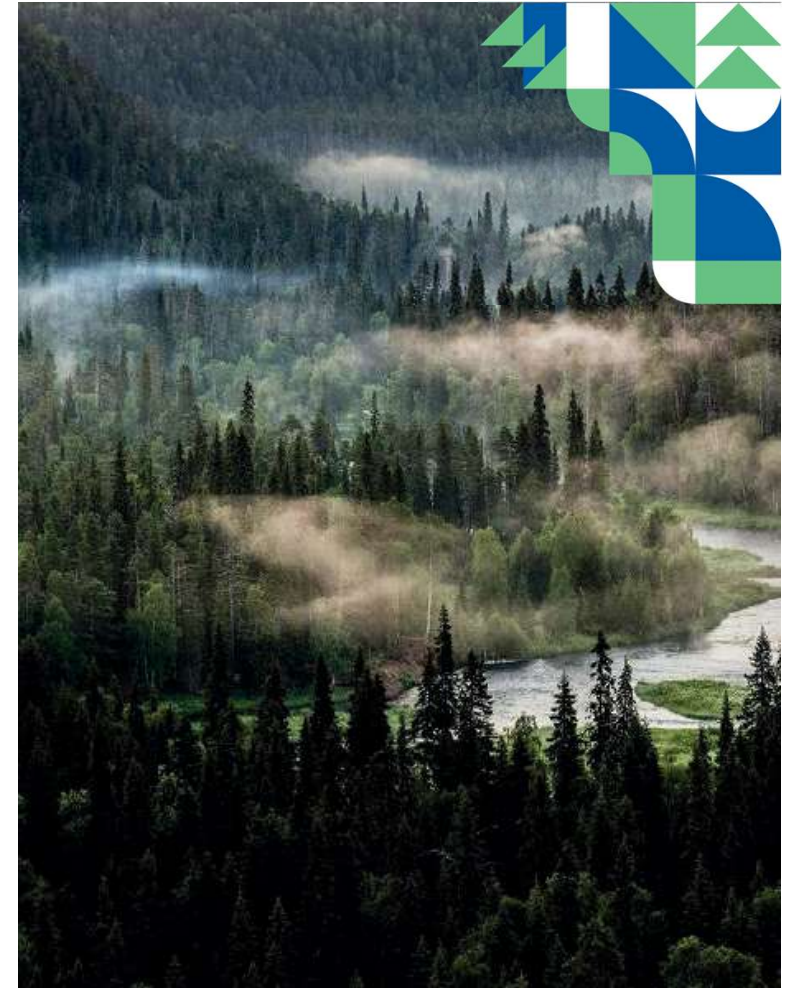




# Hiiliviisaan biotalouden innovaatioekosysteemi

Pilottitutkimuksien tulosten  
hyödyntämissuunnitelma



POHJOIS-  
POHJANMAA  
COUNCIL OF OULU REGION

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Hyödyntämissuunnitelma

Suunnitelman laatija: Macon Oy  
Asiantuntijat: Sanna Taskila & Mikko Ahokas

Suunnitelma on laadittu Luonnonvarakeskuksen toteuttamien pilottitutkimuksien tuloksien perusteella. Pilottitutkimuksissa selvitettiin männynkuorelle uusia hyödyntämismahdollisuuksia energiana hyödyntämisen tilalle.

Pilottitutkimuksien sekä hyödyntämissuunnitelman tilaajana on Koillis-Suomen kehittämissyhtiö Naturpolis Oy:n hallinnoima Hiiliviisaan biotalouden innovaatioekosysteemi –hanke.



# Pilottitutkimukset

Pilottitutkimukset toteutti Luonnonvarakeskus.

Männynkuorta kerättiin paikalliselta sahalta noin 400 kg. Kuori kerättiin mahdollisimman nopeasti tukkien kuorinnan jälkeen. Materiaalista poistettiin puuaines manuaalisesti ja kuori murskattiin pienempään palakokoon, säkitettiin ja säilytettiin -40 °C ennen käyttöä. Materiaali jaettiin kahteen osaan, joista ensimmäinen osa kuumavesiuutettiin ennen pyrolyysia.

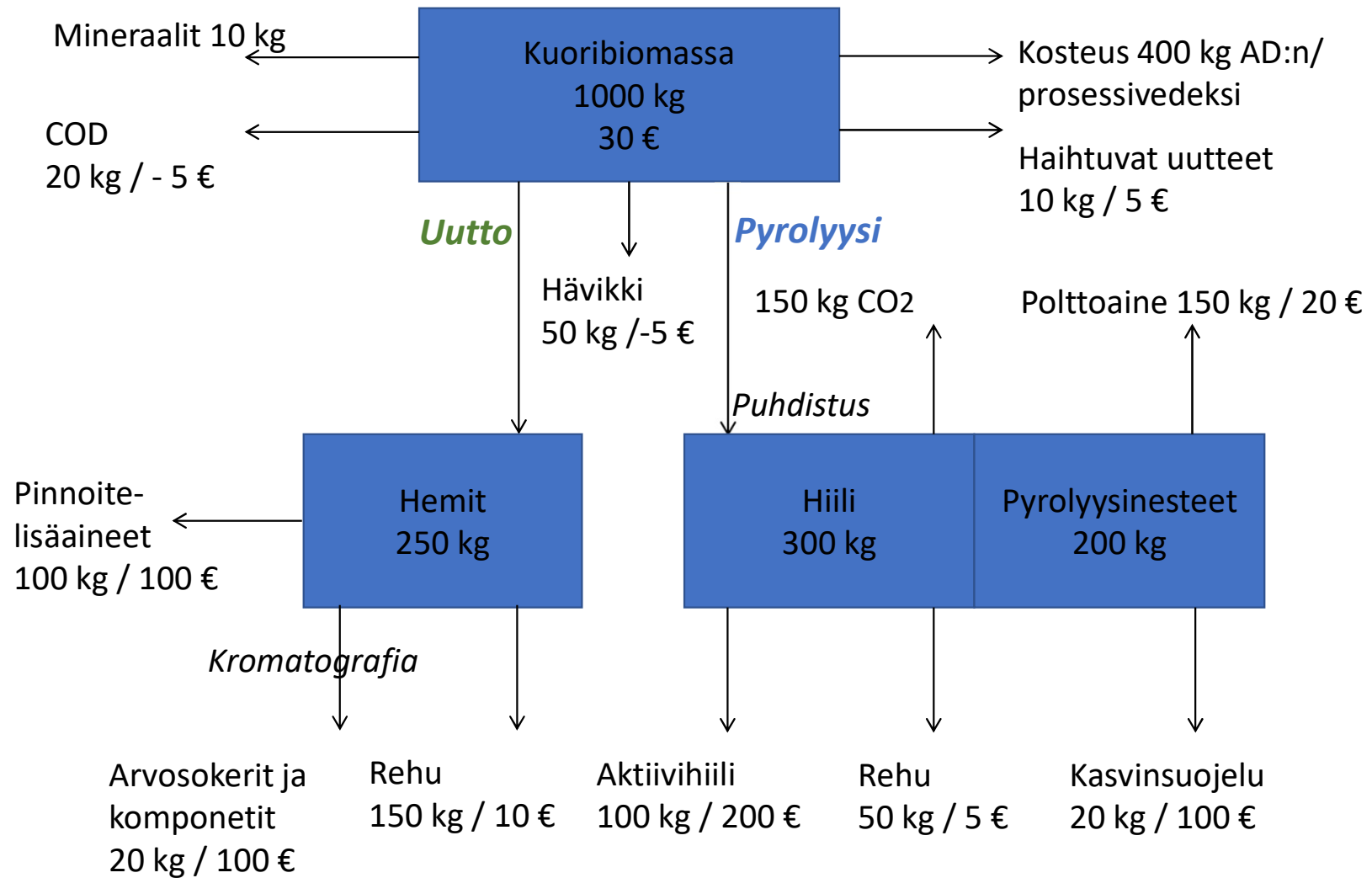
Kuumavesiuuttoja tehtiin viisi ja uuttolämpötilat olivat välillä 90–170 °C. Kuorille tehtiin myös kaksivaiheisia käsittelyjä, joissa uutot tehtiin ensin 90 °C ja toisessa vaiheessa vielä korkeammassa lämpötilassa 140 °C ja 170 °C. Utteet analysoitiin antioksidantti- ja antibakteerisuusominaisuuksien suhteen käyttäen määrittelyksiin *in vitro* kuoppalevymenetelmiä. Kaikissa testeissä suhteutettuna uutteen kuiva-ainepitoisuuteen, ovat 90 °C lämpötilassa tehdyt uutot tehokkaimpia. Käytetyt männynkuoren kuumavesiuutepitoisuudet ovat hyvin tehokkaita kumpaakin antibakteerisuuskokeissa käytettyä kantaa vastaan (*E. coli* K12+pcGLS11 ja *S. aureus* RN4220+pAT19).

Pyrolyysikokeita tehtiin sekä uutetulla sekä uuttamattomalla männynkuorella. Näytteet toimitettiin pyrolyysiin uuttokokeiden jälkeen. Pyrolyyseja tehtiin yhteensä kolme ja ne toteutettiin ulkoisena palveluna (EcoMation). Pyrolyysituotteiden analysointi tehtiin Luken toimesta ja analysointiin käytettiin LecoCHNSO-menetelmää. Saaduista tuloksista selvittiin kuinka prosessin alussa tehty kuumavesiuutto vaikutti pyrolyysin saantoon ja tuotteisiin vertailemalla suoraan pyrolysoitujen ja kuumavesiuutetun männynkuoren pyrolyysisaantoja.



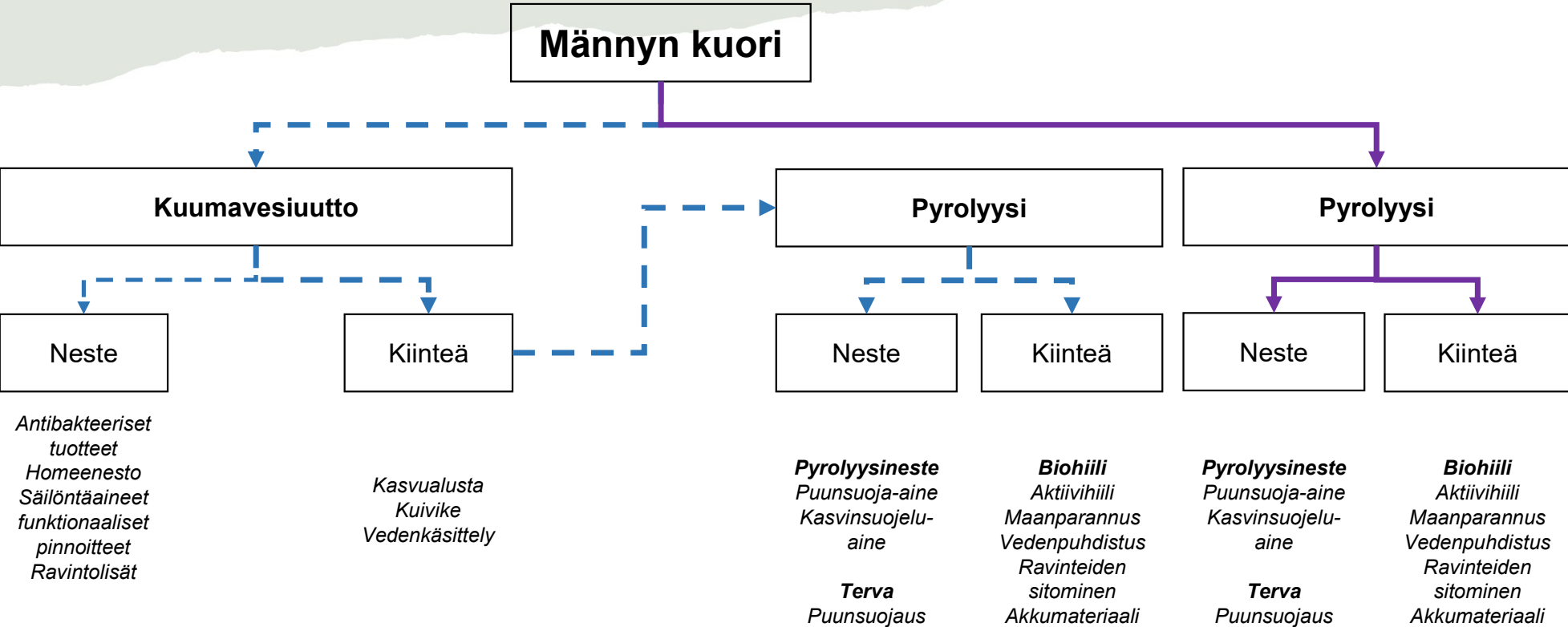
# Männynkuoresta uutolla ja pyrolyysilla saatavat tuotteet

- Hemiselluloosa uutolla sokereiksi
  - Sokerierotuksen jälkeen kasvinsuojeluaineita (happoja)
  - Mineraalipitoiset jakeet lannoitekäyttöön ja mahdollisesti erotettavat tanniinit erikoiskäyttöön
  - Hemiselluloosa muodostaa pääosin hiiltä ja sen uutto vähentää hiilisaantoa, fermentointi mahdollista
- Arvoyhdisteet kuumavesiuutolla (HWE)
  - Kasvinsuojelu ja kemikaalit
  - Antibakteeriset fenoliset yhdisteet
  - Tutkimusasetelmassa vesi-, erotus-, ja energiakustannukset korkeat
- Kiintojakeiden käyttö suoraan maanparannuksessa ja lannoituksessa sekä hiilensidonnassa mahdollista. Pyrolyysihiili parempaa, mutta vaatii tuotantopanoksia
- Selluloosa muodostaa hyvin hiiltä, mutta myös pyrolyysinesteitä.
  - Polttoaine, Biohiili tai mahdollinen jatkojalostus aktiivihiileksi
  - Selluloosa muodostaa happoja pyrolyysinesteeseen
- Ligniini muodostaa hyvälaatuista hiiltä esim. grafiitin korvaamiseen
  - Ligniiniiperäiset kasvinsuojelukomponentit pyrolyysinesteessä tervan muodossa, antioksidantit
- Pyrolyysinesteiden energiasisältö talteen biokaasuntuotannossa



**Tulot max. 500 €/t**

# Männynkuoresta kuumavesiuutolla ja pyrolyysillä saatavat jakeet (1,2)



1. LUKE 2022. Pilottitutkimukset männyn kuoren kuumavesiuutosta sekä pyrolyysistä.  
 2. Sähköposti, Hanna Lindqvist, LUKE 24.5.2023.



## **100 milj. kg kuoribiojalostamo – takaisinmaksuaika 10-20 v.**

**Alkutilanne arvio 2022:** Investointikustannus n. 80 milj. €  
Raaka-aine ja käyttökulut n. 10-20 milj. € (riippuen energiasta)  
Tuotteiden arvo n. 15 milj. €

**Lopputilanne 2032:** Tehdasinvestointi maksettu 10 v kuoletuksella  
Raaka-aine ja käyttökulut 10 milj. €  
Tuotteiden arvo n. 20-30 milj. €

### **Tuotteet:**

Hemit 10 milj. kg  
Hapot 3 milj. kg  
Hiili ja polttoaineet 30 milj. kg  
Lannoitteet 5 milj. kg  
Rehut 1-2 milj. kg  
Tanniinit 1 milj. kg  
Lisäaineet kasvinsuojeluun 10 milj. kg  
Erikoiskemikaalit 0,2 milj. kg  
Antioksidantit 0.5 milj. kg  
Jätevesi 10 milj. kg  
Työpaikat 10 kpl

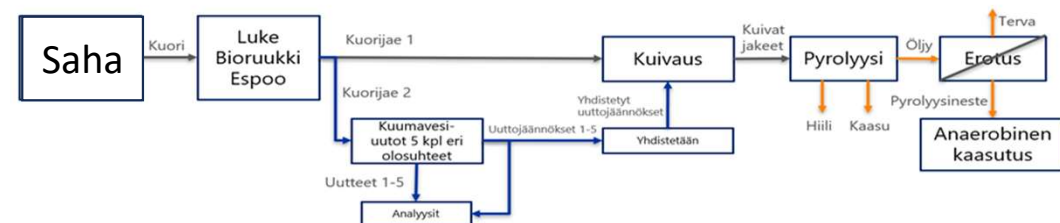
# Pilottien päätulokset ja pohdinta - Kuumavesiuutto

Pilottien raaka-aineena käytettiin puun kuorta, joka toimitettiin Luken Bioruukin toimipaikkaan keväällä 2022. Kuorimateriaalille tehtiin kuvassa esitetyt toimentpiteet keväällä 2022. Pilottien suoritus on kuvattu yksityiskohtaisesti dokumentissa (1). Seuraavassa on kuvattu tiivistettynä pilottien päätulokset.

- Kuumavesiuutto heikentää homeen kasvua materiaalissa. Tämä johtunee siitä, että uutto poistaa kuoresta ravinteita (mm. hemiselluloosaa), joita homeet tarvitsevat kasvaakseen.
- Kuumavesiuutteilla on antibakteerisia ominaisuuksia. Lämpötilassa 90 C tehdyt uutot tuottivat tässä suhteessa tehokkaimmat tulokset kantoja *E. coli* K12+pcGLS11 ja *S. aureus* RN4220+pAT19 vastaan.
- Kuumavesiuuttokäsittely pienentää kuoren vedenpidätyskykyä. Tämä johtunee siitä, että kuoresta

on uuttunut vettä sitovaa hemiselluloosaa.

- Kuumavesiuuttokäsittely tekee kuoresta vaikeammin jauhettavan materiaalin. Lisäksi kuumavesiuuttokäsittely vähentää syntyvän hienoaineen määrää jauhatuksessa.



Kuva. Pilottitutkimukset männyn kuoren kuumavesiuutosta sekä pyrolyysistä (1).

1. LUKE 2022. Pilottitutkimukset männyn kuoren kuumavesiuutosta sekä pyrolyysistä. Hiiliviisaan biotalouden innovaatioekosysteemi (HIB). 2022

# Tunnistettut jatkoselvitystarpeet

Tulosten kaupallisen hyödyntämisen kannalta on tunnistettu seuraavat jatkoselvitystarpeet.

## **Prosessien optimointi**

Prosessin optimoimiseksi on tarpeen toteuttaa kokeita, joiden avulla selvitetään mm. eri uuttolämpötilojen vaikutusta pyrolyysituotteiden ominaisuuksiin.

## **Demonstraatio**

HIB –hankkeen aikana toteutettiin pilottimittakaavan tutkimukset, joista saatiin alustavaa tietoa tuotemahdollisuuksista, massa- ja energiataseesta ja prosessien parametreista. Seuraavassa vaiheessa on tarpeen toteuttaa demonstraatiomittakaavan tutkimus, jossa tuotetaan tuotejakeita mahdollisille yhteistyökumppaneille testausta varten.

## **Teknistaloudellinen arvio**

HIB –hankkeen aikana on toteutettu alustava feasibility study männynkuoren jalostamisesta kuumavesiuuton ja pyrolyysin kautta. Männynkuoren biojalostamon jatkokehittäminen on järkevää toteuttaa laatimalla demonstraation pohjalta kattava teknistaloudellinen arvio sekä arvio prosessien skaalautuvuudesta. Alustavasti kuumavesiuutto ja siitä syntyvän kiintoaineen pyrolyysi vaikuttaa kiinnostavimmalta reitiltä.

## **Markkinaselvitys**

Kuumavesiuuton ja pyrolyysin tuloksena syntyvien jakeiden kaupallistamismahdollisuuksien tunnistusta varten on syytä tehdä markkinaselvitys, jossa arvioidaan jokaisen tuotejakeen markkinoiden koko ja sijainti, toimijat, trendit ja muut kaupallistamiseen vaikuttavat tekijät.

## **PESTEL**

Osa männynkuoren käsittelystä syntyvistä jakeista voi törmätä kaupallistamisen haasteisiin (esim. REACH tai elintarvikelainsäädännön vuoksi). Tämän takia on syytä laatia tulosten osalta PESTEL-analyysi, jossa kuvataan poliittiset, taloudelliset, sosiaaliset, tekniset, ympäristöön liittyvät ja lailliset näkökulmat jokaisen mahdollisen tuotteen osalta.

## **IPR-selvitys**

Tulosten patentoitavuus tulee selvittää, jotta tunnistetaan mahdolliset IPR-tarpeet ja toiminnanvapauden rajoitukset.

# Kaupallinen hyödyntäminen, yhteenveto

## PUUN KUOREN UUTTEET

Puun kuoresta uutettuja polyfenoleita ja hemiselluloosaa on tutkimusten mukaan mahdollista käyttää elintarvikkeissa mm. aromiaineina (tanniinit porosipseissä), lisäaineina (hemiselluloosa emulsioissa) tai bioaktiivisissa pakkauksissa (heksanaalit).

Mahdollisia hyödyntäjiä: Paikallinen elintarviketuotanto (meijerit, lihanjalostus).

Tärkeää: Elintarviketurvallisuus, luvat

Puun kuoren bioaktiivisilla komponenteilla voi olla sovelluksia lääke- tai kosmetiikkakäytössä.

Mahdollisia hyödyntäjiä: Lääketeollisuus, kosmetiikkateollisuus

Tärkeää: Turvallisuus, luvat, kokeet eri sovelluksissa

Puun kuoresta kuumavesiuutolla saatava nestefaasi eli uute voi myös soveltua erilaisiin antimikrobisiin tuotteisiin, kuten pinnoitteisiin, säilöntäaineisiin, lahon- ja homeenestoaineisiin, torjunta-aineisiin, biosideihin, kyllästeisiin tai puunsuoja-aineisiin.

## PUUN KUOREN KIINTEÄ UUTTOJÄÄNNÖS

Uuttojännöksestä saatava kiinteä faasi eli uuttojäännös voi soveltua mm. kasvualustaksi tai kuivikkeeksi.

Mahdollisia hyödyntäjiä: Lannoitevalmistajat, kuivikevalmistajat

Tärkeää: Kasvukokeet, uuttolämpötilan vaikutus vedenpidätyskykyyn

## PUUN KUOREN UUTTOJÄÄNNÖKSEN PYROLYYSI

Uuttojännöksestä saatava kiinteä faasi eli uuttojäännös voidaan käsitellä edelleen pyrolyysillä. Pyrolyysistä saatava nestefaasi eli pyrolyysineste voi soveltua kasvinsuojeluaineeksi tai puunsuoja-aineeksi.

Mahdollisia hyödyntäjiä: Sahateollisuus, puutuoteteollisuus

Tärkeää: REACH, kokeet eri sovelluksissa

Pyrolyysistä saatava kiinteä faasi on ns. biohiiltä, jonka ominaisuudet vaihtelevat lähtömateriaalin ja käsittelyolosuhteiden mukaan. Biohiillelle voisi löytyä käyttökohteita maanparannusaineena sekä vedenpuhdistuksessa, joissa hyödynnetään biohiillelle ominaista huokoisuutta ja ravinteiden sitomiskykyä. Naturpoliksen muissa hankkeissa selvitetään myös mädätysjännökseen ja puun kuoren kiintoaineen käyttöä biohiilen valmistuksessa.

Mahdollisia hyödyntäjiä: Lannoitevalmistajat, kuivikevalmistajat, metsälannoitus (paikallinen hiilikompensaatiomalli), vedenpuhdistuskemikaalien valmistajat

Tärkeää: Kasvukokeet, lisätutkimukset biohiilen ominaisuuksien muutoksista käsittelyolosuhteiden mukaan



## Ota yhteyttä

Ville Happonen  
ville.happonen@naturpolis.fi  
Puh. 040 674 0632

Jaana Määttä  
jaana.maatta@naturpolis.fi  
Puh. 040 735 1236