

Maanmuokkaus



Etualan taimi on istutettu laikkuun ja oikealla oleva muokkaamattomaan maahan. Takimmainen taimi kasvaa selvästi parhaiten, koska olosuhteet laikkumättäessä ovat kasvulle otollisimmat. Kuva: © Johnny Sved.

Kuvaus

Maanmuokkauksen tarkoituksena on parantaa siementen itämistä sekä taimien elossa säilymistä ja kasvua ensimmäisten vuosien aikana. Muokkaus helpottaa uudistamistyötä ja parantaa uudistamisen laatua. Maanmuokkaus vaikuttaa metsikön kehitykseen pitkälle tulevaisuuteen ja sillä voidaan vaikuttaa koko uudistamisketjun kustannustehokkuuteen.

Tavoitteena hyvä uudistamistulos

Onnistuneen uudistamisen edellytyksenä on kasvupaikan ja uudistustavan perusteella valittu maanmuokkausmenetelmä. Maanmuokkaus parantaa taimien kilpailuasemaa muuhun kasvillisuuteen nähden ja suojaa niitä muun muassa tukkimiehentäituhailta. Lisäksi maan pintakerros lämpenee, mikä edistää taimien juurten kehitystä.

Maanmuokkauksen tulee tuottaa riittävästi itämis- tai istutuspaikkoja, jotta voidaan saavuttaa tavoiteltu taimikon tiheys. Maanmuokkausta ei tule tehdä tarpeettoman voimakkaana.



Kuvion sisälläkin muokkaustapaa voi olla syytä vaihtaa. Esimerkiksi kosteasta notkelmasta hyvin kiviselle rinteelle siirryttäessä laikkumätästys on syytä vaihtaa laikutukseen. Kuva: © Kalle Vanhatalo.

Maanmuokkaus kylvöä ja luontaista uudistamista varten

Maalajiltaan keskikarkeat ja karkeat maat on suositeltavaa muokata luontaisen siemennyksen tai kylvön aikaansaaman taimettumisen edistämiseksi. Muokattu hienojakoinen maa routii voimakkaasti ja rouste nostaa helposti sirkkataimia muokkausjäljestä. Tämän vuoksi hienojakoisia maita ei tulisi uudistaa kylvön tai siemenpuuhakkuun avulla.

Sopivia muokkausmenetelmiä kivennäismaille ovat äestys ja laikutus sekä turvemaille laikutus ja kääntömätästys. Muokkausjäljen ei kivennäismailla pidä ulottua vaaleaa huuhtoutumiskerrosta syvemmälle. Huuhtoutumiskerros ei roudi yhtä herkästi kuin sen alla oleva punertava rikastumiskerros. Turvemaille laikutuksen muokkausjäljen tulee ulottua vain turpeen pintaan.

Siemenen itämiselle sopivassa muokkausjäljessä on hieman humusta kivennäismaan seassa. Sekoittunut humus parantaa maan kykyä pidättää vettä ja edistää siementen itämistä. Humussekoitus myös pienentää sirkkataimille haitallista pintaeroosiota.

Maanmuokkauksen tarjoama suoja tukkimiehentäille ei ole siemensyntyisille taimille yhtä tärkeää kuin istutustaimille. Pienet siemensyntyiset taimet eivät ole tukkimiehentäin syöntikohteita ja uudistusalan tukkimiehentäikanta on vähäisempi siinä vaiheessa, kun taimet ovat tukkimiehentäille riittävän suuria.

Maanmuokkaus istutusta varten

Muokattaessa uudistusalaa istutusta varten on tavoitteena ensisijaisesti luoda viljelytiheyttä vastaava määrä hyvälaatuisia istutuspaikkoja. Maaperältään vaihtelevilla uudistamisaloilla on usein tarpeen käyttää useampia maanmuokkausmenetelmiä maalajista ja vesitaloudesta riippuen.

Uudistusalan tukkimiehentäikanta saavuttaa huippunsa silloin, kuin istutustaimet ovat syöntivaurioille herkimmillään. Parhaan suojan tukkimiehentäin syönneille antaa taimia ympäröivä puhdas kivennäismaa tai turvepinta. Paljasta maata on suositeltavaa olla taimen ympärille vähintään 20 cm.

Maanpintaa paljastava tai kohoumia muodostava maanmuokkaus

Maanpintaa paljastavat muokkausmenetelmät

Maan pintakerrosta paljastavat muokkausmenetelmät, kuten äestys ja laikutus, soveltuvat vain karkeille ja keskikarkeille, vettä läpäiseville maille. Hienojakoisten, tiiviiden maiden muokkaukseen ne eivät sovellu. Näillä huonosti vettä läpäisevillä sekä alavilla maille vesi jää pitkäksi aikaa seisomaan muokkausjälkeen, minkä seurauksena taimien juuret kuolevat hapenpuutteeseen. Lisäksi paljastettu hienojakoinen maa routii voimakkaasti ja rouste voi nostaa taimia vaurioittaen niiden juuristoa.

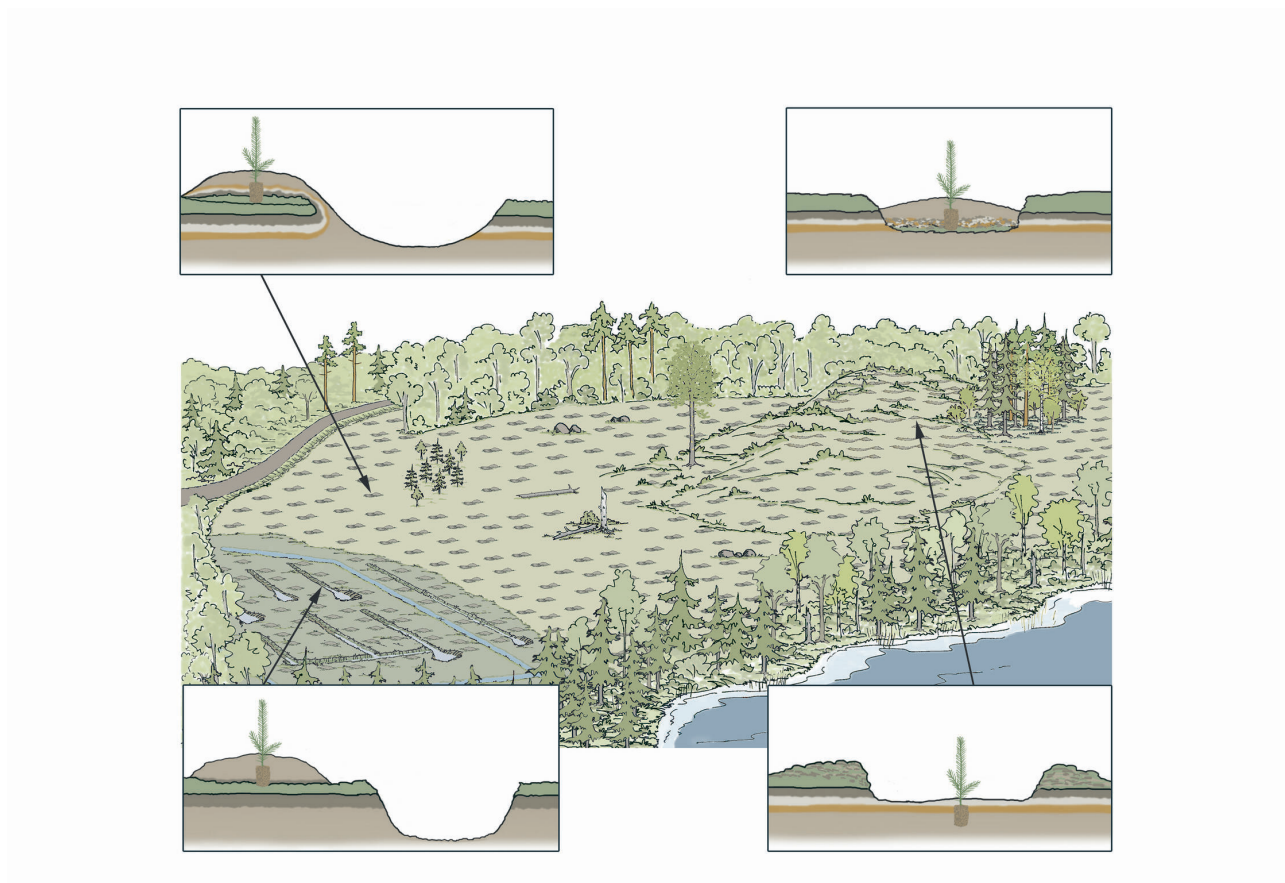
Kohoumia muodostavat muokkausmenetelmät

Kohoumia muodostavissa maanmuokkausmenetelmissä tavoitteena on tehdä muokkaus niin, että mättään alle jää humuskerros. Se katkaisee kapillaarisen vedennousun mättään ja sen alla olevan maakerroksen välillä. Taimet istutetaan keskelle mätästä niin syväälle, että juuristo ulottuu mättään alla olevaan humuskerrokseen. Tästä syystä mättäitä ei tule tehdä liian korkeiksi.

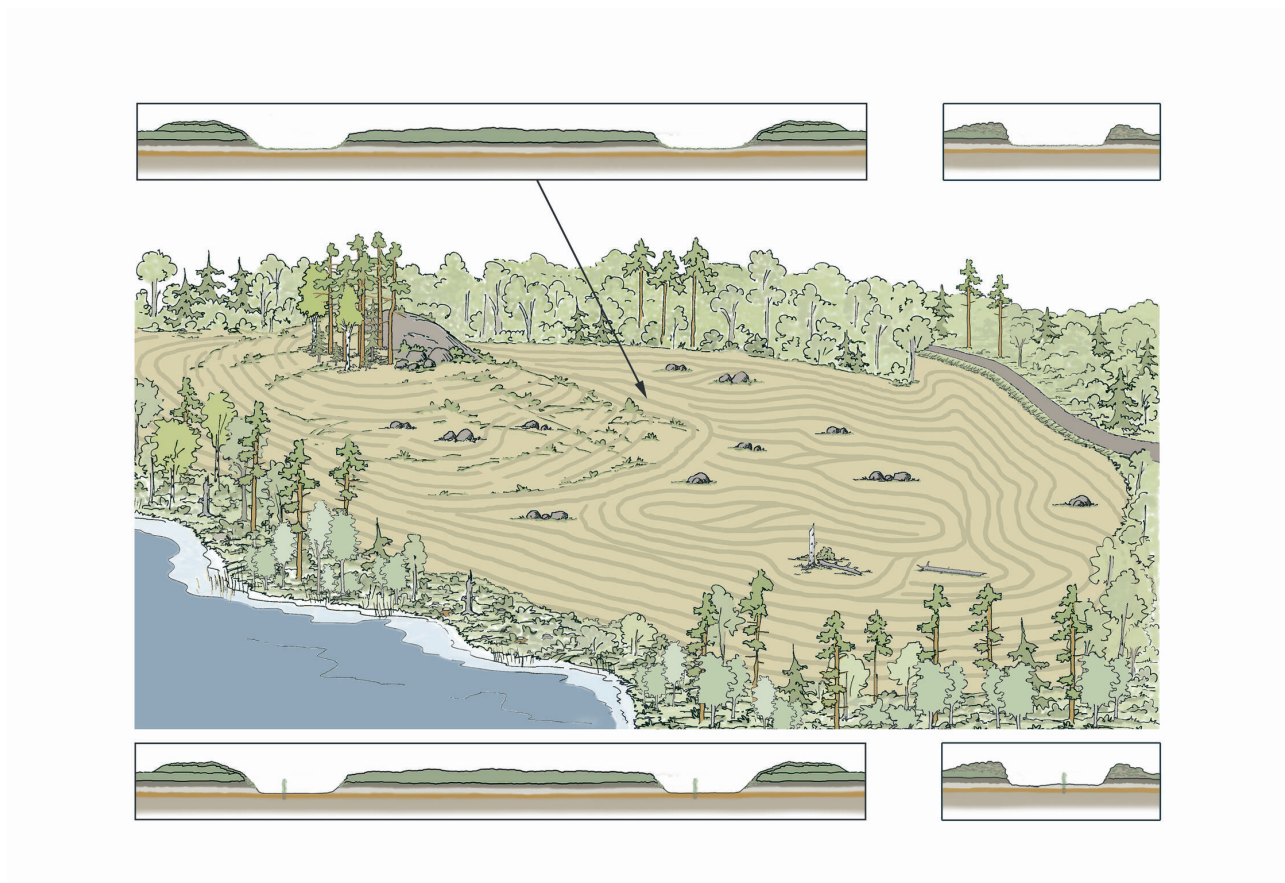
Mättään kuiva pintakerros vähentää kilpailevan kasvillisuuden kehittymistä taimen ympärille. Sen sijaan mättään alla kosteus säilyy pitempään ja hajoavasta humuksesta vapautuu ravinteita taimen käyttöön. Routiminen on mättäässä vähäistä humuskerroksen kapillaariyhteyksien katkeamisen vuoksi.

Maanmuokkauksen tarkistuslista

- on tehty tavoitteen mukainen määrä menetelmän mukaisia laadukkaita viljelypaikkoja
- on huolehdittu tarvittaessa vesitalouden järjestelyistä
- on ojia tai naveroita kaivettaessa huolehdittu vesiensuojelusta esimerkiksi lietekuopilla ja kaivukatkoilla
- on jätetty suojakaista pienvesiin ja vesistöihin
- on otettu huomioon mahdolliset erityiskohteet, kuten luonto- ja muinaismuistokohteet
- ei ole rikottu järeitä maalahopuita tai muokattu alle kahden metrin päästä eläviä säästöpuita.



Eri maanmuokkausmenetelmien käyttö tuoreella kankaalla, joka istutetaan kuuselle. Mäen laella maalaji on vettä läpäisevä ja kivinen, joten muokkaustavaksi soveltuu parhaiten laikutus. Alempana maa on keskikarkeaa ja muokkaus tehdään joko laikku- tai kääntömätästyksenä. Soistuneessa kuilmassa on käytetty naveromätästystä sekä perattu osa vanhoista ojista. Kuva Juha Varhi, © Tapio.



Uudistusala on kuivahkoa kangasta ja maalaji vaihtelee keskikarkeasta karkeaan. Alue uudistetaan männylle kylväen, mutta vaihtoehtona voisi olla myös istutus. Luontainen uudistaminen olisi edellyttänyt siemenpuiden jättämistä. Maa läpäisee vettä ja koko ala voidaan muokata äestämällä tai laikuttamalla. Kylvöä varten tehtävässä muokkauksessa muokkausjäljen pintaan pitää jäädä hieman humusta. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Päätöksenteko

Maanmuokkaus - Talous

Metsän uudistaminen koostuu toimenpiteiden ketjusta, jossa edellinen toimenpide vaikuttaa seuraavan toimenpiteen onnistumiseen ja sen kustannuksiin. Halvimman osaratkaisun valitseminen ja eri toimenpiteiden viivästyttäminen saattavat myöhemmin kostautua merkittävästi kohonneina hoitokustannuksina ja menetettyinä tuloina.

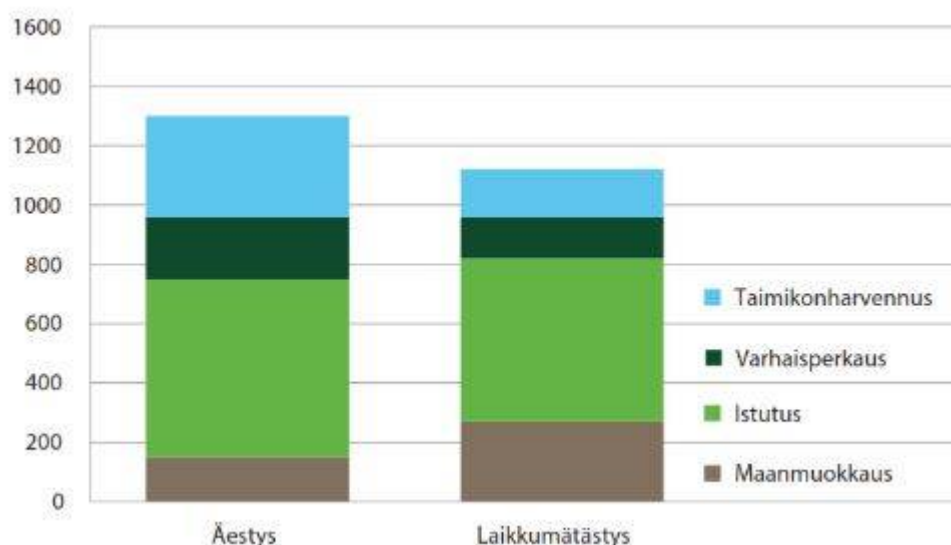
Huomiota kasvupaikkaan

Kun kohde on rehevä, äestys lisää heinittymistä ja vesoittumista paljon enemmän kuin mätästys. Tarpeetonta maanpinnan rikkomista on aina syytä välttää myös vesiensuojelun vuoksi.

Halvin ei aina ole edullisin

Nopea ja kerralla onnistunut uudistaminen tuottaa varmimmin täystiheän ja terveen taimikon. Siitä kehittyvä kasvuisa metsikkö antaa jo varhain hyvän hakkuukertymän ja runsaat puunmyyntitulot.

Mätästys on äestystä kalliimpaa, mutta se vähentää varhaishoidon tarvetta ja antaa varmemmin onnistuneen uudistumistuloksen rehevissä kohteissa. Karummilla kohteilla äestysten avulla saadaan yleensä toivottu tulos. Ks. esimerkki alla (pystyakseli: €/ha) [\[1\]](#).



Muokkaustapojen vaikutus (€) kuusen uudistamisketjun kokonaiskustannuksiin.

Maanmuokkaus - Luonto

Maanmuokkauksessa tulisi välttää järeiden lahopuiden rikkomista. Elävien säästöpuiden ympärille on suositeltavaa jättää vähintään kahden metrin levyinen muokkaamaton vyöhyke. Erityiskohteet, kuten luontokohteet ja eläinten pesät rajataan maanmuokkauksen ulkopuolelle eikä niiden yli ajeta.



Maanmuokkauksessa tulisi välttää järeiden maapuiden rikkomista. Kuva: © Airi Matila.

Maanmuokkaus - Virkistys

Maanmuokkaus koetaan maisemallisesti häiritseväksi tekijäksi, sitä enemmän, mitä voimakkaammasta muokkausmenetelmästä on kyse. Tällä on vaikutusta alueen virkistyskäyttöarvolle.

Maanmuokkauksen vaikutus maisemanhoitoon

Metsätalouden aiheuttamista voimakkaista maisemamuutoksista ei yleensä pidetä. Maanmuokkaus ja uudistusalueille jäävät hakkuutähteet koetaan häiritsevinä. Kuitenkaan uudistusaloja ei koeta aina pelkästään kielteisesti. Muokkauksen jäljet katoavat taimikon alle muutamassa vuodessa. Pienet uudistusalat, joissa hakkuutähteet ja maanmuokkaus eivät enää ole näkyvissä, herättävät myös myönteisiä mielikuvia, tunteita ja muistoja. Uudistusalan maisemalliseen laatuun vaikuttaakin merkittävästi hakkuusta kulunut aika. Uudistusalueista pidetään sitä enemmän mitä enemmän säästöpuita siellä on.

Erityishuomiota virkistysalueisiin

Maisemallisesti merkittävillä kohteilla muokkausta voidaan keventää ja erittäin herkäät kohteet voidaan jättää muokkaamatta. Laikutus ja kääntömätästys jättävät huomaamattomimmat jäljet.

Virkistysalueilla sekä muilla maisemallisesti merkittävillä kohteilla, joissa lähimaiseman laatu ja alueen monikäyttöisyys korostuvat, on suositeltavaa käyttää muokkausmenetelmiä, joissa maanpintaa paljastetaan kevyesti. Äestyksessä, säätöaurauksessa ja ojitusmätästyksessä muokkaus tulisi pyrkiä tekemään tien tai rannan suuntaisesti.

Ulkoilureitit, polut sekä retkeilyrakenteet, kuten opasteet ja taukopaikat, lisäävät metsän virkistysarvoja. Niistä tehdyt sopimukset on otettava huomioon uudistushakkuussa, maanmuokkauksessa tai muussa metsänkäsittelyssä. Muutoinkin on suositeltavaa, ettei polkuja vaurioiteta eikä heikennetä niiden kulkukelpoisuutta.

Metsänuudistaminen - Ilmastomuutoksen hillintä

Metsänuudistaminen tapahtuu joko luontaisesti tai viljellen. Uuden, hiiltä sitovan puuston aikaansaaminen mahdollisimman nopeasti auttaa ilmastomuutoksen hillinnässä. Käyttämällä jalostettua viljelymateriaalia saadaan nopeakasvuisia ja tuhoa kestäviä puustoja. Maanmuokkaus tehostaa monissa tapauksissa uudistumista, mutta sillä voi olla myös haitallisia ilmastovaikutuksia. Turvemailla uudistamisessa on huomioitava myös vesitalous ilmastomuutoksen hillinnän kannalta.

Vaikutukset hiilen määrään puustossa ja puutuotteissa

Luontainen uudistaminen on hitaampaa ja epävarmempaa kuin viljellen uudistaminen. Viljavammilla alueilla uudistaminen viljellen tuottaa nopeasti ja tehokkaasti runsaskasvuisen puuston. Luontainen uudistaminen sopii erityisesti karuimmille paikoille, joilla puuston kasvu on hidasta. Kokonaisuutena tarkasteltuna uudistaminen viljelemällä kasvattaa puuston hiilivarastoa nopeammin kuin luontainen uudistaminen.

Uudistamisessa tehtävä maanmuokkaus parantaa istutustaimien, kylvösiementen ja luontaisesti syntyneiden taimien kasvuoloja ja elossa säilymistä^[2]. Maanmuokkaus voi jopa kaksinkertaistaa puuston kasvunopeuden^{[3][4][5][6]}. Karuilla kohteilla puuston kehitys on kuitenkin hidasta eikä viljely ole taloudellisesti kannattavaa.

Käyttämällä jalostettua siementä tai taimia voidaan saada 10–35 prosentin kasvunlisäys verrattuna metsiköstä kerättyihin siemeniin^{[7][8][9]}.

Vaikutukset maaperän hiilivaraston kehitykseen

Maanmuokkaus voi hetkellisesti vähentää maaperän hiilivarastoa^[2]. Pitemmällä aikajaksolla mahdolliset hiilihäviöt maaperästä korvautuvat muokkauksen aikaansaamalla puuston hiilivaraston kasvulla^{[10][11][12][13][14]}.

Turvemailla vesitalouden huomiointi metsänuudistamisessa on ilmastomuutoksen hillinnän kannalta tärkeää. Toimenpide aiheuttaa vesistöhaittoja ja voimakas kuivuminen lisää turpeen hajoamisesta syntyviä hiilipäästöjä. Ojien kunnostuksessa kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää kunnostamalla vain ojia, joiden kunnostaminen on puuston kasvatuksen kannalta välttämätöntä, ja pitämällä ojat kuitenkin mahdollisimman matalina. Tällöin aiheutetaan mahdollisimman vähän turpeen hajoamista

ja toisaalta lisätään tehokkaasti puuston hiilensidontaa.

Turpeen hajoaminen ja siitä johtuvat ilmastoa lämmittävät hiilidioksidin ja typpioksiduulin päästöt ovat sitä suuremmat, mitä tehokkaammin suo on kuivattu^[15]. Tämän takia kuivatusta on syytä parantaa vain silloin, kun se kohentaa selvästi puuston kasvuoloja. Tällöin puuston lisääntyneen kasvun aikaansaama hiilinielu voi lyhyellä aikajänteellä kompensoida turpeen hajotuksen lisääntymisen aiheuttamia päästöjä.

Etenkin rehevillä, ruoho- ja mustikkaturvekankaan kasvupaikoilla toistuvat kunnostusojitukset ylläpitävät turpeen vähittäistä hajoamista ja siitä seuraavia kasvihuonekaasupäästöjä.

Toteutus

Äestys



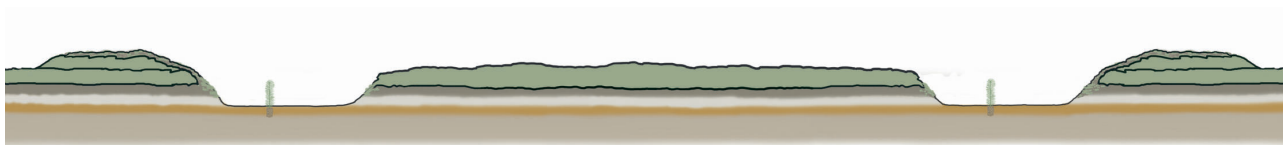
Äestyksessä kylvöä tai luontaista uudistamista varten kivennäismaa paljastetaan, mutta muokkausjäljen pintaan tulisi jäädä itämistä edistävää humusta. Äestjälkeä tarvitaan 4 000–5 000 metriä hehtaarille, jotta syntyy riittävästi hyviä itämiskohtia. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Äestyksessä paljastetaan kevyesti kivennäismaata. Menetelmä sopii karkeille ja keskikarkeille maille eli vettä läpäiseville maille. Äestys ei sovi turvemaille.

Äestysen toteutus

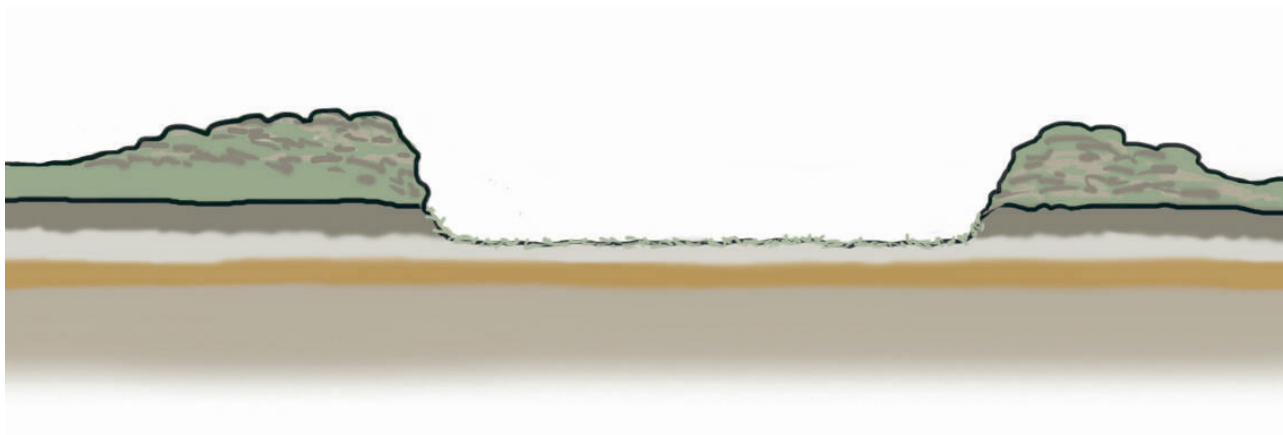
Äestyksessä paljastetaan kivennäismaata 60–80 cm leveydeltä. Muokkausjäljen syvyys riippuu siitä, uudistetaanko metsä luontaisesti, kylvämällä vai istuttamalla. Äesvakojen sopiva väli on noin kaksi metriä.

Vesi valuu äestysvaoissa rankkasateiden yhteydessä, joten eroosion vähentämiseksi vaot suositellaan tehtäväksi korkeuskäyriä mukaillen. Äestysjälkeen on varsinkin rinteissä hyvä tehdä katkoja pintavesien valumisen hidastamiseksi.



Äestyksessä istutusta varten muokkausjäljen tulee olla niin syvä, ettei sen pintaan jää humusta. Hyviä istutuskohdita syntyy äestyksessä paljon. Paras istutuskohdita on muokkausjäljen keskellä. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Laikutus



Laikutuksessa kylvöä tai luontaista uudistamista varten kivennäismaa paljastetaan, mutta muokkausjäljen pintaan tulisi jäädä itämistä edistävää humusta. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Laikutus on maanpintaa paljastava maanmuokkausmenetelmä. Kylvöä tai luontaista uudistamista varten tehdyssä laikutuksessa muokkausjäljen pintaan tulisi jäädä itämistä edistävää humusta. Istutusta varten tehdyssä ei pintaan saisi jäädä humusta.

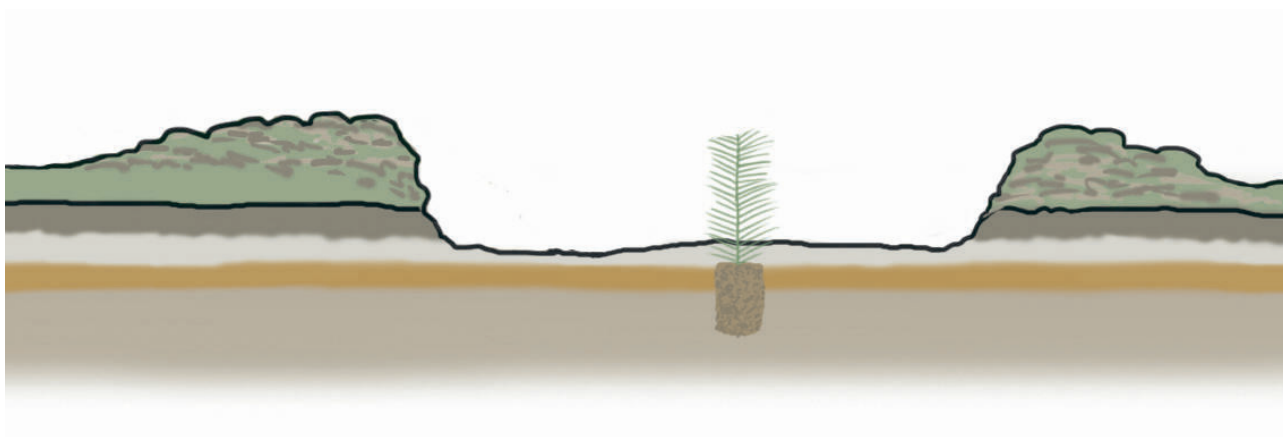
Laikutus kylvöä ja luontaista uudistamista varten

Kylvö- ja luontaisen uudistamisen kohteilla kivennäismaa paljastetaan laikuittain poistamalla pääosa humuskerroksesta maan pinnalta. Laikut ovat leveydeltään ja pituudeltaan 50–70 cm. Laikkuja tulee tehdä 4 000–5 000 kappaletta hehtaarille riittävän taimitiheyden saavuttamiseksi.

Turvemailla poistetaan elävä sammalkasvusto ja raakahumuskerros. Laikuissa paljastetaan taimettumisen kannalta hyvä, kesälläkin kosteana säilyvä turvepinta. Laikutusta voi tehdä keskinkertaisesti tai vähän maatuneessa puu- tai rahkaturpeessa, jos peruskuivatus on kunnossa.



Laikutuksessa poistetaan ohut kerros pintahumusta ja paljastetaan taimettuva pinta luontaisille tai kylvetyille männyn siemenille. Kuva: © Markku Saarinen.



Laikutuksessa istutusta varten laikutusjäljen pintaan ei saisi jäädä humusta. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

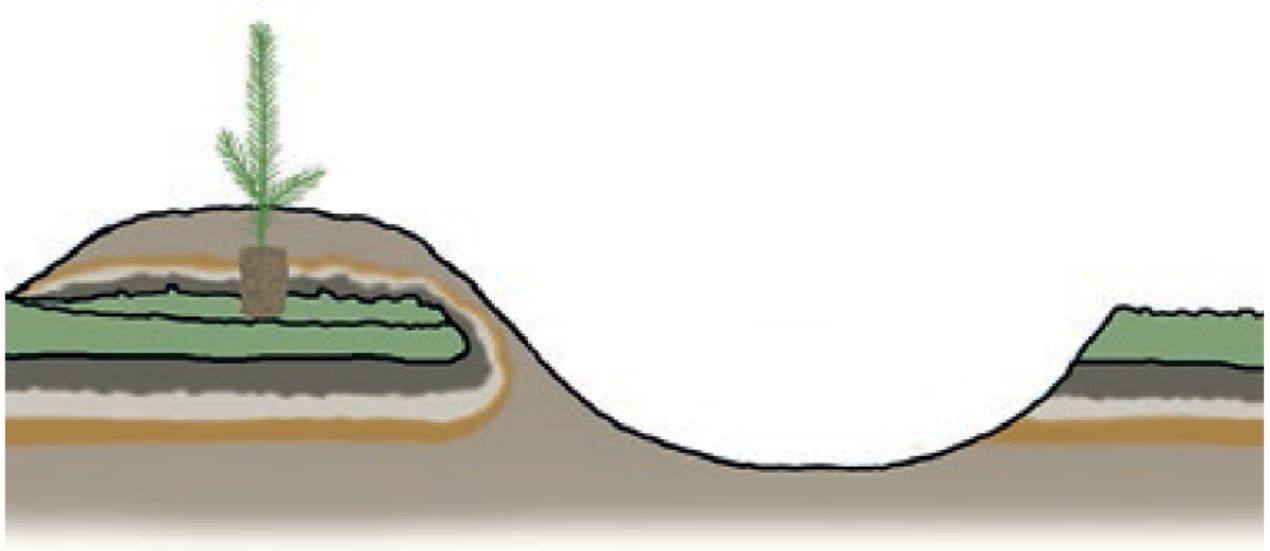
Laikutus istutusta varten

Istutuskohdeilla laikutus sopii maanmuokkausmenetelmänä samoille kohteille kuin äestys. Kaivinkoneella tehtävä laikutus sopii äestystä paremmin kivikoille, rinnemaille ja

maaperältään vaihteleville kohteille. Menetelmä ei sovi turvemaille muokattaessa istutusta varten.

Istutusta varten tehtävässä laikutuksessa humus poistetaan kivennäismaan pintaa myöten, niin että puhdas humuksesta vapaa kivennäismaa paljastuu. Laikut ovat leveydeltään ja pituudeltaan 50–70 cm. Istutuskohda on keskellä laikkua. Laikkuja tehdään vähintään istutustiheyttä vastaava määrä.

Laikkumätästys



Laikkumätästyksessä pintamaa käännetään niin, että muodostuu kaksinkertainen humuskerros. Istutuksessa taimipaakun tulee ylettyä humukseen. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Laikkumätästys sopii keskikarkeille ja hienojakoisille kivennäismaille sekä ojitetuille turvemaille, joilla kuivatus on kunnossa.

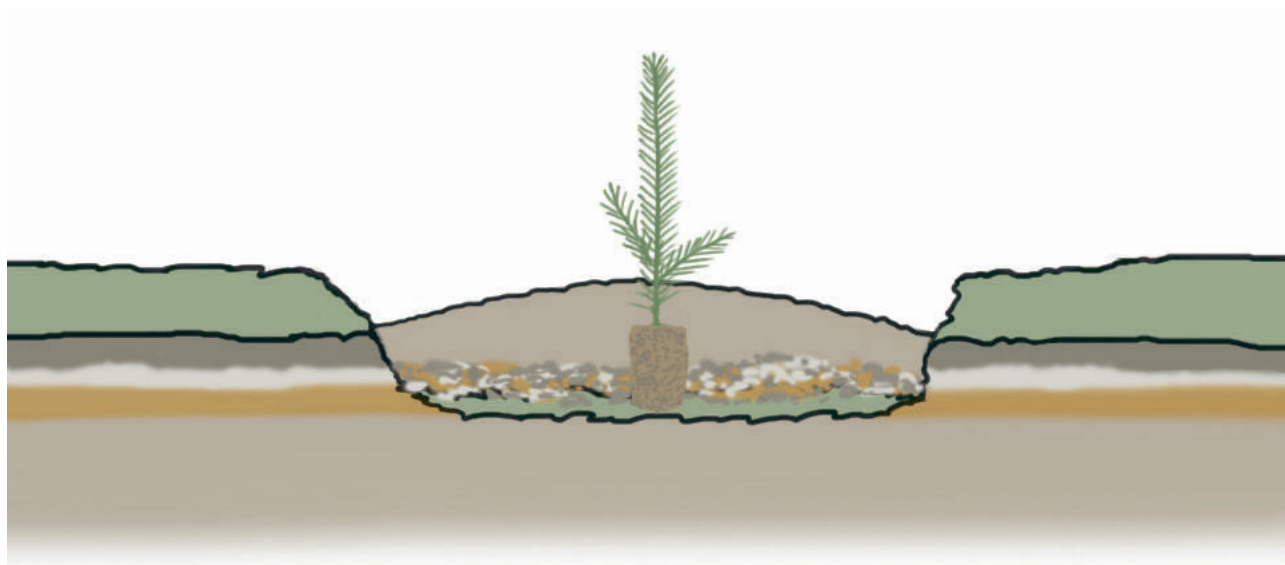
Laikkumätästyksen toteutus

Mätäs tehdään laikusta saatavasta maasta kääntämällä pintamaata niin, että mättään alle jää kaksinkertainen humuskerros ja sen päälle tulee 5–10 cm paksu kivennäismaakerros. Turvemaille mätäs tehdään vastaavasti kääntämällä turvetta raakahumuksen päälle. Mättään tavoitekokoo on noin 50 cm x 60 cm.



Laikkumätästys ojitetulla turvemaalla. Kuva: © Risto Ranta.

Kääntömätästys



Kääntömätästyksessä mätäs on laakea, alle 10 senttimetriä korkea ja ensimmäisen talven jälkeen se painuu lähes maanpinnan tasoon. kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Kääntömätästys sopii keskikarkeille kivennäismaille ja turvemaille. Se tuottaa laakeita ja hieman kuopan reunan yläpuolelle yltäviä kivennäismaa- tai turvepintoja. Vesitalouden on oltava kunnossa kohteilla, joissa käytetään kääntömätästystä.

Kääntömätästyksen toteutus

Kääntömätästyksessä maa käännetään ylösalaisin samaan kohtaan, mistä se on otettu. Pohjalle jää yksinkertainen humuskerros. Maata ei saisi liioin vyöryä muokkauspisteen ulkopuolelle. Kivennäismailla maata voi myös ottaa humuskerroksen alta ja pudottaa sen samaan kohtaan humuksen päälle. Mättään tavoitekokoo on noin 50 cm x 60 cm.



Turvemaiden kääntömätästyksessä turve käännetään takaisin samaan kuoppaan, josta maa on otettu. Kuvassa kuusen istutusta kääntömättäisiin. Maanpinnan tasossa ne ovat toisaalta alttiina hallatuhoille. Kuva: © Markku Saarinen.

Jatkuvatoiminen laikkumätästys



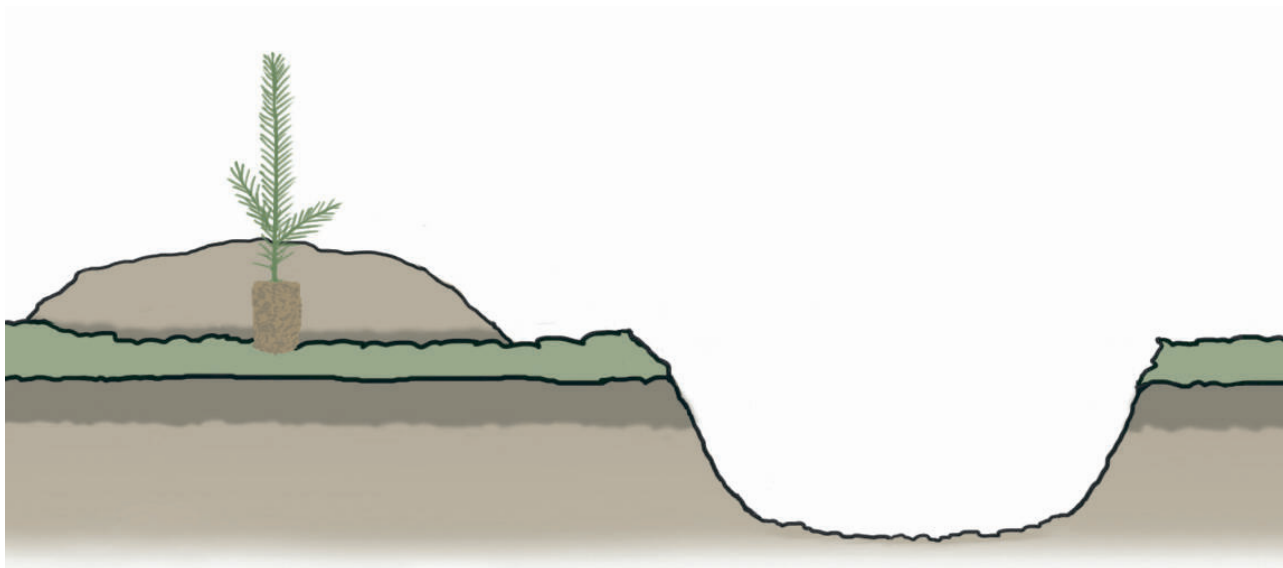
Jatkuvatoimisessa laikkumätästyksessä maanmuokkaus tapahtuu metsätraktoriin kiinnitettyllä laitteella, joka tekee mättäitä automaattisesti määrävälein. Kuva: © Sami Karppinen.

Jatkuvatoimisessa laikkumätästyksessä uudistusalan maanmuokkaus tapahtuu automaattisesti muokkauskoneen liikuessa. Mätästys on moninkertaisesti tuottavampaa verrattuna kaivinkoneella tehtyyn mätästykseen. Muokkausta saadaan tehtyä useita hehtaareita päivässä.

Jatkuvatoiminen mätästys on sitä kustannustehokkaampaa, mitä suurempi uudistusala on. Pienet työmaat ovat tuottavuuden kannalta soveliaampia kaivurimuokkaukseen. Kasvupaikan vesitalouteen jatkuvatoimisella mätästyksellä ei voi vaikuttaa toisin kuin kaivurimuokkauksessa.

Jatkuvatoiminen mätästys soveltuu erityisesti vähäkivisiin, maastoltaan tasaisiin ja ohuthumuksisiin kivennäismaakohteisiin. ^[16] Työmaan kivisissä osissa muokkauspää säädetään tekemään laikkuja. Tuoreet hakkuutähteet haittaavat laadukkaan muokkausjäljen toteutusta kuten muissakin muokkaustyypleissä, joten muokkaus tehdään vasta, kun hakkuutähteet on korjattu pois tai kuivuneet kunnolla. Huomioitavaa on, että hakkuutähteiden kuivumisen odottaminen todennäköisesti viivästyttää uudistamista.

Naveromätästys



Mätäs tehdään matalasta vaosta eli naverosta saatavasta maasta. Naveron syvyys on 30–50 cm. Mättäät tehdään laakeiksi, 10–20 cm korkeiksi ja 60–80 cm levyisiksi, eikä niitä tarvitse tiivistää. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Naveromätästys on sopiva muokkausmenetelmä hienojakoisilla ja veden vaivaamilla kivennäismailla ja viljavilla turvemailla, joilla turve on puu- ja saraturvetta.

Naveromätästykseen käytön edellytys on, että turvemailla peruskuivatus on kunnossa ja kivennäismailla on vain lievää kuivatustarvetta.

Naveromätästykseen toteutus

Naveroiden tehtävänä on ohjata pintavesiä sekä tarjota maa-ainesta mättäiden tekemiseen. Tarkoituksena ei ole kuivattaa aluetta eikä laskea pohjaveden pintaa. Menetelmää käytetään usein täydentävänä maanmuokkausmenetelmänä esimerkiksi uudistusaloilla, joissa vain osa alueesta on veden vaivaamaa tai joissa tehdään samalla kunnostusojitus. Menetelmä sopii hyvin myös kivisille viljaville kivennäismaille, joilla laikkumätästys ei onnistu.

Eroosioriskin vuoksi suositellaan, ettei naveroita kaiveta rinteiden suuntaisesti.

Vesiensuojelusta huolehditaan kaivukatkoilla ja tarvittaessa lietekuopilla. Vesiensuojelun kannalta on tärkeää, että naveroita käytetään vain niissä uudistusalan osissa, joissa se on välttämätöntä.



Naveromätästystä käytetään usein ojitusmätästystä täydentävänä menetelmänä. Mätäs tehdään matalasta 30–50 cm syvästä naverosta saatavasta maasta. Mättäät tehdään laakeiksi, 10–20 cm korkeiksi ja 60–80 cm leveiksi. Kuva: © Markku Saarinen.

Ojitusmätästys

Ojitusmätästys on veden vaivaamien kivennäismaiden ja turvemaiden muokkausmenetelmä kohteissa, jotka edellyttävät kuivatusta. Ojitusmätästyksessä voidaan perata vanhoja ojia, kaivaa täydennysojia sekä käyttää täydentävänä maamuokkauksena laikku-, kääntö- tai naveromätästystä.

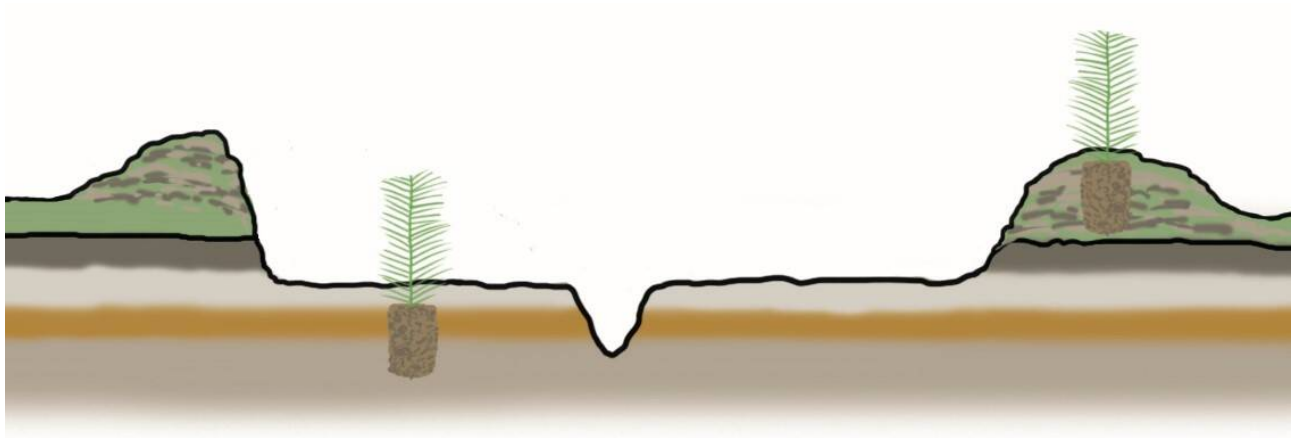
Ojitusmätästyksen toteutus

Kuivatusojat ovat tarpeen kohteissa, joissa pohjaveden pinnantasoo on hakkuun jälkeen jatkuvasti lähellä maanpintaa, eli alle 30 cm:n syvyydellä. Korkea pohjavedenpinta estää taimien juurien hapensaannin. Jos kivennäismaalla kunnan alta paljastuu kerroksellinen podsolimaannos, ojitusta ei yleensä tarvita. Ojan syvyys määräytyy kuivatustarpeen mukaan.

Ojien pintamaasta tehdään laakeita, 10–20 cm korkeita ja 60–80 cm leveitä mättäitä. Mättäiden tiivistäminen ei ole tarpeen. Ojien pohjalta otettu vähäravinteinen maa läjitetään, eikä siihen ole suositeltavaa istuttaa taimia.

Ojitusmätästys on verrattavissa kunnostusojitukseen, joten siinä on suositeltavaa soveltaa samoja vesiensuojelumenetelmiä kuin kunnostusojituksessa.

Säätöauraas



Säätöaurauksessa muodostuu paljastettu maa, vako ja kohouma eli palle. Istutuksessa voidaan hyödyntää palteen lisäksi paljastettua maata. Kuva: Juha Varhi, © Tapio.

Säätöauraas soveltuu Pohjois-Suomen soistuneille, tiiviille sekä paksukunttaisille maille.

Säätöaurauksen toteutus

Säätöaurauksessa voidaan säätää muokkausjäljen syvyyttä ja leveyttä sekä jättää muokkauskatkoja. Kivennäismaiden aurauksissa suositellaan, että aurausvaon keskisyvyys olisi alle 25 cm.

Aurausvakoja ei ole suositeltavaa ulottaa vesistöihin eikä ojiin, vaan niihin tulisi jättää suojakaistat ja käyttää pintavalutusta. Rinnemailla on hyvä jättää muokkauskatkoja ja valita ajosuunta viistosti rinteiden kaltevuuteen nähden.

Metsäsertifiointin vaatimukset toimittaessa pohjavesialueilla (FSC® ja PEFC™)

Metsäsertifiointit (FSC® ja PEFC™) asettavat vaatimuksia toimittaessa pohjavesialueilla.

FSC®-sertifiointi

Organisaatio turvaa pohjavesien laadun säilymisen pidättäytymällä tärkeillä pohjavesialueilla (I ja II luokka) kunnostus- ja täydennysojituksista, kemiallisten torjunta-aineiden käytöstä (ei koske juurikäävän torjuntaa urealla), kantojen korjuusta sekä kulotuksista. Pohjavesialueilla voidaan toteuttaa kulotuksia, mikäli tähän on olemassa ympäristöviranomaisen lupa.

Organisaatio ei käytä typpipitoisia lannoitteita 1- tai 2 luokan pohjavesialueilla.

Polttoaineiden säilytys pohjavesialueilla on sallittu väliaikaisesti ainoastaan säiliöissä, joilla on tarvittava tyyppihyväksyntä ja jotka ovat lukittavissa polttoainevarkauksien ja ilkvallan estämiseksi sekä ovat varustettuja vuodon hallintaan tarkoitettulla valuma-altaalla, kaksoisvaipalla tai kaksoispohjalla. Nestemäisten voiteluaineiden väliaikainen säilytys on sallittua ilkvallalta suojattuna.

PEFC™-sertifiointi

PEFC-kriteeristön mukaan pohjavesien laatu turvataan metsätalouden toimenpiteissä. Vedenhankintaa varten tärkeillä (1-luokka, 1E-luokka) ja soveltuvilla (2-luokka, 2E-luokka) pohjavesialueilla ei käytetä kemiallisia kasvinsuojeluaineita eikä lannoitteita eikä korjata kantoja. Turvemaiden tuhkalannoitus on sallittua, mikäli se ei vaaranna pohjaveden laatua. E-luokan pohjavesialueilla lannoitus on sallittua, mikäli se ei vaaranna E-luokitukseen johtanutta pohjavedestä riippuvaista pinta- tai maaekosysteemiä. E-luokan pohjavesialueilla ei käytetä kemiallisia kasvinsuojeluaineita. Kasvinsuojeluaineiden käytöllä ei tarkoiteta taimitarhoilla tukkimiehentäin torjunta-aineella käsiteltyjen taimien istutusta pohjavesialueella eikä kantokäsittelyaineiden käyttöä, kun käytössä noudatetaan Turvallisuus- ja kemikaaliviraston kasvinsuojelurekisterissä antamia ohjeita ja rajoituksia. Tuhkalannoitteiden, joihin on lisätty booria, käyttö pohjavesialueilla on kielletty.

Metsäsertifiointin vaatimukset toimittaessa vesistöjen suojakaistoilla (FSC® ja PEFC™)

Metsäsertifiointit (FSC® ja PEFC™) asettavat vaatimuksia toimittaessa vesistöjen suojavyöhykkeille. PEFC sertifikaatissa niitä nimitetään suojakaistoiksi.

FSC®-sertifiointi

FSC-standardi edellyttää aina suojavyöhykkeiden käyttöä puunkorjuun ja metsänhoitotoimien yhteydessä. Vesistöjen ja pienvesien suojavyöhykkeen leveys arvioidaan tapauskohtaisesti maaston pinnanmuotojen ja maalajin perusteella. Suojavyöhyke koostuu metsätalouden ulkopuolelle jätettävästä ja/tai peitteisenä hoidettavasta suojavyöhykkeestä.

- Suojavyöhykkeen leveys on kaikilla lammilla ja järvillä vähintään 10 metriä.
- Suojavyöhykkeen leveys on joilla ja merenrannoilla vähintään 15 metriä.
- Suojavyöhykkeen leveys on fladoilla ja kluuvijärvillä vähintään 30 metriä.
- Suojavyöhykkeet jätetään metsän käsittelyn ulkopuolelle. Lisäksi niihin rajautuvan kuvion reunaosassa säästetään ainespuustoa pienempi puusto sekä mahdollisuuksien mukaan kookkaampaa lehtipuustoa.

Lannoituksen suojavyöhykkeiden vähimmäisleveydet riippuvat vesistö- tai pienivesikohteesta ja lannoitteiden levitystavasta.

Lisäksi FSC:n mukaan tietyt määritellyt arvokkaat elinympäristöt ja eräät lajiensuojelun kannalta erityisen tärkeät kohteet tulee jättää käsittelyn ulkopuolelle. Ainoastaan suojelutavoitteita edistävät hoitotoimenpiteet ovat alueilla mahdollisia. Näihin kohteisiin kuuluu mm.:

- Uomiltaan luonnontilaiset tai luonnontilaisen kaltaiset joet ja purot sekä purot, joissa aiemman uoman käsittelyn jälkeen on jäljellä luontaista mutkittelua ja veden paineen vaihtelua sekä lähteet; ranta-alueineen. Näillä kohteilla jätetään vähintään 20 metriä käsittelemätön ja noin 10 metriä peitteisenä hoidettava suojavyöhyke.
- Valtapuustoltaan vähintään varttuneet, eri-ikäisrakenteiset, näkyvästi (vähintään 5 m³/ha) lahoppuuta sisältävät vesistöjen ja pienvesien reunametsät. Ei koske kanavien eikä kaivettujen vesialtaiden reunametsiä. Näillä kohteilla jätetään vähintään 30

metriä käsittelemätön suojavyöhyke, joka sisältää itse kohteen.

- Luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset fladat ja kluuvijärvet ranta-alueineen.

PEFC™-sertifiointi

PEFC-kriteerien mukaan vesistöjen ja pienvesien läheisyydessä toimittaessa huolehditaan vesiensuojelusta ja luonnonhoidosta. Kriteeri edellyttää, että vesistöjen ja lähteiden varteen jätetään kiintoaine- ja ravinnekuormitusta sitova sekä varjostusta ja monimuotoisuutta turvaava suojavyöhyke, jossa säilytetään kasvillisuuden kerroksellisuus ja pienpuusto. Suojavyöhykkeen leveys on keskimäärin vähintään 10 metriä, mutta kaikkialla vähintään 5 metriä. Suojavyöhykkeellä tehdään vain poimintahakkuita, joissa säilytetään monipuolisesti erikokoista puustoa lehtipuustoa suosien.

Suojavyöhykkeellä ei tehdä maanmuokkausta, lannoitusta, kantojen korjuuta, pensaskerroksen kasvillisuuden raivausta eikä kemiallista torjuntaa kasvinsuojeluaineilla. Latvusmassan jättämistä suojavyöhykkeelle vältetään.

Uomaltaan alle 2 m leveiden ojamaisten, suoristettujen ja perattujen purojen suojavyöhyke on vähintään 5 m. Suojavyöhykkeiltä runkopuut voidaan poistaa. Poikkeukset eivät koske uomia, joissa on Suomen luontaiseen lajistoon kuuluva lohikalakanta.

Happamien sulfaattimaiden ja mustaliuskealueiden huomioiminen ojien kunnostuksessa ja maanmuokkauksessa

Koko Suomen rannikkoalueilla esiintyy rikkipitoisia maakerroksia, joita kutsutaan happamiksi sulfaattimaiksi eli alunamaiksi. Sisämaassa esiintyy lisäksi mustaliuskealueita. Näistä kohteista voi vapautua rikkiä ja muita haitallisia aineita. Mustaliuskealueilta tutkittua tietoa on vähän.

Suometsän kuivatuksessa, maanmuokkauksessa ja kantojen nostossa happamilla sulfaattimailla ja mustaliuskealueilla on suuri riski lisätä rikkipitoisten maakerrosten hapettumista. Vesilain mukainen ilmoitusvelvollisuus koskee kaikkia happamilla sulfaattimailla tehtäviä ojien kunnostuksia.

Happamien maiden riskikohteet

Happamuusriskin kannalta ongelmallisia ovat rannikkovesistöjen valuma-alueilla esiintyvät rikkipitoiset maakerrostumat, jotka hapen kanssa kosketuksiin joutuessaan muodostavat happoa. Happamilla sulfaattimailla pohjamaa on tavallisimmin savea, hiesua tai liejua, toisinaan myös hienoa hietaa tai liejua.

- **Sulfaattimaat** sijaitsevat Itämeren rannikkoalueella, pääasiassa Pohjanmaalla, Pohjois-Pohjanmaalla ja Perämeren pohjukassa. Näitä voit tarkastella [GTK:n karttapalvelussa](#). Etelä-Suomen happamista maista pääosa sijaitsee rannikkoalueella lieju- ja savimailla. Esiintymiä paljastuu yleisesti vesijättömailla mereen laskevien jokien suistoissa. Keski- ja Itä-Suomessa voi törmätä sulfidien hapettumisesta aiheutuvaan happamoitumiseen turvemaiden ojituksissa rikkipitoisen kallioperän, kuten mustaliuskeen, esiintymisalueilla.
- **Mustaliuskepitoisia** kallioita on eniten Itä-Suomessa ja Kainuussa sekä Hämeessä.

Happamien sulfaattimaiden riskikohteilla on mahdollista tarkastella maastossa tehtävän pikatestin avulla maaperän happamuuspotentiaalia [\[17\]](#).

Vesistökuormitus on voimakasta

Sateiden alueelta huuhtoma rikkihappo happamoittaa vesistöjä. Lisäksi happamoitumisen seurauksena maaperästä voi liueta metalleja ja ne voivat kulkeutua valumana vesistöihin. Kuormitus on erityisen voimakasta kuivien kausien jälkeisinä ylivalumakausina. Happamuus

ja metallit ovat haitallisia vesieliöstölle ja haittojen näkyvin seuraus on pahimmillaan kalojen massakuolemat.



Ojan kaivuun yhteydessä paljastunutta sulfidikerrosta. Monosulfideista johtuva musta väri on poikkeuksellista, joten se ei ole hyvä tunnusmerkki. Tumman värin perustella sulfidikerroksen voi erottaa ainoastaan tietyillä Pohjanmaan alueilla. Tavallisimmin sulfidit ovat värittömiä eivätkä siten silmin havaittavissa. Kuva: © Peter Edén.

Sulfidikerros pysyy pohjaveden pinnan alapuolella kemiallisesti vakaana ja pH-arvoltaan lähes neutraalina. Jos veden pinta alenee, sulfidit reagoivat hapen kanssa ja syntyy näkyviä rautasaostumia ja rikkihappoa. Silloin maan happamuus laskee jopa alle 3,5 pH-yksikön. Rikkihappo liuottaa maaperästä metalleja myrkyllisinä määrinä ja aiheuttaa näin vakavan uhan alapuolisille vesistöille ja niiden eliöstölle, virkistyskäytölle ja veden käyttökelpoisuudelle.



Ohutturpeisilla sulfidipitoisilla alueilla kannattaa suosia matalia ojia sekä välttää syviä lietekuoppia. Vesiensuojelurakenteina käytetään kaivu- tai perkauskatkoja ja pohjapatoja. Kuva: © Peter Edén.

Ojien kunnostus ja maanmuokkaus happamilla sulfaattimailla ja mustaliuskealueilla

Happamilla sulfaattimailla ja mustaliuskealueilla on erityisen tärkeää harkita ojien kunnostamisen tarve ja miettiä sille vaihtoehtoja. Jos ojat on kunnostettava, on tärkeintä pitää kuivatussyvyys mahdollisimman maltillisena, niin että sulfidikerrokset eivät pääse hapettumaan.

Happamilla sulfaattimailla toimittaessa voi estää ympäristövahinkoja, jos kaivaa ojat korkeintaan alkuperäiseen kaivussyvyyteen. Mikäli sulfidikerroksia on alle metrin syvyydessä, on ojitusta hyvin vaikea toteuttaa ilman, että merkittävää kuormitusta syntyy. Tällöin paras ratkaisu voi olla jättää ojien kunnostus kokonaan tekemättä.

Jos vanhat ojat on kaivettu sulfidikerrokseen asti, on parempi ratkaisu kaivaa uusia matalia täydennysoja kuin perata vanhoja. Happamat sulfaattimaat tulevat kuivatusojien

ojitussyvyydellä vastaan yleensä ohutturpeisilla suoalueilla, joilla puuntuotannon edellytykset voisivat olla vesi- ja ravinnetalouden kannalta hyvät. Puuston juuristoon voi syntyä vaurioita, jos juuriston ympärillä oleva vesi muuttuu hyvin happamaksi.

Jos happamia sulfaattimaita esiintyy ojitussyvyydellä, niin suositeltavaa on

- välttää kuivatussyvyyden lisäämistä tai pidättäytyä ojien kunnostamisesta kokonaan
- suunnitella perattavat kuivatusojat kaivettavaksi enintään vanhojen uudisojien pohjien syvyyteen ja täydennysojia ei tehdä
- arvioida voitaisiinko tuhkalannoituksella parantaa puuston kasvua (neulasanalyysi) ja samalla kuivatusta.

Jos happamia sulfaattimaita esiintyy ojitussyvyyttä syvemmällä, niin suositeltavaa on

- toteuttaa happamuushaittojen torjuntatoimenpiteet ja hoito esimerkiksi pohja- ja putkipatoratkaisuilla, jolloin pohjaveden pinnan taso säilyy, minkä ansiosta sulfaattimaa ei hapetu
- pohja- tai putkipatoratkaisut sekä mahdollisesti myös kalkkirouhepatojen käyttö voivat vähentää kuivatuksesta aiheutuvia ongelmia.

Happamille sulfaattimaille erityisesti soveltuvia vesiensuojelutoimenpiteitä ovat

- sarkaojien perkaus- ja kaivukatkot sekä
- kokooja- ja laskuojien pienimuotoiset pintavalutuskentät, perkauskatkot ja kaksitasouomat.

Syviä vesiensuojelurakenteita, kuten laskeutusaltaita tai lietekuoppia, ei suositella, koska ne ulottuvat helposti sulfidipitoisiin maakerrostumiin. Happamilla sulfaattimailla vesiensuojeluratkaisuina voidaan hyödyntää kaivu- ja perkauskatkoja, pohja- ja putkipatoja, sekä pintavalutuskenttiä [\[18\]](#).

Mustaliuskealueilta tutkittua tietoa metsätaloustoimista on vähän. Happamia sulfaattimaita koskevat varovaisuusperiaatteet, kaivuiden välttäminen ja minimointi, ovat lähtökohtaisesti suositeltavia toimittaessa mustaliuskealueilla.

Vesien turvaaminen maanmuokkauksessa



Laikutuksessa poistetaan ohut kerros pintahumusta. Kuva: © Tiina Ronkainen.

Maanmuokkausmenetelmän oikealla valinnalla ja kohdentamisella vähennetään kiintoaineen ja ravinteiden kulkeutumista pois muokkausalueelta. Kullekin uudistusalueelle tai sen osalle valitaan metsänuudistamisen kannalta riittävän tehokas, mutta kuitenkin mahdollisimman vähän maan pintakerroksia muuttava muokkausmenetelmä.

Maanpinnan muodot huomioitava

Maanmuokkausmenetelmää valittaessa on tärkeää huomioida uudistusalan vaihtelevat maanpinnan muodot. Samalla uudistusalueella voi olla sekä kuivaa ja karkeaa maalajia että hienojakoisia ja vesitalouden järjestelyjä vaativia alueita. Vesiensuojelun kannalta hyvään lopputulokseen voidaan vaikuttaa myös muokkauskaluston valinnalla ja vaihtelemalla muokkausmenetelmää tarpeen mukaan.

Vesiensuojelutoimet mitoitetaan käsittelyalan koon, maalajin sekä alueelle valuvan veden määrän mukaan. Maanmuokkausmenetelmän valinnassa ja vesiensuojelutoimenpiteiden suunnittelussa on suositeltavaa hyödyntää paikkatietoaineistoja, kuten maalaji-, eroosioherkkyys-, korjuukelpoisuus- ja kosteusindeksikarttoja ([Metsäkeskuksen avoin metsä- ja luontotieto](#)). Erityishuomioita on kiinnitettävä ja varovaisuutta noudatettava

pohjavesialueilla sekä happamilla sulfaattimailla.

Suojavyöhykkeet maanmuokkauksessa

Ennen muokkausta toimenpiteen toteuttajalle annetaan tiedoksi suojavyöhykkeen rajausta laaditun suunnitelman mukaisesti. Tarvittaessa suojavyöhykkeen rajausta merkitään maastoon. Maanmuokkauksessa suojavyöhykkeen suositeltuun leveyteen vaikuttavat maalaji sekä maan kaltevuus. Esimerkiksi hienojakoisilla ja viettävillä mailla, sekä silloin, kun korjuuun liittyvä valuma-alue on laaja, on suositeltavaa käyttää kosteusindeksikarttoja ja eroosiomalleja tarvittavan suojavyöhykkeen leveyden määrittämiseen.

Maanmuokkausalueella ojien reunaan suositellaan jätettäväksi noin metrin levyinen muokkaamaton piennar. Purojen ja norojen tarpeetonta ylitystä vältetään ja ylityspaikat valitaan siten, että niihin ei synny maastovaurioita.

Vesien johtamisella ei saa vaikuttaa heikentävästi metsälaissa määriteltyjen erityisen tärkeiden elinympäristöjen ominaispiirteisiin. Tämän vuoksi tällaisiin kohteisiin ei saa johtaa vettä suoraan ilman vesiensuojelurakenteita eikä niitä saa kuivattaa. Suositeltavaa on, että myös muiden luontokohteiden vesitalous säilytetään ennallaan. Pohjavesialueille suositellaan vain kevennettyä maanmuokkausta. E-luokan pohjavesialueilla tulee erityisen tarkasti huolehtia, ettei pohjavedestä riippuvaista elinympäristöä tuhota tai heikennetä.

Mikäli maanmuokkausalue sijaitsee metsäsertifioidulla alueella, on noudatettava vähintään kyseisen sertifiointin vaatimuksia.

Lisätietoa: [Suojavyöhykkeet ja rantametsät](#), [Suojavyöhykkeen suunnittelu](#).

Työmaaohje vesiensuojeluun

Maanmuokkaajan työmaaohjeessa suositellaan olevan vesiensuojelua koskevat, seuraavat kohdetiedot:

- alueen kartta, jossa on kuvattu eri maanmuokkaustoimenpiteet
- maapohjan eroosioherkkyysskartta
- kosteusindeksikartta herkkien kohtien tunnistamisen tueksi^[19]
- alueen kartta, jossa on kuvattu alueelle tai sen läheisyyteen sijoittuvat arvokkaat elinympäristöt, pienvedet ja vesistöt

kuormitukselle herkkien pienvesien, vesistöjen ja luonnon monimuotoisuuden vuoksi suojeltavien alueiden sijainti

- tiedot ja mitoitus olemassa olevien ojien perkaustarpeesta perustuen metsänkasvulliseen tarpeeseen, ei vain ojien tukkeutumiseen
- tieto siitä, sijaitseeko kohde tärkeällä pohjavesialueella
- eri vesiensuojelutoimenpiteiden suunniteltu sijainti ja mitoitus (suojavaähykkeet, kaivukatkot, lietekuopat, laskeutusaltaat, pintavalutus yms.)

Pintakasvillisuus pidättää tehokkaasti ravinteita. Kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumisen minimoimiseksi maanmuokkaus pitäisi tehdä mahdollisimman vähäisellä maanpinnan rikkomisella, jotta pintakasvillisuutta säilyisi mahdollisimman paljon sitomassa hakkuutähteistä ja humuskerroksesta vapautuvia ravinteita^[20].

Äestys, laikutus sekä laikku- ja kääntömätästys

Äestyksessä jätetään veden virtausta vähentäviä muokkauskatkoja, etenkin kaltevilla mailla ja kohteissa, joissa hakkuutähteet, kannot ja kivet eivät aiheuta katkoja. Rinteissä äestys tehdään poikkisuuntaan rinteiden laskusuuntaan nähden, mikäli se on muokkausteknisesti mahdollista.

Laikutuksessa, laikku- tai kääntömätästyksessä muodostuu harvoin vettä johtavia yhtenäisiä kanavia, joten menetelmien haittariski vesiensuojelun näkökulmasta on vähäinen.

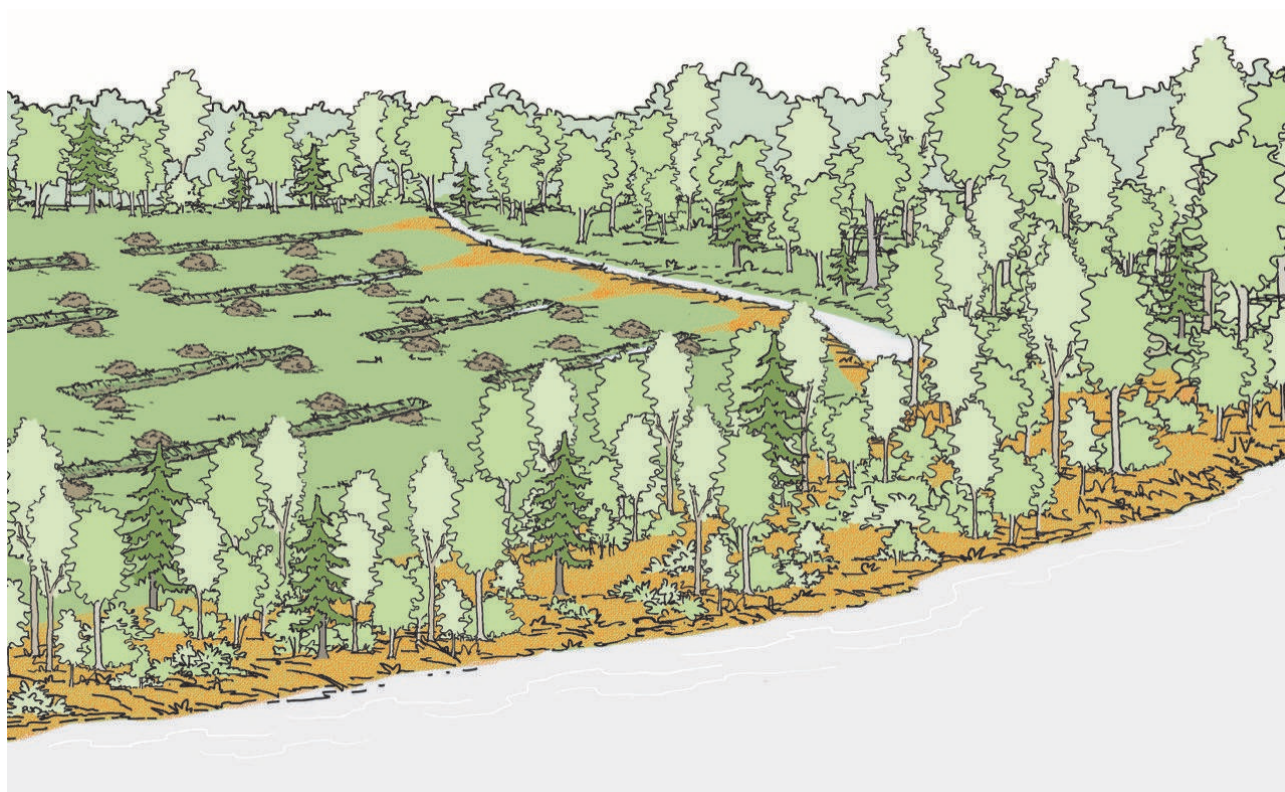
Turvemailla on syytä varmistaa, ettei metsän kasvun ongelmat johdu kuivatusojien huonosta kunnosta. Turvemailla metsänkasvu on saattanut hidastua avohakkuun myötä pintaveden noustua liian korkealle. Ennen ojitustarpeen arviointia kuitenkin varmistetaan, ettei heikon kasvun syynä ole joku muu syy (boorin puute tai liiallinen kuivuus tms. tekijät), koska tarpeetonta ojitusta tulee välttää.

Uudistushakkuussa poistettava puusto on voinut haihdutuksensa avulla ylläpitää puuston kasvulle sopivaa pohjaveden pinnan tasoa kuivatusojien ollessa huonokuntoisia. Jos kuivatusoja on uudistushakkuun yhteydessä tarpeen kunnostaa, on huolehdittava riittävästä vesiensuojelutoimista ja tehtävä vähäistä suuremmasta kunnostuksesta vesilain mukainen ilmoitus siihen ELY-keskukseen, jonka alueella toimenpide toteutetaan.

Lisätietoa: [Ojien kunnostustarpeen ja -kelpoisuuden määrittäminen](#), [Vesitalousisännöitsijän opas: Metsänojitustarpeen arviointi](#).

Navero- ja ojitusmätästys

Naveromätästystä käytetään pintavesien ohjaamiseen, mutta tavoitteena ei ole vesien johtaminen pois alueelta ja alueen pysyvä kuivattaminen pohjaveden pinnan tasoa laskemalla kuten ojitusmätästyksessä. Naveroita ei yhdistetä kuivatusojiin eikä johdeta vesistöön. Naveromätästysten vesistökuormitus jää siten huomattavasti vähäisemmäksi kuin ojitusmätästyksessä, eikä ojitusilmoituksellekaan yleensä ole tarvetta.



Naveromätästyksessä naveroita ei yhdistetä ojiin eikä johdeta vesistöön. Vesiensuojelurakenteena on käytetty pintavalutuskenttää. Kuva: Juha Varhi © Tapio.

Maanmuokkausmenetelmistä suurimmat kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumat aiheutuvat ojitusmätästyksestä. Ojitusmätästysten tarve harkitaan huolella kohdekohtaisesti ja sitä käytetään vain niissä uudistusalan osissa, joissa se on välttämätöntä. Kuivemmat osat voidaan esimerkiksi laikkumätästää. Ojitusmätästyskohteilla voi tarpeen mukaan käyttää samoja vesiensuojelumenetelmiä kuin ojien kunnostuksessa. Vesiensuojelutoimenpiteet suositellaan esitettäväksi työmaakartalla, mikä helpottaa muokkauskoneen kuljettajan työskentelyä.

Veden vaivaamilla kangasmailla hyvä nyrkkisääntö on: jos muokatessa kunnan alta paljastuu kerroksellinen podsolimaannos, ojitusta ei tarvita.



Podsolimaannos on yleinen havumetsävyöhykkeellä. Se muodostuu karike-, humus-, uuttumis- ja rikastumiskerroksista, alla muuttumaton pohjamaa Kuva: © Tiina Törmänen.

Turvemaiden maanmuokkauksessa ja ojien kunnostuksessa syntyneisiin uomastoihin tulee suhtautua samalla tavalla ja noudattaa samoja vesiensuojeluperiaatteita. Veden virtausnopeutta, ja siitä aiheutuvaa syöpmisvaaraa ja lisääntyvää kiintoainekuormitusta vähennetään korkeuskäyriin nähden oikein, vinosti pääkaltevuutta vastaan, suunnatuilla uomilla kaivukatkoilla ja tarvittaessa padoilla. Lisäksi käyttökelpoisia vesiensuojelumenetelmiä turvemaiden maanmuokkauksessa ovat laskeutusaltaat, kosteikot ja pintavalutuskentät.

Toimenpidealueella olevia toimivia kuivatusoja ei perata tarpeettomasti. Ojia ei tule perata esimerkiksi siksi, että ne ovat tukkeutuneet vaan aina arvioidaan todellinen kuivatustarve metsänkasvun kannalta.

Naveroihin ja ojiin:

- jätetään veden virtausta hidastavia kiviä tai muita esteitä
- naveroihin jätetään kaivukatkoja
- tehdään lietekuoppia vähintään 50 metrin välein (käytetään vain karkeiden ja keskikarkeiden maalajien alueilla)
- naveroita ei yhdistetä suoraan toimiviin ojiin tai vesistöihin

Lisäksi ojitusmätästyskohteilla:

- käytetään vesien poisjohtamiseen pintavalutusta aina kun mahdollista
- käytetään laskeutusaltaita yhdistettynä pintavalutukseen tai muita ojien kunnostuksen vesiensuojelutoimia ja -rakenteita
- säilytetään pienialaisten soistumien ja kosteikkojen vesitalous ennallaan

Pohjavesialueille sijoittuvilla turvemaiden voidaan tehdä navero- tai ojitusmätästystä, jos naverot ja ojat eivät ulotu turvekerroksen alla olevaan kivennäismaahan. Ensisijaisesti suositellaan käyttämään kevyempiä maanmuokkausmenetelmiä. Paineellisen pohjaveden alueilla ojitus- tai naveromätästys voi aiheuttaa pohjaveden purkautumisriskin. Tästä syystä näitä maanmuokkausmenetelmiä ei tule käyttää paineellisen pohjaveden alueilla.

Vedenottamoiden lähialueilla toimenpiteissä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta.

Erityistä varovaisuutta on noudatettava myös happamilla sulfaattimaiden ja mustaliuskealueilla.

Lisätietoa: [Ojien kunnostus](#), Happamien sulfaattimaiden ja mustaliuskealueiden huomioiminen ojien kunnostuksessa ja maanmuokkauksessa.

Ojitusmätästys on rinnastettavissa kunnostusojituksiin, joten sen suunnittelussa on otettava huomioon ilmoitusvelvollisuus ELY-keskukseen.

Säätöauraus

Säätöauraus tehdään vain silloin kun se on kuivatuksen kannalta perusteltua Pohjois-Suomen paksukunttaisilla ja soistuneilla alueilla. Ohutturpeisilla alueilla säätöauraus ei tulisi tehdä. Vesi suositellaan johdettavaksi ensisijaisesti pintavalutukseen tai siihen johtavaan ojastoon. Laskeutusaltaita voidaan käyttää joko yksinään tai yhdistettynä pintavalutukseen.

Vesien johtaminen

Maanmuokkausalueelta ei saa johtaa vesiä suoraan metsälain mukaan säilytettäviin erityisen tärkeisiin ja muihin arvokkaisiin elinympäristöihin, vesilain suojelemiin kohteisiin, eikä Natura-vesistöihin tai vesistöihin, joissa esiintyy uhanalaisia lajeja. Vesien johtamista suositellaan välttämään myös muihin monimuotoisuuden vuoksi säilytettäviin kohteisiin. Mikäli veden luontainen virtaussuunta on erityisen tärkeään elinympäristöön päin, on muokkausalueella tapahtuvalla pintavalutuksella huolehdittava, ettei maanmuokkausalueelta pääse sinne kiintoainetta. Maanmuokkauksella ei myöskään saa kuivattaa metsälain, vesilain tai luonnonsuojelulain mukaan säilytettäviä luontokohteita, Natura-alueita tai sertifioinneissa mukana olevia kohteita. Mikäli luontokohteet ovat luonteeltaan kosteita, kuten kosteikot, soistumat, tulevat suojelusuokohteet jne., veden johtamista ei tarvitse välttää. Metsätaloustoimien vuoksi kuivuneille suojelusoille voidaan ohjata vesiä veden palautuksella toimintamallin mukaisesti. Vesiä voidaan myös palauttaa tai johtaa pintavalutukseen kitu- ja joutomaille.

Lisätietoa: [Vedenpalautus suolle](#).

Vesiensuojelu korostuu suometsien uudistamisessa

Metsänuudistaminen turvemaiden lisää typen, fosforin, kiintoaineen ja humuksen huuhtoutumista. Uudistushakkuiden aiheuttama kiintoainehuuhtoutuma vapautuu pääosin maanmuokkausjäljestä ja sellaisista vesistöjen läheisyydessä olevista ajourien korjuujäljistä, joissa maanpinta on rikkoutunut ja vesi virtaa ajouraa pitkin.

Suurimmat kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumat aiheutuvat ojitus- ja naveromätästyksestä sekä kantojen korjuusta. Turvemaiden muokkauksessa ja ojien kunnostuksessa syntyneisiin uomastoihin tulee suhtautua samalla tavalla ja noudattaa samoja vesiensuojeluperiaatteita [\[20\]](#).

Turvemaiden uudistushakkuun jälkeen valumaveden happamuus ja raudan sekä liuenneen orgaanisen aineksen, eli humuksen, huuhtoutuminen lisääntyvät. Metsänuudistamisen yhteydessä tehty ojien kunnostus edistää ja ylläpitää ojitusalueelta vesistöihin valumavesien mukana kulkeutuvaa kuormitusta. Ojien kaivun ja perkaamisen on olennaista aina perustua todelliseen metsänkasvulliseen tarpeeseen. Ojien tukkeutuminen ei useinkaan tarkoita, että metsän kasvun kannalta olisi kuivatustarvetta. Vesiensuojelun kannalta tärkeintä on välttää metsän kasvun kannalta turhaa ojien kunnostamista. Erilaisilla vesiensuojelumenetelmillä voidaan hidastaa veden virtausnopeutta ja pienentää kiintoaines- ja ravinnekuormitusta

vesistöön.

Lisätietoa: [Vesien turvaaminen ojien kunnostuksessa](#), [Vesiensuojelurakenteet ja -ratkaisut](#), [Vesitalousisännöitsijän opas: Metsäojitustarpeen arviointi](#).

Hakkuista ja maanpinnan käsittelystä aiheutuvia vesistöhaittoja voidaan lieventää välttämällä tarpeetonta maanpinnan rikkomista sekä käyttämällä erilaisia kohteelle soveltuvia vesiensuojelumenetelmiä, kuten suojavyöhykkeitä ja pintavalutusta. Vesiensuojelumenetelmät valitaan ja mitoitetaan aina ottaen huomioon kohteen vesiensuojelullinen riski.

Riistan huomioiminen maanmuokkauksessa

Riistanhoitoa painottava metsänomistaja käyttää maanmuokkauksessa mahdollisimman keveitä ja varvustoa säästäviä, kullekin kasvupaikalle soveltuvia menetelmiä.

Koskematon maanpinta tärkeää

Riistalle ja monelle muullekin lajille tärkeän mustikan maavarret säilyvät koskemattomissa maankohdissa paremmin kuin muokatuissa maankohdissa. Jos muokkaus tehdään keväällä ennen juhannusta, uudistusalalla olevat metsäkanalintujen pesät on suositeltavaa paikantaa ja merkitä etukäteen, jolloin ne voidaan muokatessa kiertää.

Sanasto

Eroosio



Esimerkki kunnostetusta ojasta, johon on kulkeutunut ja kasaantunut hienoainesta yläpuolisista ojista haitallisen eroosion seurauksena. Kuva: © Tiina Ronkainen.

Eroosiota eli maanpinnan kulumista tapahtuu etenkin veden vaikutuksesta, esimerkiksi lumien sulamisen ja vesisateiden yhteydessä. Eroosioon kuuluu maa-aineksen liikkeelle lähtö (huuhtoutuminen) ja kulkeutuminen.

Eroosion määrään vaikuttavat esimerkiksi maalaji, maanpinnan laatu ja käsittely, rinteiden pituus ja kaltevuus, maan vedenläpäisykyky ja liikkuvan veden määrä. Metsätalous aiheuttaa eroosiota epäsuorasti, kun maanpintaa sitovaa pintakasvillisuutta ja humuskerrosta poistetaan tai pintavesien kulkureittejä muutetaan.

Happamat sulfaattimaat



Ohutturpeisilla sulfidipitoisilla alueilla kannattaa suosia matalia ojia sekä välttää syviä lietekuoppia. Vesiensuojelurakenteina käytetään kaivu- tai perkauskatkoja ja pohjapatoja. Kuva: © Peter Edén.

Happamat sulfaattimaat ovat sulfidipitoisia maakerroksia, joita esiintyy alavilla rannikoilla, erityisesti Pohjanlahden rannikolla. Kun pohjavedenpinta laskee esimerkiksi maan kohoamisen tai ojitusten seurauksena, maaperässä olevat rikkiyhdisteet hapettuvat muodostaen sulfaatteja. Samalla muodostuu rikkihappoa. Happamuus liuottaa maaperästä alumiinia, rautaa ja raskasmetalleja, jotka voivat huuhtoutua sadeveden mukana ja aiheuttaa esimerkiksi pohjaveden happamoitumista.

Happamoituminen

Happamoituminen tarkoittaa, että järven, metsämaan tai muun elinympäristön kyky neutraloida happoja vähenee. Happamoitumisen seurauksena järviveden, ojan tai maaveden pH laskee eli vesi muuttuu happamammaksi. Tämä muuttaa eliöiden elinoloja niin, että osa lajeista saattaa hävitä.

Humus

Humusta syntyy, kun kuolleet kasvinosat hajoavat epätäydellisesti maan tai turpeen pinnalla. Muun muassa orgaanista hiiltä ja rautaa sisältävät humusaineet voivat olla vedessä liuenneina tai kevyinä mikroskooppisina hiukkasina. Ojitus, avohakkuut ja maanmuokkaus lisäävät humuksen kulkeutumista vesistöihin. Humusta esiintyy erityisesti turvemaiden lähivesissä, ja se värjää monet Suomen sisävedet ruskeaksi. Humuksesta johtuva veden tummuminen vaikuttaa negatiivisesti esimerkiksi veden lämpötilaan, happamuuteen ja happiolosuhteisiin.

Istutus



Istuttaen saadaan nopeasti kasvuun uusi puusto. Kuva: © Sami Karppinen.

Metsänviljelyn toimenpide. Istutuksessa käytetään lähes yksinomaan paakkutaimia. Paakkutaimi on helppo istuttaa ja se lähtee nopeasti kasvuun. Kuusen ja koivun paakkutaimia voidaan istuttaa lähes koko kasvukauden ajan.

Metsänviljelyn onnistumisen edellytyksenä on käyttää kasvupaikalle sopivaa puulajia sekä alueelle sopivaa puu- ja taimimateriaalia. Lisäksi istutustiheys, istutuspaikan valinta ja taimien oikein tehty varastointi ovat onnistuneen istutuksen perusta.

Kiintoaine



Pintavalutuskenttä sitoo sekä kiintoainetta että ravinteita. Johdeojan avulla vältetään vettymishaitat pintavalutuskentän yläpuolisilla alueilla. Kuva: © Jani Antila

Kiintoaine tarkoittaa vedessä olevia kiinteitä hiukkasia, kuten savea, hiesua tai turvetta, tai toisinaan myös hiukasmaista orgaanista hiiltä. Kiintoaine aiheuttaa vedessä sameutta, jota voidaan mitata. Metsätaloudessa kiintoainetta voi huuhtoutua vesiin esimerkiksi maanpinnan rikkoutumisesta maanmuokkauksessa ja vesistöjen läheisyyteen tulleista ajourapainumista sekä ojista.

Kääntömätästys



Turvemaiden kääntömätästyksessä turve käännetään takaisin samaan kuoppaan, josta maa on otettu. Kuvassa kuusen istutusta kääntömättäisiin. Maanpinnan tasossa ne ovat toisaalta alttiina hallatuhoille. Kuva: © Markku Saarinen.

Kääntömätästyksessä maa käännetään ylösalaisin samaan kohtaan, mistä se on otettu. Pohjalle jää yksinkertainen humuskerros. Maata ei saisi liioin vyöryä muokkauspisteen ulkopuolelle. Kivennäismailla maata voi myös ottaa humuskerroksen alta ja pudottaa sen samaan kohtaan humuksen päälle. Mättään tavoite koko on noin 50 cm x 60 cm.

Kääntömätästys sopii keskikarkeille kivennäismaille ja turvemaille. Se tuottaa laakeita ja hieman kuopan reunan yläpuolelle yltäviä kivennäismaa- tai turvepintoja. Vesitalouden on oltava kunnossa kohteilla, joissa käytetään kääntömätästystä.

Laikkumätästys



Laikkumätästys ojitetulla turvemaalla. Kuva: © Risto Ranta.

Mätäs tehdään laikusta saatavasta maasta kääntämällä pintamaata niin, että mättään alle jää kaksinkertainen humuskerros ja sen päälle tulee 5–10 cm paksu kivennäismaakerros. Turvemailla mätäs tehdään vastaavasti kääntämällä turvetta raakahumuksen päälle. Mättään tavoitekokoo on noin 50 cm x 60 cm. Istutuksessa taimipaakun tulee ylettyä humukseen.

Laikkumätästys sopii keskikarkeille ja hienojakoisille kivennäismaille sekä ojitetuille turvemaille, joilla kuivatus on kunnossa. Jatkuvatoimisessa laikkumätästyksessä uudistusalan maanmuokkaus tapahtuu automaattisesti muokkaukseen liikkeessä. Jatkuvatoiminen laikkumätästys on moninkertaisesti tuottavampaa verrattuna kaivinkoneella tehtyyn mätästykseen.

Laikutus



Laikutuksessa poistetaan ohut kerros pintahumusta ja paljastetaan taimettuva pinta luontaisille tai kylvetyille männyn siemenille. Kuva: © Markku Saarinen

Laikutus on maanpintaa paljastava maanmuokkausmenetelmä. Kylvöä tai luontaista uudistamista varten tehdyssä laikutuksessa muokkausjäljen pintaan tulisi jäädä itämistä edistävää humusta. Istutusta varten tehdyssä ei pintaan saisi jäädä humusta.

Kylvö- ja luontaisen uudistamisen kohteilla kivennäismaa paljastetaan laikuittain poistamalla pääosa humuskerroksesta maan pinnalta. Laikut ovat leveydeltään ja pituudeltaan 50–70 cm. Laikkuja tulee tehdä 4 000–5 000 kappaletta hehtaarille riittävän taimitiheyden saavuttamiseksi.

Istutuskohdeilla laikutus sopii maanmuokkausmenetelmänä samoille kohteille kuin äestys. Kaivinkoneella tehtävä laikutus sopii äestystä paremmin kivikoille, rinneille ja maaperältään vaihteleville kohteille. Menetelmä ei sovi turvemaille muokattaessa istutusta varten.

Istutusta varten tehtävässä laikutuksessa humus poistetaan kivennäismaan pintaa myöten, niin että puhdas humuksesta vapaa kivennäismaa paljastuu. Laikut ovat leveydeltään ja pituudeltaan 50–70 cm. Istutuskohda on keskellä laikkua. Laikkuja tehdään vähintään istutustiheyttä vastaava määrä.

Maanmuokkaus



Laikkumätästys ojitetulla turvemaalla. Kuva: © Risto Ranta.

Maanmuokkaus tehdään maanpintaa paljastavilla tai kohoumia muodostavilla menetelmillä. Maanmuokkauksen tarkoituksena on parantaa siementen itämistä sekä taimien elossa säilymistä ja kasvua ensimmäisten vuosien aikana. Muokkaus helpottaa uudistamistyötä ja parantaa uudistamisen laatua.

Maanmuokkaus vaikuttaa metsikön kehitykseen pitkälle tulevaisuuteen ja sillä voidaan vaikuttaa koko uudistamisketjun kustannustehokkuuteen. Onnistuneen uudistamisen edellytyksenä on kasvupaikan ja uudistustavan perusteella valittu maanmuokkausmenetelmä. Maanmuokkaus parantaa taimien kilpailuasemaa muuhun kasvillisuuteen nähden ja suojaa niitä muun muassa tukkimiehentäituhailta.

Mustaliuskealueet

Poikkeuksellista happamuutta voi esiintyä sulfaattimaiden lisäksi myös mustaliuskeita sisältävillä alueilla. Mustaliuskeen rapautuessa voi vapautua rikkiä ja muita haitallisia aineita. Rapautumisesta syntyviä haitallisia aineita voi olla myös esiintymän läheisessä maaperässä, jolloin maaperä käyttäytyy kuten happamat sulfaattimaat. Mustaliuskepitoisia kallioita on eniten Itä-Suomessa ja Kainuussa sekä Hämeessä. Mustaliuskealueilta tutkittua tietoa on vähän.

Mätästys



Turvemaiden kääntömätästyksessä turve käännetään takaisin samaan kuoppaan, josta maa on otettu. Kuvassa kuusen istutusta kääntömättäisiin. Maanpinnan tasossa ne ovat toisaalta alttiina hallatuhaille. Kuva: © Markku Saarinen.

Mätästys on maanmuokkaustoimenpide. Mätästys voidaan toteuttaa kääntömätästyksenä, naveromätästyksenä, laikkumätästyksenä tai ojitusmätästyksenä.

Naveromätästys



Naveromätästystä käytetään usein ojitusmätästystä täydentävänä menetelmänä. Kuva: © Markku Saarinen.

Naveromätästys on sopiva muokkausmenetelmä hienojakoisilla ja veden vaivaamilla kivennäismailla ja viljavilla turvemailla, joilla turve on puu- ja saraturvetta.

Naveromätästykseen käytön edellytys on, että turvemailla peruskuivatus on kunnossa ja kivennäismailla on vain lievää kuivatustarvetta. Mätäs tehdään matalasta 30–50 cm syvästä naverosta saatavasta maasta. Mättäät tehdään laakeiksi, 10–20 cm korkeiksi ja 60–80 cm leveiksi.

Naveroiden tehtävänä on ohjata pintavesiä sekä tarjota maa-ainesta mättäiden tekemiseen. Tarkoituksena ei ole kuivattaa aluetta eikä laskea pohjaveden pintaa. Menetelmää käytetään usein täydentävänä maanmuokkausmenetelmänä esimerkiksi uudistusaloilla, joissa vain osa alueesta on veden vaivaamaa tai joissa tehdään samalla kunnostusojitus. Menetelmä sopii hyvin myös kivisille viljaville kivennäismailla, joilla laikkumätästys ei onnistu.

Ojitusmätästys

Ojitusmätästys on veden vaivaamien kivennäismaiden ja turvemaiden muokkausmenetelmä kohteissa, jotka edellyttävät kuivatusta. Ojitusmätästyksessä voidaan perata vanhoja ojia, kaivaa täydennysojia sekä käyttää täydentävänä maamuokkauksena laikku-, kääntö- tai naveromätästystä.

Kuivatusojat ovat tarpeen kohteissa, joissa pohjaveden pinnantasoo on hakkuun jälkeen jatkuvasti lähellä maanpintaa, eli alle 30 cm:n syvyydellä. Korkea pohjavedenpinta estää taimien juurien hapensaannin. Jos kivennäismaalla kunnan alta paljastuu kerroksellinen podsolimaannos, ojitusta ei yleensä tarvita. Ojan syvyys määräytyy kuivatustarpeen mukaan.

Ojien pintamaasta tehdään laakeita, 10–20 cm korkeita ja 60–80 cm leveitä mättäitä. Mättäiden tiivistäminen ei ole tarpeen. Ojien pohjalta otettu vähäravinteinen maa läjitetään, eikä siihen ole suositeltavaa istuttaa taimia.

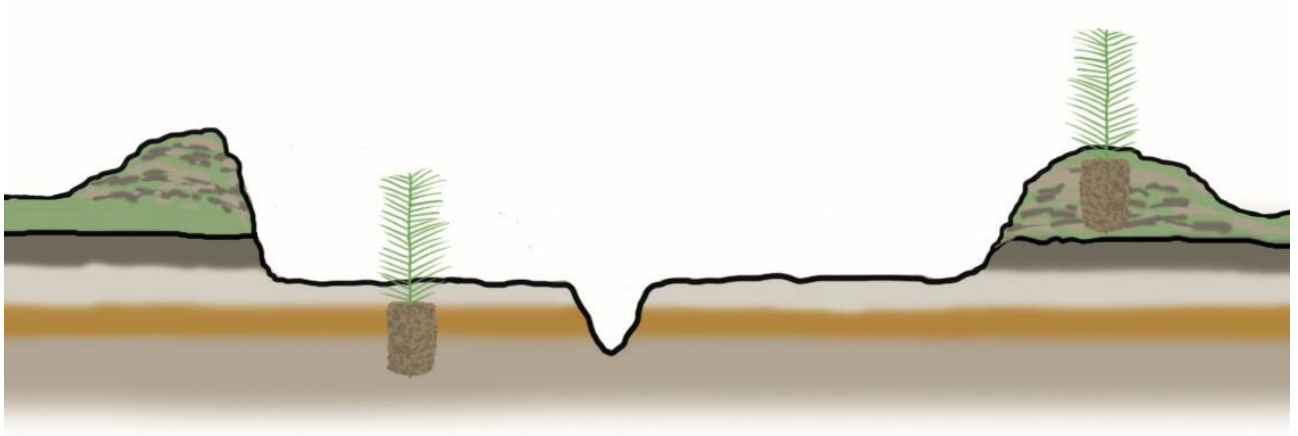
Pintavalutus



Pintavalutuskenttä sitoo sekä kiintoainetta että ravinteita. Johdeojan avulla vältetään vettymishaitat pintavalutuskentän yläpuolisilla alueilla. Kuva: © Jani Antila

Pintavalutus on valuma-alueelta tulevien vesien käsittelymenetelmä, jossa vesi valutetaan kaltevaa kasvipeitteistä maanpintaa pitkin kohti vastaanottavaa vesistöä tai uomaa.

Säätöaura



Säätöaurauksessa muodostuu paljastettu maa, vako ja kohouma eli palle. Istutuksessa voidaan hyödyntää palteen lisäksi paljastettua maata. Kuva: Juha Varhi © Tapio.

Säätöaurauksessa voidaan säätää muokkausjäljen syvyyttä ja leveyttä sekä jättää muokkauskatkoja. Kivennäismaiden aurauksissa suositellaan, että aurausvaon keskisyvyys olisi alle 25 cm. Säätöaura soveltuu Pohjois-Suomen soistuneille, tiiviille sekä paksukunttaisille maille.

Äestys



Siemenet itävät tasaisesti ja kylvö onnistuu hyvin, jos äestysjälkeen jää hieman humusta. Kuva: © Erkki Oksanen.

Äestyksessä paljastetaan kevyesti kivennäismaata. Menetelmä sopii karkeille ja keskikarkeille maille eli vettä läpäiseville maille. Äestys ei sovi turvemaille.

Äestyksessä kylvöä tai luontaista uudistamista varten kivennäismaa paljastetaan, mutta muokkausjäljen pintaan tulisi jäädä itämistä edistävää humusta. Äesjälkeä tarvitaan 4 000–5 000 metriä hehtaarille, jotta syntyy riittävästi hyviä itämiskohtia.

Kirjallisuus

1. Uotila, K., Rantala, J., Saksa, T. & Harstela, P. 2010. Effect of soil preparation method on economic result of Norway spruce regeneration chain. *Silva Fennica* 44(3): 511–524.
2. 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.
3. Luoranen, J., Saksa, T., Finér, L., Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Gummerus Kirjapaino Oy. 75 s.
4. Grossnickle, S. C. 2018. Seedling establishment on a forest restoration site – An ecophysiological perspective. *Reforesta* 6: 110–139.
5. Egnell, G., Jurevics, A., Peichl, M. 2015. Negative effects of stem and stump harvest and deep soil cultivation on the soil carbon and nitrogen pools are mitigated by enhanced tree growth. *Forest Ecology and Management* 338: 57–67.
6. Örlander, G., Gemmel, P., Hunt, J. 1990. Site preparation: a Swedish overview. FRDA Report 105. Forestry Canada and B. C. Ministry of Forests. ISSN 0835-0752.
7. Jansson, G. ym. 2017. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32:4, 273-286.
8. Haapanen, M. 2020. Performance of genetically improved Norway spruce in one-third rotation-aged progeny trials in southern Finland. *Scand J For Res* 35: 221-226.
9. Haapanen, M. ym. 2016. Realized and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. *Europ J For Res.* 135(6):997–1009.
10. Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2019. Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen.
11. Mjöfors, K. Et al. 2017. Indications that site preparation increases forest ecosystem carbon stocks in the long term *Scand. J. For. Res.*, 32 (2017), pp. 717-725
12. Jandl, R. et al. 2017. Byrne How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137 (2007), pp. 253-268.

- W.L. Mason, B.C. Nicol, M.P. Perks Mitigation potential of sustainably managed forest. In Combating climate change – a role for UK forests D.J. Read, P.H. Freer-Smith, J.I.L. Morison, N. Hanley, C.C. West, P. Snowdon (Eds.), An assessment of the potential of the UK's trees and woodlands to mitigate and adapt to climate change. The synthesis report. The Stationery Office (2009).
14. Trettin, C. et al. 2011. Recovery of carbon and nutrient pools in a northern forested wetland 11 years after harvesting and site preparation For. Ecol. Manage., 262 (2011), pp. 1826-1833.
 15. Heiskanen, M., Bergström, I., Kosenius, A-K., Laakso, T., Lindholm, T., Mattsson, T., Mäkipää, R., Nieminen, M., Ojanen, P., Rankinen, K., Tolvanen, A., Viitala, E-J., & Peltoniemi, M. (2020). Suometzien hoidon tuet ja niiden ilmasto-, vesistö- ja biodiversiteettivaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2020. Luonnonvarakeskus (Luke).
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-953-8>
 16. Saksa, T., Miina, J., Haatainen, H. & Kärkkäinen, K. 2018. Jatkuvatoimisen laikkumätästykseen laatu. Tutkimusseloste. Metsätieteen aikakauskirja 2018-10008. 2 s.
<https://doi.org/10.14214/ma.10008>
 17. Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J. ja ym. 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021 ISBN: 978-952-11-5435-5
<http://hdl.handle.net/10138/336344>
 18. Nieminen T.M, Hökkä H., Ihalainen A. ja Finér L. 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimaille. Luonnonvarakeskus ISSN 2342-7639
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-190-7>
 19. Salmivaara, A., Finér, L., Jorri, E., ym. 2020) Ohjeita kosteusindeksikarttojen käyttöön metsätaloudessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, 92/2020.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-101-1>
 20. Piirainen S. 2019. Maanmuokkauksen vaikutukset vesistöihin. Julkaisussa: Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.). Metsämaan muokkaus kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävytyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 8-9.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-813-5>