

# Hakkuutähteen korjaaminen uudistushakkuualoilta



Kuusikossa hakkuutähteen on suositeltavaa antaa kuivua palstalla ennen korjuuta. Kuva: © Kalle Vanhatalo.

## Kuvaus

Uudistushakkuun yhteydessä metsään jää hakkuutähdettä ja kantoja. Hakkuutähdettä ovat ainespuuhakkuun sivutuotteet, joihin kuuluvat latvat, oksat, neulaset ja lehdet. Soveltuvilta kohteilta tämä puuainees on mahdollista korjata energiapuuksi.

## Lähtökohtia hakkuutähteen korjuuseen

Hakkuutähteen korjuuta tehdään pääasiassa kuivahkoilla kankailla ja sitä ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla. Myös vastaavilla turvekankailla voidaan tehdä hakkuutähteen korjuuta.

Maaperän ja puuston ravinnetilan kestävyden kannalta hakkuutähteet on suositeltavaa korjata siten, että mahdollisimman suuri osa ravinteikkaista neulasista jää metsään. Oksat ja neulaset ovat puun ravinteikkaimpia osia, ja niiden jättämisellä turvataan uuden puusukupolven kasvua. Ravinteiden väheneminen voi aiheuttaa riskikohteilla, kuten boorin puutoksesta kärsivillä kasvupaikoilla, kasvuhäiriöitä. Hakkuualalle jätetty hakkuutähde ylläpitää myös maaperän hiilivarastoa ja hajotustoimintaa sekä elättää pieniläpimittaisella lahoppuulla elävää lajistoa.

Hakkuutähteen kannattava korjuu edellyttää, että kuvion tai kuvioiden ainespuupoistuma on ollut vähintään 200 kiintokuutiometriä ja kohteen pinta-ala on vähintään kaksi hehtaaria. Lisäksi korjuun kustannuksiin vaikuttaa metsäkuljetusmatka.

Hakkuutähteen tiheys on ainespuuhun verrattuna alhainen, joten sitä ei kannata kuljettaa pitkiä matkoja tienvarsivarastolle. Irtonaisena hakkuutähdettä mahtuu yhteen metsäkuljetuskuormaan noin 8 kiintokuutiometriä ja paalattuna noin 11 kiintokuutiometriä. Mikäli hakkuutähde kuljetetaan irtonaisena, metsäkuljetusmatkan tulisi olla alle 300 metriä.

Hakkuutähteen korjuu helpottaa maanmuokkausta metsänuudistamisessa. Maanmuokkauksen laatu paranee ja työ nopeutuu. Viljelytyöt, erityisesti koneellinen istutus, helpottuvat. Hakkuutähteen korjuun on todettu myös edistävän taimien säilymistä elossa ja täystiheiden rauduskoivun- ja kuusentaimikoiden syntymistä.

Tuoretta hakkuutähdettä korjattaessa kasvupaikalta poistuu enemmän ravinteita kuin pelkässä ainespuun korjuussa. Tämä ravinnepoistuma voi vaikuttaa tulevan puusukupolven kasvuun etenkin kuusikoissa. Kasvutappiot voidaan välttää kuivattamalla hakkuutähde palstakasoilla ennen tienvarsivarastointia. Palstakasoissa hakkuutähde kuivuu ja neulaset varisevat suurimmaksi osaksi uudistusalalle. Palstakuivatus soveltuu hyvin kuusen neulasten varistamiseen. Männyn neulaset eivät varise yhtä helposti. Haketta käyttävät laitokset eivät yleensä ota vastaan tuoretta hakkuutähdettä, koska neulasten sisältämä kloori aiheuttaa korroosiota polttokattiloissa.

Kiintoainetta huuhtoutuu paljastuneesta kivennäismaasta eli ajourilta ja muokkausjäljestä. Hakkuutähteen korjuu lisää ajokertoja alalla. Kun suojaava kerros puuttuu, ajourapainumat saattavat syventyä ja maan tiivistyminen lisääntyy. Tiivistyminen hidastaa veden imeytymistä maahan. Kiintoainetta voi joutua virtaavan veden mukana ojiin ja vesistöihin. Ravinnehuuhtoumat vähenevät, kun puuston ja pintakasvillisuuden määrä ja siten ravinteiden otto kasvavat.

Hakkuutähteen korjuu vähentää oksista hakkuualalle syntyvän lahoppuun määrää, ja ajo voi vaurioittaa järeitä lahoppuita. Järeä lahoppuu on paljon tärkeämpää lajiston monimuotoisuudelle kuin pieniläpimittainen latvus- ja oksapuu.

Tuore hakkuutähte houkuttelee ympäristöstä vastakuolleessa puussa eläviä lajeja. Jos hakkuutähte korjataan vasta hyönteisten iskeytymisen jälkeen, niiden lisääntymisaikana, poistetaan samalla paikallisesti huomattava osa näiden lajien yksilöistä. Hakkuualalta poistuu sekä haitallisia tuhohyönteisiä että muita hyönteisiä.

Avohakkuulla sinänsä on suuri vaikutus kasvilajistoon, mihin verrattuna hakkuutähteiden poiston lisävaikutus on vähäinen.10) Energiapuun korjuun vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, kuten uhanalaiseen kasvilajistoon, ei yleensä poikkeaa ainespuuhakkuista. Uhanalaisia kasvilajeja esiintyy yleisimmin metsälain 10 §:n määrittämissä, erityisen tärkeissä elinympäristöissä. Nämä elinympäristöt on rajattu kaiken korjuun ulkopuolelle, pois lukien varovaiset hoito- ja käyttötoimenpiteet, joissa elinympäristöjen ominaispiirteet säilytetään tai niitä vahvistetaan.

Hakkuutähteiden korjuun vaikutuksista turvemaiden ominaisuuksiin ja ravinnetaseisiin on niukasti tutkimustietoa, mutta vaikutuksia voidaan arvioida ravinnetasetarkastelujen perusteella. Ojitettujen turvemaiden puustojen kasvua rajoittaa yleensä fosforin, kaliumin ja boorin niukkuus.

Joillakin turvemaiden kasvupaikoilla voidaan jo ainespuun korjuussa poistaa merkittävä osa kaliumin ja boorin varastoista. Kaliumin niukkuus on yleistä erityisesti nevaraisten soiden ojitusalueilla. Hakkuutähteen ja kantojen korjuu lisää poistuvien ravinteiden määrää. Korjuu vähentäisi turvemaiden kalium- ja boorivarastojen lisäksi myös fosforivarastoja ja saattaisi vaikuttaa seuraavan puusukupolven kasvuun. Tämän vuoksi karujen turvemaiden uudistushakkuukohteet eivät ole suositeltavia energiapuun korjuukohteita, ellei kyse ole suon ennallistamisesta.

## Hakkuutahteen korjuun etuja ja haittoja

### Hakkuutahteen korjuun etuja:

Lisätuloja metsänomistajalle

Parantaa maanmuokkauksen laatua

Helpottaa viljelytyötä, erityisesti koneellista istuttamista

Edistää täystiheiden taimikoiden syntymistä rauduskoivun ja kuusen viljelyssä

Vähentää ravinteiden huuhtoutumista uudistusosalta verrattuna siihen, että

hakkuutahteet on jätetty alalle suuriksi kasoiksi

Helpottaa metsässä liikkumista hakkuun jälkeen

### Haittoja

Vähentää etenkin kuusikoissa ravinteiden määrää erityisesti, jos hakkuutahteen korjataan talteen tuoreena; tämä voi vähentää tulevan puusukupolven kasvua ja aiheuttaa riskikohteilla kasvuhäiriöitä

Lisää sulan maan aikana tapahtuvaa korjuutoimintaa metsissä, mistä saattaa seurata maastovaurioita

Ajokertojen lisääntyminen kasvattaa järeän maalahopuun tuhoutumisriskiä.

# Päätöksenteko

## Uudistusalan hakkuutahteenkorjuu - Talous

Hakkuutahteen korjuu uudistusaloilta voi tuoda lisätuloa metsänomistajalle. Se saattaa kuitenkin aiheuttaa metsän kasvun hidastumista tai lannoitustarvetta myöhemmin. Tuotto riippuu kohteen sijainnista, kertymästä ja markkinatilanteesta. Hakkuutahteet voidaan korjata myös ilman kantojen nostoa.

## Kannattavuus edellyttää riittävää kertymää

Nyrkkisääntönä kannattavalle korjuulle on vähintään 50 kiintokuution hakkuutähdekertymä, joka on alle 300–500 metrin metsäkuljetusmatkan päässä tienvarsivarastosta.

- Hakkuutahteen saatavuuteen vaikuttaa korjattava erityisesti puulaji ja puiden koko. Kuusikossa hakkuutähdekertymät ovat keskimäärin 50–60 kiintokuutiota ja männikössä noin 25–30 kiintokuutiota hehtaarilla.

Samalla kertaa voidaan korjata myös nostetut kannot.

## Energiapuun korjuussa poistuu ravinteita

Metsän ravinteisuus vaikuttavat uuden puusukupolven kasvuun etenkin kuusikoissa.

Tuoretta hakkuutähdettä korjattaessa kasvupaikalta poistuu enemmän ravinteita kuin pelkässä ainespuun korjuussa. Kasvutappioita voidaan vähentää kuivattamalla hakkuutähde palstakasoilla ennen tienvarsivarastointia. Palstakasoissa hakkuutähde kuivuu ja neulaset varisevat suurimmaksi osaksi uudistusosalalle. Palstakuivatus soveltuu hyvin kuusen neulasten varistamiseen. Männyn neulaset eivät varise yhtä helposti.

Toistuvan hakkuutahteen korjuun vaikutuksesta ravinnetalouteen ei juurikaan ole tutkimusta.

Hakkuutahteen korjuu laskee maanmuokkauksen kustannuksia.

## **Uudistusalan hakkuutähteenkorjuu - Luonto**

Hakkuutähteenkorjuussa toteutetaan samoja luonnonhoidon keinoja kuin muussakin metsänkäsittelyssä. Hakkuutähteenkorjuussa on erityisvaatimuksia biomassan säästämistä ja vesiensuojelua koskien.

### **Hakkuutähteenkorjuun vaikutus vesistöön**

Hakkuutähteenkorjuu lisää ajokertoja korjuutyömaalla, mikä voi lisätä maan tiivistymistä ja syventää ajourapainauksia. Kiintoainetta voi huuhtoutua paljastuneesta kivennäismaasta eli ajourilta ja muokkausjäljestä, ja sitä voi joutua ojiin ja vesistöihin. Tiivistyminen hidastaa veden imeytymistä maahan. Ravinnehuuhtoumat vähenevät, kun puuston ja pintakasvillisuuden määrä ja ravinteiden otto kasvavat. Hakkuutähteen korjuu voi vähentää mahdollisia vesistöihin päätyviä ravinnehuuhtouksia<sup>[1][2]</sup>. Tällöin pitää kuitenkin huolehtia, ettei korjuun myötä aiheuteta lisäkuormitusta vesistöihin esimerkiksi ajamalla ojien yli.

Hakkuutähteenkorjuu voi vaurioittaa järeitä lahopuita. Maapuille aiheutuvaa vaurioita voidaan pyrkiä välttämään siirtämällä ne pois ajoväyliltä.

### **Hakkuutähteenkorjuun vaikutus luonnon monimuotoisuuteen**

Havupuiden hakkuutähteenkorjuulla ei ole suurta vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen, sillä pienimittaista lahopuuta ja kariketta syntyy metsässä paljon<sup>[3]</sup>. Kuusen hakkuutähteissä ei juuri esiinny uhanalaista lajistoa. Sen sijaan lehtipuiden, kuten koivun ja haavan, hakkuutähteessä esiintyy laaja kirjo uhanalaista lajistoa<sup>[3]</sup>. Siksi lehtipuun hakkuutähteen korjuuta ei suositella.

Hakkuutähteen korjuussa ei ole tarkoituksenmukaista korjata uudistusosalalla olevaa yli 10 cm läpimittaista kuollutta puustoa (pysty- ja maalahopuuta). Lahopuu on tärkeä elinympäristö monelle uhanalaiselle järeälle lahopuuta tarvitsevalle eliölle<sup>[4][3][5]</sup>.

Hakkuutähteen korjuu voi lisätä maaperän happamuutta, kun emäksisiä ravinteita poistuu hakkuutähteen mukana<sup>[6][7]</sup>.



Haapojen ja muiden lehtipuiden latvukset on suositeltavaa jättää korjaamatta, koska ne toimivat tärkeänä elinympäristönä taantuneelle ja uhanalaiselle lahoppulajistolle. Kuva: © Martti Kuusinen.

## Uudistusalan hakkuutähteenkorjuu - Ilmastonmuutoksen hillintä

Hakkuutähteen energiakäytöllä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita energialaitoksilla. Poltettaessa puussa oleva hiili kuitenkin vapautuu välittömästi, kun taas lahotessa puun varastoima hiili vapautuu vähitellen.

### Vaikutukset hiilen määrään puustossa ja puutuotteissa

Uudistusaloilla hakkuutähteenkorjuun vaikutukset puuston hiilivarastoon ovat sitä merkityksellisempiä mitä järeämpää puuta korjataan. Järeä puu lahoaa hitaammin ja varastoi siten hiiltä pidempään kuin pienempiläpimittainen puu<sup>[8][9]</sup>. Puuaineksen hajoaminen on Pohjois-Suomessa hieman hitaampaa kuin Etelä-Suomessa, joten pohjoisessa metsäbiomassoihin sitoutunut hiili varastoituu pidempään. Tutkimusten mukaan 50 vuotta hakkuun jälkeen hakkuutähteen hiilivarastosta oli jäljellä keskimäärin 5–20 prosenttia Etelä-Suomessa ja 10–25 prosenttia Pohjois-Suomessa.

Lahoamiseen vaikuttaa myös puulaji<sup>[2]</sup>. Havupuunaines lahoaa hitaammin<sup>[10]</sup> ja varastoi hiiltä pidempään kuin lehtipuunaines<sup>[10]</sup>.

Korjuussa metsästä poistetaan orgaanista ainesta ja ravinteita. Hakkuutähteen korjuun aiheuttaman ravinnehävikin vaikutus taimikon kasvuun arvioidaan olevan vähäinen, sillä taimet tarvitsevat vain vähän ravinteita. Tarvetta täyttää metsään jäävä hakkuutähde, jota suositellaan säästettäväksi noin 30 % sen kokonaismäärästä. Pitkällä aikavälillä hakkuutähteen korjuu voi poistuvien ravinteiden takia heikentää puuston kasvua ja hiilensidontaa. Tutkimustulokset kasvun heikkenemisestä eivät ole yhteneväisiä.

### Vaikutukset maaperän hiilivaraston kehitykseen

Uudistusalojen energiapuun korjuun maaperävaikutuksen suuruudesta on vaihtelevia tutkimustuloksia ja tiedot etenkin pitkän ajan vaikutuksista ovat puutteellisia<sup>[11][12][5][13]</sup>.

Hakkuutähteen- ja muun energiapuunkorjuu vähentää orgaanisen aineen määrää, jolloin hiilisyöte eli hiilen lisäys maaperään vähenee.<sup>[14][5][15][16]</sup>

Jos kootut hakkuutähdekasat jätetään korjaamatta, metsämaassa tapahtuva hajotustoiminta vilkastuu metsänpohjalle jäävien hakkuutähdekasojen alla<sup>[17]</sup>. Tämä voi lyhytaikaisesti lisätä metsämaan hiilidioksidipäästöjä.

## Toteutus

### Uudistusalan energiapuun korjuukohteen valinta

Energiapuun korjuukohteen valintaan vaikuttavat sekä taloudelliset että ekologiset tekijät. Kohteiden soveltuvuutta hakkuutähteen ja kantojen korjuuseen voidaan arvioida sen perusteella, miten korjuu vaikuttaa seuraavan puusukupolven kasvuun, ravinnetalouteen, hiilitaseeseen, luonnon monimuotoisuuteen ja kohteen turvattaviin ominaispiirteisiin.

### Tyypilliset kohteet

**Hakkuutähdettä** korjataan pääasiassa reheviltä kuusivaltaisilta aloilta, joissa hakkuutähteitä on vähintään 50 kiintokuutiota hehtaarilla. Mäntyvaltaisilta uudistushakkuualoilta hakkuutähteen kertymä on tavallisesti niin vähäinen, ettei korjuu ole yleensä taloudellisesti kannattavaa. Hakkuutähteen korjuu pelkästään talvikorjuuseen soveltuvilta kohteilta on käytännössä usein mahdotonta.

**Kantojen korjuu** kohdistuu pääasiassa kuusivaltaisiin aloihin, joilta on mahdollista korjata kantoja vähintään 55 kiintokuutiometriä hehtaarilta. Kantojen noston voi toteuttaa, kun hakkuutähteet on korjattu.

Taulukko hakkuutähteen ja kantojen korjuun kohdevalinnasta.

	Hakkuutähteen korjuu	Kantojen korjuu
Kuivahkot kankaat ja niitä viljavammat kivennäismaat sekä vastaavien turvemaiden muuttumat <sup>1</sup>	Kyllä	Kyllä
Puolukka-, mustikka- ja ruohoturvekankaat	Kyllä	Ei
Kuivat kankaat ja karukkokankaat sekä jäkälä- ja varputurvekankaat	Ei	Ei
Kallioiset, lohkaraiset, runsaskiviset sekä jyrkän rinteiden kasvupaikat	Ei	Ei
Pohjavesialueet, luokat 1-2	Kyllä	Ei

Kyllä: soveltuu korjuukohteeksi

Ei: ei suositella korjuukohteeksi

<sup>1</sup>Varauksin, huuhtoumariski otettava huomioon.

Poikkeukset:

- Jos uudistusalalla on männyn juurikäpää, kantoja voidaan korjata kaikilla kivennäismaan kasvupaikoilla karukkokankaita ja pohjavesialueita lukuun ottamatta.

- Boorin puutoksesta kärsivistä kuusikoista hakkuutahteet ja kannot voidaan korjata, jos puuston ravinnetasapaino turvataan boorilannoituksella.

## **Tarkennuksia kohteiden soveltuvuuden arviointiin**

- Hakkuutähdettä ja kantoja ei suositella korjattavaksi kuivahkoja kankaita karummilta kasvupaikoilta, jotta vältetään ravinne-epätasapainon ja kasvutappioiden syntyminen.
- Mikäli kohde kärsii jo entuudestaan ravinnepuutoksista, hakkuutahteiden korjuuta ei suositella ilman korvaavaa lannoitusta.
- Joillakin turvemaiden kasvupaikoilla voidaan jo ainespuun korjuussa poistaa merkittävä osa kaliumin ja boorin varastoista. Kaliumin niukkuus on yleistä erityisesti nevamaisten soiden ojitusalueilla. Hakkuutahteen ja kantojen korjuu lisää poistuvien ravinteiden määrää. Korjuu vähentäisi turvemaiden kalium- ja boorivarastojen lisäksi myös fosforivarastoja ja saattaisi vaikuttaa seuraavan puusukupolven kasvuun. Tämän vuoksi karujen turvemaiden uudistushakkuukohteet eivät ole suositeltavia energiapuun korjuukohteita, ellei kyse ole suon ennallistamisesta.

## Energiapuukaupasta sopiminen



Esimerkiksi nuoren metsän hoidosta kertyy puuta, joka voidaan hyödyntää energiana. Kuva: © Christer Backlund.

Metsänomistaja sopii puunostajan kanssa energiapuun korjuusta puukaupan yhteydessä. Energiapuuta ostetaan karsimattomana ja karsittuna rankana kasvatushakkuilta sekä hakkuutahteinä ja kantoina uudistushakkuualoilta. Energiapuuta saadaan myös erityiskohteilta, kuten teiden ja peltojen pientareilta, metsäteiden varsilta sekä sähkölinjojen vierimetsistä. Järeää energiapuuta voi kertyä myös laajoilta metsätuhokohteilta, joissa tuoretta, vahingoittunutta havupuuta on runsaasti.

## Energiapuun hinnan määräytyminen

Metsänomistajan näkökulmasta energiapuukauppa voi poiketa perinteisestä ainespuukaupasta, jossa puun myynnistä maksetaan kiintokuutioiden mukaan. Eri toimijat voivat käyttää erilaisia mittaustapoja ja -menetelmiä sekä maksukäytäntöjä energiapuun

ostossa, mikä on syytä ottaa huomioon puukaupan teossa.

- Karsitun rangan ja kokopuun korjuussa maksuperusteena metsänomistajalle käytetään tavallisesti kiintokuutiometrejä.
- Uudistusalalta korjattavien hakkuutahteen ja kantojen hinnoittelussa yleinen käytäntö on korvauksen sitominen korjattuun ainespuumäärään.
- Energiapuun hinta voi perustua myös energiasisältöön (megawattitunti MWh).

Eri energiapuulajikkeiden sisältämä energiamäärä

Kuutiometri energiapuulajiketta	Irtokuutioina	Energiatiheys
Hake	2,5 irto-m <sup>3</sup>	0,8 MWh/ irto-m <sup>3</sup>
Kannot	4 irto-m <sup>3</sup>	0,5 MWh/ irto-m <sup>3</sup>

## Sovittavat asiat ja toteutustapa

Energiapuukaupan yhteydessä on hyvä sopia seuraavista:

- miten ja milloin energiapuu korjataan ja mitataan
- energiapuun varastopaikat ja varastoinnin kesto
- milloin puuerä vaihtaa omistajaa.

Omistaja vastaa esimerkiksi puutavaran varastointiin liittyvistä lakisääteisistä velvoitteista, kuten hyönteistuhojen välttämiseksi tehtävistä toimenpiteistä.

## Energiapuun mittaus



Kuormainvaakamittauksessa kourataakat punnitaan kuormatraktoriin tai puutavara-autoon asennetulla kuormainvaa'alla. Mittaus tehdään joko purettaessa kuormaa tienvarsivarastoon tai kuormatessa puuta kaukokuljetusta varten. Kuva: © Kalle Kärhä.

Energiapuun mittaaminen on keskeinen osa energiapuukauppaa ja metsähakkeen tuotantoa. Sama energiapuuerä voidaan toimitusketjun aikana mitata useammassa eri vaiheessa ja eri menetelmillä. Mittaus voi tapahtua hakkuun, metsäkuljetuksen, haketuksen tai murskauksen yhteydessä. Se voidaan myös tehdä tienvarsi- tai terminaalivarastossa, kaukokuljetuksen yhteydessä sekä käyttöpaikalla.

### Mittaamisen perusteet

Energiapuun mittauksesta säädetään laissa puutavaran mittauksesta (414/2013, muutokset: 566/2014 ja 725/2016), maa- ja metsätalousministeriön asetuksissa (1323/14/2013 ja 1014/2017) ) ja muuntolukujen osalta Luonnonvarakeskuksen määräyksissä.

Ennen energiapuun mittausta on lain mukaan (21§) sovittava seuraavat asiat:

- mittausosapuolet, joita ovat
  1. luovutusmittauksessa myyjä ja ostaja
  2. työmittauksessa työsuorittaja ja työnantaja
  3. urakointimittauksessa urakoitsija ja urakanantaja
- mittauksen kohteen yksilöivät tiedot
- mittausmenetelmä ja mittaaja
- mittauskustannuksen maksaja
- mittayksikkö.

Mittausosapuolten on suositeltavaa sopia, mihin ajankohtaan mennessä lopullinen mittaus tehdään. Osapuolet voivat sopia mittauserien osittamisesta, jolloin ositteiden mittaus voidaan toteuttaa eri ajankohtina. Puukauppasopimuksessa on syytä olla maininta korjattavan energiapuun mittaustavasta.

Mittaustoimitukseen sisältyy energiapuuerän mittaaminen ja tulosten laskenta sekä mittausasiakirjan (mittaustodistus) laadinta ja toimittaminen mittausosapuolille. Mittausasiakirja on säilytettävä viisi vuotta mittaustoimituksen päättymisestä.

Yleisin käytössä oleva mittausmenetelmä energiapuunkorjuussa on energiapuun painon mittaus ja tarvittaessa muunto tilavuusyksiköksi. Energiapuun luovutus-, työ- ja urakointimittauksessa käytettävät ensisijaiset suureet ja mittayksiköt ovat:

- tilavuus: kiintotilavuus (m<sup>3</sup>) tai kehystilavuus (m<sup>3</sup>)
- paino: tuorepaino (kg) tai kuivapaino (kg)

Kiintotilavuuden määrittämiseen käytetään yleisesti EPPU – energiapuun mittauslaskuria. Energiapuun mittaus voi myös tapahtua metsähakkeen ja murskeen mittauksena. Karsitun rangan tai kokopuun määrä kiintokuutiometreinä voidaan määrittää myös

pinomittauksella.

Tarkemmat ohjeet energiapuun mittaukseen ovat Luonnonvarakeskuksen verkkosivulla:

- [Energiapuun mittausopas](#)
- [EPPU](#) – energiapuun mittauslaskuri

## Energiapuun mittauksen erityispiirteitä

- Energiapuun tarkka mittaus on vaikeaa. Energiapuuta mitataan eri menetelmillä hankintaketjun eri vaiheissa. Energiapuuerään tulee käsittelyn myötä määrähävikkiä ja varastoinnin kuluessa kuiva-ainehävikkiä. Lisäksi sääolosuhteet ja mittausmenetelmien tarkkuuserot aiheuttavat vaihtelua mittauksiin. Käytännössä energiapuun mitattu määrä vähenee hankintaketjun aikana.
- Energiasisällön ja lämpöarvon mittaus eivät kuulu puutavaran mittauslain soveltamisalaan. Niiden määrittystä käsitellään Puupolttoaineiden laatuohjeessa [\[18\]](#).

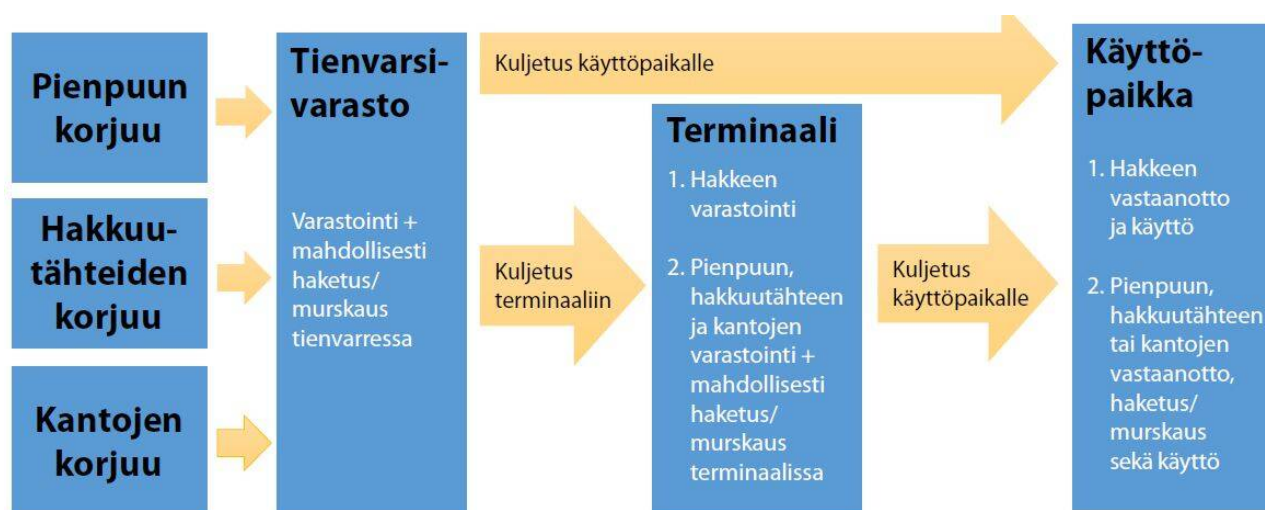
## Puutavaran mittauksen omavalvonta

Laki puutavaran mittauksesta (414/2013) koskee myös energiapuuta ja velvoittaa mittauksen omavalvontaan. Hakkuukoneen kuljettajan tekemään omavalvontaan sisältyy mittauslaitteen käytönaikainen seuranta, kalibrointi, mittauslaitteen viritys, mittaustulosten tarkastukset ja niiden dokumentointi.

Omavalvontaan kuuluvia mittaustuloksen tarkastusten tuloksia on säilytettävä vähintään kahden vuoden ajan tarkastuksen tekemisestä.

Puutavaran mittaukseen liittyvät säännökset on koottu Luonnonvarakeskuksen [verkkosivulle](#).

## Energiapuun hankintaketju



Energiapuun hankintaketju.

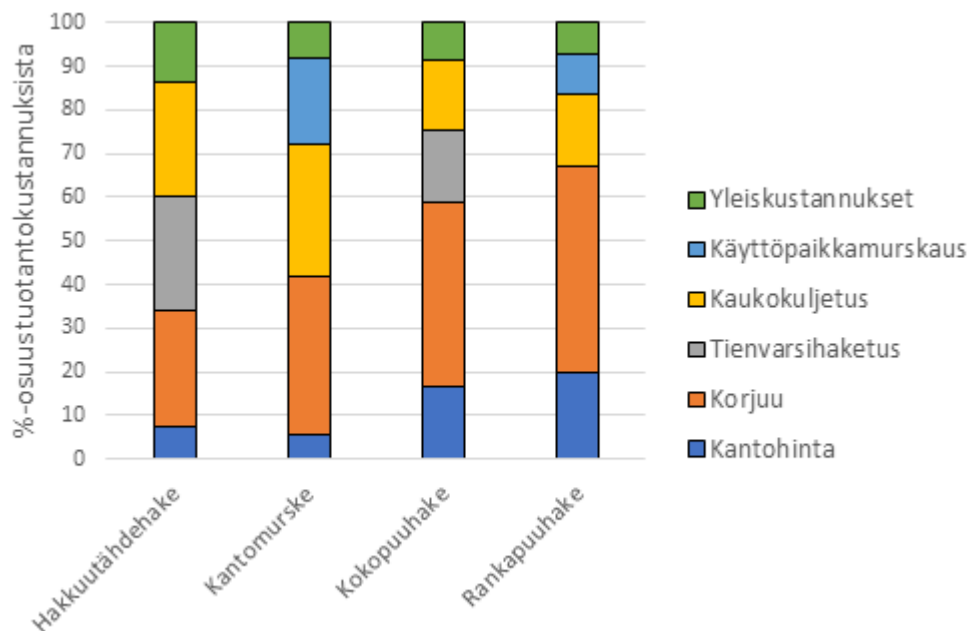
Energiapuun hankinnassa yleisin hankintaketju koostuu korjuusta, tienvarsihakemuksesta ja kaukokuljetuksesta käyttöpaikalle. Metsäenergiajakeet voidaan myös kuljettaa terminaaliin tai käyttöpaikalle haketettaviksi tai murskattaviksi. Terminaalit toimivat polttoaineiden varmuusvarastoina, tasoittavat kausivaihteluita ja parantavat puupolttoaineen laadunhallintaa.

## Maksetaan energiamäärästä

Lämpölaitokset maksavat metsähakkeesta sen sisältämän energiamäärän mukaan (MWh) [19]. Kuivattamisella on erittäin suuri merkitys koko metsäenergian hankintaketjun kannattavuudelle, joten energiapuu tulisi saada mahdollisimman kuivaksi ennen laitokselle toimittamista. Laadukas energiapuu ei sisällä myöskään vierasaineita, kuten kiviä.



Metsäenergian tuotannon arvoketjut ja käyttöpaikkahinnan muodostuminen. Haketus voidaan tehdä tienvarsi-varastolla, terminaalissa tai käyttöpaikalla.



Esimerkki tuotantokustannusten osuuksista eri energiapuulajikkeilla. Kaaviossa verrataan myös tienvarsihaketuksen ja käyttöpaikkamurskauksen eroja korjuun kustannusketjussa. Lähde: TTS, 2020.



Tienvarsihaketus tehdään kuorma-autoalaustaisella tai traktorikäyttöisellä hakkurilla suoraan kaukokuljetusautoon. Kuva: © Kalle Kärhä.

## Energiapuun tienvarsivarastoinnin suunnittelu



Tienvarsivarastossa pitää olla riittävästi tilaa energiapuun haketus- ja kuljetuskalustolle. Kuva: © Hannu Niemelä.

Oikein tehdyllä tienvarsivarastoinnilla ja kuivattamisella pystytään parantamaan hakkeen laatua ja energiasisältöä. Olennaista on, että raaka-aine ei ole märkää. Näin voidaan vähentää myös kuljetuskustannuksia, sillä vettä ei kannata kuljettaa lämpö- tai voimalaitokseen.

### Haketus ja kaukokuljetus huomioitava

Tienvarsivarastoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kaukokuljetuksen ja haketuksen asettamat vaatimukset, kuten kääntopaikat, kantavuus sekä kuormauksen ja haketuksen vaatima tila. Energiapuun tienvarsihaketukseen ja kuljetukseen käytettävä kalusto vaatii enemmän tilaa kuin ainespuun kuljetuskalusto.

Rangan ja hakkuutähteiden tienvarsivarastot kannattaa yleensä peittää. Peittäminen vähentää tienvarsivaraston kostumista sekä estää lumen ja jään joutumisen hakkeeseen haketuksen yhteydessä. Peittämisen merkitys korostuu hakkuutähteiden varastoinnissa. Karsittu ranka ja kokopuu eivät kostu talvella yhtä herkästi kuin hakkuutähteet.

Kuiva-ainetappiot voivat olla huomattavia hakkuutähteiden tienvarsivarastoinnissa. [\[20\]](#)

Hakkuutähteitä ei kannata varastoida tienvarressa muutamaa kuukautta pidempään, mutta toimituksiin liittyvistä käytännön syistä varastointiajat ovat yleensä pidemmät.

Rankapuuvarastoissa kuiva-ainetappiot eivät muodostu suuriksi noin vuoden mittaisessa tienvarsivarastoinnissa [\[21\]](#). Kannot säilyttävät ominaisuutensa tienvarsivarastossa pisimpään.

## Tiealueiden käyttö

Yleisillä teillä, valtateillä (tie nro: 1–39) ja kantateillä (tie nro: 40–99) kaikenlainen puutavaran käsittely, puutavaran varastointi tiealueelle sekä peruutusvarastojen tekeminen on kiellettyä. Valta- ja kantateiltä tehtävillä pistoilla on aina oltava puutavara-autolle kääntöpaikka. Poikkeaminen tästä ohjeesta edellyttää ELY-keskuksen (elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) lupaa.

Myös alemman tieverkon osalta kannattaa olla yhteydessä alueen tiemestariin. Edellä mainittujen teiden lisäksi puutavaran kuormaus on kiellettyä tienkohdissa, joissa pysäyttäminen on kielletty, ja teillä, joilla suurin sallittu ajonopeus on enemmän kuin 80 km/h.

Yleisille teille uusien, tilapäistenkin liittymien teko on aina luvanvaraista. Luvan myöntää ELY-keskus, jonka ohjeen mukaan uusi liittymä rakennetaan tai olemassa oleva parannetaan. Varastopaikalla ja liittymässä on oltava riittävä näkymäalue ottaen huomioon liikennetiheys sekä liikenteen nopeus. Tämä koskee sekä yleisiä että yksityisteitä. Energiapuun haketus on kielletty yleisellä tiellä.

## Energiapuun varastopaikan valinta

Varaston sijainnilla on merkittävä vaikutus energiapuun kosteuteen. Avoimella, tuulisella paikalla sijaitsevan varastopinon kosteus voi olla useita prosentteja alhaisempi kuin varjoisessa paikassa sijaitsevan pinon.

### Hyvän energiapuun varastopaikan ominaisuudet:

riittävä tila varastoinnille (taulukko alla)

- tasainen ja kantava maasto
- avoin, tuulinen ja mieluiten ympäröivää maastoa korkeampi kohta, joka on kuivumisen kannalta hyvä
- riittävän etäällä sähkö- ja puhelinlinjoista (taulukko alla)
- ei sijaitse käänkölenkin varressa, jossa kuormaaminen olisi vaikeaa
- ei sijaitse jyrkässä mäessä tai mutkassa
- kiviä, kantoja tai puita ei ole koneiden esteenä, eikä niitä jää varastopinon alle
- ei sijaitse toimivien ojien päällä (ravinteiden huuhtoutumisriski vesistöihin vähenee).
- paloturvallisuuden varmistamiseksi ja haketuksen meluhaittojen vähentämiseksi ei sijaitse rakennusten lähietäisyydellä.

Energiapuupinon tilantarve pituussuunnassa per hakkuuhehtaari. Lisäksi on otettava huomioon pinon sijaintiin ja muihin mittoihin liittyvät tekijät, jotka on esitetty jäljempänä.

Energiapuu	Pinon tarvitsema tila
Hakkuutähteet	n. 20 m/ha
Kokopuu	n. 12 m/ha
Karsittu ranka	n. 10 m/ha
Kannot	n. 15 m/ha

Energiapuupinon tilantarve pituussuunnassa per hakkuuhehtaari. Lisäksi on otettava huomioon pinon sijaintiin ja muihin mittoihin liittyvät tekijät, jotka on esitetty jäljempänä.

Energiapuupinon vähimmäisetäisyys sähkölinjasta. Puutavaravarasto on sijoitettava niin etäälle sähkö- ja puhelinlinjoista, että sähköjohtojen ja kuormaajan välillä säilyy taulukon mukainen vähimmäisetäisyys taakka mukaan lukien. Turvallisuussyistä varastoa ei tehdä suurjännitelinjan ( $\geq 110$  kV) alle eikä sivusuunnassa mitattuna 10 metriä lähemmäksi linjan lähintä virtajohtinta.

Nimellisjännite, kV	Avojohto, alla (m)	Avojohto, sivulla (m)	Riippujohto (m)
1	2	2	0,5
20	2	3	1,5

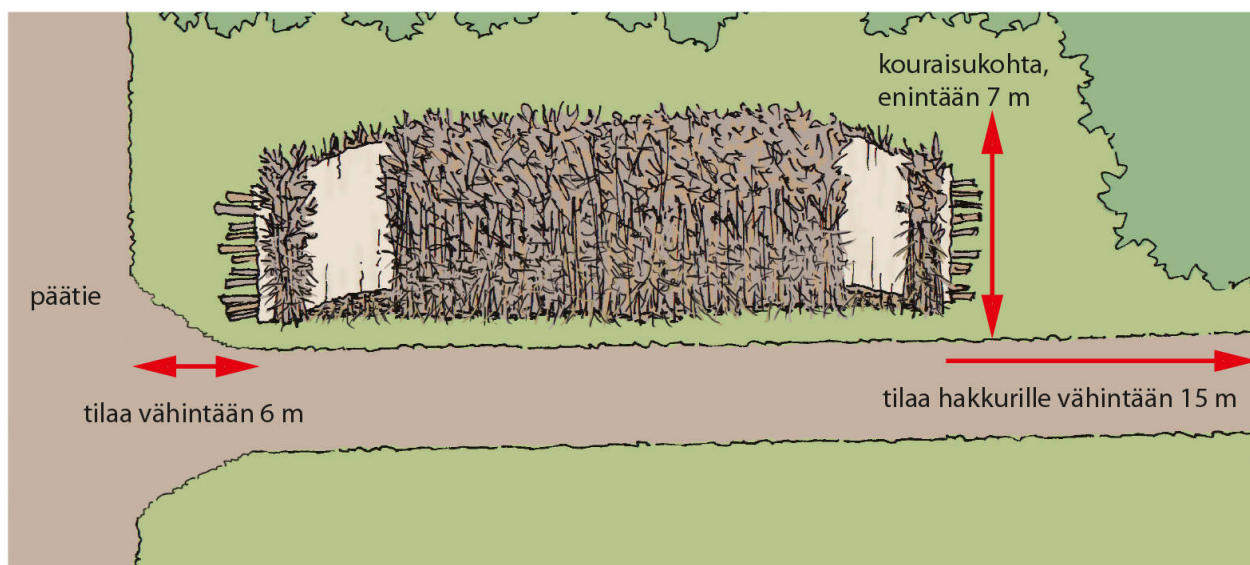
Nimellisjännite, kV	Avojohto, alla (m)	Avojohto, sivulla (m)	Riippujohto (m)
110	3	5	
220	4	5	
400	5	5	

Puutavaravarasto on sijoitettava niin etäälle sähkö- ja puhelinlinjoista, että sähköjohtojen ja kuormajan välillä säilyy taulukon mukainen vähimmäisetäisyys taakka mukaan lukien. Turvallisuussyistä varastoa ei tehdä suurjännitelinjan ( $\geq 110$  kV) alle eikä sivusuunnassa mitattuna 10 metriä lähemmäksi linjan lähintä virtajohdinta.

Yläotsikko 2.-4. sarakkeille: Vähimmäisetäisyys (m)

## Haketus- ja kuljetuskaluston varastopaikalle asettamat vaatimukset

1. Kääntöpaikan ja tien kantavuuden on oltava riittävät.
2. Väistö- ja ohituspaikkoja on oltava muulle liikenteelle.
3. Varasto on kuormaimen ulottuvilla, eli kasan kouraisukohta on enintään 7 metrin päässä ajotien reunasta.
4. Jos varasto on sijoitettu pistotien varteen, varastokasan takapäähän on jätettävä vähintään 15 metriä tilaa hakkurille ja kasan etupään on oltava vähintään 6 metrin etäisyydellä päätiestä. Kasan tekeminen aloitetaan päätien suunnasta .



Varastopinon leveys ja sijainti päätien varressa.

Varastopinon leveys ja sijainti päätiehen nähden. Kuva: Juha Varhi, © Tapio

# Sanasto

## Hakkuutähteen korjuu



Hakkuutähteen kuivuttua palstakasoissa varisee suurin osa neulasista uudistusalalle. Kuva: © Martti Kuusinen.

Hakkuutähdettä ovat ainespuuhakkuun sivutuotteet, joihin kuuluvat rungon latvaosa, oksat, neulaset ja lehdet sekä ainespuukäyttöön soveltumattomat rungon osat. Soveltuvilta kohteilta hakkuutähteet ja kannot on mahdollista korjata energiapuuksi. Monimuotoisuudelle tärkeiden vanhojen lehtipuiden sekä kuolleiden puiden korjuuta ei suositella.

Hakkuutähdettä korjataan pääasiassa reheviltä kuusivaltaisilta uudistusaloilta. Hakkuutähteen korjuu koostuu palstakasojen tekemisestä hakkuun yhteydessä, palstakasojen kuormauksesta ja metsäkuljetuksesta sekä tienvarsivaraston tekemisestä.

Hakkuutähteen tienvarsivarastoinnissa on keskeistä tehdä kunnollinen varastopino, jossa hakkuutähde jatkaa kuivumista ennen kaukokuljetusta.



Avoin tuulinen paikka ja hyvä peittely edistää hakkuutahteen kuivumista. Varastopinon peite pysyy paikoillaan, kun sen päälle on nostettu muutama kourakasallinen latvuksia. Kuva: © Kalle Kärhä.

## Kirjallisuus

1. Törmänen, T. ym. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Science of The Total Environment*.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139743>
2. Palviainen ym. 2004. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and Soil* 263, 53–67.
3. Keto-Tokoi 2018. Tutkimustietoon perustuvia suosituksia vastuullisen metsänhoidon kehittämiseksi. WWF Suomen Raportteja 37.  
<https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/06/10977.pdf>
4. Koivula, M., Louhi, P., Miettinen, J., ym. 2022. Talousmetsien luonnonhoidon ekologisten vaikutusten synteesi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 60/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 83 s  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-472-2>
5. Ranius, T. ym. 2018. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of Environmental Management* 209:409–425.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048>
6. Clarke, N. ym. 2021. Effects of intensive biomass harvesting on forest soils in the Nordic countries and the UK: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 482  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118877>
7. Helmisaari, H-S., Kaarakka, L. and Olsson, B. 2014. Increased utilization of different tree parts for energy purposes in the Nordic countries. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 29(4): 312–322  
<https://doi.org/10.1080/02827581.2014.926097>
8. Campbell ym. 2019. Estimating uncertainty in the volume and carbon storage of downed coarse woody debris. *Ecol. Applications* 29, e01844.
9. Holeksa, J., Zielonka, T., & Żywiec, M. 2008. Modeling the decay of coarse woody debris in a subalpine Norway spruce forest of the West Carpathians, Poland. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(3), 415-428.

- Mäkinen, H., Hynynen, J., Siitonen, J., Sievänen, R. 2006. Predicting the decomposition of scots pine, Norway spruce, and birch stems in Finland. *Ecological Applications* 16(5): 1865–1879.
11. Smolander, A., Saarsalmi, A. and Tamminen, P. 2015. Response of soil nutrient content, organic matter characteristics and growth of pine and spruce seedlings to logging residues. *For. Ecol. Manage.* 357, 117-125.
  12. Achat, D.L.L., Deleuze, C., Landmann, G., Pousse, N., Ranger, J. & Augusto, L. 2015. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth – A meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 348: 124–141.
  13. Thiffault, E., Hannam, K.D., Paré, D., Titus, B.D., Hazlett, P.W., Maynard, D.G. & Brais, S. 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests – A review. *Environ. Rev.* 19: 278–309.
  14. Mayer, M. ym., 2020. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management* 466, 118127.
  15. Strömberg ym. 2013. Carbon stocks in four forest stands in Sweden 25 years after harvesting of slash and stumps. *For. Ecol. Manage.* 290, 59-66.
  16. Kaarakka ym. 2016. Carbon and nitrogen pools and mineralization rates in boreal forest soil after stump harvesting. *For. Ecol. Manage.* 377, 61-70.
  17. Smolander, A. ym. 2010. Removal of logging residue in Norway spruce thinning stands: Long-term changes in organic layer properties. *Soil. Biol. Biochem.* 42, 1222-1228.
  18. Puupolttoaineiden laatuohje VTT-M-07608-13.  
[https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2014/VTT-M-07608-13\\_2014\\_%20update.pdf](https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2014/VTT-M-07608-13_2014_%20update.pdf)
  19. Kettunen 2020. Energiapuun hankinnan arvoketjut ja kannattavuus. Metsänomistajan Talouskoulu. Työtehoseura.  
<https://tuhtametsasta.fi/wp-content/uploads/2018/04/MOT-Energiapuun-hankinnan-arvoketjut-ja-kannattavuus-AK.pdf>
  20. Routa, J., Kolström, M., Ruotsalainen, J., and Sikanen, L. 2015. Precision Measurement of Forest Harvesting Residue Moisture Change and Dry Matter Losses by Constant Weight Monitoring. *International Journal of Forest Engineering*, 26:71–83.
  21. Erber, G., Routa, J., Wilhelmsson, L., Raitila, J., Toiviainen, M., Riekkinen, J. & Sikanen, L.

2014. A prediction model prototype for estimating optimal storage duration and sorting. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 297.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp297.htm>