

# Lisää arvoa metsistä – terveistä puista uusiin materiaaleihin

Kyösti Ruuttunen  
Erikoistutkija, Luonnonvarakeskus

Eeva Vainio  
Tutkimusprofessori, Luonnonvarakeskus

Metsäpäivät 23.10.2025



# Luke, metsien terveys ja uudet materiaalit

- Luken vahvuus: tutkimus arvoketjun kaikissa vaiheissa - alkutuotannosta valmiisiin tuotteisiin
- **Periaatteet**
  - Terveet puut → tuottava metsä
  - Paikallisten raaka-ainevirtojen hyödyntäminen
  - Kaskadiprosessointi
- **Metsävarojen tehokas käyttö** edellyttää hakkuissa ja teollisissa prosesseissa syntyvien sivuvirtojen hyödyntämistä
  - Mahdollisia arvokkaiden tuotteiden raaka-aineita
  - Lisäarvoa metsästä ilman lisähakkuita
  - Kestäviä tuotteita korvaamaan fossiilisista lähteistä valmistettavia materiaaleja
  - Suorien CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentäminen



# **Luken innovaatioita: Sivuvirrat arvotuotteiksi!**

Kyösti Ruuttunen  
Erikoistutkija, Luonnonvarakeskus

# Havunneulasten kaskadiprosessointi: Vahvoja, värejä ja vaikuttavia aineita kosmetiikkaan

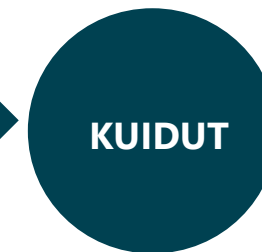
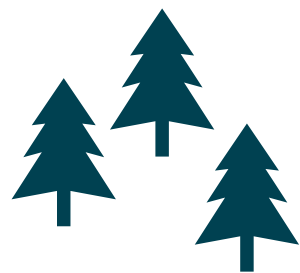
Neulasten erotus

Kuivausolosuhteet

Uuton olosuhteet: lämpötila, aika, paine, liuotin

Mikrobien hallinta

Väli- ja lopputuotteiden laatu



Jarkko Mikkonen



Markkinaennuste:

- kasviperäinen kosmetiikka ~21 mrd USD (2025)

# Nestemäinen puutarhakate: Sivuvirrat kitkemään!

- Kate = puutarhoissa ja taimitarhoilla käytettävä peittävä kerros rikkaruohojen kasvun hillitsemiseen
  - Useimmiten musta muovikalvo
- Nestemäinen puutarhakate:
  - Täysin biohajoava kuitususpensio
  - Helppo levittää (pumppu, letku, suutin)
- Taimitarhojen tuotannon arvo ~88 mrd USD (2019)
- Nestemäisen puutarhakatteen resepti:  
**nollakuitu + pyrolyysineste + vesi → nestemäinen kate**
- Raaka-aineet paperi- ja kartonkitehtailta sekä pyrolyysiprosessista



Kuvassa vasemmalla muovikalvo ja oikealla biohajoava nestemäinen kate levitettynä nurmikolle (kokeen kesto 3 kk)

Lisätietoja:  
johtava tutkija  
Kimmo Rasa

# Kuoribiojalostamo: Arvokas raaka-aine tuotteiksi, ei savuna ilmaan!

Sivuvirta:  
Havupuun  
kuori



Erkki Oksanen

Utto



Erkki Oksanen

Kuidutus

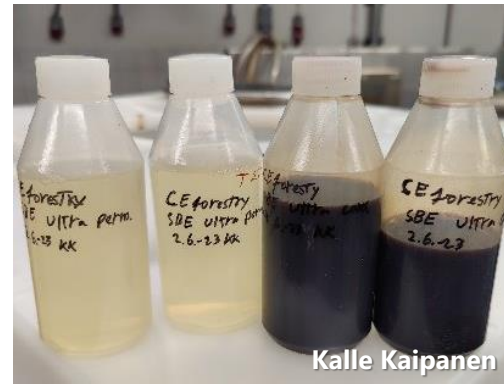


Jarkko Mikkonen

## Havupuun kuori

- ~2 milj. t/a (k-a)
- Sellutehtaat, sahat, vaneritehtaat

Lisätietoja:  
erikoistutkija  
Kyösti  
Ruuttunen



Kalle Kaipainen

## Vesiuute

- Sisältää mm. tanniineja  
→ parkitseminen, mikrobien torjunta
- Kuusen kuoresta ~50 000 t vuodessa  
→ ~80 milj. euroa



Torni-Filmi Oy

## Keittoliemi

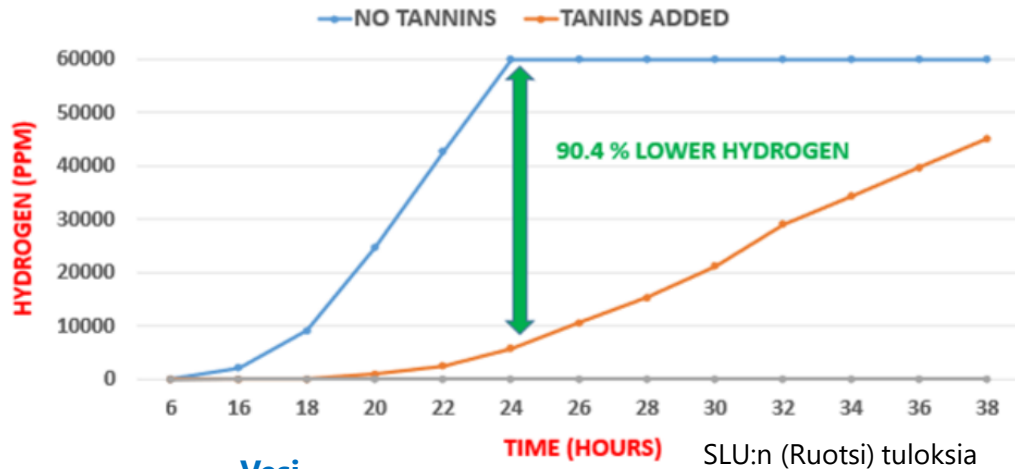
- Liuos, jossa mm. ligniiniä  
→ bioöljy, biohiili,  
fenoliset yhdisteet

## Kuitutuote

- Yli 500 000 tonnia kuitua vuodessa
- Paperia ja kartonkia pakkauksiin, kuitulevyä rakennusmateriaaliksi
- Vuotuinen arvo satoja miljoonia euroja

# Tanniineja nahan parkitsemiseen ja mikrobien hallintaan

- Teollisuudessa 80–90 % nahasta parkitaan yleensä kromi(III)-suoloilla
- Kaupallisia kasviperäisiä tanniineja on myös markkinoilla
  - Quebracho (Etelä-Amerikka)
  - Mimosa (Etelä-Amerikka, Etelä-Afrikka ja Australia)
  - Globaali markkina-arvo noin miljardi euroa
- Kuusen kuoren tanniini toimii, laajamittainen käyttö vaatii tutkimusta



Vesi  
Kuusen kuoriuute

- Paperinvalmistuksessa kierto-vesien mikrobit ongelmana → biofilmit, myrkylliset kaasut
- Tanniiniuutteet vähentävät muodostuvan kaasun määrää

# Lähteitä ja lisätietoa

## Lisäarvoa metsistä (erit. kuorisivuvirrasta)

- Österberg, M. *et al.* 2024. From timber to medicine – Value added for the forest sector through broadening the product portfolio. Report of the Finnish Forest Bioeconomy Science Panel 1/2024, Helsinki.
- Lintunen, J. *et al.* 2024. 2035 Vision: Doubling the Value Added of Finland's Forest sector. Luke, Helsinki.
- Muilu-Mäkelä, R., *et al.* (ed.) 2024. Valuable biochemicals of the future: The outlook for biobased value-added chemicals and their growing markets. Luke, Helsinki.
- Ruuttunen, K. 2025. Blogi.

## Antibakteerisuuden mittausmenetelmä (bioluminenssi, *E. coli* ja *S. aureus*)

- Jyske, T. *et al.* 2023. Inspired by nature: Fiber networks functionalized with tannic acid and condensed tannin-rich extracts of Norway spruce bark show antimicrobial efficacy. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1171908. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1171908>

## Tutkimusprojektien verkkosivuja

- Nature2Bond: täysin biopohjainen liima mekaanisen puunjalostuksen tuotteille (vaneri, kuitu- ja lastulevyt)
- BIO4P: vahoja, tuoksuja, värejä ja vaikuttavia aineita mm. kosmetiikkaan havunneulasista ja luonnonmarjoista
- Nestemäinen puutarhakate
- CEforestry: tanniineja havupuun kuoresta ja vaikuttavia aineita havunneulasista
- SUSBINCO (päättynyt 2024), COCOBIN (2024-2026): kartonkituotteiden pinnoitteita tuohesta (suberiini)

# Juurikäävän torjunta ja lahontunnistus

Uudet mikrobipohjaiset ratkaisut ja hakkuukonedataan perustuvat menetelmät auttavat torjumaan tyvilahoa ja vaalimaan puuraaka-aineen laatua ja metsien terveyttä

Eeva Vainio

Tutkimusprofessori, Luonnonvarakeskus



# Juurikäpää on merkittävin vahinkojen aiheuttaja metsissämme

Tuhoaiheuttaja	Kustannus, miljoonaa euroa
Kuusenjuurikäpää, suorat kustannukset	51,0 <sup>a)</sup>
Kuusenjuurikäpää, epäsuorat kustannukset	0,23
Männynjuurikäpää	0,47–4,40 <sup>b)</sup>
Tervasroso	3,50 <sup>a)</sup>
Kirjanpainaja	4,58–11,89
Tukkimiehentäi	0,78–29,08 <sup>c)</sup>
Mäntypistiäiset	2,78 <sup>a)</sup>
Myyrät	0,70–5,80 <sup>d)</sup>
Hirvieläimet, pääasiassa hirvi	6,57–24,26 <sup>e)</sup>
Tuulituhot	8,78–13,16 <sup>a),f)</sup>
Lumituhot	2,13–2,69 <sup>g)</sup>
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>81,52–148,79</b>



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2023

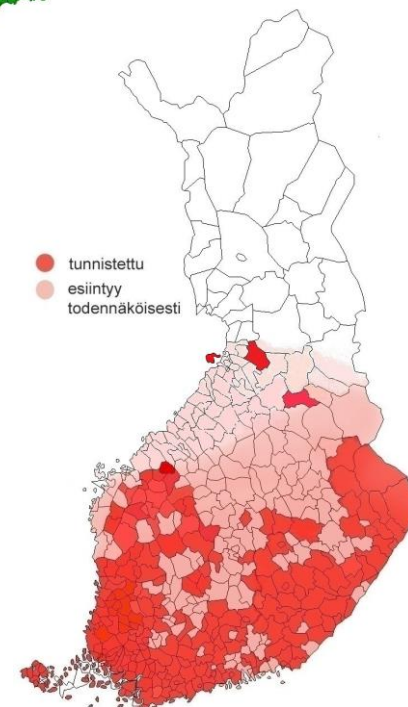
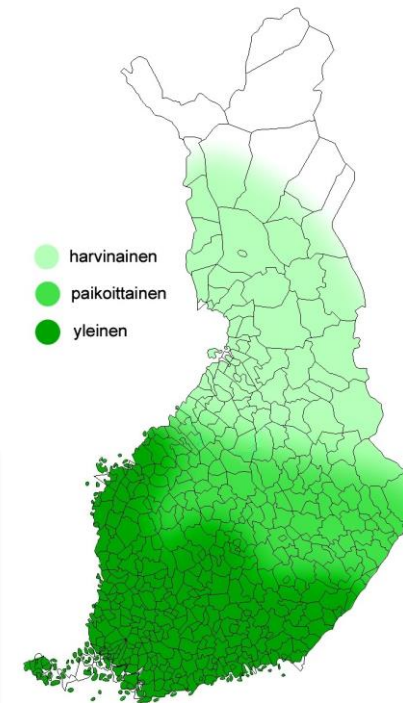
## Metsätuhojen kokonaisvaltainen arviointi

METKOKA-hankkeen loppuraportti

Jarkko Hantula, Anssi Ahtikoski, Juha Honkaniemi, Otso Huitu, Mikko Härkönen, Juha Kaitera, Matti Koivula, Kari T. Korhonen, Andreas Lindén, Jussi Lintunen, Jaana Luoronen, Juho Matala, Markus Melin, Ari Nikula, Mikko Peltoniemi, Tuula Piri, Tapio Räsänen, Juha-Antti Sorsa, Markus Strandström, Jussi Uusivuori ja Tiina Yliöja



- harvinainen
- paikoittainen
- yleinen



- tunnistettu
- esiintyy todennäköisesti



Ilmastonmuutoksen odotetaan lisäävän juurikäpätuhoja ja laajentavan sen esiintymisaluetta pohjoiseen päin

# Tavoitteet

- Jatkuvapeitteisen havupuumetsän kasvatuksen mahdollistaminen
- Puutavaran laatutappioiden vähentäminen
- Täsmämetsätalouden edistäminen: puulajivalinta ja metsänhoidon toimenpiteiden kohdentaminen
- Yhteisvaikututusten hillintä: kaarnakuoriaistuhot, myrskytuhot
- Kestäviä taimia juurikäpää vastaan
- Tehokkaammat hiilinielut ja -varastot ilman lahoa



# Miksi nykyiset torjuntakeinot eivät riitä?

## Itiövälitteisen tartunnan estäminen

## Sairastuneen metsikön parantaminen

### Talviaikaiset hakkuut



- ei käytännöllistä: logistiikka- ja kannattavuus

### Kantokäsittely

- käsittely urealla tai Rotstopilla on lakisääteistä



- Ei tehoa jos juurikäpää jo metsikössä (huom CCF)
- Olosuhde-herkkyys, suometsät, pohjoinen

### Lehtipuusukupolvi

- Puhdistaa kasvupaikan juurikäävältä



- Hankaluutena hirvituhot, kannattavuus

### Kannonnosto

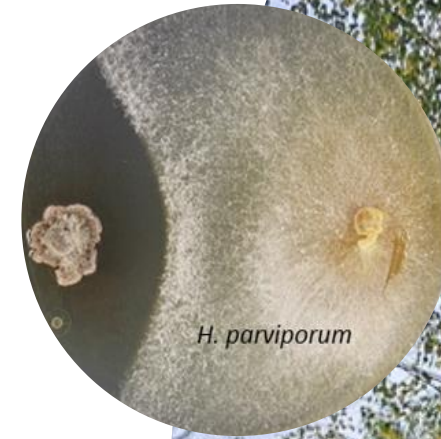
- Vähentää juurikäävän tartuntalähteitä



- Ei tehoa kunnolla (juurenpaloja jää)
- Ei ekologisesti kestävä vaihtoehto

# Vastustuskykyisempää taimiainesta

- Sienimikrobeja taimien terveyden edistämiseen (S. Sutela, E. Terhonen)
  - Lukessa kartoitetaan juuristosieniä, jotka voisivat estää juurikäävän kasvua tai edistää taimien juurten muodostumista
  - Tavoitteena on kehittää kaupallinen biostimulantti taimitarhoille parantamaan puuntaimien terveyttä
- Männyn resistenssijalostus (S. Varis, T. Aronen ym.)
  - Luke tutkii kasvullisen lisäyksen mahdollisuuksia paremmin juurikäpää mahdollisesti kestävien, enemmän stilbeenejä tuottavien mäntyjen lisäämisessä
  - Taustalla useita hankkeita, joissa on tutkittu männyn uuteaineiden tuotantoa, sen periytymistä ja yhteyttä puiden ja puuaineen kestävyysominaisuuksiin.



# Tehokkaampaa lahontunnistusta

M. Peltoniemi Mikko, J. Honkaniemi, E. Holmström

- Hakkuukonetietoa juurikäävän täsmätorjuntaan
  - ✓ Katkontatiedoista voidaan tunnistaa juurikäävän lahottamat rungot, mikä auttaa paikantamaan saastuneet alueet leimikoissa
  - Karttoja voidaan hyödyntää metsänhoidon päätöksenteon tukena puulajivalinnoissa tai torjuntatoimien suunnittelussa



Kuva: Erkki Oksanen/Luke

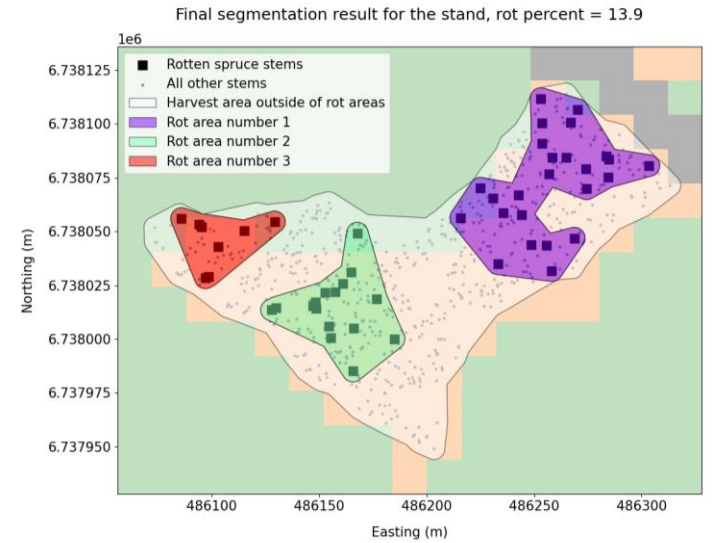
Lahontunnistus  
hakkuukonedatasta  
(HPR)

Datan  
avoimuus?

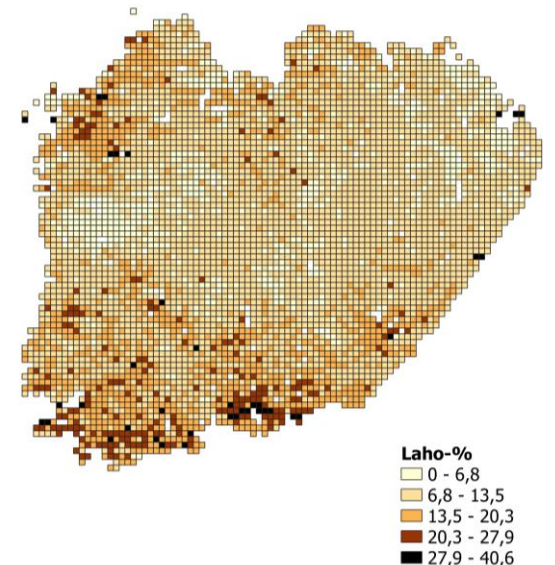
Kustannustehokas uudistamis- ja  
torjuntamenetelmä

Juurikäävän riskikartta

Metsänomistajaneuvonta  
Tietoa uudistamisen ja torjunnan neuvontaan.  
Karttamuotoista riskitietoa.

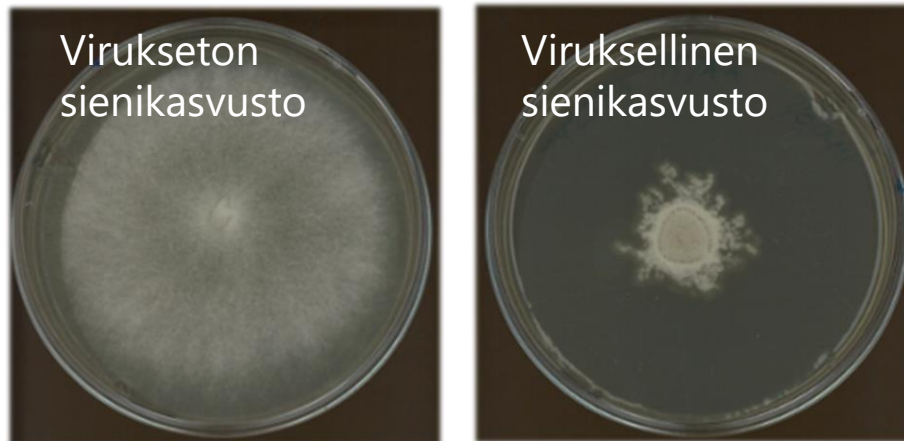


Tyvilahojen kuusirunkojen osuus  
hakatuista kuusitukeista 2019-2022

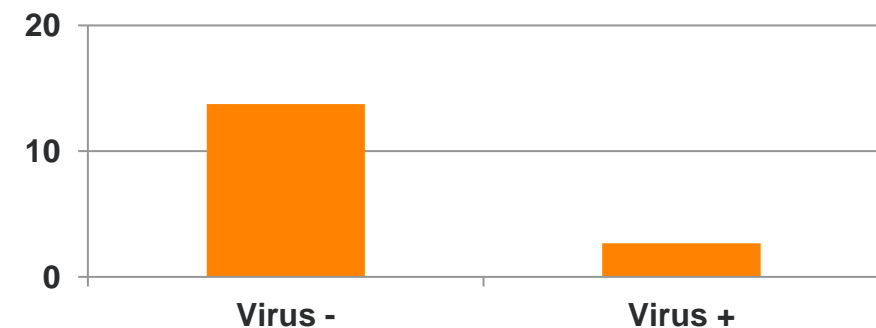
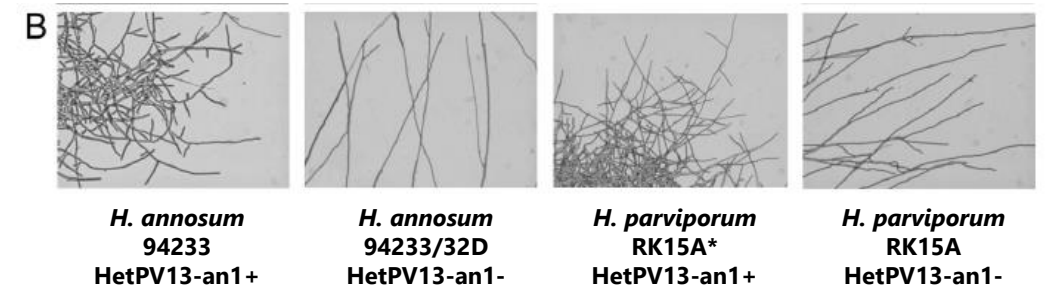


# Uusia innovaatioita juurikäävän torjuntaan

- Sienillä esiintyy yleisesti viruksia, myös juurikäävällä satoja erilaisia
- Lukessa löydetty myös juurikäävälle haitallisia viruksia: HetPV13-an1 ja HetPV15-pa1
  - Hidastavat juurikäävän kasvua kasvatusmaljalla ja muuttavat rihmaston kasvutapaa
  - HetPV13-an1 vähensi merkittävästi juurikäävän kasvunopeutta elävän kuusen rungossa
- ➔ Männynjuurikäävällä runsaasti viruskestävyyttä
  - uusia torjuntaviruksia kartoitetaan juurikäävän heikosti leviävistä tautipesäkkeistä



Vainio ym., 2018: J. Virol. 92, e01744-17

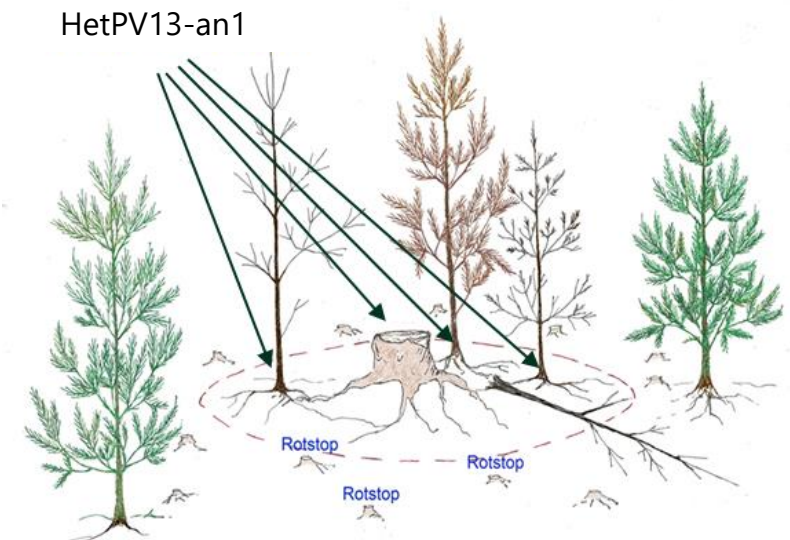


# Virukset juurikäävän torjuntaratkaisuna: kenttäkokeita

- Virus tehosti harmaaorvakan vaikutusta männynjuurikäävän saartamisessa (Piri ym. 2023, Biol. Contr. 184, 105623)
  - ✓ Nuorten männiköiden tyvitervaspesäkkeitä ympäröivät puut kaadettiin ja käsiteltiin biologisella kantokäsittelyaineella; viruksen lisäys kantoihin vähensi juurikäävän tarttuvuutta ympäröiviin taimiin
- Elävien 10-vuotiaiden kuusten tartutuskokeessa virukset hidastivat juurikäävän kasvua mantopuussa jopa 41 % ja pienensivät juurikäpävaurioita (Kashif ym. 2024, Biol. Contr. 198,105633)
- Virusten leviämistehokkuutta on tutkittu maasto-olosuhteissa tuoreessa kuusipuussa sekä hakkuualojen kannoissa ja se on osoitettu molemmissa tapauksissa riittäväksi (Kashif ym., käsikirjoitus)

	Percent of infected trees	
	Not treated	3
P. Gigantea	30,7	
P. gigantea + virus	24,9	
Control, no treatment	42,1	

10,8\*  
3,3\*



Kuva: Tuula Piri

# Virusavusteisen torjunnan periaate

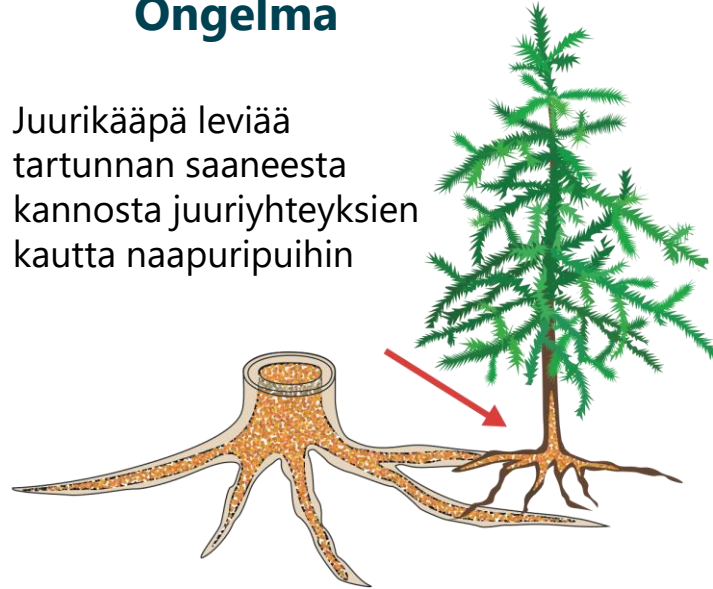
Lukella on patentti kahden viruksen yhteiskäytöstä havupuiden juuri- ja tyvilahon torjuntaan

- Soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa halutaan havupuujatkumo (karut kasvupaikat, jatkuva kasvatus)
- Myös kansainvälisiä sovelluksia on kehitteillä (Pohjoismaat, Pohjois-Amerikka)

➔ **Menetelmän tuotteistaminen vaatii vielä kehitystyötä: tuotannon skaalaus, levitystapa**

## Ongelma

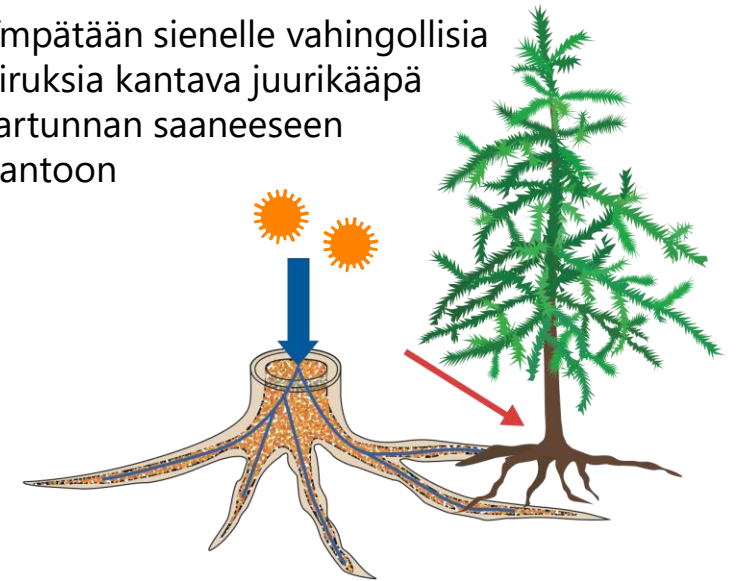
Juurikäpää leviää tartunnan saaneesta kannosta juuriyhteyksien kautta naapuripuihin



Juurikäpää sairastuttaa tartunnan saaneet puut: kuuset lahoavat ja männyt kuolevat

## Ratkaisu

Ympätään sienelle vahingollisia viruksia kantava juurikäpää tartunnan saaneeseen kantoon



Virukset leviävät puun juuristoon heikentäen siellä olevan juurikäävän

Sieni ei pysty tartuttamaan uutta puusukupolvea ja metsä säilyy terveenä

Kuva: Hantula J & H-M

**Kiitos mielenkiinnostanne!**



luke.fi