti juurduvad isegi kasvuperioodil **malda** pistetud paariaastased oksad, ei ole nendest märgalakultuuri rajamine mõttekas, kuna kasvavad taimed jäävad kiduraks ning moodustavad kiiresti mitmeid harusid. Pajuistanduste rajamiseks sobilike sortide (kuna üks sort pärineb geneetiliselt ühest esivanemast ning on paljundatud edaspidi vegetatiivselt, võib seda ka klooniks nimetada) aretamine on pikaajalise töö tulemus ning on kohandatud kasvama erinevaid keskkonningimusi silmas pidades. Nii on Euroopa pajuaretamise projekti (Lindegaard & Barker, 1997) kui Rootsi pajuaretuse programmi (jooksev informatsioon kättesaadav <http://ewb.nu/en/welcome-to-european-willow-breeding/>) raames on aretatud välja

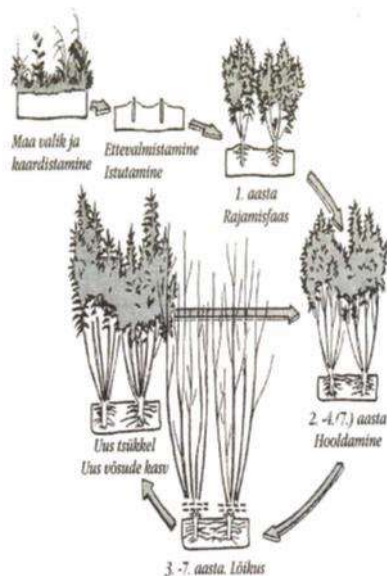
hulgaliselt erinevaid sorte ja hübriide. Eesti kogemuste kohaselt on Suurbritannias aretatud sordid meie kasvutingimustes liiga külmaõrnad (Heinsoo & Dimitriou, 2014) ning seetõttu tuleks eelistada Rootsi sorte, mis on küll rohkem vastuvõtlikud haigustele, kuid mis peavad vastu ka meie heitlikud talveilmad. Halvematel aastatel on täheldatud neist mõnel sordil vaid kevadisi lehtede külmakahjustusi nt juunikuise külma tagajärjel, kuid selliste kahjustuste mõju kestab vaid 1...2 kasvuperioodi, mitte ei hävita kogu istandust. Eestis tegeleb Rootsi pajuaretusprogrammi saaduste edasimüügiga EMÜ Polli aiandusuuringute keskus (<http://polli.emu.ee/et/puukool/energiapaju/>). Kommertssortide edasipaljundamine turunduslikel eesmärkidel ilma nn autoritasu maksmiseta on keelatud.

Haigustest ohustab pajuistandusi enim leherooste (*Melampsora*), mis levib eriti hästi niisketes viljakates (väetatud) kasvukohtades taimedel. Erinevad sordid on haigusele erineva vastuvõtlikkusega, mis on sageli pöördvõrdeline nende kasvukiirusega. Seetõttu tuleb ühes istanduses kasvatada kindlasti rohkem kui ühte sorti. Sellise soovitusel järgmisega vähendatakse haiguspuhangu ning sellest tuleneva istanduse hävimise ohtu. Lisaks mõjub erinevate sortide segu kasvatamine hästi ka istanduse külmakindlusele, kuna nii pungade puhkemise kui lehtede langemise aeg sõltub sordist. Optimaalne on kasvatada ühes istanduses 6...8 sorti taimi, mis võiks olla pärit erinevatest liikidest ning mille hulgas võiks olla ka eriti kiirekasvulisi hübriidsorte.

Pajuistanduse rajamise kohta käivat õppematerjali on palju ning see on kättesaadav ka eesti keeles. 7. raamprogrammi projekti BIOPROS raames 2008.a. tehtud „Energiavõsa .Käsiraamat tõhusast biomassi tootmisest kasutades keskkonnaohutult reovett ja selle jääkmuda“ on kättesaadav <https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/3680/BIOPROS-D20-Guidelines-Estonian%20e.k..pdf?sequence=1&isAllowed=y>, selle juurde kuuluv õppevideo on tellitav K.Heinsoo käest. Veel varem on eesti keelde tõlgitud ka Rootsis välja antud raamatuke (Sennerby-Forsse & Johansson „Energiavõsa Väike käsiraamat“ 1993). Nende käsiraamatute ilmumisest saadik ei ole pajuistanduse rajamise põhimõtetes väga palju muutunud (joonis Y). Istutusmaterjali kulu alandamiseks soovitatakse rajada nüüd mõnevõrra hõredamaid istandusi (14...17 tuhat taim hektaril), samuti ei soovitata enam istanduse tagasilõikamist esimesel aastal peale rajamist, kuna seega pikendab umbrohtude levikuperioodi. Juurde on tulnud palju perspektiivseid uusi sorte.

Kokkuvõtteks

-pajuistanduse rajamine toimib põhimõttel, et kasutatavad taimeliigid võivad peale korduvaid lõikusi kasvatada ohtralt kannuvõsusid (ja mitte juurevõsusid, mis oleks probleemiks kultuuri haldamisel või lähedal asuva kraavistiku hooldamisel) (Joon. 2).



Joonis 2. Põhimõtteline pajuistanduse skeem (Allikas: Sennerby-Forsse & Johansson, 1989).

Tagasilõikus peale 1. kasvuaastat pole nüüdseks enam soovitatav.

- kasvandus rajatakse varakevadel valitud sortide juurdumata pistokstega (soovitatav pikkus 20...25 cm)

-väga oluline on istanduse pinnase eelnev ettevalmistus - umbrohutõrje. Kuna pistoksad kasutavad kõik oma energiavarud esimeste juurte moodustamisele, ei ole nad võimelised edukalt konkureerima ei mullas juba olevate mitmeaastaste umbrohtude juurest kasvavate taimede ega ka pinnases olevate teistsugust kasvustrateegiat omavate üheiduleheliste taimedega

-pistoksad torgatakse maapinda vertikaalselt kas käsitsi või spetsiaalse masina abil (sobib nt marjapõõsa või seemneporgandi istutusagregaat). Maapinnale võiks jääda vaid 1...2 cm pikkune pistoksa ülemine lõikepind

-pistoksad istutakse ridadena, millede vaheline kaugus arvestatakse vastavalt plaanitud koristustehnika ratastevahelisele kaugusele (soovist mitte lõhkuda rattakumme ega vähendada värskelt lõigatud pajukändude kasvupotentsiaali). Vanemates istandustes on kasutatud topeltridade süsteemi (vaheldumisi ridade vahe 1.5 või 0.75 m) Pistokste vahekaugus reas arvestatakse nii, et istanduse tihedus oleks 14...17 tuhat taime hektaril (vanemates istandustes seega taime 60...70 cm vahekaugustega). Tihedam istandus vajab sagedamat koristust kui hõredam, kuna muidu hakkavad suuremad taimed nõrgematega liigselt valguse pärast konkureerima. Hõredam istandus võib aga vajada täiendavat umbrohutõrjet ka teisel aastal peale rajamist, kui tihedamas istanduses noorte puukeste võrad juba tiheda võrastiku moodustavad, mis umbrohtude kasvu pärsib (Joon. 3).



Joonis 3. Pajude istutamine spetsiaalse masinaga Kadrinas, Lääne-Virumaal (Foto: K.Heinsoo).

-vajadusel tehakse istutusridade vahel mehaanilist umbrohutõrjet kas trimmeri või kõplaga nii istutusaastal kui ka aasta peale istutamist. Liiga suur konkurents umbrohtudega kasvu esimestel aastatel pärsib pajuistanduse produktsiooni ka istanduse järgmistel aastatel. Märgalaviljeluse puhul oleks kasu ka näiteks veetaseme eriti kõrgele tõstmisest istanduse rajamise järel, kuna pajud tajuvad liigniiskust oma juurte piirkonnas paremini kui enamus umbrohtuaimi (Joon. 4).



Joonis 4. Pajuridade vahed on töödeldud glüfosaati sisaldava umbrohutõrjevahendiga (Foto: K. Heinsoo).

- istandus koristatakse kas käsitsi või spetsiaalse koristusmasina abil (nt võimsa maisisilokombaini ette konstrueeritud spetsiaalne heeder) peale kasvuperioodi, kus täheldatakse puude võrastiku tihedamat kokkukasvamist (tavaliselt 4...5 aasta peale istanduse rajamist). Koristamiseks valitakse külmunud pinnasega taimede puhkeperiood. Suvine koristamine vähendab oluliselt kändude elujõudu, sest toitained asetsevad sel ajal põhiliselt lehtedes-okstes (joonis 5).



Joonis 5. Pajuistanduste koristamine võib toimuda nii spetsiaalse heederiga varustatud rasketehnika abil (A Rootsis) või rohkem käsitööd nõudva kergema tehnika abil (B Poolas) (Fotod: K. Heinsoo) .

- kui istanduses on aastate jooksul toimunud märkimisväärne isehõrenemine, on aeg istandus likvideerida. Tavaliselt arvestatakse istanduse elueaks 20 aastat. Istanduse likvideerimiseks piisab koristusjärgsel kevadel istanduse pinnase mitmekordsest sügavkännist, sest pajude juurestik on suhteliselt pinnaselähedane ning erinevalt paljudest umbrohtudest pole ohtu ka isetekkeliste taimede levikuks juurevõsude kaudu. Järgneva aasta jooksul on soovitatav kõdunevaid juurestikke veel mõni kord segi keerata, et nad kiiremini laguneks.

Head ja vead

Nagu kõikidel teistelgi võimalikel märgalakultuuridel, on ka pajude kasvatamisel omad

Tugevused

- Vaadeldud potentsiaalsetest kultuuridest suurima biomassi saagikusega. Täiskasvanud, õigete sortidega rajatud pajuistandus kasvatab igal aastal okste-tüvede biomassi, mille kuivaine kogus on rohkem kui 6 tonni absoluutselt kuiva biomassi hektarilt (märgkaal vastavalt umbes poole suurem)
- Istutusjärgsetel aastatel vajab väga vähe hooldamist. Sama istanduse eeldatav eluiga on 20 aastat ning koristuseks võib valida sobivat talveilma. Alates kolmandast istanduse aastast on prognoositavateks töödeks ainult istanduse koristus ning seega puudub vajadus täiendavate kulutuste või fossiilsete kütuste kasutamise järele. Talvine koristusperiood on pajuistandusele ainumõeldav lahendus ning see vähendaks samal ajal tehnilisi probleeme märgalaviiljeluse saagi koristamisel.
- Mitmeaastastele puittaimedele omane risosfäär seob rohkem süsinikku kui rohttaimedel. Lisaks prognoositud suuremale süsinikusidumisele on demonstreeritud ka pajude risosfääri positiivset mõju ammoniaagi ja metaani lagundamisel

Nõrkused

- Kvaliteetne istutusmaterjal saadav ainult vähestelt litsentseeritud edasimüijatelt. Vajadus osta suures koguses sordimaterjali teeb istanduse rajamise kalliks ning igasugused vead

selle juures on kriitilise majandusliku tähtsusega. Samuti peab ettevaatlik olema sordivalikul, sest istikuinvesteering tehakse 20 aastaks, samas kui uutel turule tulevatel ja hetkel soovituslikel pajusortidel ei ole ette näidata veel sama pikki katseperioode samades kliimatingimustes

- Pistokste istutuskulud on suuremad kui seemnetest külvatud kultuuridel. Käsitsi või ka masinaga pistokste ritta mulla sisse surmine on kindlasti kulukam tegevus kui seemnete külvamine teiste kultuuride puhul. Lisaks pole odavad ka sertifitseeritud istutusmaterjali pistoksad ise. Suur investeeringuvajadus ning pikk periood enne kasumi tekkimist on olnud põhilised põhjused, miks erinevates maades pajude kasvatamine ei ole populaarne hoolimata toodangule (hakkpuit) turu eksisteerimisest (Dimitriou *et al.*, 2011).
- Toitainete puudus vähendab oluliselt saagikust. Erinevad uuringud on näidanud, et mineraalmuldadel on võimalik tõsta pajude saagikust otstarbekohase väetamisega kahekordseks (Heinsoo *et al.*, 2002). Turvasmuldadel ning märgalaviiljelust praktiseerides selline väetamise võimalus ilmselt puudub kuna lisatud toitained võivad sattuda veega ümbritsevasse looduskeskkonda. Seega jääb ainult hakkpuidust saadav tulu ilmselt väheseks motivaatoriks pajudega märgalaviiljelusega tegelemisel. Kindlasti on vajalik siin pidev selgitustöö, et mitte panna kahtluse alla kogu seni vähekasvatatud põllukultuuri maine.

Võimalused

- Puitmass kasutatav CO₂ neutraalse kütusena ja samaaegselt võimalik täita mitut keskkonnanohiu eesmärki. Eluringianalüüside tulemused näitavad, et kiirekasvuliste puude kasvatamine bioenergia tootmiseks on suurema kasuteguriga, kui teistel bioenergia kultuuridel. Eelkõige on siin põhjuseks vähene fossiilkütuste kulu saagi koristamisel (kord 3...5 aasta tagant võrreldes iga-aastase rohttaimede koristusega). See annab laialdase võimaluse kasutada energiapajude istandusi mudelkultuurina pilootprojektides, millede eesmärk on lisaks otsesele CH₄ emissiooni vähendamise ka laiem keskkonnateadlikkuse tõus.
- Kohalik hakkpuidutoodang aitaks kaasa piirkonna majandusele ning vähendaks sõltuvust importkütustest. Selle võimaluse kasutamine oleks oluline lähtudes nii geopoliitilistest, regionaalmajanduslikest kui ka keskkonnateadlikkuse aspektidest lähtuvalt. Seoses hakkpuidu väikse tihedusega ei ole selle transport kaugele otstarbekas. Samas võib olla selliste märgalaviiljeluse alade olemasolu piisavaks stimulaatoriks motiveerimaks kohalikku kogukonda panustamaks hakkpuidul töötava küttesüsteemi või koostootmisjaama rajamiseks. Samuti võib olla see märgalaviiljeluse kultuur atraktiivne kohalikele käsitöömeistritele (korvi- või mööbli punumine).
- Kuna saaki koristatakse vaid iga 3...4 aasta tagant, on istandus erinevate liikide pelgupaigaks. Taimeliikidest leidub siin vähe huvipakkuvat, kuid võrreldes iga-aastaselt koristatava rohttaimedest kultuuriga on siin suurem võimalus kohata erinevaid suletud maastikke eelistavaid linde ning pisiimetajaid. Viimaste olemasolu on eelduseks röövlindudele paremate pesitsusvõimaluste loomisele piirkonnas (Baum *et al.*, 2012).

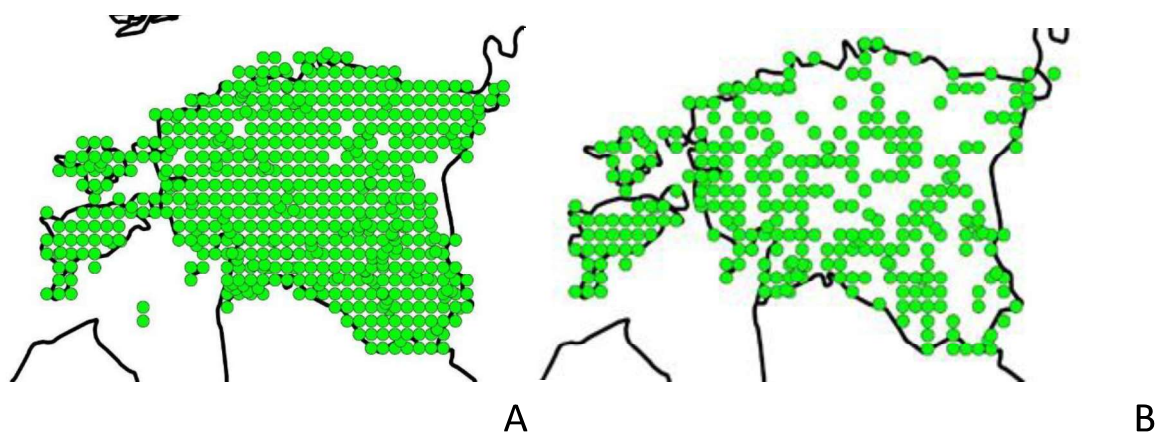
Ohud

- Valesti valitud istutusmaterjal võib osutada haigusõrnaks. Eesti ajakirjanduseski on leida lugusid kas energiavõsa või käsitöö toorainena plaanitud istanduste hävimisest või olulisest kahjustumisest seoses erinevate haigustekitajate rünnakutega. Põhiline põhjus siin on ekspertide-poolsete soovitude eiramine ning istandus on istutatud kas liiga tihedalt või vaid mõnest üksikust väga kiirekasvulisest kuid haigustundlikust sordist. 20 aasta jooksul on ekspertide poolt rajatud istandustest hävinud vaid üks, mis oli rajatud *Salix dasycladose* ühest sordist teadusotstarbel. Õnneks ei ole kahjurputukate rünnakud erinevates istandustes olnud taimi täiesti hävitavad vaid vähendanud ainult konkreetse aasta produktsiooni.
- Kopravad võivad teha suurt kahju. Erinevad pajusordid on neile imetajatele eri atraktiivsusega kuid seni pole ühtegi teaduslikku uurimust, mis kinnitaks mõne sordi kindlust kobraste vastu. Seetõttu tuleks pajudega märgalaviljeluse istandus kõne alla ainult neis piirkondades, kus kopraid teadaolevalt ei elutse või kus on läheduses aktiivseid jahilisi, kes suudavad seda imetajat istandusest edukalt tõrjuda. Pajuistandusi on samas kasutatud ka jahiturismis jahilukite kasvualana (Börjesson, 1999)
- Liigniiskes piirkonnas jäävad ankurjuured liiga pinnaselähedaseks ning tormiga võivad puud ümber kukkuda. Sügavamate ankurjuurte kinnistamiseks oleks ilmselt otstarbekas istanduses veetaseme reguleerimine suhtelisel madalale istanduse 2...3 kasvuaastal, mil on ankurjuurte kõige intensiivsema moodustumise aeg. Täiendavate abinõudena võiks sõltuvalt kasvukohast kaaluda puudereast tuuletõkke rajamist istanduse valdavates tuulesuundades.

Hundinui (*Typha* sp)

Üldteave

Kuna erinevatel Eestis looduslikult levinud hundinuia liikidel (laialehine hundinui *Typha latifolia* ja kitsalehine hundinui *Typha angustifolia*) ei ole **ei** kasvatamise ega kasutamise seisukohast märkimisväärseid erinevusi ning sageli võib olla tegemist ka hoopis hübriidisenditega (Kuehn, Minor, & White, 1999), siis käsitletakse neid selles peatükis ühe tervikuna (Joon. 6). Samas on siiski oletatud, et laialehine hundinui eelistab muutuva veetasemega alasid samas kui kitsalehine hundinui kasvab paremini püsivalt üleujutatud alal (Krus *et al.*, 2017).



Joonis 6. Laialehise hundinuia (*Typha latifolia*) (A) ja kitsalehise hundinuia (*Typha angustifolia*) (B) looduslik levik Eestis (Allikas: <https://elurikkus.ee/bie-hub/species/6204#overview>).

Hundinuia kasvatamist erinevatel eesmärkidel on uuritud juba väga pika aja jooksul. Sellest on **puudud** saada loomasööta, biokütust, erinevaid biomajanduse tooteid ja ehitusmaterjali. Samuti on teda kasutatud märgalapuhastites väiksemate kogukondade reovee puhastamisel. Eestis on hundinuia kasutusvõimalusi uuritud lähtuvalt just viimasest aspektist (Maddison *et al.*, 2009). Varasemast ajast on teada, ka hundinuia (sagedamini risoomi) kuid ka lehtede söömine vanade eestlaste poolt ning kohati söövad lapsed seda tänapäevalgi (Kalle & Sõukand, 2013). Söömiseks kogutakse risoomi kas varakevadel või hilissügisel, kui neisse oli kogunenud kõige rohkem toitaineid. Ennemuiste peale kuivatamist risoomid purustati ning saadud jahu kasutati eraldi pudru tegemisel või sagedamini koos teiste toitainetega. Tänapäeval on täheldatud risoomi närimist. Ka hundinuia noored lehed on inimestelegi söödavad. Kuna hundinui on üks neist taimedest, kellel on biovõimendamise omadused (võime koguda endasse saasteaineid suuremas kontsentratsioonis, kui see on väliskeskkonnas) (vt näiteks (Dordio *et al.*, 2009)), siis tuleks hundinuia söögiks tarvitamisega olla ettevaatlik ning koguda söömiseks taimi ainult saasteainetest vabast kasvukohtadest. Sama omadust ära kasutades võib hundinui olla väga efektiivne abiline mõõdukalt saastatud maa-alade puhastamisel kaasates märgala viljeluse ideesid ja eesmärgi.

Hundinuia kasvatamist propageeritakse ka ehitusmaterjali saamise eesmärgil. Hundinuia **T**ugevad pikad lehed sisaldavad hulgaliselt tselluloosikiude, mis on samas piisavalt painduvad ning alluvad kergesti mehhaaniliselt töötlemisele. Need omadused säilivad ka materjali kuivatamisel ning hõlbustavad selle biomassi kokkupressimist erinevateks paneelideks. Hundinuia kiud on suure pingetaluvusega ning samas piisavalt õhkkudesid sisaldavad, et olla heaks soojusisolatsioonimaterjaliks. Seetõttu on soovitatud seda kasutada ka puisteseguna isolatsioonis (Colbers *et al.*, 2017). Tanniinisisaldus taimes hoiab ära ka hilisemad kahjurit rünnakud sellele ökoloogilises ehituses hinnatud materjalile. Euroopas on olulist tööd hundinuia ehitusmaterjalina kasutuselevõttu teinud Austria iduettevõtte Naporo, kellele kuulub ka mitmeid sellealaseid patente (tutvustav video kättesaadav <https://www.youtube.com/watch?v=qHPCzpgpqR0>). **S**amuti on välja töötatud tulekindlas isolatsioonipaneelid erinevate kemikaalide abil (Luamkanchanaphan, Chotikaprakhan, & Jarusombati, 2012) (Krus *et al.*, 2017). Täpsemad majanduslikud uuringud hundinuia kasutusvõimalustest ehitusmaterjalina on saadaval rakendusprojektide tulemusena (vt näiteks (Colbers *et al.*, 2017). „Ökoehituses“ kasutakse põhiliselt äraõitsenud õisikutest saadavat hundinuiavilla laialdaselt ka Eestis .

Hundinui on mitmeaastane üheiduleheline veelembene taim, mis võib kasvada väga tihedate puhmikutena kuni 2...3 meetri kõrguseks. Tema õitsemiseaeg on juuni-juulikuus. Peale valmimist pikkade tumepruunide tõlvikutena, lenduvad hundinuia seemned tuule abil otsides uusi sobivaid niiskeid kasvukohti. Vastsetel kraavipervedel võib seemnetest levinud hundinui levida pioneertaimena. Sobival kasvukohal kasvab hundinui monokultuurina kuna maapinnalähedane risoom ei võimalda teistele taimedele kasvukohta. Kõige suuremaks ohuks hundinuia kasvandusele peetakse pilliroogu, kes on samasuguste elupaikade taim, kui kes vajab oma maapealse osa kasvatamiseks mõnevõrra vähem toitaineid kui hundinui. Seega võib pilliroo seemnete levik hundinuia istandusse viimase tulukust aastate jooksul vähendada.

Kuidas kasvatada

Hundinuia saab paljundada ka seemnest, kuid istanduse kiiremaks ning kvaliteetsemaks rajamiseks soovitatakse pigem tema paljundamist risoomitükkide abil. Sõltuvalt risoomitükkide suurusest võiks kasvuhooaja alguses kaevata maapinnalähedasse mulla/turba kihti risoomitükke arvestusega 0.5...2 taime ruutmeetri kohta. Taimede eduka kasvamise korral võib ühest emataimest kasvada väga soodsa kasvuperioodi jooksul kuni 35 tütartaime, mis omakorda koloniseeriksid 1...2 ruutmeetrit (Krus *et al.*, 2017). Uued risoomid moodustuvad hundinui lehtede baasil kasvanud külgmistest risoomidest. Teadaolevatel andmetel ei ole siiski eesti toitainerikasteski märgalapuhastites sellist hundinuia levikut küll täheldatud, ning seega ei saa soovitada vähemalt esimeste eksperimentaalalade rajamisel märgalaviljeluses **soovitada** loota hundinuiataimede iseseisvale levikule. Samas olevat selliseid tulemusi saadud Saksa hundinui madalsoodes kasvatamise projektis (vt näiteks (Wild *et al.*, 2001)). Hõredam hundinuia istandus võib tekitada küll probleeme umbrohuga, samas on see tänu õhukoe (aerenhüümile) suuremale osakaalule eelistatud ehitusmaterjalina.

Seoses hundinuia monokultuuride vähese levikuga ning nende lehtede morfoloogilise ehituse ning kõrge kaitseainete sisaldusega, ei ole sellel liigil täheldatud erilisi patogene või

haigusetekitajaid. Vastupidi, hundinua biokeemia on pakkunud hoopis huvi nii mõnegi looduslähedase ravimi tootmiseks (vt näiteks (Greca *et al.*, 1990)). Hundinuiast saadavad preparaadid on kasutusel ka hiina meditsiinis. Spetsiifilistest kasutusvaldkondadest hundinua puhul tuleb kindlasti nimetada veel taimekaitsevahendite tootmist. On leitud, et hundinua õietolm on suurepärase sööde parasitoidsele putukale *Aphytis melinus*. See metsik herilane muneb oma munad paljudesse kasvuhoones levivatesse kahjurputukatesse hävitades sel viisil viimaste asurkonna ning võimaldades saada kasvuhoonetest saaki ilma mürkkemikaalide kasutamiseta (Schreiber *et al.*, 2002). Hundinua õietolmust valmistatud maheaianduses sobiv preparaat on laiemas toomises Nutrimite nime all ning selle tootmisel on vajalik jätkuvalt hundinua õietolmu kogumine (<https://www.biobestgroup.com/en/biobest/products/supporting-products-4465/supporting-products-4485/nutrimite%E2%84%A2-4841/>).

Märgalaviljeluses sõltub hundinua saagi kogumise tehnoloogia kasutatavast taimeosast ning soovitud produktist. Juhul, kui maapealset biomassi soovitakse kasutada bioenergiaks otsesel põletamisel, on soovitatav koristada see hilissügisel. Ühest küljest kaitseks selline majandamisemeetod hundinua istandust toitainete kao ja risoomide väljakurnamise eest. Samas võimaldaks koristus külmunud pinnasel kasutada rohkem ja raskemat põllumajandustehnikat. Ka ehitusmaterjaliks soovitatakse hundinua koguda eelkõige talvisel ajal, kuna siis on selle niiskusesisaldus minimaalne (Colbers *et al.*, 2017). Vältida tuleks kogu maapealse osa mahalõikamist vahetult enne veetaseme tõusu või vee alt, kuna lõikepindadest sisenev vesi kahjustab risoomide füsioloogiat ning pikema kui nädalase üleujutuse käigus ei pruugi taimed enam ellu jääda.

Talvine koristus ei sobi juhul, kui taimelehti soovitakse kasutada loomasöödaks, biogaasi tootmiseks või toidulisandite valmistamiseks. Kevadised ja suvised koristustööd märgalaviljeluses on aga raskendatud ning selleks sobivaid tehnilisi vahendeid vähe. Käsitsitööd saab soovitada ainult sel juhul, kui istandusest saadava saagi hind selle majanduslikult efektiivseks muudab. Ilmselt pole selline ärimudel mõeldav ei biometaani ega loomasööda tootmisel. Seega peaks suvise koristuse eelistajad oma hundinua ärimudeli jaoks leidma majandusplaani, kus oleks tagatud kallihinnalise toorme varumine mõne toidulisandite, ravimite või taimekaitsevahendite tootmisega seotud ettevõttele.

Head ja vead

Võrreldes teiste siin aruandes käsitletud võimalike märgalaviljeluse kultuuridega on hundinua Eestis kõige vähem uuritud. Sellegi poolest võib välja tuua mõningad faktoid, mis võivad abiks olla otsustamisel, kas see taimeperekond võiks sobida Eestis pillootaladel kasvatamiseks.

Tugevused:

- Võimalik toota mitmeid kallihinnalisiprodukte. Eelkõige peame siin silmas võimalust kasutada hundinua tulevikus Nutrimite'le sarnaste taimekaitsevahendite tootmisel või ka selle sama toote valmistajale tooraine hankimiseks. Järjest enam kogub populaarsust ka oma tervise tugevdamine toidulisandite või hiina meditsiini ravivahendite kasutamisega. Puhtast loodusest

pärit kvaliteetne tooraine võiks olla heaks stardipositsiooniks selliste toodetega turule liikumisel.

- Laiatarbekasutus loomasöödana. Sellist kasutust soovitaks eelkõige intensiivses põllumajanduspiirkonnas asuvale märgalale, mille täiendav ökosüsteemi teenus võiks ollagi puhvertsooni moodustamine väetatud ala ning looduslike veekogude vahel. Pidev toitainete juurdevool tagaks istanduse säilimise ja kõrge produktiooni. Samuti oleks sel juhul tarneahel (ning transpordikulud) mõistlikud.
- Vastupidav ilmastikutingimustele. Arvestades hundinuia kosmopoliitset levikut, ei ole prognoositav kasvatamise strateegia muutmise vajadus ei kliimamuutuste ega lokaalsete ekstreemjuhtude korral.

Nõrkused:

- Produktioon kilogrammides suhteliselt väike. Vähesed eesti või naaberpiirkondade kohta käivad uuringud on näidanud, et hundinuia saagikus pinnaühikul jääb alla pilliroole ning isegi päideroole. Seega on kultuuri võimalik kasvatada ainult kallihinnalise ja/või eriotstarbelise toormena, mitte lihtsalt laiatarbelise biomassina.
- Käsitsitöö hulk produktide väärimisel, tootmisahelas suur. See faktor võib osutuda määravaks piirkonnas, kus puudub hooajaline tööjõud või see on liiga kallis. Eriti puudutab see majandusmudelit, kus otsustatakse toota hundinuia õietolmu söötmeks. Selle saagi kogumise ajaline aken kasvuperioodil on kitsas ning teiste tegevuste kõrval ei pruugi selleks aega leida.
- Taimiku tihedus väheneb istutusjärgsetel aastatel. Külastatud hundinuia kasvandustes nii Eestis (Kodijärve märgalapuhasti) kui Saksamaal võib täheldada hundinuia asendumist asendumist pillirooga istanduse vananedes. Seega on vajalik arvestada kuludega kas umbrohu tõrjumisel või täiendavate risoomide istutamisel.

Võimalused

- Laiem toodete kättesaadavus nii ehituses kui taimekaitses aitab kaasa ökoloogilise mõtteviisi arendamisele. „Ökoehituse“ printsiipide järgijad on avatud võimalusele kasutada rohkem piirkondlikku toodet, eriti kui selle omadused soojapidavuse või kõlasummutamisel on lähedased tuntud rahvusvaheliste brändide kaupadele.
- Produktiooni erinevatele komponentidele on võimalik leida lisarakendust (nt helipaneelid). Kaasaegses maailmas on järjest olulisem kasutada ehitusmaterjalideks taastuvaid ressursse ning käimasolevate hundinuiast ehitusmaterjalide tootmisvõimaluste uuringute arv lubab oletada sellesuunalise tootmismahu kasvu
- Biomass sobib maheloomakasvatuse talviseks lisaöödaks. Pool-looduslikel kooslustel karjatavad ning sealset toetust saavatele loomadele ei tohi anda lisaööta, milles võib leiduda Eestis mittelevinud taimede seemneid. Seetõttu oleks märgalaviljelus ning käigus toodetud hundinuia biomass oma kõrge toitainetesisalduse ning monokultuursusega sobiv täiendus PLKde hooldamisega tegelevatele maaomanikele

Ohud:

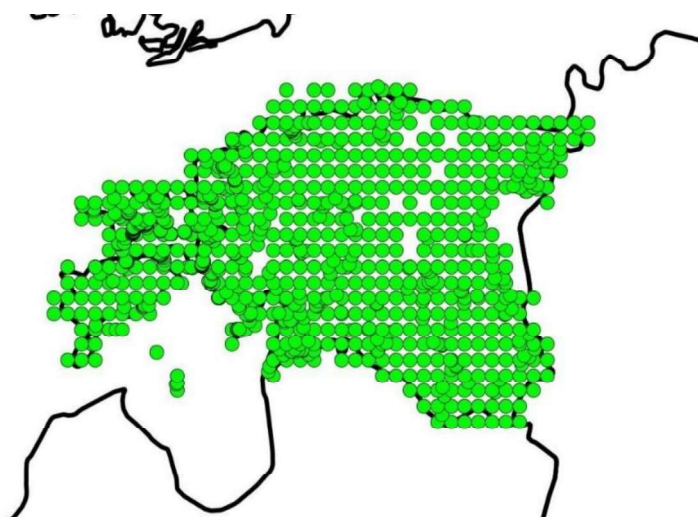
- Istutusmaterjali hankimine problemaatiline. Käesoleval hetkel pole Eestist teada ühtegi ettevõtet, mis hundinuias risoomi istutuseks pakuks. Samuti on küsitav, kas mõni maaomanik lubaks neid oma aladelt suurtes koguses väljakaevama minna
- Tärgliserikkad risoomid meelitavad kohale hulgaliselt pisinärlisi, kes kahjustavad istandust oluliselt. Seega ei tohiks olla hundinuias istandus ühes piirkonnas väga suure monokultuurina. Väiksemate liigendatud alade kasutamisel võiks loota röövlindude ning suuremate imetajate abile näriliste ohjamises.
- Toodete turunõudmised ei jõua pakkumisele järele. Kallihinnalist ja spetsiifilist tooret hundinuiast (nt õietolm) vajab hetkel Euroopas vaid paar ettevõtet. Seega on oht, et toormeturu küllastumisel ei pruugi oma majandusmudelis loodetud tulu peale istanduse rajamist enam saada. Kindlasti tuleb siin mõelda alternatiivkasutus võimaluste otsimisele ning võimalikult kogu tootmisahela arendamisele lokaalseks ettevõtluseks.

Harilik pilliroog (*Phragmites australis*)

Üldteave

Harilik pilliroog on meie suurim kõrreliste sugukonda (*Poaceae*) kuuluv mitmeaastane taim, millel pikk 1-3 cm jämedusega roomav risoom ja tihe narmasjuurte põimik (Sarv, 2018; Krall *et al.*, 2010; Engloner, 2009; vt ka pilliroogu tutvustavat videot: <https://www.youtube.com/watch?v=Ln9rFfF0xZo>). Kõrred on 80-400 cm kõrged, püstised, harva lamavad ja sõlmede kohalt juurduvad. Lehetuped tihedalt kõrreümbrised, peaaegu siledad. Keelekese asemel karvaring. Lehelabad lamedad, 1-3 cm laiad, pikalt teritunud kuni terava tipuga, hallikasrohelised, jäigad, servadest karedad, harva kitsad ja rullunud. Öisik kuni 50 cm pikk, tihe, rohkepähikuline. Pähikud tumevioletjad, 6-9 mm pikkuste sirgete karvadega. Õitseb juulis ja augustis.

Pilliroog on kosmopoliit ja levinud peaaegu kogu maailmas, va arktistel aladel (<http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30337627-2#sources>; Parker *et al.*, 2017). Eestis on pilliroog väga tavaline (Joon. 7).



Joonis 7. Pilliroo (*Phragmites australis*) levik Eestis (Allikas: <https://elurikkus.ee/biehub/species/6204#overview>).

Pilliroog on generalist ja talub väga erinevaid kasvukohatingimusi. Talle sobivad mageda- ja vähe soolaveelised kasvukohad. Ta kasvab veekogude kaldavees ja kallastel, rabaservadel, rabastuvates metsades (Sarv, 2018; Krall *et al.*, 2010; Leuschner & Ellenberg, 2017). Eesti rannikuvetes soodustavad pilliroo levikut erinevad keskkonnatingimused, nagu nt vee sügavus, soolsus, ilmastikumõjudele allumine ja kasvupinnase tingimused (Bird *et al.*, 1990). Pilliroog eelistab toitainerikast kasvukohta, kus orgaaniliste ainete osakaal on kuni 97%, pinnase pH kergelt happeline kuni neutraalne (Kask & Kask 2013). Pilliroo levikuks ja produktsiooniks on väga oluline toitainete, eriti fosfori ja lämmastiku kättesaadavus (Bird *et al.*, 1990; Ren *et al.*, 2019).

Pilliroog moodustab erinevaid kooslusi teiste taimeliikidega (Krall *et al.*, 1980). Samas domineeriva liigina ja väga tugeva konkurentsivõimelise liigina moodustab ta sobivates kasvukohatingimustes suhteliselt homogeenseid primaarseid pilliroo kooslusi (vt. näiteks Joon. 8). Roostikud on maismaa ja veekogu piirialal paiknev ja ajuti või pidevalt üle ujutatud kooslus, mis moodustab maapinnale orgaanilise kihi (Masing, 1992). Vastavalt Roosalustele (2007) on pilliroo konkurentsieelisteks: 1) külgpungad, millel on potentsiaal moodustada jäme ja pikk risoom; 2) tihe juurestik ja risoomisüsteem tekitab teistele liikidele väga ebasoodsad tingimused juurestiku kasvuks; 3) kõrged ja tihedad homogeensed roostikud, mis piiravad valguse jõudmist maapinnale ja takistavad teiste liikide kasvu; 4) pinnast kattev pilliroost moodustunud kulukiht, mis takistab teistel liikidel idaneda ja kasvada.



Joonis 8. Pilliroostik Hula orus Israelis (Foto: I. Melts).

Eesti tingimustes on pilliroostike laienemise põhjuseks maakasutusmuutused. Niitmine ja karjatamine hoiab tagasi pilliroo levikut erinevatel poollooduslikel kooslustel (Krall *et al.*, 1980; Sammul *et al.*, 2012). Vähenenud või lakanud traditsioonilisele majandamisele järgneb roostumine ja võsastumine, mis on oluliseim erinevate niidukoosluste ohustav tegur (Poollooduslike koosluste tegevuskava aastateks 2014–2020). Pilliroo püsimisele mõjub positiivselt ka soojad talved, mis ei võimalda tekkida jääal ja mille liikumine omakorda eemaldaks kulu- ja hävitaks pilliroo poolt moodustunud risoomikihti (Roosaluste, 2007). Põllumajandusreostus on olnud samuti oluline faktor järvede ja rannikualade kinnikasvamisel (Bird *et al.*, 1990; Kruus, 2006). Samas on pilliroostike laienemine Eestis stabiliseerumas, mis võib olla tingitud just veekogude põllumajandusreostuse vähenemise efektist (Peterson & Liira, 2016). Praegu on Eesti roostike pindalaks hinnanguliselt 20 000 ha (Roostik, 2019). Eesti suurim pilliroostik asub Kasari jõe deltal Matsalu Rahvusparkis (Bird *et al.*, 1990).

Lisaks eelpool mainitud tingimustele on inimese kaasmõjul pilliroo kasvupind jõudsalt laienenud maailma eri paigus ning seda kahjuks liigi introductseerimisele ja invasiivseks muutumisele (Joon. 9; Parker, 2008; Mitsch & Gosselink, 2007). Sellega on pilliroog kaasa ka

toonud teiste liikide väljatõrjumist (vt. näiteks Benoit & Askins, 1999; Silliman & Bertness 2004; <https://www.youtube.com/watch?v=N3P9wch5N3Y>).



Joonis 9. Invasiivse pilliroo levik maailmas (Allikas: <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/40514>).

Pilliroog on suure produktiooniga, aga see sõltub suuresti kooslusest kui ka kloonist (Wichtmann *et al.*, 2016; Leuschner & Ellenberg, 2017; Ren *et al.*, 2019). Pilliroo produktioon varieerub Eestis 2 - 9 t kuivainet ha (Krall *et al.*, 1980). Pilliroo enamusega rannaniidul on kesksuviseks produktiooniks mõõdetud 6,5 t kuivainet ha (Sammul *et al.*, 2012). Talv-kevad perioodi roostike keskmiseks produktiooniks on saadud 8,1 t kuivainet ha (Kask *et al.*, 2013).



Joonis 10. Niidetud roostik Jõesuus Vörtsjärve ääres (Foto: I. Melts).

Talveperiood on kõige traditsioonilisem roovarumisaeg, aga vastavalt Lotman ja Lotman (2013), on majandusliku roovarumise ja looduskaitse eesmärkide vahel mõningad komplikatsioonid: 1)

lühike roovarumise aeg talvisel perioodil ning seda ainult jäätunud ja külmunud pinnasega, mida on ette keeruline prognoosida; 2) sobivat aega kvaliteetse roo (ehitusmaterjaliks) niitmiseks ja kogumiseks ei saa planeerida, kuna sõltub tugevalt ilma- ja jääoludest; 3) soovitatav on $\frac{1}{2}$ kuni $\frac{2}{3}$ ulatuses roog niitmata jätta, mis ei soodusta majanduslikku efektiivsust ja nõuab väga täpset kalkuleerimist; 4) kogu lõigatud roog tuleb niitealalt ära viia (vt. ka Joon. 10 ja 11).



Joonis 11. Pakendatud pilliroog ladustatuna Jõesuus Võrtsjärve ääres (Foto: I. Melts).



Joonis 12. Pilliroomattide valmistamine Zecherinis Saksamaal (Foto: I. Melts).

Peamiselt on pilliroogu loodusliku materjalina traditsiooniliselt kasutatud rookatuste ehitamiseks, aga samas sobib pilliroog ka isolatsiooni- ja soojusmaterjaliks (Joon. 12; Mitsch & Gosselink, 2007; Keddy, 2010; Miljan & Kask, 2013; Köbbing *et al.*, 2013; Wichtmann *et al.*, 2016; vt ka: <https://www.youtube.com/watch?v=JHOzri1v1KU>).

Lisaks ehitusvaldkonnale on pilliroogu kasutatud ka traditsiooniliselt nii rahvameditsiinis ravimtaimena kui ka loomasöödana (Shaltout *et al.*, 2006; Mitsch & Gosselink, 2007; Köbbing *et al.*, 2013; Wichtmann *et al.*, 2016). Samuti on pilliroogu kasutatud tehismärgalade kultiveerimiseks ja erinevates fütoremetatsiooniprojektides (Tanner, 1996; Weis & Weis, 2004; Mitsch & Gosselink, 2007; Vymazal, 2011; vt. ka: <https://www.youtube.com/watch?v=arVt-RCc7k>). Aina aktuaalsemaks on muutunud ka pilliroo kasutamine nii paberitööstuses kui ka bioenergiaallikana (Joonis 13; Veski *et al.*, 2005; Köbbing *et al.*, 2013; Kaldvee, 2014; Vaičekonytė *et al.*, 2014; Icka *et al.*, 2017; Melts *et al.*, 2019).



Joonis 13. Pilliroopaberi näidised erineval ajal (mai 2016 -märts 2017) kogutud substraadist (Allikas: Libe, 2017).

Kuidas kasvatada

Pilliroostiku rajamisviisiks on sobivaimaks pilliroo risoomide kasutamine (Frankenberg, 1997; Ren *et al.*, 2019; vt ka näiteks <https://assets.sussexwildlifetrust.org.uk/create-and-manage-reedbeds-2.pdf>; https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_phau7.pdf). Sarnastes keskkonnatingimustes arenenud ja kasvanud kohalike pilliroo seemnete ja risoomide

kasutamine on parim lahendus (Frankenberg, 1997; vt ka näiteks <https://assets.sussexwildlifetrust.org.uk/create-and-manage-reedbeds-2.pdf>). Vastavalt võimalustele on soovitatav seemikute ettekasvatamine kasvuhoones (nt näiteks Wichtmann *et al.*, 2016). Seemikute istutamine on võimalik teha mehhaniseeritult (vt. näiteks videot hiidroo (*Arundo donax*) seemikute istutamisest: <https://www.youtube.com/watch?v=7TJdkvvgNPE>). Kasvukoha mullaviljakus on väga oluline pilliroo kasvuks (Engloner, 2009). Pilliroole sobiva kasvukoha loomiseks oleks mõistlik veetaseme tõstmine (Coops *et al.*, 1996; Vretare *et al.*, 2001; Wichtmann *et al.*, 2016). Niitmine ja koristamine sõltub sellest, milleks planeeritakse seda kasutada.

Head ja vead

Tugevused:

- Pilliroo tugevuseks on kõrge saagikus võrreldes teiste potentsiaalsete märgalaviljeluskultuuridega (vt. Wichtmann *et al.*, 2016; Ren *et al.*, 2019). Kultiveerimiseks on kerge koguda kohalike tingimustega kohanenud pilliroo risoome. Pilliroog on külma- ja haigusekindel (Shaltout *et al.*, 2006; Ren *et al.*, 2019). Pilliroog on sobiv Eesti looduslik liik märgalaviljeluseks.

Nõrkused:

Pilliroog vajab märgalaviljeluses kõrget veetaset ja toitaineterikast substraati (vt. näiteks Engloner, 2009). Pilliroo märgalaviljelemine vajab ühiskonna teadlikkuse tõstmist ja ühiskondlikku aktsepti (vt näiteks Käärt, 2010). Biomassi/Toodete turundamisel pakub konkurentsi looduslikelt aladelt kogutav biomass või imporditud materjal ning toodete sertifitseerimise vajadus. Majanduslik efektiivsus pole garanteeritud.

Võimalused

- Kultiveerituna on pilliroo kvaliteet ühtlasem ja homogeenne pilliroostik reguleeritavate tingimustega tagab tarnekindluse (<https://assets.sussexwildlifetrust.org.uk/create-and-manage-reedbeds-2.pdf>). Mosaiikne majandamine mõjub positiivselt märgala elurikkusele (Palmik, 2017). Võimalik ära kasutada kohapealset endist turbakaevandusalade infrastruktuuri (nt teed, kuivendussüsteemid jne.). Pilliroo kultiveerimine mahajäetud turbaaladel aitab kaasa uue turbakihi tekkimisele ja kasvuhoonegaaside lendumise vähenemisele ning piirkonna veeringele (Wichtmann *et al.*, 2016). Turbakihi taastumisega on neid alasid võimalik kergelt ülesharida ja võtta osaliselt ka kasutusele toidukultuuride kasvatamiseks. Pilliroog on sobiv tooraine ökoehitustehnoloogiate laiemaks kasutuselevõtmiseks. Pilliroo laiem kasutamine aitab kaasa traditsioonilise arhitektuuri säilitamisele Eesti rannapiirkondades. Lisaks ökoehitusele on pilliroog sobiv bioenergiaallikas. Positiivne efekt kohalikule biomajandusele tulevikus ja positiivne kuvand turbaalade taastamise ja mõistliku kasutamisega.

Ohud:

- Pilliroo kasutamise peamiseks probleemiks on selle kättesaadavus looduslikelt aladelt, kuna sõltub iga-aastast ilmastikust (võimalik kliimasoojenemine toob kaasa pehmemad talved). Tulevikus surve looduslike pilliroostike intensiivsemaks majandamiseks, mis võib

mõjuda negatiivselt elurikkusele. Pilliroo kasvuks ja biomassi suuremaks produktsiooniks väetiste kasutamine. Pilliroostike majandamine nõuab spetsiifilist niitmis- ja koristamistehnoloogiat (Wichtmann *et al.*, 2016) ja isegi siis ei ole garanteeritud majandatavate märgalade kvaliteet elupaiga-spetsiifilistele liikidele (Banaszuk *et al.*, 2016). Pilliroog vajab domineerimiseks liigniisket kasvukohta ja on seega tundlik liigkuivamise suhtes. Suured homogeenised alad muudavad maastikud ühetaoliseks ja ei mõju positiivselt elurikkusele (vt. näiteks Palmik, 2017).

Kasutatud materjal:

- Banaszuk, P., Kamocki, A.K. & Zarzecki, R. (2016). Mowing with invasive machinery can affect chemistry and trophic state of rheophilous mire. *Ecological Engineering* 86, 31–38.
- Baum, S., Bolte, A., & Weih, M. (2012). High value of short rotation coppice plantations for phytodiversity in rural landscapes. *GCB Bioenergy*, 4(6), 728–738.
<https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2012.01162.x>
- Benoit, L.K. & Askins, R.A. (1999). Impact of the spread of *Phragmites* on the distribution of birds in Connecticut tidal marshes. *Wetlands* 19(1), 194–208.
- Bird, E., Martin, E. & Orviku, K. (1990). Reed encroachment on Estonian beaches. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, 39(1), 7–11.
- Börjesson, P. (1999). Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden - II: Economic valuation. *Biomass and Bioenergy*, 16, 155–170.
- Colbers, B., Cornelis, S., Geraets, E., Gutiérrez-Valdés, N., Tran, L. M., Moreno-Giménez, E., & Ramírez-Gaona, M. (2017). A feasibility study on the usage of cattail (*Typha* spp.) for the production of insulation materials and bio-adhesives. Wageningen University and Research Centre.
- Coops, H., van den Brink, F.W.B. and van der Velde, G. (1996) Growth and morphological responses of four helophyte species in an experimental water-depth gradient. *Aquatic Botany* 54(1), 11–24.
- Dimitriou, I., Eriksson, J., Adler, A., Aronsson, P., & Verwijst, T. (2006). Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution*, 142(1), 160–169.
- Dimitriou, I., Rosenqvist, H., & Berndes, G. (2011). Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. *Biomass and Bioenergy*, 35(11), 4613–4618.
- Dordio, A. V, Duarte, C., Barreiros, M., Carvalho, A. J. P., Pinto, A. P., & da Costa, C. T. (2009). Toxicity and removal efficiency of pharmaceutical metabolite clofibric acid by *Typha* spp.—Potential use for phytoremediation? *Bioresource Technology*, 100(3), 1156–1161.
- Engloner, A.I. (2009). Structure, growth dynamics and biomass of reed (*Phragmites australis*) – A review, *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 204(5), 331–346.
- Frankenber, J. (1997). Guidelines for growing *Phragmites* for erosion control. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology. Albury: Murray-Darling Freshwater Research Centre.
- Greca, M. della, Mangoni, L., Molinaro, A., Monaco, P., & Previtera, L. (1990). (20S)-4 α -methyl-24-methylenecholest-7-en-3 β -ol, an allelopathic sterol from *Typha latifolia*. *Phytochemistry*, 29(6), 1797–1798.
- Heinsoo, K., & Holm, B. (2010). Use of municipal wastewater and composted wastewater sludge in willow short rotation coppice in Estonia. In *Construction for a Sustainable Environment - Proceedings of the International Conference of Construction for a Sustainable Environment*.
- Heinsoo, K., Sild, E., & Koppel, A. (2002). Estimation of shoot biomass productivity in Estonian *Salix* plantations. *Forest Ecology and Management*, 170(1–3), 67–74.
- Heinsoo, Katrin, & Dimitriou, I. (2014). Growth Performance of Willow Clones in Short Rotation Coppice after Sewage Sludge Application. *Baltic Forestry*, 20(1), 70–77.

- Icka, P., Damo, R. & Icka, E. (2017). Reed Biomass, a Possibility of Cultivation and Protection of "Wetland" in Korça Field in Albania. *Annals "Valahia" University of Targoviste – Agriculture*, 11(1), 1–5.
- Isebrands, J. G., Aronsson, P., Carlson, M., Ceulemans, R., Coleman, M., Dickinson, N., ... Per. (2014). Environmental Applications of Poplars and Willows. *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*, 258+.
- Jackson, M. B., & Attwood, P. A. (1996). Roots of willow (*Salix viminalis* L.) show marked tolerance to oxygen shortage in flooded soils and in solution culture. *Plant and Soil*, 187, 37–45.
- Kaldvee, K. (2014). Rohtse biomassi energeetilise kasutamise võimalused. Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Kolledž. Kättesaadav: <https://digi.lib.ttu.ee/i/?1510>
- Kalle, R., & Sõukand, R. (2013). Wild plants eaten in childhood: a retrospective of Estonia in the 1970s–1990s. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 172(2), 239–253.
- Kask, Ü., Kask, L. & Link, S. (2013/14). Combustion characteristics of reed and its suitability as a boiler fuel. *Mires and Peat*, 13, Art. 5. Kättesaadav: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map13/map1305.php>
- Keddy, P.A. (2010). *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Krall, H., Kukk, T., Kull, T., Kuusk, V., Leht, M., Oja, T., Pihu, S., Reier, Ü., Zingel, H. & Tuulik, T. (2010). *Eesti taimede määraja*. Tartu: Eesti Maaülikool ja Eesti Loodusfoto.
- Krall, H., Pork, K., Aug, H., Püss, E., Rooma, I. & Teras, T. (1980). *Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused*. Tallinn: Eesti NSV Põllumajandusministeeriumi Informatsiooni ja Juurutamise Valitsus.
- Krus, M., Theuerkorn, W., & Grosskinsky, T. (2017). Typha cultivation in agriculture. In 2nd International Conference-Water resources and wetlands, Romania. Kättesaadav: http://www.limnology.ro/water2014/proceedings/40_Krus.pdf
- Kruus, R. (2006). Roostike elustik ja roostike laienemise põhjused. Lõputöö. Tartu Ülikool, Türi Kolledž. Kättesaadav: <https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/reedfield.pdf>
- Kuehn, M. M., Minor, J. E., & White, B. N. (1999). An examination of hybridization between the cattail species *Typha latifolia* and *Typha angustifolia* using random amplified polymorphic DNA and chloroplast DNA markers. *Molecular Ecology*, 8(12), 1981–1990.
- Käärt, U. (2010). Võrtsjärv on ohus: pilliroog ja vesiroosid ajavad järve umbe. *Eesti Päevaleht*. Kättesaadav: <https://epl.delfi.ee/eesti/vortsjarv-on-ohus-pilliroog-ja-vesiroosid-ajavad-jarve-umbe?id=51286951>
- Köbbing, J.F., Thevs, N. & Zerbe, S. (2013/14). The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires and Peat* 13, 1-14. Kättesaadav: http://mires-and-peat.net/media/map13/map_13_01.pdf
- Langholtz, M., Eaton, L., Davis, M., Shedden, M., Brandt, C., Volk, T., & Richard, T. (2019). Economic comparative advantage of willow biomass in the Northeast USA. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(1), 74–85.
- Leuschner, C. & Ellenberg, H. (2017). *Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats*. *Vegetation Ecology of Central Europe*, Vol II. Cham: Springer International Publishing.

- Libe, E. (2017). Harilikust pilliroost (*Phragmites australis*) käsitisi paberi valmistamine. Bakalaureusetöö. Tartu: Eesti Maaülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10492/3257>
- Lindegaard, K. N., & Barker, J. H. A. (1997). Breeding willows for biomass. *Aspects of Applied Biology*, 49, 155–162.
- Lotman, K. & Lotman, A. (2013). Eeldused ja tingimused pilliroo lõikamiseks. In: Miljan, J. & Kask, Ü. Pilliroog ja selle kasutamise võimalused. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10492/4491>
- Luamkanchanaphan, T., Chotikaprakhan, S., & Jarusombati, S. (2012). A study of physical, mechanical and thermal properties for thermal insulation from narrow-leaved cattail fibers. *APCBEE Procedia*, 1, 46–52.
- Maddison, M., Muring, 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.
- Masing, V. (1992). Ökoloogialeksikon. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- McCalmont, J. P., Rowe, R., Elias, D., Whitaker, J., McNamara, N. P., & Donnison, I. S. (2018). Soil nitrous oxide flux following land-use reversion from *Miscanthus* and SRC willow to perennial ryegrass. *GCB Bioenergy*, 10(12), 914–929.
- Melts, I., Ivask, M., Geetha, M., Takeuchi, K. & Heinsoo, K. (2019). Combining bioenergy and nature conservation: An example in wetlands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 111, 293–302.
- Miljan, J. & Kask, Ü. (2013). Pilliroog ja selle kasutamise võimalused. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10492/4491>
- Mola-Yudego, B. (2010). Regional potential yields of short rotation willow plantations on agricultural land in northern Europe. *Silva Fennica* 44(1), 63–76.
- Packer, J. G., Meyerson, L. A., Skálová, H., Pyšek, P. & Kueffer, C. (2017). Biological Flora of the British Isles: *Phragmites australis*. *Journal of Applied Ecology* 105, 1123–1162.
- Peterson, U. & Liira, J. (2016). Eesti ja Euroopa järvede kaldaveetaimestiku, põhiliselt rannarostike dünaamika Landsati piltide aegreas. In: Peterson, U. (Ed.) Kaugseire Eestis 2016. Artiklikogumik. Tõravere: Tartu Observatoorium. Kättesaadav: <https://to.ee/download/m58579ee977135>
- Palmik, K. (2017). Effects of natural and anthropogenic pressures and disturbances on the macrophytes of Lake Peipsi. Doktoritöö. Tartu: Eesti Maaülikool. Kättesaadav: <http://doi.org/10.15159/emu.25>
- Parker, C. (2008). Datasheet of *Phragmites australis* (Common reed). *Invasive Species Compendium*. Wallingford: CAB International. Kättesaadav: <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/40514>
- Poollooduslike koosluste tegevuskava aastateks 2014–2020. Kättesaadav: https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/kaitse_planeerimine/plk_tegevuskava_01_03_16_muut_aprill2017.pdf
- Ren, L., Eller, F., Lambertini, C., Guo, W.-Y., Brix, H. & Sorrell, B.K. (2019). Assessing nutrient responses and biomass quality for selection of appropriate paludiculture crops. *Science of The Total Environment* 664, 1150–1161.
- Roosaluste, E. (2007). Pilliroo - *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. taksonoomia, morfoloogia, bioloogia, ökoloogia, probleemid. In: Ikonen, I.; Hagelberg, E. (Eds). *Read Up on Reed!* Turku: Vammalan Kirjapaino Oy.

- Roostik (2019). Matsalu teejuht. Keskkonnaamet, Matsalu Rahvuspark ja Keskkonnauuringute Keskus. Kättesaadav: <https://www.matsalu.ee/teejuht/maastikud/roostik>
- Rosenqvist, H., Aronsson, P., Hasselgren, K., & Perttu, K. (1997). Economics of using municipal wastewater irrigation of willow coppice crops. *Biomass and Bioenergy*, 12(1), 1–8.
- Sammul, M., Kauer, K. & Köster, T. (2012). Biomass accumulation during reed encroachment reduces efficiency of restoration of Baltic coastal grasslands. *Applied Vegetation Science* 15, 219–230.
- Sarv, M. (2018) *Phragmites australis*(Cav.) Trin. ex Steud. eElurikkuse andmebaas. Kättesaadav: <https://elurikkus.ee/bie-hub/species/6204#overview>
- Schreiber, S. J., Fox, L. R., & Getz, W. M. (2002). Parasitoid sex allocation affects co-evolution of patch selection and stability in host–parasitoid systems. *Evolutionary Ecology Research*, 4(5), 701–717.
- Shaltout, K., Al-Sodany, Y. & Eid, E. (2006). Biology of common reed *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.: review and inquiry. Overview Series 7, Assiut University Center for Environmental Studies.
- Silliman, B. R. & Bertness, M. D. (2004). Shoreline Development Drives Invasion of *Phragmites australis* and the Loss of Plant Diversity on New England Salt Marshes. *Conservation Biology* 18, 1424–1434.
- Tanner, C.C. (1996). Plants for constructed wetland treatment systems — A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species, *Ecological Engineering* 7(1), 59–83.
- Vaičekonytė, R., Kiviat, E., Nsenga, F. & Ostfeld, A. (2014): An exploration of common reed (*Phragmites australis*) bioenergy potential in North America. *Mires and Peat* 13, Art. 12. Kättesaadav: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map13/map1312.php>
- Veski, R., Palu, V., Luik, H. & Kruusement, K. (2005). Pilliroo termokeemiline vedeldamine. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Chemistry* 54, 45–56.
- Vretare, V., Weisner, S.E.B., Strand, J.A. & Granéli, W. (2001) Phenotypic plasticity in *Phragmites australis* as a functional response to water depth. *Aquatic Botany* 69(2-4), 127–145.
- Vymazal, J. (2011). Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiologia* 674(1), 133–156.
- Weis, J.S. & Weis, P. (2004). Metal uptake, transport and release by wetland plants: implications for phytoremediation and restoration. *Environment International* 30(5), 685–700.
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (2016). *Paludiculture - productive use of wet peatlands*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Wild, U., Kamp, T., Lenz, A., Heinz, S., & Pfadenhauer, J. (2001). Cultivation of *Typha* spp. in constructed wetlands for peatland restoration. *Ecological Engineering*, 17(1), 49–54.