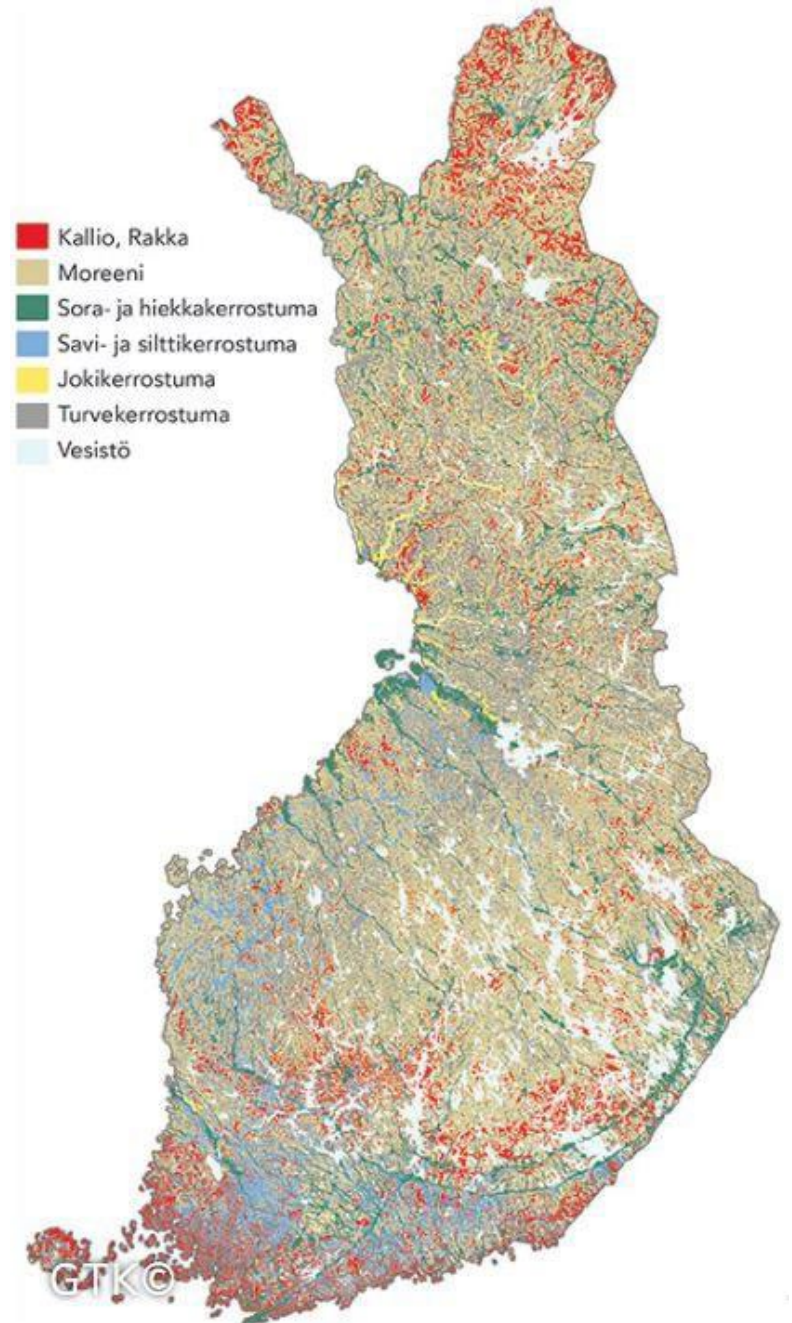


Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa

Kirjallisuuskatsaus

Hannu Ilvesniemi, tutkimusprofessori



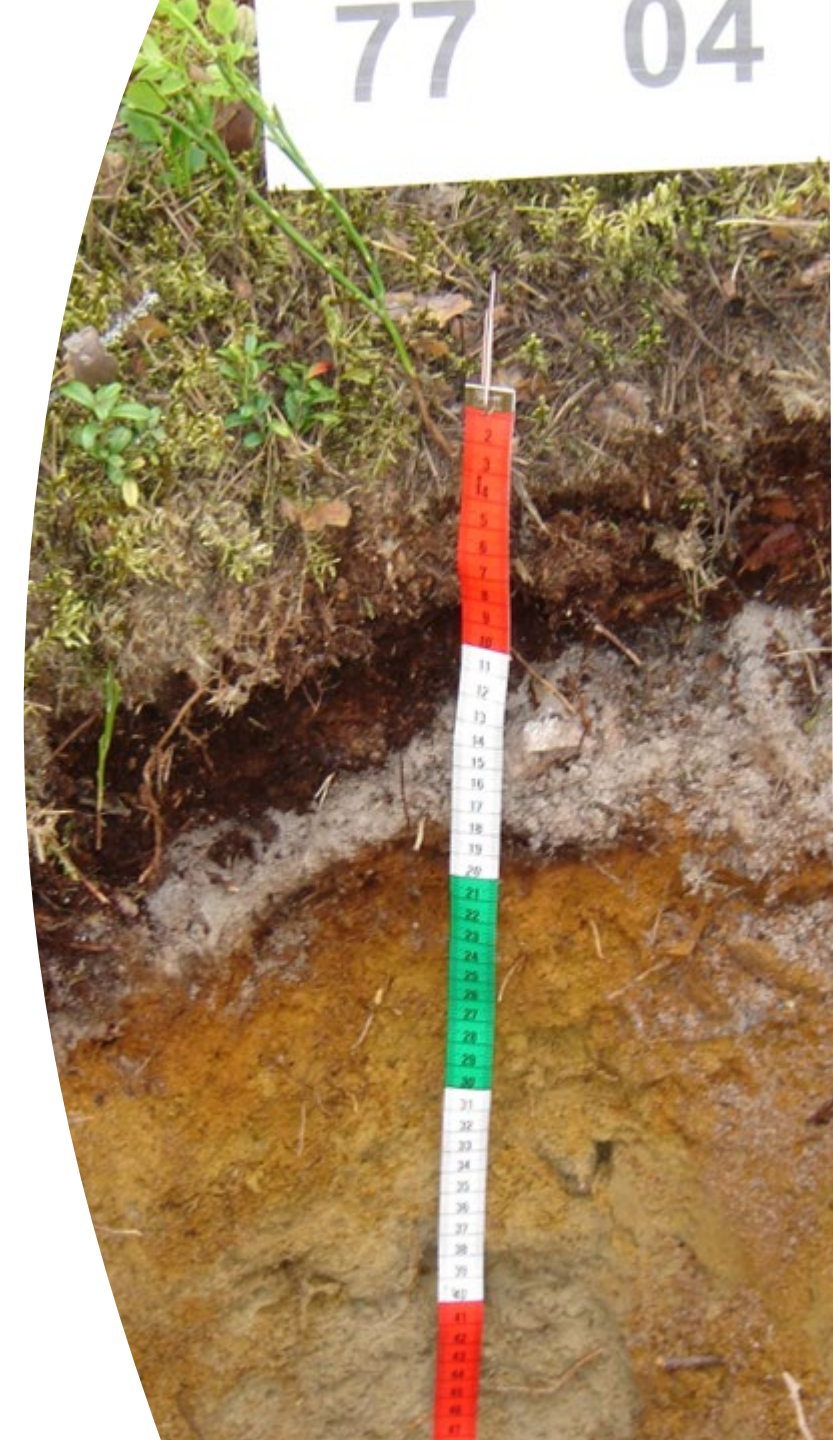
Toimittaja-kirjoittajat

Hannu Ilvesniemi ja Tarja Lehto

Muut kirjoittajat

Anssi Ahtikoski, Henrik Heräjärvi, Jari Hynynen, Hannu Hökkä, Mikko Kukkola, Mikko Kurttila, Raija Laiho, Antti-Jussi Lindroos, Juho Matala, Eero Mikkola, Mika Nieminen, Heikki Nuorteva, Sirpa Piirainen, Pasi Rautio, Tarmo Rätty, Hannu Salminen, Aino Smolander, Päivi Väänänen

Raportti on suomenkielinen, ja sen kohderyhmiä ovat sekä tutkijat, metsäammattilaiset että suuri yleisö. Raportti julkaistaan marraskuussa 2022.



Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa

1. Kasvinravinteet ja niiden riittävyys eri kasvupaikoilla
2. Ympäristömuutokset ja ravinteet
3. Lannoitelajit ja niiden ominaisuudet
4. Lannoituksen ajoitus
5. Vaikutukset maahan ja huuhtoutuminen vesistöihin
6. Puuston lannoituksen kasvuvasteet kivennäismailla
7. Puuston lannoituksen kasvuvasteet turvemailla
8. Hiilinieluvaikutukset



Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa

9. Taloudellinen kannattavuus
10. Puun laatu
11. Vaikutukset biodiversiteettiin
12. Vaikutukset marjoihin ja sieniin
13. Vaikutukset metsätuholaisiin
14. Vaihtoehtoisia tapoja lisätä ravinteiden saatavuutta
15. Elinkaaritarkastelu
16. Yhteenveto ja johtopäätökset



Typpilannoitteen huuhtoutuminen

- Tutkimusten mukaan lannoitetyyppeä huuhtoutuu jonkin verran nitraattityypinä, mutta riski vesistöille on pieni, kun noudatetaan suosituksia: typpeä 150 kg ha⁻¹ 10 vuoden välein (Hedwall ym. 2014).
- Lannoitus voi kuitenkin näkyä korkeina pitoisuuksina valumavedessä heti lannoituksen jälkeen (Sundnes ym. 2020, Futter ym. 2019, Hedwall ym. 2014, Nohrsted 2001) ja lannoitushistoria voi näkyä korkeampina pitoisuuksina päätehakkuun jälkeen (Hedwall ym. 2014, Nohrsted 2001).



Fosforilannoitteen huuhtoutuminen kivennäismailta

Fosforin huuhtoutuminen ei ole ongelma kivennäismailla (Saura ym. 2005, Göthe ym. 1993). Tämä johtuu siitä, että kangasmaiden podsolimaannoksen rauta- ja alumiiniyhdisteet pidättävät fosforia erittäin hyvin (Väänänen ym. 2008).



Fosforilannoitteen huuhtoutuminen turvemailta

- Jo pitkään on tiedetty, että lannoitus turvemaille lisää fosforihuuhtoumia siksi, että etenkin viljavuudeltaan karujen kohosoiden turpeessa on hyvin vähän fosforia pidättäviä alumiini- ja rautayhdisteitä. Toinen tekijä on, että turve on yleensä hyvin hapanta. Tämä aiheuttaa sen, että sinänsä hidasliukoisista lannoitteistakin fosfori vapautuu selvästi nopeammin kuin puusto ja muu kasvillisuus sitä pystyy hyödyntämään (Nieminen ja Jarva 2000).
- Hidasliukoisimpia fosforilannoitteita ovat kalsiumfosfaattilannoitteet, joita on yleisesti käytössä. Silti näistäkin fosfori liikenee happamissa oloissa kemiallisesti myös silloin, kun kasvillisuus ei sitä pysty hyödyntämään.



Kaliumin puutoksen vaikutus muiden ravinteiden huuhtoutumiseen

- Vielä julkaisemattomat tutkimustulokset viittaavat siihen, että lannoituksella voitaisiin vähentää ravinnehuuhtoumia myös siksi, että ojitusalueilla hyvin yleisessä kaliumin puutos-tilanteessa puusto ja muu kasvillisuus ei pysty hyödyntämään turpeesta hajotuksen kautta vapautuvaa typpeä ja fosforia (M. Nieminen, julkaisematon).
- Kaliumin puutteen yleistyminen ja puutostilojen pieneneminen ajan myötä voi olla yksi tekijä siinä, että ojitusalueilta tulevien ravinnehuuhtoumien on havaittu lisääntyneen (Nieminen ym. 2017, 2018, Räike ym. 2019).
- Tasapainoisen ja toisaalta epätasapainoisen turpeen ravinnetilan vaikutuksia ravinnehuuhtoumiin pitäisi selvittää sekä kokeellisesti että mallintamalla.



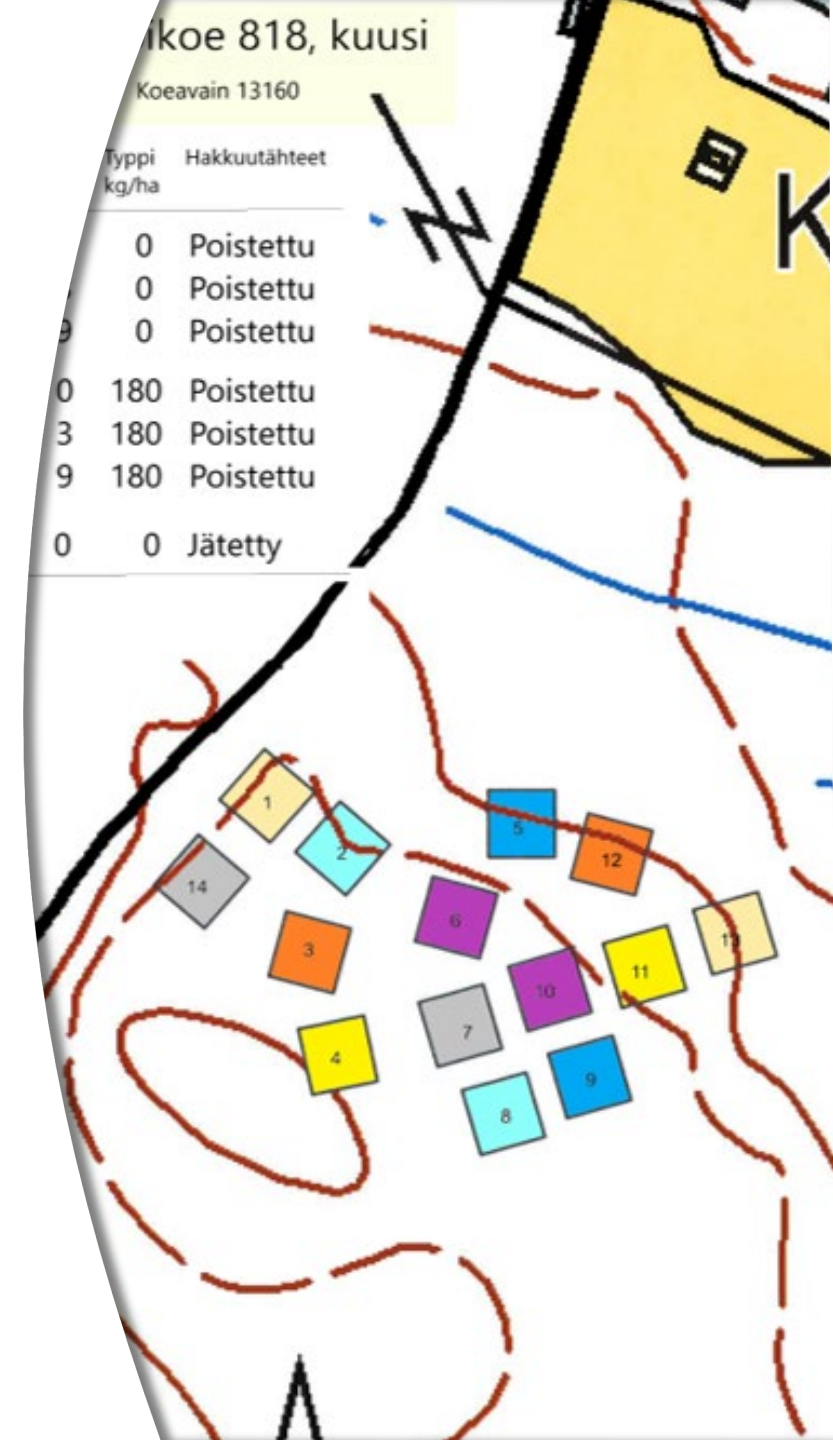
Typpilannoitus ja orgaanisen aineen huuhtoutuminen

- Typpilannoitus lisää metsän biomassaa ja myös karikkeen määrää, jolla voi olla vaikutusta orgaanisen aineksen huuhtoutumiseen ja veden väriin. Risfalletin valuma-alue tutkimuksessa liukoisen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuus purovedessä kasvoi 4 vuoden jälkeen lannoituksesta ja vesi tummui jo 2 vuoden jälkeen (Lundin & Nilsson 2021).



Toistuvat lannoitukset

- Toistuvatkaan typpilannoitukset (typpeä yhteensä 600 kg/ha) eivät aiheuttaneet pitempään (yli 5 v) jatkuvia muutoksia männikön vajoveden typpipitoisuuksissa Ruotsissa (Nohrstedt 1998). Hedwall ym. (2014) arvioivatkin, että käytännön metsätaloudessa käytetty typpimäärä eli 100–150 kg/ha kertaalleen tai korkeintaan kaksi kertaa kiertoajan kuluessa levitettynä aiheuttanee korkeintaan väliaikaisen matalan nitraattitypen piikin varttuneiden metsien vajovedessä, koska metsäpuut ovat typpirajoitteisia ja typen pidätyskyky metsämaassa on korkea.



Johtopäätökset

- Kivennäismailla tehtävät typpilannoitukset lisäävät puuston kasvua ja metsikön hiilen sidontaa. Vaikutukset huuhtoutuvan typen määrään ovat vähäiset.
- Turvemailla fosforin ja kaliumin saatavuuden parantaminen lannoituksella lisäävät puuston kasvua merkittävästi. Käyttämällä hidasliukoisia fosforiyhdisteitä huuhtoutuvan fosforin määrä voidaan pitää alhaisena.
- Lannoituksen kasvu- ja ekosysteemivaikutuksia selvittävien pitkäaikaisien koesarjojen seuranta on tärkeää jatkaa ja samalla perustaa uusia koesarjoja



Kiitos!



Metsäpäivät 27.10.2022

Metsänlannoituksen vaikutus puuntuotokseen ja tuottoon

Jari Hynynen, Hannu Hökkä, Soili
Haikarainen, Anssi Ahtikoski

Luonnonvarakeskus

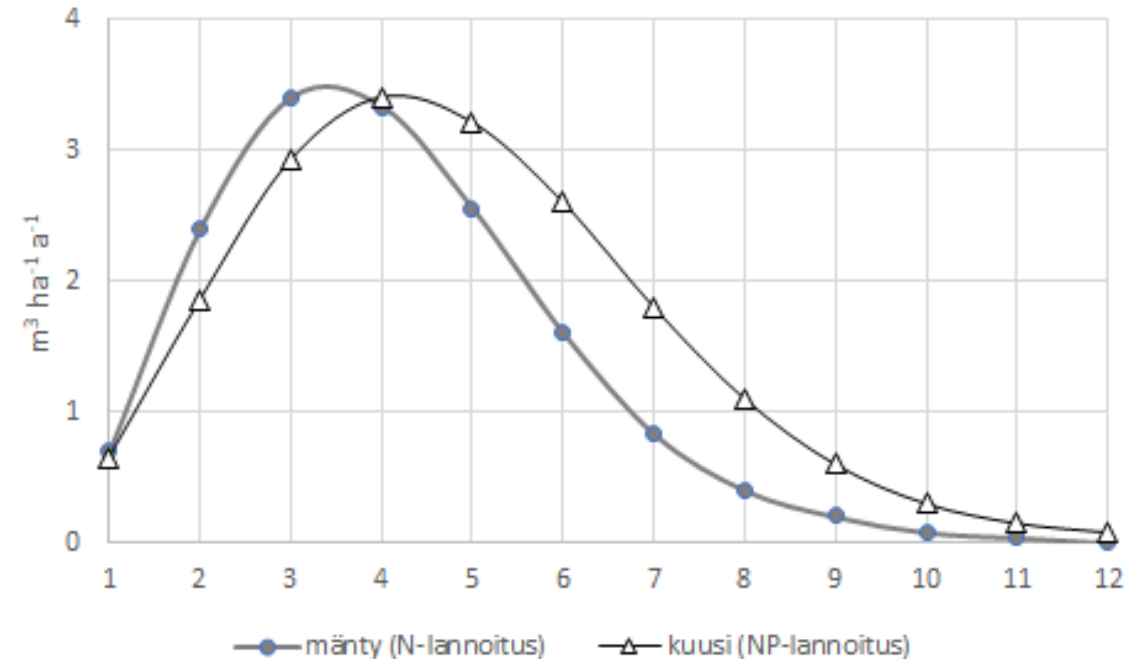


Lannoituksen vaikutus
puuston kasvuun
kivennäismailla



Lannoituksen kasvureaktio kangasmailla

- Kangasmaiden typpilannoitus lisää parhaimmillaan puuston vuotuista tilavuuskasvua 30–40 %
- Kertalannoituksen (N ja NP) vaikutusaika on mänyllä 6–8 v. ja kuusella 8–10 v.
- Typpi+tuhka-lannoitteella vaikutusaika on selvästi pidempi
- Kertalannoituksella voidaan lisätä tuotosta parhaimmillaan n. 20 m³
- Parhaat lannoituskohteet kangasmailla ovat hoidetut ja hyvinvoivat kuivahkon kankaan männiköt sekä tuoreen kankaan kuusikot ja männiköt



Lähde: Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 114. 55 s.

Kasvatustalouden kannattavuus

- Metsänomistajalle lannoitus on ollut yksi kannattavimmista metsänkasvatustoimista
- Lyhytaikainen sijoitus, jossa sijoitettu pääoma realisoituu jo seuraavassa hakkuussa
- Lannoitus kannattaa ajoittaa n.10 vuotta ennen harvennusta tai päätehakkuuta
- Investoinnin sisäinen korko tähän saakka on ollut 10–20%
- Lannoitteiden hintojen nousun seurauksena kannattavuus pudonnut puoleen entisestä



Lannoituksen vaikutus
puuston kasvuun
turvemailla



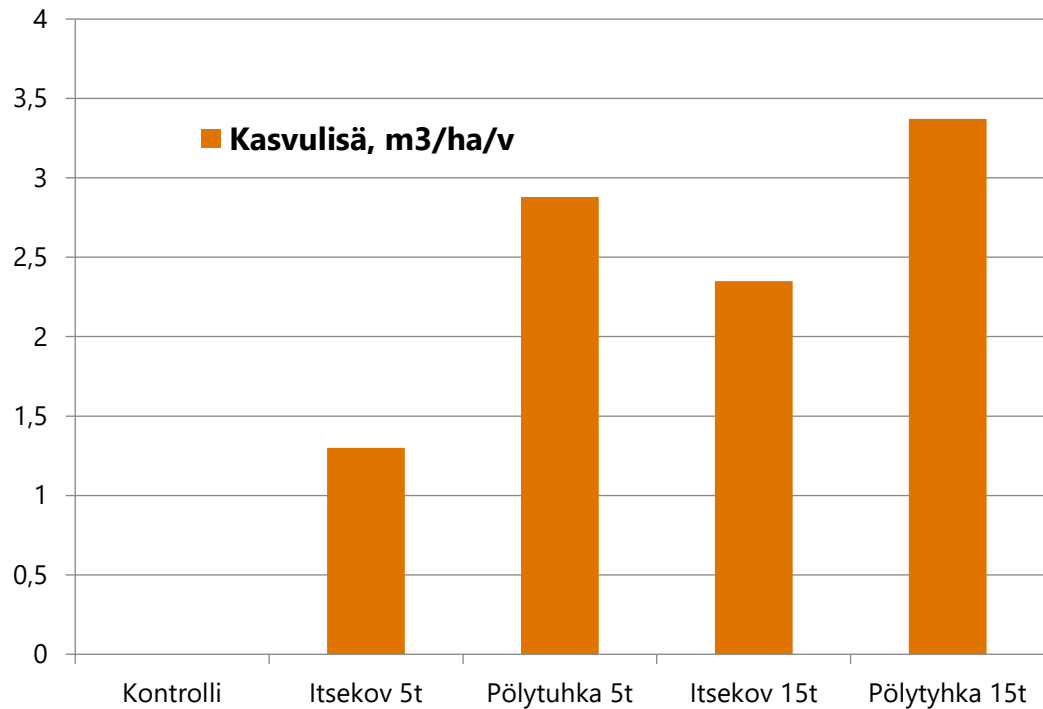
Tuhkan vaikutus puuston kasvuun

- Tuhka lisää kasvua voimakkaasti ja pitkäaikaisesti (30–40 v), keston vaikuttaa tuhkan ravinneäärät (kalium)
 - Suurin reaktio runsastyypisillä soilla (mustikka- ja puolukkatyyppin suot: tumma, maatunut turve)
- Reaktion suuruus riippuu ravinnetilanteesta ennen lannoitusta
- Tuhka lisää merkittävästi puiden kasvua myös karuilla soilla
- Tuhkalannoituksella kokeissa puuston kasvu lisääntynyt 1,3–7 -kertaisesti
- Keskimäärin lisäkasvu 1–3 m³/ha/v



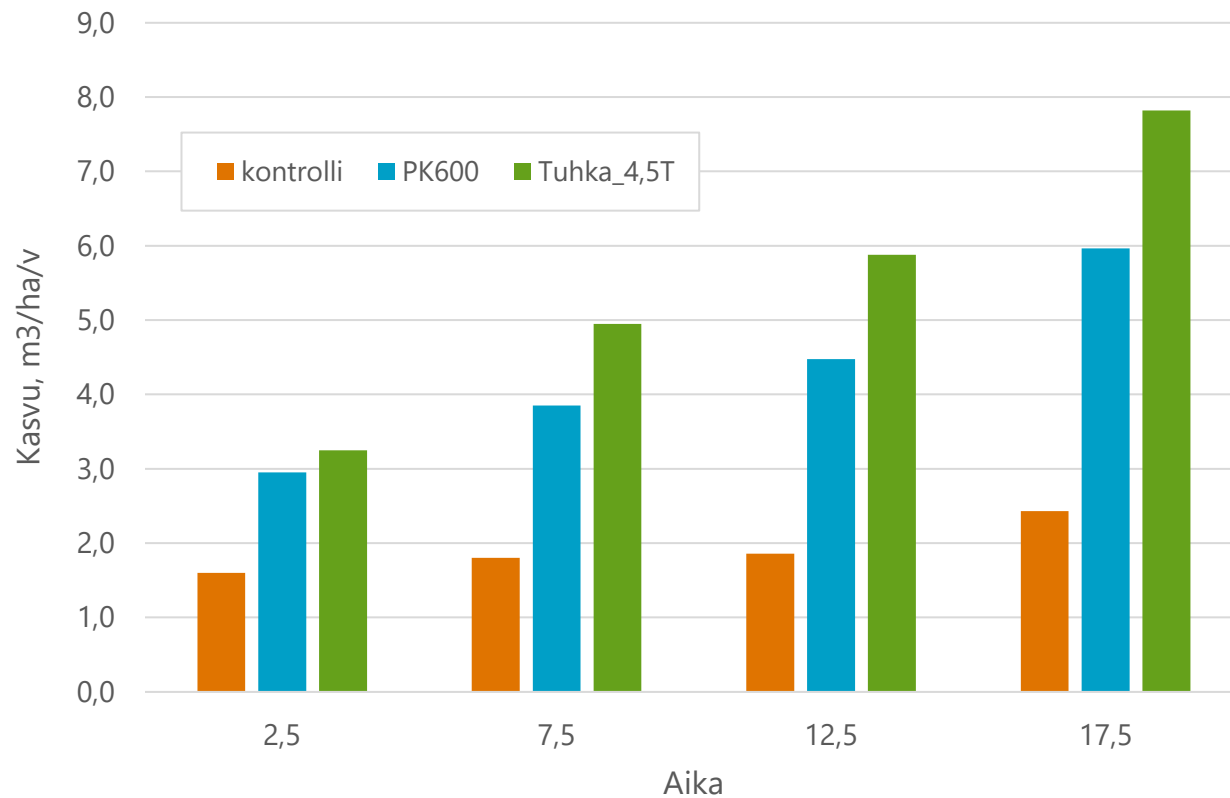
Esimerkkejä kasvureaktioista

Pelso (20v): Varputason räme, lievä ravinnepuutos



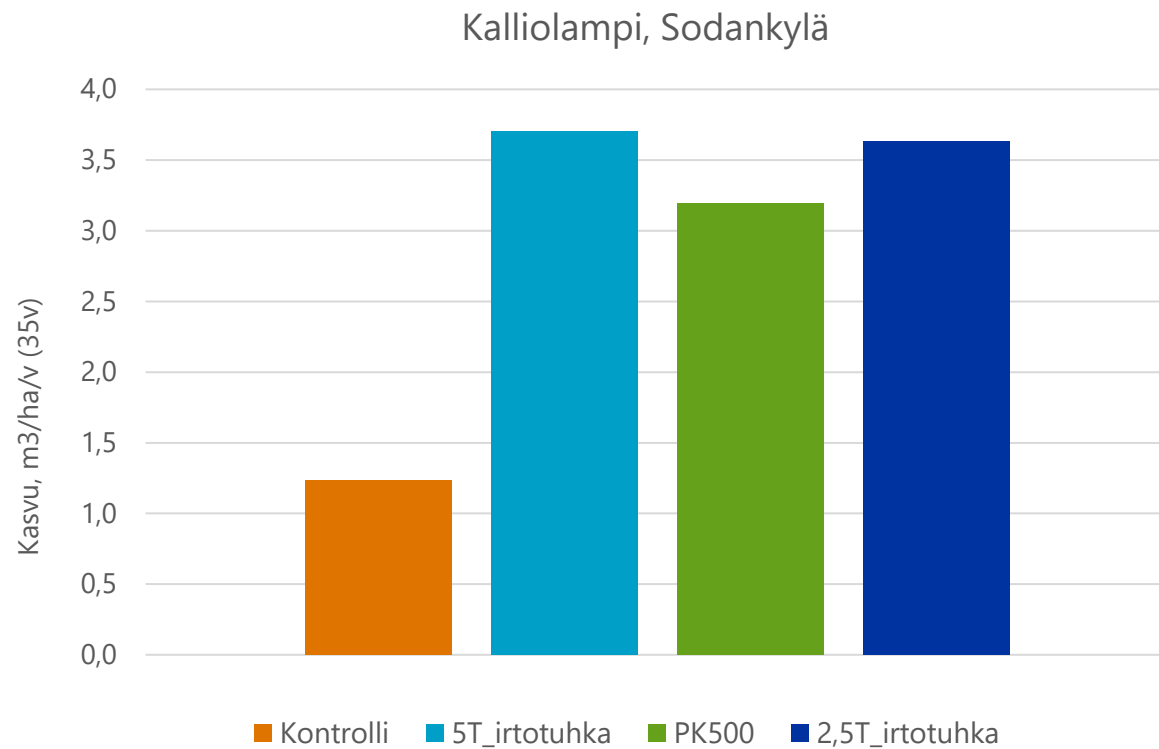
Esimerkkejä kasvureaktioista

Ruukki (20v), PtkgII, voimakas ravinnepuutos



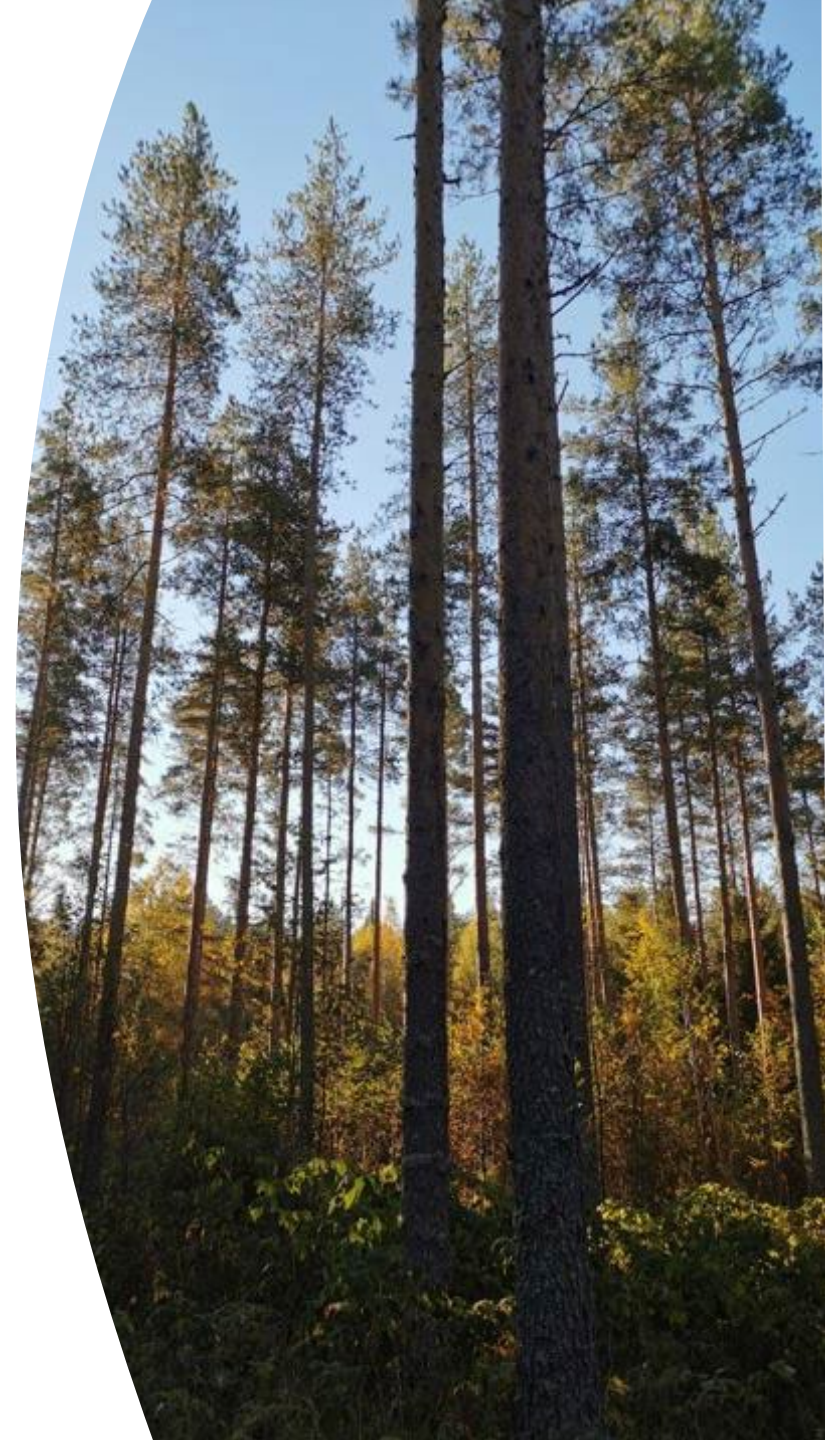
Esimerkkejä kasvureaktioista

Sodankylä (35v): typpirikas räme, lievä ravinnepuutos



Vaikutus kannattavuuteen

- Nopeutunut kasvu aikaistaa seuraavaa harvennusta ja tuottaa siitä suuremman kertymän
- Puiden nopeampi järeytyminen lyhentää kiertoaikaa
- Päätehakkuupuuston tukkiosuus suurempi
- Tuhkalannoitus on eri tutkimuksissa tuottanut 6–20% sisäisen koron



Lannoituksen vaikutus

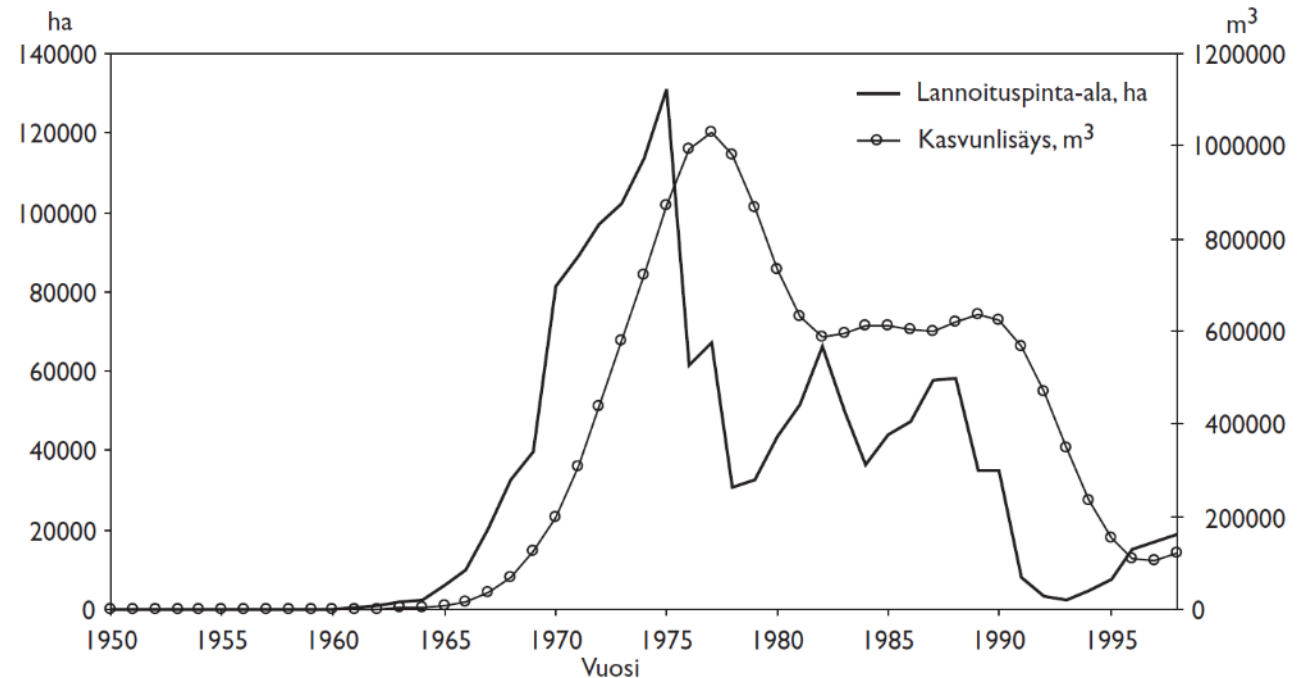
Suomen metsien kasvuun



Miten paljon lannoitus on lisännyt metsiemme kasvua?

- Kangasmaiden lannoitusten arvioidaan lisänneen Suomen metsien kasvua yhteensä 16,2 miljoonaa kuutiometriä vuosina 1950–1998.
- Suurimmillaan kasvunlisäys oli 1970-luvun lopulla, jolloin lannoitusten kasvunlisäys oli miljoona kuutiometriä vuodessa

Lannoituspinta-alat ja lannoituksen aikaansaama kasvunlisäys v. 1950–1998

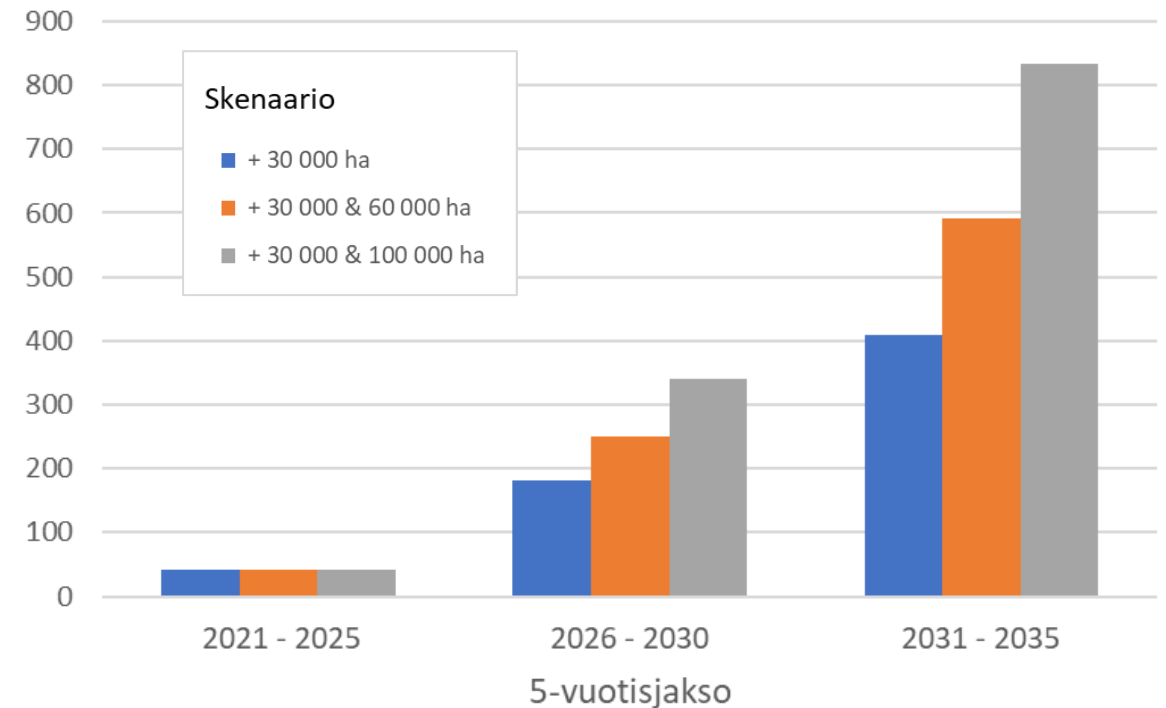


Lähde: Kukkola, M. & Nöjd, P. 2000. Kangasmetsien lannoitusten tuottama kasvunlisäys Suomessa 1950–1998. Metsätieteen aikakauskirja 4/2000: 603–612.

Miten paljon lannoitus voisi lisätä metsiemme kasvua?

- Skenaariotarkastelu lannoitusten vaikutuksesta metsien kasvuun esitettiin Ilmava-hankkeessa v. 2021
- Kolme skenaariota, jossa lannoituksia lisättiin
 1. 30 000 ha/v vuodesta 2021 alkaen
→ lisäkasvua **3,2** milj m³ vuoteen 2035 mennessä
 2. 30 000 ha/v 2021–2025 & 60 000 ha/v 2026–2035
→ lisäkasvua **4,4** milj m³ vuoteen 2035 mennessä
 3. 30 000 ha/v 2021–2025 & 100 000 ha/v vuosina 2026–2035
→ lisäkasvua **6,1** milj m³ vuoteen 2035 mennessä.

Lisäkasvu,
1000 m³ v⁻¹



Lähde: Lehtonen, A., ym. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennyismahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2021.

Kiitos!