

# Juurikääpätuhojen torjunta



Tyvitervastautipesäke männikössä. Kuva: ©Tuula Piri, Luke.

## Kuvaus

Juurikäävän aiheuttama kuusen tyvilaho ja männyn tyvitervastauti ovat havupuiden sienitaudeista haitallisimmat. Juurikäävän leviämisen riski muodostuu sulan maan aikana tehtävissä hakkuissa, ennakkoraivauksissa ja taimikonhoitotoissa. Tartunta voi tapahtua tuoreiden kantopintojen sekä runko- ja juurivaurioiden kautta. Leviämisen riski on olematon pakkasen ja roudan aikaan.

Juurikäävän torjunnan tärkein tavoite on estää sienien leviäminen terveisiin metsiin. Metsätuholaki velvoittaa torjuntaan riskiaikana tehdyissä hakkuissa.

## Juurikäävän vaikutukset

Juurikäävät ovat hyvin yleisiä eläviä havupuita lahottavia sienitauteja. Niistä koituu taloudellisia tappioita, koska ne lahottavat kuusen taloudellisesti arvokkainta tyviosaa ja tappavat mäntyjä. Juurikääpätartunnan saaneen puuston arvo laskee nopeasti, kun arvotukki muuttuu kuitupuuksi tai pahimmassa tapauksessa energiapuuksi. Juurikäävät heikentävät myös kykyä hillitä ilmastonmuutosta.

Suomessa on kaksi juurikääpälajia, joista kuusenjuurikääpä, aiemmin kutsuttu myös maannousemaksi, tuottaa tyvilahoa kuuselle, lehtikuuselle ja tappaa männyntaimia. Männynjuurikääpä aiheuttaa männylle tyvitervastautia, mutta sieni lahottaa myös kuusta, katajaa, koivua, lehtikuusta ja douglaskuusta [\[1\]](#).

## Juurikäävän leviäminen

Juurikäävät leviävät tehokkaasti metsikössä ilmalevintäisinä itiöinä, mutta myös läheisten puiden välisten juuriyhteyksien kautta. Suomen olosuhteissa juurikääpä alkaa tuottamaan kantaitiöitä vuorokauden keskilämpötilan noustua keväällä 5 celsiusasteen yläpuolelle. Itiöiden tuotanto kestää syksyn yöpakkasiin saakka. Itiötuotannon ja -levinnän vuodenaikausvaihtelua on ja selvää on, että ilman lämpötilan ollessa korkea myös itiölaskeuma on korkeampaa. Itiöt kulkeutuvat kaukolevinnän avulla uusiin kohteisiin jopa satojen kilometrien päähän [\[2\]](#).

Juuristosta laho etenee sekä sydän- että mantopuuhun. Kuusen kannon juuristossa rihmaston kasvunopeus voi olla jopa 60 cm vuodessa, kun se elävän puun juuristossa on noin 20 cm vuodessa. Puun rungossa tyvilaho voi edetä 35 cm vuodessa ja nousta elävässä puussa yli 10 m korkeuteen sekä säilyä elinkykyisenä kannoissa jopa 50 vuotta [\[3\]](#)[\[2\]](#)[\[4\]](#).

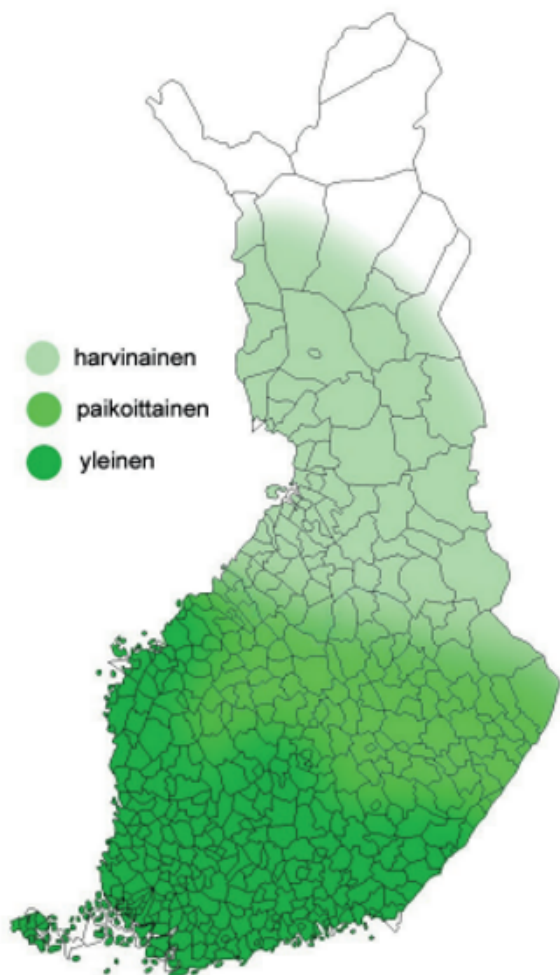
Ympärivuotinen puunkorjuu on tärkeää teollisuuden puuhuollolle sekä metsäkonealan työllisyyden kannalta. Käytännön syistä joudutaan metsätaloudessa toimimaan myös juurikäävän riskiaikana. Juurikäävän leviämistä riskiaikana voidaan ehkäistä käsittelemällä kannot torjunta-aineella.

Kantojen korjuu ei ole tehokas keino juurikäävän torjuntaan. Pitkäaikainen, yli 2 vuotta kestävä lahojen kantojen varastointi lisää taudin leviämisen riskiä entisestään.

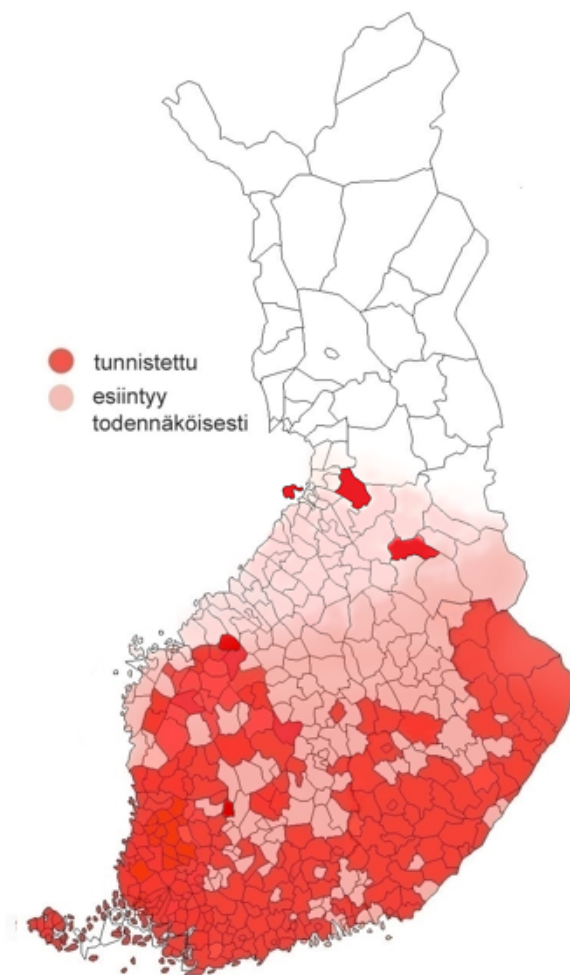
## Juurikäävän esiintyminen

Juurikäpä on levinnyt jo laajalti Suomessa. Kuusenjuurikäävän levinneisyys painottuu Etelä- ja Keski-Suomeen, mutta sitä tavataan myös Suomen pohjoisosissa [5]. Pahimmat tuhoalueet ovat keskittyneet eteläisimpään Suomeen rannikon tuntumaan. Tyvilaho vaivaa erityisesti hyväkasvuisia kivennäismaiden kuusikoita, mutta sitä esiintyy vähäisemmässä määrin myös turvemailla. [1]

Männynjuurikäävän levinneisyys on toistaiseksi painottunut Etelä- ja Keski-Suomeen. Lajia tavataan sekä kivennäis- että turvemailla [6]. Erittäin alttiita männynjuurikäävälle ovat entisille peltomaille istutetut männiköt.



Kuva 1. Kuusen tyvilahon levinneisyys 2017. Lähde: Luke.

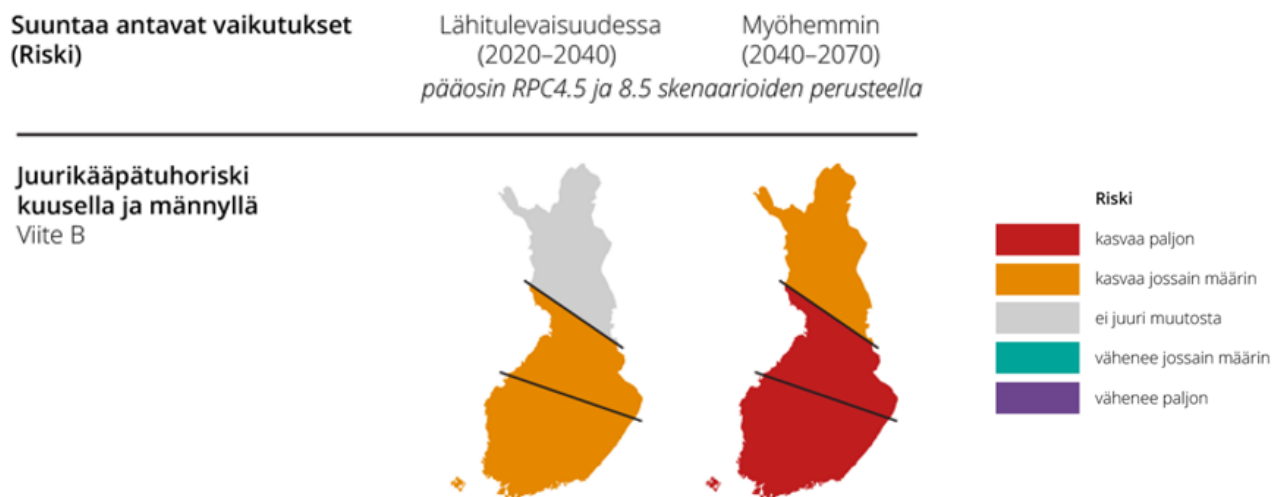


Kuva 2. Männyn tyvitervastaudin levinneisyys 2022. Lähde: Luke.

Juurikäävän levinneisyys-kartta. Nykyiset levinneisyysarviot perustuvat valtakunnan metsien inventointeihin ja erillisiin näytteenottoihin, jotka kuitenkin aliarvioivat juurikäävän esiintymistä.

Tulevaisuudessa juurikäävän esiintymistä voidaan saada täsmällisempää tietoa hakkuukoneiden keräämän tiedon avulla. Tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi metsän uudistamisen yhteydessä.

Ilmastomuutoksen myötä erityisesti kuusen, mutta myös männynjuurikäävän riskialue laajenee yhä pohjoisemmaksi [7]. Kasvukauden pidentyminen, kevään varhaistuminen ja tehoisan lämpösumman kohoaminen voimistavat sekä kuusen- että männynjuurikäävän esiintymistä [8]. Nämä tekijät lisäävät torjuntatoimien tarvetta.



Juurikääpätuhojen suuntaa antava riski 2040 ja 2070 vuosiin mennessä.

# Toteutus

## Juurikäävän tunnistaminen

### Kuusenjuurikäävän tunnistaminen

Kuusenjuurikääpä havaitaan yleensä vasta kuusikon hakkuun yhteydessä tyveltään lahonneista rungoista. Juurikääpä lahottaa enimmäkseen kuollutta sydänpuuta, joten kuusi voi säilyä vuosista vuosikymmeniin ulkoisesti hyväkuntoisena. Puu alkaa oireilla ulkoisesti, kun laho etenee sydänpuusta elävään mantopuuhun. Tavanomaisia oireita ovat:

- pituuskasvun tyrehtyminen
- latvuksen harsuuntuminen ja neulasten värin haalistuminen
- mahdolliset pihkavuodot rungossa
- rungon tyviosan paksuuntuminen

Näille oireille voi kuitenkin olla myös muita syitä kuin juurikääpä.

Usein juurikääpä tartunnan huomaa metsikön sisältä löytyvistä lahojuurisista tuulenskaadoista, joiden juurakoihin kehittyy usein myös juurikäävän itiöemiä. Vanhoista kannoista voi myös löytää juurikääpää, jolloin lahon lisäksi niissä voi näkyä myös juurikäävän itiöemiä. Itiöemät voivat kehittyvät kosteissa olosuhteissa, joten niitä voi löytää kasvillisuuden suojasta tai karikekerroksen peitosta. Juurikäävän itiöemät eli käävät ovat yläpuolelta kanelinruskeita ja alapuolen pillistö on hohtavan valkoinen.

Mesisienet ovat myös yleisiä kuusikon lahottajia, joten niiden lahoa voi luulla juurikääväksi. Juurikääpälaho on vaaleanruskeaa ja mesisienilaho taas tummanruskeaa. Myös mesisieni lahottaa kannon usein ontoksi, mutta laho ei nouse ylös runkoon. Mesisienilahossa raja terveen ja lahon puun välillä on jyrkkä toisin kuin juurikääpälaholla. Molemmat voivat esiintyä myös samassa puussa yhtä aikaa.



Juurikäävän itiöemiä varastoidussa kuusen kannossa. Kuva: ©Tuula Piri, Luke.



Vasemmalla näkyvissä juurikäpälähoa ja oikealla mesisienilähoa. Kuva: @Tuula Piri, Luke.

## Männynjuurikäävän tunnistaminen

Männynjuurikäpä aiheuttaa männiköissä tyvitervastautia. Se voi esiintyä kaiken kokoisissa ja ikäisissä männyissä. Tauti alkaa yksittäisen männyn heikkenemisenä. Sairastuneen puun juuristosta tauti laajenee ajan myötä viereisiin puihin. Tautipesäkkeissä on eri asteisesti harsuuntuneita ja ruskettuneita sekä kuolleita puita, koska puut sairastuvat eriaikaisesti. Mänty pyrkii estämään sienirihmaston leviämisen ylös runkoon runsaalla pihkoittumisella. Vanhemmat puut taistelevat jopa vuosikymmeniä juuristolevintää vastaan, mikä pienentää männikön tilavuuskasvua. Nuoret männyt voivat kuolla jo muutamassa kuukaudessa tartunnasta.



Tyvitervastautiin sairastuneen männyn kanto. Kuva: @Tuula Piri, Luke.



Tyvitervastautia männyn taimikossa. Kuva: @Tuula Piri, Luke.

Lisätietoa juurikäävästä Luonnonvarakeskuksen [Metsäinfon tuhosivuilta](#).

## **Juurikäpätuhojen torjunta hakkuissa, ennakkoraivauksessa ja taimikonhoidossa**

Juurikäävän leviämisen riski muodostuu sulan maan aikana tehtävissä hakkuissa, ennakkoraivauksessa ja taimikonhoitotöissä. Tartunta voi tapahtua tuoreiden kantopintojen sekä runko- ja juurivaurioiden kautta.

Varmin keino ehkäistä taudin leviämistä uusille alueille on välttää hakkuiden ja raivaustöiden toteutusta riskiaikana. Leviämisen riski on olematon toimittaessa talvikaudella pakkasen ja roudan aikana. Myös kiertoajan hakkuukertoja vähentämällä voidaan hillitä riskiä.

### **Juurikäävän torjunta sulan maan aikaan tehtävissä hakkuissa**

- Hakkuissa tehdään havupuiden kantokäsittely kasvinsuojeluaineella metsätuholain velvoitteiden mukaisesti. Torjunta on suositeltavaa myös levinneisyyden reuna-alueilla.
- Kantokäsittely tehdään huolellisesti erityisesti terveissä metsiköissä. Kantokäsittelyn teho edellyttää, että kasvinsuojeluaine saadaan levitetyksi kantojen koko leikkauspinnalle 3 tunnin sisällä kaadosta. Tavoitteena on täydellinen peittävyys vähimmäisvaatimuksen ollessa 85 %.
- Harvennuskohteiksi valitaan ensisijaisesti lehtipuuvaltaisia leimikoita.
- Harvennuksissa minimoidaan riskiä puustovaurioille, sillä ne altistavat metsikön tartunnalle.
- Tällöin
  - tehdään tarvittaessa ennakkoraivaus
  - vältetään havupuuvaltaisten kohteiden korjuuta keväällä ajankohtana, jona puiden kuori irtoaa helposti ja puut vaurioituvat herkimmin [\[9\]](#)
  - ajourat tehdään riittävän leveiksi ja hakkuutähdettä käytetään ajourilla suojaamaan puiden juuristoja.

### **Juurikäävän torjunta sulan maan aikaan tehtävissä raivauksissa**

Taimikonhoitotöissä ja ennakkoraivauksessa sulan maan aikana aiheutuu riski, jos raivatessa joudutaan poistamaan runsaasti havupuustoa. Lämpimitaltaan jo 2 cm havupuukanto voi levittää juurikäpää kasvatettaviin puihin [\[10\]](#). Riski korostuu esimerkiksi kylvömänniköiden taimikonharvennuksissa. Juurikäävän tartuntariski kasvaa, kun poistettavien havupuiden läpimitta sekä määrä kasvavat [\[11\]](#). Tartuntariskiinkin vaikuttaa myös juurikäävän esiintyminen alueella.

- Raivauksessa havupuiden kantokäsittelyä on testattu, mutta toimivat menetelmät puuttuvat käytännöstä edelleen.

## Juurikäävän torjunnassa käytettävät kasvinsuojeluaineet ja käytön vaatimukset

Suomessa tuoreiden kantojen käsittelylle on kaksi eri vaihtoehtoa. Kemiallinen torjunta toteutetaan vahvalla urealiuoksella ja biologinen torjunta juurikäävän kanssa kilpailevalla harmaaorvakkasienen liuoksella [\[12\]](#).

**Ureakäsittelyssä** kannon pinta käsitellään juurikäävälle sopimattomaksi. Urean vaikutus perustuu pH:n nousuun kannon kaatopinnalla, mikä estää juurikäävän itiöiden itämisen. Ureavalmistetta levitettäessä on jätettävä vähintään 10 m suojavyöhyke vesistöihin ja pienvesiin.

**Biologinen kontrolli** perustuu sienten väliseen kilpailuun, missä kannon kaatopinnalle ensin päässyt harmaaorvakka vie juurikäävältä kasvutilan ja samalla tuhoten sen solukkoa. Harmaaorvakka myös kasvaa syvemmälle kantoon kuin mihin urean vaikutus yltää, mikä hillitsee juurikäävän leviämistä juuristossa. Rajoituksena biologisen valmisteiden käytölle on sen jäätyminen pakkasella.

Molemmat kasvinsuojeluaineet levitetään hakkuukoneen kantokäsittelylaitteiston avulla tai käsin hakkuun jälkeen. Laki velvoittaa käsittelemään hakkuissa läpimitaltaan yli 10 cm kannot, mutta myös tätä pienemmät kannot on hyvä käsitellä juurikäävän leviämisen estämiseksi [\[10\]](#).

## Kasvinsuojeluaineiden käytön vaatimuksia

Suomessa voidaan käyttää ainoastaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES:n hyväksymiä kasvinsuojeluaineita. Kasvinsuojeluaineiden ammattikäytössä on työntekijällä ja yrittäjällä oltava aina kasvinsuojelututkinto (Laki kasvinsuojeluaineista 1563/2011). Tämä koskee myös juurikäävän torjuntaa urealla tai harmaaorvakalla.

Kasvinsuojeluaineiden käytössä on noudatettava käyttöohjeen mukaista suojaetäisyyttä vesistöihin. Lisäksi on huomioitava metsäsertifiointin asettamat vaatimukset.

## Juurikäävän vaivaaman metsikön käsittelyn vaihtoehdot

Kuusenjuurikäävän pahoin vaivaamissa kuusikoissa yleensä taloudellisesti kannattavin vaihtoehto on avohakkuu ja kasvatettavan puulajin vaihto, ensisijaisesti rauduskoivuksi. Suojelu voi myös olla vaihtoehtona. Yhden lehtipuusukupolven aikana valtaosa juurikäävästä ehtii hävitä kasvupaikalta havupuun kantojen maatuessa. Pahoin saastuneilla alueilla ei ole suositeltavaa hyödyntää kuusialikasvosta. Tämä koskee sekä jaksollista että jatkuvaa kasvatusta.

Männynjuurikääpä on hankalaa torjua puulajia vaihtamalla, sillä se infektoi kaikkia havupuulajeja ja myös koivua. Se ei kuitenkaan enää leviä lehtipuista seuraavaan puusukupolveen.

Juurikäävän vaivaaman metsikön käsittelyssä

- Jos kasvupaikka mahdollistaa, vaihdetaan puulaji metsän uudistamisessa. Puulajeja voidaan vaihtaa uudistamisessa myös osalle kuviota.
- Alikasvosta ei hyödynnetä metsänkasvatuksessa, koska tartunta leviää juuriston välityksellä.
- Aikaistetaan uudistushakkuuta aikaisemmasta suunnitelmasta.
- Juurikääpä tartunnan leviämistä nuorissa männyntaimikoissa voi rajoittaa kaatamalla taudin tappaman puun tai puuryhmän ympäriltä kaksi tai kolme riviä terveitä mäntyjä ja käsittelemällä niiden kannot harmaaorvakalla (mutta ei urealla). Harmaaorvakka kasvaa männyllä myös puiden juuristoon katkaisten juurikäävältä leviämisreitit.

## Kannonnosto ei poista juurikääpä

Havupuiden kantojen korjuun avulla voidaan jonkin verran hillitä juurikäävän leviämistä, mutta se ei suojaa seuraavaa puusukupolvea juurikääpä tartunnalta. Juurikääpä pysyy sitkeästi kasvupaikalla, koska osa kannoista ja lahoista juurista jää aina korjaamatta. Juurikääpä voi säilyä yli kuusi vuotta tartuntakykyisenä hyvinkin pienissä, vain 15 mm:n paksuisissa juurenpätkissä.

Kantojen nostossa ja kuljetuksessa juurimateriaali leviää helposti laajemmalle alueelle, jolloin uusia tautipesäkkeitä voi syntyä enemmän kuin jos kannot olisi jätetty nostamatta [\[13\]](#).

## **Varastoidut kannot voivat levittää juurikääpää**

Lahojen kuusikantojen varastointi lisää juurikäävän leviämiskäyttä, jos kantojen poiskuljetuksesta ei huolehdita ajoissa. Otollisia juurikäävän itiöemien kehittymiselle ovat kantokasojen alimmat ja kosteat kannot. [\[14\]](#)

## Laki metsätuhojen torjunnasta: juurikäävän torjunta

Metsätuholaki velvoittaa monissa tapauksissa juurikäävän torjuntaan. Juurikäävän torjunta on kuitenkin suositeltavaa maantieteellisesti laajemmalla alueella kuin mihin metsätuholaki velvoittaa.

Metsätuholain velvoite koskee kivennäis- ja turvemaalla toukokuun alun ja marraskuun lopun välillä suoritettavia kasvatus- ja uudistushakkuita juurikäävän leviämisen riskialueilla. Nämä alueet ovat keskinen ja eteläinen Suomi (ks. kartta alla). Torjuntavelvoite koskee myös ei-metsänhoidollisia havupuuvaltaisia hakkuita, kuten sähkölinjojen sekä teiden ja rautateiden varsien käsittelyä.

Juurikääppää on torjuttava, jos sen leviämisen riskialueella on:

1. kivennäismaalla ennen hakkuuta mäntyä tai kuusta taikka molempia yhteensä yli 50 % metsikön puuston tilavuudesta
2. turvemaalla ennen hakkuuta kuusta yli 50 % metsikön puuston tilavuudesta.
3. turvemaalla ennen hakkuuta mäntyä yli 50 % metsikön puuston tilavuudesta eteläisessä Suomessa.

Torjunta on metsän hakkaajan velvollisuus. Metsän hakkaajalla tarkoitetaan metsälain mukaan maanomistajaa tai silloin kun hakkuuoikeus on luovutettu toiselle taholle, hakkuuoikeuden haltijaa.

Hyväksyttävät torjuntamenetelmät ovat kantokäsittely hyväksytyllä kasvinsuojeluaineella, puulajin vaihto lehtipuuksi uudistushakkuun jälkeen tai muu vaikutukseltaan vastaava toimenpide. Kantojen nosto ja kulotus eivät ole tähän tarkoitukseen hyväksyttäviä torjuntamenetelmiä.

Kaikki läpimitaltaan yli 10 cm olevat havupuiden kannot on säädösten mukaan käsiteltävä. Kasvinsuojeluaineen tulee peittää vähintään 85 % kunkin käsiteltävän kannon pinnasta.

Säädösten mukaan torjuntaa ei tarvitse tehdä, jos jokin seuraavista toteutuu:

- terminen kasvukausi ei ole alkanut
- hakkuuvuorokauden alin lämpötila hakkuukohteella on alle 0°C
- maassa on yhtenäinen lumipeite
- hakkuun kohteena olevan metsän sijaintikunnan alin lämpötila on hakkuuta

edeltävällä kolmen viikon jaksolla ollut alle -10 °C.



Kuusenjuurikäppää suositellaan torjuttavaksi kuusen koko esiintymisalueella. Männynjuurikäppää suositellaan torjuttavaksi Lapin maakunnan eteläpuolella.

## Juurikäävän torjunta jatkuvassa kasvatuksessa

Jatkuvassa kasvatuksessa sopivin hakkuiden ajankohta on talvi, jolloin puustovaurioita syntyy vähemmän ja juurikääpäriski on pieni. Jos hakkuu tehdään juurikäävän riskiaikana, on tehtävä havupuiden kantokäsittely kasvinsuojeluaineella metsätuholain velvoitteiden mukaisesti.

Jatkuva kasvatus ei ole suositeltavaa, jos metsässä esiintyy juurikääpää tai taudin leviämisen riski on korkea. Taimilla ja alikasvoskuusilla on korkea riski saada varhainen tartunta saastuneesta juuristosta. Usein tiheäkasvuisina ne myös levittävät tautia tehokkaasti.

Puulajin vaihtaminen on hankalaa luontaisessa uudistamisessa.

## Juurikäävän torjunnan huomiointi kannonnostossa

Juurikäävän leviämisen riskiä voidaan jossain määrin hillitä kannonnostolla, mutta sillä ei voida poistaa tautia kokonaan.

## Juurikäävän leviämisen ehkäisy kannonnostossa

- Juurikäävän lahottama puuaines poistetaan uudistusosalta mahdollisimman tarkasti. Mitä huolellisemmin havupuiden lahot kannot ja niiden osat kerätään pois korjuukohteelta, sitä vähemmän juurikääpätartuntoja esiintyy seuraavassa puusukupolvessa.
- Jos hakkuu tehdään pakkasjakson ulkopuolella toukokuun alun ja marraskuun lopun välisenä aikana, juurikäävän esiintymisalueella on tehtävä havupuun kantojen käsittely harmaaorvakka- tai urealiuoksella (ks. kartta) tulevasta kannonnostosta riippumatta.
- Mikäli korjuukohteella ei todeta juurikääpää, luonnon monimuotoisuuden ja maaperän tuotoskyvyn turvaamiseksi vain osa kannoista nostetaan. Säästettävät havupuun kannot ovat riski, jos niitä ei käsitellä kasvinsuojeluaineella.
- Kannot varastoidaan aurinkoiselle ja kuivalle paikalle ja terveet kannot kasataan varastopinon alimmaisiksi.
- Kaikki kannot kuljetetaan pois tienvarsivarastosta viimeistään kahden vuoden kuluessa.

Huolehditään, että varaston alimmaisets kannot kerätään pois varastopaikalta.

# Sanasto

## Juurikäävän torjunta



Juurikäävän havaitseminen katkontapinnoista hakkuun jälkeen on oleellinen osa juurikäävän torjuntaa.

Kuva: © Erkki Oksanen

Juurikäävän aiheuttama kuusen tyvilaho ja männyn tyvitervastauti ovat havupuiden sienitaudeista haitallisimmat. Juurikäävän torjunnan tarkoituksena on estää sienien leviäminen terveisiin metsiin sulan maan aikana tehtävissä hakkuissa. Metsätuholaki velvoittaa huolehtimaan torjunnasta.

Kuusen tyvilahon eli maannouseman pääasiallinen aiheuttaja on kuusenjuurikääpä. Pahimmat tuhoalueet ovat keskittyneet eteläisimpään Suomeen rannikon tuntumaan. Tauti on yleinen Etelä- ja Keski-Suomessa ja sitä esiintyy harvakseltaan myös Pohjois-Suomessa. Tyvilaho vaivaa erityisesti hyväkasvuisia kivennäismaiden kuusikoita, mutta sitä esiintyy vähäisemmässä määrin myös turvemailla.

Männiköissä tyvitervastaudin aiheuttaa männynjuurikääpä. Tauti on levinnyt laajalti Etelä- ja Keski-Suomeen. Pahimmat tuhoalueet keskittyvät Saimaan ympäristöön. Erityisen alttiita juurikäävälle ovat vanhoille peltomaille istutetut männiköt.

Metsätuholain nojalla juurikäävän torjunta on monissa tapauksissa pakollista. Velvoite

koskee kivennäis- ja turvemaalla toukokuun alun ja marraskuun lopun välillä suoritettavia kasvatus- ja uudistushakkuita juurikäävän leviämisen riskialueilla.

Torjunta on metsän hakkaajan velvollisuus. Hyväksyttävät torjuntamenetelmät ovat kantokäsittely hyväksytyllä kasvinsuojeluaineella, puulajin vaihto lehtipuuksi uudistushakkuun jälkeen tai muu vaikutukseltaan vastaava toimenpide. Kantojen nosto ja kulotus eivät ole tähän tarkoitukseen hyväksyttäviä torjuntamenetelmiä.

## Metsätuho



Kirjanpainaja on iskeytnyt uudistushakkuualueen reunapuihin. Kuva: ©Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa.

Metsätuho on lähinnä kasvavaan puustoon aiheutunut puuston arvoa alentava, kasvua heikentävä tai puustoa hävittävä tapahtumasarja, joka aiheuttaa vahinkoa metsien hyödyntämiselle.

Vahingon taloudellinen merkittävyys metsänomistajalle riippuu hänen kokonaistilanteestaan, tuhon ja taloudellisen riskin kantokyvystä. Mikä tulkitaan metsätuhoksi, riippuu siitä mikä merkitys sillä on metsänomistajan taloudelle. Yksittäisten puiden tuhot ovat normaalia luonnon monimuotoisuutta.

Vahinkojen vakavuus kohdemetsikölle voi vaihdella huomattavasti johtuen vallitsevien sääolosuhteiden suotuisuudesta, maantieteellisestä sijainnista, metsikön rakenteesta, puulajijakaumasta, maaperästä, käsittelyhistoriasta ja tuhonaiheuttajien esiintymisistä.

Bioottiset (elolliset) ja abioottiset (elottomat) tuhonaiheuttajat voivat toimia joko yksin tai

kytkeytyneinä toisiinsa. Vaikutus puustolle voi olla lyhytaikainen tai kestää kiertoajan loppuun saakka. Metsätuho voi kohdistua ensisijaisesti terveeseen puustoon tai tuho voi kohdistua toissijaisesti jo heikentyneeseen puustoon tai puuainekseen.

Metsätuho on terminä vakiintunut metsänhoitoon, lisäksi käytetään puustotuho termiä.

## Kirjallisuus

1. Piri, T., Selander, A., Hantula, J., Kuitunen, P. 2019. Juurikäpätuhojen tunnistaminen ja torjunta. Offset Ulonen Oy, 2019  
<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/juurikaapatuhojen-tunnistaminen-ja-torjunta.pdf>
2. Kasanen, R. 2009. Metsäpuiden sienitaudit. Metsäkustannus. 221 s.
3. Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology*, Vol 26, Issue 4, Pages 193-204.
4. Honkaniemi, J. ym. 2014. Hmodel, a *Heterobasidion annosum* model for even-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 44, Number 7  
<https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0011>
5. Müller, M., Kaitera, J. & Henttonen, H. 2018. Butt rot incidence in the northernmost distribution area of *Heterobasidion* in Finland. *Forest Ecology and Management* 425, 154-163.
6. Silver, Timo ja Piri Tuula. 2017. Havaintoja tyvitervastaudista turvemaiden männiköissä. *Suo* 68(1), 1-11.  
<http://www.suo.fi/pdf/article10110.pdf>
7. Venäläinen A., ym. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology* 26, 4178–4196.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.15183>
8. Aalto, J. ym. 2021. High-resolution analysis of observed growing season variability over northern Europe. *Climate Dynamics* 58  
<https://doi.org/10.1007/s00382-021-05970-y>
9. Valkonen, S., Sirén, M. & Piri, T. 2010. Poiminta- ja pienaukkohakkuut – vaihtoehtoja avohakkuulle. Metsäkustannus Oy.
10. Gaitnieks, T. ym. 2019. Susceptibility of small-diameter Norway spruce understory stumps to *Heterobasidion* spore infection. *Forests* 10, 521  
<https://doi.org/10.3390/f10060521>
11. Gunulf, A. et al. 2013. Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small

Norway spruce stumps to adjacent trees. Forest Ecology and Management 287.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.011>

12. Piri, T., Selander, A. & Hantula, J. 2017 Juurikäpätuhojen tunnistaminen ja torjunta. Luonnonvarakeskus, Suomen metsäkeskus ja maa- ja metsätalousministeriö.  
<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/juurikaapa.pdf>
13. Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. & Muhonen, T. (toim.) 2012. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja 240. Metsäntutkimuslaitos.  
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.htm>
14. Piri, Tuula; Hamberg, Leena. 2015. Persistence and infectivity of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce root residuals following stump harvesting. Forest Ecology and Management 353: 49-58.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.012>