



metsäkeskus



Vesiensuojelupainotteinen metsäsuunnittelu ja kuormituslaskelmat

Suomen metsäkeskus 2015

Timo Silver ja Samuli Joensuu

Vesiensuojelupainotteinen metsäsuunnittelu ja kuormituslaskelmat

Luonnonhoitohankeraportti 25.2.2013, päivitys 6.2.2015.

Tekijät: Timo Silver Suomen metsäkeskus
Samuli Joensuu, Tapio Oy

Kannen kuva: Näkymä Pyhäjärveltä. Kuva: Timo Silver.

Taitto: Terttu Välkkilä

Paino: Painosalama Oy, Turku, 2015

ISBN 978-952-283-029-6, nid.
ISBN 978-952-283-030-2, pdf



SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	4
1 JOHDANTO.....	6
2 RAVINNEHUUHTOUMIIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ VALUMA-ALUEELLA.....	7
3 ERI METSÄTALOUSTOIMENPITEIDEN AIHEUTTAMA KUORMITUS JA KESTO.....	8
3.1 Uudistushakkuu ja maanmuokkaus.....	8
3.2 Harvennushakkuu.....	10
3.3 Kunnostusojitus.....	11
3.4 Metsänlannoitus.....	11
3.5 Kantojen nosto ja hakkuutähteiden keruu.....	13
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	14
4.1 Tarkastelualue.....	14
4.2 Vesiensuojelupainotteinen metsäsuunnittelu ja käsittelyvaihtoehdot.....	14
4.2.1 Uudistushakkuu ja maanmuokkaus.....	14
4.2.2 Kunnostusojitus.....	18
4.2.3 Metsänlannoitus.....	19
4.2.4 Kantojen nosto ja hakkuutähteiden keruu.....	19
4.2.5 Vesiensuojelupainotteisista vaihtoehdoista tässä tarkastelussa.....	20
5 KUORMITUSLASKELMIEN TULOKSET.....	22
5.1 Metsätalouden kuormituslaskelmat.....	22
5.2 Peltojen ja vakinaisen sekä mökkiasutuksen aiheuttama kuormitus.....	25
5.3 Ominaiskuormituslukujen eroista ja luotettavuudesta.....	26
6 VESIENSUOJELUTOIMENPITEIDEN MAHDOLLISUUDET VALUMA-ALUEELLA.....	28
6.1 Pintavalutuskentät ja kosteikot.....	28
6.2 Jaksotus.....	30
7 PÄÄTELMÄT.....	32
KIRJALLISUUS.....	35
LIITE 1.....	38
TAULUKOT 1-3.....	39



Tiivistelmä

Tarkastelualue oli Naturaan kuuluvan Säskylän Pyhäjärven rantaan rajoittuva 330 ha:n metsävaltainen valuma-alue (kartta liitteessä 1). Metsäsuunnitelma valmistui ko. alueella 2007- 2008. Maastossa tarkastettiin kaikki kuviot, joissa oli merkitty lannoitus- tai kunnostusojitusehdotus sekä kaikki O4 kehitysluokan uudistamiskohteet. Hankkeessa tehtiin vesiensuojelupainotteinen vaihtoehtosuunnitelma tarkastelualueelle aiemmin tehdyille metsäsuunnitelmalle. Vesistökuormitusta verrattiin suunnitelmavaihtoehtojen välillä. Samoin tarkasteltiin metsätaloustoimenpiteiden kuormitusta suhteessa pellon, mökkien ja asutuksen aiheuttamaan kuormitukseen.

Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamia ominaiskuormituslukuja ovat esittäneet Kenttämies (2006) ja Finér ym. (2010). Ko. ominaiskuormitusluvut soveltuvat parhaiten suuralueiden vesistökuormituksen arviointiin. Molempien menetelmien ominaiskuormituslukuja voidaan sanoa vain suuntaa antaviksi keskiarvoluvuiksi, joihin sisältyy paljon epävarmuustekijöitä, koska tutkimustietoa asiasta on valitettavan vähän. Käytössä olevat ominaiskuormitusluvut eivät ole luotettavia eivätkä välttämättä käyttökelpoisia pienten valuma-alueiden kuormituksen arviointiin. Tässä tarkastelussa ko. ominaiskuormituslukuja kuitenkin käytettiin pienehkön (308 ha) metsäisen valuma-alueen vesistökuormituksen arviointiin.

Vesiensuojelupainotteisen metsäsuunnitelman toimenpidevaihtoehdot pienensivät typen kokonaiskuormaa 6,3 % ja fosforin 7,1 % seuraavana 10-vuotiskautena. Vesistöä vähemmän kuormittava toimenpidevaihtoehto katsottiin mahdolliseksi 24 kuviolla ja vajaan 34 hehtaarin pinta-alalla (metsäinen valuma-alue 308 ha). Työlajeista suhteellisesti suurin hyöty typpikuormituksen alentajana saataisiin kasvatuslannoituksista pidättäytymällä, mikä olisi myös metsänhoidollisesti ajatellen helpoin tapa vaikuttaa vesistökuormitukseen, koska tyypellä tehty kasvatuslannoitus on investointi lisäkasvuun, eikä siten metsänhoidon kannalta välttämätön toimenpide.

Peltojen (6,7 % valuma-alueesta) aiheuttama kokonaiskuorma typen ja fosforin osalta on tulevana 10-vuotiskautena noin nelinkertainen verrattuna ehdotettujen metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaan kuormituslisään (ilman taustakuormaa). Suuntaa-antavasti voidaankin tämän tarkastelualueen osalta todeta, että maatalouden osuus lisättynä runsaalla mökkiasutuksella (73 rantamökkiä) on kuormituksesta jopa näin pienillä peltopinta-aloilla niin suuri, ettei vesiensuojelupainotteisilla metsätaloustoimenpideratkaisuilla pystytä käytännössä vaikuttamaan kovinkaan paljoa isojen järvialueiden kuten Pyhäjärven kuormitukseen. Sen sijaan latvavesillä, joissa ei ole



peltoa, turvetuotantoa tai mökkejä ja metsätalous on pääasiallinen kuormittaja, tilanne on toinen. Tällöin vesiensuojelupainotteisten toimenpidevaihtoehtojen merkitys kasvaa vesistön kuormitusta vähentävänä tekijänä.

Vaikka vesiensuojelupainotteisilla toimenpidevaihtoehtoilla olisikin suhteellisen vähäinen merkitys vesistökuormituksen alentajana, tulisi vesistökuormituksen suhteen herkillä vesistöalueilla kaikki vähemmän vesistöä kuormittavat toimenpideratkaisut kuitenkin toteuttaa. Tehokkainta vesiensuojelua metsätaloudessa olisi valita vähiten kuormittava toimenpide tai, mikäli mahdollista, jättää toimenpide kokonaan toteuttamatta (mm. kasvatuslannoitus). Koska metsätalous perustuu usein metsäsuunnitelmaan, olisi tehokasta vesiensuojelua ainakin herkillä vesistöalueilla tehdä vesiensuojelupainotteisia metsäsuunnitelmia.

Pintavalutuskentät ovat yleensä tehokkaimpia vesiensuojelumenetelmiä. Tässä tarkastelussa löytyi kolme pintavalutuskentän mahdollista paikkaa. Ne olisi syytä aina toteuttaa kunnostusojitusten yhteydessä. Aikaa myöten myös niistä syntyy luonnon monimuotoisuudelle tärkeitä kosteikkoja. Myös pienehkön (0,5 ha) suokuvion (50) ennallistaminen toisi yhden kosteikon lisää alueelle.

Metsätaloustoimenpiteen (mm. kunnostusojitus) jaksotuksella ei tässä tapauksessa ole juurikaan merkitystä kuormitushuippujen tasaajana, koska mm. peltojen ja muun kuormituksen osuus on suuri suhteessa metsätalouden kuormitukseen. Sen sijaan latvavesillä jaksotuksella voitaneen tasoittaa kuormitushuippuja, jos kunnostusojitusalueen koko on suuri suhteessa valuma-alueeseen. Tosin vuotuiset sääoloista aiheutuvat suuret kuormitusvaihtelut tekevät asetelman mutkikkaaksi.



1 Johdanto

Nykyään on selkeä tarve yrittää selvittää metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama kuormitus eri tilanteissa sekä luoda mahdollisimman yksinkertainen malli kuormitusvaikutusten arviointiin ja riskianalyysin tekemiseen, jotta vesistökuormituksen riskit pystytään metsätalouden toimenpiteissä jatkossa hallitsemaan.

Metsätaloustoimenpiteet perustuvat usein voimassa olevaa metsäsuunnitelmaan. Vesiensuojelullisesti aroilla alueilla olisikin jo metsäsuunnitelmaa laadittaessa syytä ottaa huomioon ja tehdä toimenpide-ehdotukset ottaen korostetusti huomioon vesiensuojelulliset näkökohdat. Tämä saattaa useissa tapauksissa olla tehokkainta ja ennaltaehkäisevää vesiensuojelua. Varsinkin tietyillä vesiensuojelullisesti aroilla vesistöalueilla olisi syytä tehdä vesiensuojelupainotteisia metsäsuunnitelmia, joissa tingittäisiin metsätalouden tehokkuudesta vesiensuojelun hyväksi. Tosin vesistöystävällisempi vaihtoehto ei aina ole metsätalouden kannalta huono esimerkiksi uudistamisvaihtoehtona.

Metsätalouden kuormitusta voidaan arvioida ominaiskuormituslukujen avulla (Kenttämies 2006, Finér ym. 2010). Tämän raportin lähtökohtana on vesiensuojelullisesti aran Säskylän Pyhäjärven ranta-alueella tehty tuore, hyvätasoinen metsäsuunnitelma. Sen toimenpide-ehdotuksille on tässä tarkastelussa tehty vesiensuojelupainotteinen käsittelyvaihtoehto silloin kuin se hyvän metsähoidon tason säilyttäen on ollut mahdollista. Eri vaihtoehtojen kuormituseroa on tarkasteltu sekä Kenttämiehen (2006) että Finerin ym. (2010) esittämien ominaiskuormituslukujen perusteella. Tarkastelualueelle suunniteltiin myös mahdolliset pintavalutuskentät, jotka ovat tehokkaimpia käytössä olevia vesiensuojelutoimenpiteitä. Metsätaloustoimenpiteiden kuormitusvaikutusta ja kestoa arvioidaan tässä myös kirjallisuus-tarkastelun perusteella.



2 Ravinnehuuhtoumiin vaikuttavista tekijöistä valuma-alueella

Ravinteiden huuhtoutumiseen toimenpidekuviolta ja yleensä valuma-alueelta vaikuttavat monet tekijät. Sillanpää ym. (2006) listasivat huuhtoutumiin vaikuttavan seuraavia tekijöitä:

- Toimenpiteen laatu ja intensiteetti.
- Toimenpiteen laajuus ja sijainti valuma-alueella.
- Ajalliset tekijät.
- Aluetekijät. Näitä ovat mm. maalaji, turvekerroksen paksuus, alueen topografia (viettävyys), kasvupaikkatyyppi (metsätyyppi, puulaji) sekä suon ja kangasmetsän osuus pinta-alasta.

Useat tekijät vaikuttavat ravinnehuuhtoumien suuruuteen. Hyvin ratkaisevia ovat toimenpidealueen sijainti ja etäisyys vesistöstä sekä valumavesien virtausnopeus. Oleellista toimenpiteen kuormituksen kannalta on myös se, onko toimenpidealueella vettä johtavia ojia ja uria.

Valuma-alueilla on hyvin erilaisia osavaluma-alueita vesistökuormituksen riskiä ajatellen. Joillakin osavaluma-alueilla voidaan toimia ns. normaalein vesiensuojelutoimenpitein. Sen sijaan vesistökuormituksen suhteen herkillä alueilla tulisi ottaa käyttöön erityiset vesiensuojelutoimet ja mahdollisuuksien mukaan vesiensuojelupainotteinen metsäsuunnittelu. Herkiksi vesistöalueiksi voidaan yleisesti arvioida kuuluvan Natura-alueet samoin kuin muut järviin, jokiin ja tammukkapuroihin rajautuvat metsäalueet. Vesistökuormituksen riski kasvaa mitä lähemmäksi vesistöä tullaan. Lisäksi purot ja ojat voivat tuoda ravinnekuormitusta suhteellisen kaukaakin vesistöä.



3 Eri metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamasta kuormituksesta ja sen kestosta

3.1 Uudistushakkuut ja maanmuokkaus

Yleensä uudistamiskuviot ovat Lounais-Suomessa pienehköjä (tässä aineistossa keskimäärin 1,6 ha), mikä merkitsee pienempää ravinteiden, humuksen ja kiintoaineksen huuhtoutumisriskiä valuma-alueelta.

Metsänuudistamisen vaikutukset ravinne- ja kiintoaineshuuhtoumiin jakautuvat itse hakkuun ja maanmuokkaustoimien aiheuttamiin muutoksiin. Uudistushakkuun jäljiltä metsään jää runsaasti jätepuuta, kantoja, juuria ja kuollutta pintakasvillisuutta, joiden lahotessa ravinteet alkavat nopeasti vapautua. Hajoamisprosessin tuloksena typpeä liukenee ammonium- ja nitraatti-ionien muodossa alueen valumavesiin (Kenttämies ja Saukkonen 1996). Fosforihuuhtoumien kannalta merkittävimpiä ovat hakkuun jälkeisen pohjaveden pinnannousun vaikutukset (Kenttämies ja Saukkonen 1996).

Niemisen ja Ahdin (2005) mukaan turvemaidella typpihuuhtoumat lisääntyvät rehevien, kuusivaltaisten suometsien uudistamishakkuiden jälkeen. Myös fosforihuuhtoumat voivat lisääntyä, mikäli ojaverkosto on teknisesti huonossa kunnossa ja pohjavesipinta nousee hakkuun jälkeen voimakkaasti.

Karuilla, mäntyä kasvavilla suometsien uudistamisalueilla typpihuuhtoumat ovat vähäisempiä verrattuna em. reheviin kuusivaltaisiin metsiin. Ammonium- ja nitraattityppeäkin näyttää huuhtoutuvan viljavuudeltaan karuilla soilla vain siinä tapauksessa, että alueet oli avohakkuun yhteydessä ojitusmätästetty. Sen sijaan fosforin huuhtoutuminen saattaa lisääntyä karuilta soilta huomattavasti, mikä todennäköisesti johtuu siitä, että näillä alueilla fosforia sitovien alumiini- ja rautayhdisteiden määrä turpeessa on vähäinen. Siten hakkuutähteistä vapautuva fosfori ei sitoudu maahan, kuten todennäköisesti tapahtuu paljon alumiinia ja rautaa sisältävillä kasvupaikoilla. (Nieminen ja Ahti 2005).

Turvemaiden avohakkuut lisäävät myös liukoisen orgaanisen hiilen kuormitusta vesistölle (Nieminen 2004).



Hakatun alueen muokkaaminen johtaa niin ikään kuormituksen kasvuun. Kaltevuuden suuntaisissa muokkausjäljissä veden pintavirtaus nopeutuu ja kivennäisaineksen huuhtoutumisriski kasvaa. Myös hakkuutähteistä ja kuolleesta pintakasvillisuudesta vapautuvat kasviravinteet pääsevät pintavalunnan mukana kulkeutumaan vesistöihin entistä esteettömämmin (Kenttämies ja Saukkonen 1996).

Käytetty muokkaustapa vaikuttaa voimakkaasti kuormitukseen. Esim. Kenttämies (2006) on laskenut erikseen kuormitusluvut raskaasti muokatuille ja kevyesti muokatuille uudistusaloille. Raskaasti muokattuja ovat auratut, mätästetyt ja ojitusmätästetyt uudistusalat ja vastaavasti kevyesti muokattuja ovat laikutetut ja äestetyt uudistusalat. Loogista on, että mitä enemmän ja mitä voimakkaammin maanpintaa käsitellään, sitä suuremmat ovat typen ja fosforin huuhtoutumat. Toisaalta Kenttämiehen (2006) mukaan muokkausmenetelmän valinta riippuu alueen rehevyys- ja kosteusoloista, joten edellä mainitut huuhtoutumislakat eivät edusta niinkään teknisen muokkausmenetelmän vaan ennen kaikkea kasvupaikan ominaisuuksien ja alueen hydrologian vaikutusta. Kevyesti muokattu alue kuormittaa Kenttämiehen (2006) mukaan vähemmän ennen kaikkea siksi, että kevyttä muokkausta käytetään karujen ja kuivien kivennäismaiden kasvupaikkojen uudistusalan valmisteluissa.

Haapasen ym. (2006) mukaan maaperän laatu ja kaltevuus vaikuttavat voimakkaasti kuormituksen määrään ja laatuun. Erityisesti eroosioherkkään maaperään kaivettu muokkausjälki saattaa syöpyä. Riskiä lisää, jos hakkuualue on valuma-alueen alaosassa ja sille johdetaan myös myös hakkuualueen ulkopuolelta tulevia vesiä. Suojavyöhykkeet vähentävät muokkausaloilla kiintoainekuormitusta, mutta liukoisten ravinteiden, erityisesti fosfaattifosforin osalta niiden teho voi olla kyseenalainen (Haapanen ym. 2006).

Luontainen uudistaminen on vähemmän kuormittava uudistamismenetelmä kuin avohakkuu, varsinkin jos luontaista uudistusalaa ei ole tarpeen muokata (mm. kuisen taimiaines jo olemassa). Luontaisessa uudistamisessa mahdollisesti vähäisempi valunta ja uudistusosalalle kerralla kertyvä vähäisempi hakkuutähteiden määrä pienentävät jossain määrin kuormitushuippua ja ravinnehuuhtoumia verrattuna avohakkuualoihin.

Metsänuudistamisen kuormitusvaikutus kestää pisimmillään 7-11 vuotta. Fosforihuuhtoutuma palautuu toimenpiteitä edeltäneelle tasolle vähän nopeammin kuin typpi ja kiintoaine.





Kuva 1. Laikutusjälkeen syntynyt männyn taimi tarkastelualueen kanervatyypin (CT) kankaalla. Karut mäntykankaat uudistuvat hyvin luontaisesti kevyellä muokkauksella. Kuva: Timo Silver.

Fosforikuorma vähenee eksponentiaalisesti toimenpiteitä seuraavina vuosina. Tyypen osalla huuhtoutuma ei vähene täysin tasaisesti toimenpiteitä seuraavina vuosina ja huippu saattaa olla 2-4 vuotta toimenpiteistä (Sillanpää ym. 2006).

3.2 Harvennushakkuut

Harvennushakkuun yhteydessä kasvualustaa ei muokata ja puustosta poistetaan vain osa, mikä merkitsee sitä, että valuntaolot ja pohjavesipinnan taso muuttuvat



vain vähän ja hakkuutähteitäkin kertyy suhteellisen vähän. Edellä mainitusta joh-tuen harvennushakkuu vaikuttaa kivennäis- ja turvemailla kiintoaine- ja ravinne-huuhtoutumiin todennäköisesti vain vähän, ellei hakkuuta toteuteta vain talvikor-juukelpoisiksi luokitelluilla hienojakoisilla mailla ja turvemailla ajankohtaan, jolloin syntyy pahoja urapainauksia.

3.3 Kunnostusojitus

Kiintoaineksen aiheuttamaa kuormitusta pidetään yleisesti suurimpana kunnos-tusojituksen vesiensuojelullisena haittana (mm. Hynninen ym. 2010). Kiintoainek-sen kuormitushuippu ajoittuu ojitushetkeen ja sitä seuraavaan kevääseen. Karkeilla maalajeilla ja turpeella kaivetuilla alueilla kuormitus palautuu pääsääntöisesti 5-6 vuoden kuluttua ojituksesta ojitusta edeltäneelle tasolle. Hienojakoisilla mailla kiin-toaineskuormitus jatkuu pidempään, jopa yli 10 vuotta ojituksesta (Joensuu 2002).

Kunnostusojituksen aiheuttamaa kuormitusta voidaan vähentää eri vesiensuojelu-toimin, joista yleisimpiä ovat laskeutusaltaat ja pintavalutuskentät. Vesiensuojelulli-sesti aroilla alueilla on syytä harkita, voidaanko kunnostusojitus jättää kokonaan tai osittain tekemättä ja hyväksyä tällöin mahdolliset kasvutappiot. Usein jonkinastei-nen kunnostusojitus on välttämätöntä uudistamisen yhteydessä, jolloin haihduttava ja pidättävä puusto on poistettu.

3.4 Metsänlannoitus

Kivennäismailla tehdään kasvatuslannoituksia tyypellä. Sauran ym. (1995) mukaan typen huuhtoutuminen keskittyy kahteen vuoteen heti lannoituksen jälkeen. En-simmäisenä vuonna huuhtoutui 8 % ja toisen vuonna 2 % annetusta tyypestä eli yh-teensä n. 15 kg/ha, kun lannoituksen yhteydessä levitetyn typen määrä oli 150 kg/ha. Koska kivennäismaiden kasvatuslannoitukset eivät ole metsän kannalta välttä-mättömiä, vaan ainoastaan investointeja lisäkasvuun, tulisi kasvatuslannoituksista pidättäytyä kokonaan vesiensuojelullisesti aroilla alueilla.

Runsastyyppisillä ja paksuturpeisilla ojitusalueilla saattaa tietyillä suotyypeillä esiin-tyä voimakasta kaliumin puutetta, johon usein liittyy myös fosforin vähäisyys. Näil-lä kohteilla PK-lannoitukset ovat tietyissä tapauksissa välttämättömiä puuston kasvun taantumisen ja jopa puuston kuoleamisen estämiseksi. Tällöinkin on syytä sel-



vittää neulasanalyysillä, selvittääkö lannoituksesta pelkällä kaliumilla, jolloin kuoritusriskiä ei vesistölle ole. PK-lannoitus tulisi tehdä vesiensuojelullisesti aroilla alueilla vain akuuteissa ravinnepuutetapauksissa, ei ennalta ehkäisevästi.

Helikopterilevityksessä, mikä on yleisin levitysmenetelmä soiden lannoituksissa nykyään, joutui PK-lannoitetta ojiin keskimäärin 13 kg/ha eli n. 3 % annetusta lannoitemäärästä ja peräti 69 %:iin lannoitusalueilla ojiin sijoitetuista keräyssuppiloista joutui lannoitetta. Tutkimus tehtiin Lounais-Suomen käytännön terveyslannoituskohteilla vuosina 2000 - 2006 (Silver & Saarinen 2007). Edellä mainitun tutkimuksen ojiin joutunutta lannoitemäärää käytetään pohjana KALLE-laskentamenetelmässä huuhtoutuma-arvion laskennassa PK-lannoituksissa (Finér ym. 2010). Ojiin päätyneen lannoitefosforin tiedetään alkavan huuhtoutua 1-2 vuoden kuluessa lannoituksesta (Vuollekoski & Joensuu 2009, julkaisematon aineisto).



Kuva 2. Lentolevityksessä ei voida välttää lannoitteen joutumista ojiin. Paksuturpeisten rehevien turvemaiden kalium (ja fosfori) lannoitukset ovat kuitenkin välttämättömiä ravinne-epätasapainosta kärsivillä ojitusalueilla. Sen sijaan kankaiden typellä tehtävät kasvatuslannoitukset eivät ole välttämättömiä puiden kasvun ja elossapysymisen kannalta. Niiden toteutusta tulisi välttää vesiensuojelullisesti aroilla alueilla. Kuva: Timo Silver.

Ravinnepäästöihin soilta näyttää vaikuttavan oleellisesti toimenpidealueen koko itsessään ja koko suhteessa valuma-alueeseen. Yläneellä, Raasinkorven yhteismetsässä, helikopterilla turvemaille tehdyssä RautaPK -lannoituksessa olivat fosforin huuhtoumat hyvin erilaisia riippuen lannoitusalueen koosta suhteessa valuma-alueeseen. Mustalaisenkuolemanrahkalla lannoituspinta-ala oli 2,3 ha ja osuus valuma-alueesta 4,5 %. Muuranrahkalla vastaavasti lannoituspinta-ala oli 1,9 ha ja osuus valuma-alueesta 3,2 %. Kummallakaan kohteella fosforipitoisuudet eivät nousseet lannoituksen jälkeisinä vuosina suhteessa vertailuun.

Sen sijaan Vuohensuolla, jossa lannoituspinta-ala oli 11,2 ha ja sen osuus valuma-alueesta 17,2 %, fosforin huuhtoutumat lisääntyivät selvästi lannoituksen jälkeen, 2-3 kg/ha/v kolmen ensimmäisen vuoden jälkeen lannoituksesta (Joensuu ja Vuollekoski 2010 suullinen). Pääsyyinä eroihin on todennäköisesti lannoitusalueen koko suhteessa valuma-alueeseen. Kaikilla kuvioilla joutui lannoitetta runsaasti ojiin, mikä ei ole selittävä tekijä saatuihin kuormituseroihin.

Runsastyyppisten ja paksuturpeisten ojitusalueiden välttämättömät keinolannoitteella tehtävät PK-lannoitukset on korvattavissa tuhkalannoituksella, jolla on saatavissa myös pidempi lannoitusvaikutus verrattuna keinolannoitteisiin. Tuoreen tutkimuksen mukaan tuhkalannoitus turvemaille ei aiheuta merkittäviä haitallisia muutoksia valumaveden laadussa (esimerkiksi fosforihuuhtoumia) eikä ole riski alapuolisille vesistöille (Piirainen ym. 2013).

3.5 Kantojen nosto ja hakkuutähteiden keruu

Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun vesistövaikutuksista on tällä hetkellä vähän tutkimustietoa. Asiaa tarkastellaan jatkossa vesiensuojelupainotteisten metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä.



4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Tarkastelualue

Tarkasteltu valuma-alue sijaitsi keskimäärin noin kilometrin etäisyydellä Pyhäjärvestä. Valuma-alue rajattiin Pyhäjärven ja Säskylä – Turku pikatien sekä vanhan Turuntien väliin. Kuormitusvaikutusten arviointiin valittiin valuma-alue, jossa oli tuore metsäsuunnitelma. Kohde on Naturaan kuuluvan Säskylän Pyhäjärven rantaan rajoittuva 330 ha:n metsävaltainen valuma-alue (kartta liitteessä 1). Kuormitustarkastelua on perusteltua tehdä nimenomaan herkkien ja arvokkaiden vesistöjen valuma-alueella. Alue jakaantui vielä 11 pienempään osavaluma-alueeseen.

Pyhäjärven kuormitusta ovat arvioineet Salmela ja Kirkkala (1997) raportissaan. Pyhäjärven valuma-alue (461 km²) voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan, josta Yläneenjoen ja Pyhäjoen valuma-alueet ovat selkeät yhtenäiset kokonaisuudet. Lähivaluma-alueeksi on ositettu loput valuma-alueista, joiden vedet laskevat Pyhäjärveen muutoin kuin näiden jokien kautta. Merkittävin yksittäinen kuormituksen lähde on Yläneenjoen valuma-alue, jonka kautta Pyhäjärveen tulee n. 53 % fosforikuormituksesta. Pyhäjoen osuus on 11 %. Suoraan järveen laskevat ojat ja purot muodostavat lähivaluma-alueen, jonka osuus on n. 14 – 18 % fosforikuormasta (Salmela & Kirkkala 1997). Tämän tarkastelun valuma-alue kuuluu tähän lähivaluma-alueeseen.

Pyhäjärven valuma-alueesta n. 22 % on peltoa ja loput pääosin metsää ja suota, joten maatalouden merkitys järven kuormittajana on huomattavan suuri. Veden laatu on huonoin niillä osa-alueilla, joilla harjoitetaan intensiivistä peltoviljelyä ja karjataloutta. Samoilla alueilla myös haja-asutuksen jätevedet heikentävät veden laatua kohottamalla ravinne- ja suolapitoisuuksia sekä ulosteperäisten bakteerien määrää. Vesi on humuspitoisuudesta huolimatta laadultaan parasta metsäisillä valuma-alueilla virtaavissa puroissa ja ojissa (Kirkkala 2001).

Metsäsuunnitelma valmistui ko. alueella 2007- 2008. Maastossa tarkastettiin kaikki kuviot, joissa oli merkitty lannoitus- tai kunnostusojitusehdotus sekä kaikki O4 kehitysluokan uudistamiskohteet. Tarkasteltujen kuvioiden kuormitukset laskettiin metsäsuunnitelman toimenpide-ehdotuksen pohjalta ja sen lisäksi kuviolla arvioitiin, voidaanko kuviolla toteuttaa vesiensuojelua painottava toimenpide-ehdotus. Vesiensuojelua painottavien toimenpide-ehdotusten pohjalta tehtiin vertaileva kuormituslaskelma.



On korostettava, että tehty metsäsuunnitelma on laadultaan hyvä. Vaihtoehtoisessa suunnitelmassa painotetaan vesiensuojelua, jolloin toimenpide-ehdotukset useissa tapauksissa muuttuvat.

4.2 Vesiensuojelupainotteinen metsäsuunnittelu ja siihen liittyvät käsitteilyvaihtoehdot eri metsätaloustoimenpiteille

Eri metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama vesistökuormitus painottuu yleensä toteutusajankohtaan ja sitä seuraaviin lähivuosiin. Kuormitushuippu on lähes aina muutaman vuoden sisällä toimenpiteen toteutuksesta (Joensuu 2002, Sillanpää ym. 2006). Jälkikäteen, vuosien päästä, tehtävillä vesiensuojelutoimenpiteillä ei näin ollen ole yleensä kovinkaan suurta merkitystä valumavesien puhdistajana. Oleellista on toteutusvaiheessa valita vähiten vesistöä kuormittava metsätaloustoimenpiteen toteutustapa ja kytkeä sen yhteyteen tehokkain mahdollinen vesiensuojelutoimenpide.

Monet maanomistajat ja toimijat perustavat toimintansa metsäsuunnitelman ehdotuksiin vaikka metsäsuunnitelman toimenpide-ehdotukset eivät ole toimijoita sitovia. Siksi olisi tärkeää, että metsäsuunnitelmassa olisi ainakin vesistökuormituksen suhteen herkillä vesistöalueilla ensisijaisena toteutusvaihtoehtona vesiensuojelua painottava vaihtoehto.

Vesiensuojelupainotteinen metsäsuunnittelu on tällä hetkellä pilottivaiheessa eikä sitä ole vielä otettu käyttöön laajemmin käytännön metsätaloudessa.

4.2.1 Uudistushakkuut ja maanmuokkaus

Vesiensuojelua painottavassa vaihtoehdossa uudistamisen osalta on lähdettävä siitä, että toimenpide-ehdotus täyttää hyvän metsänhoidon ja metsälain uudistamisvelvoitteen vaatimukset, vaikka saattaa olla vähemmän tehokas ja jossain tapauksessa alun perin ehdotettua epävarmempi uudistamisvaihtoehto.

Uudistamisen osalta toimenpide-ehdotus vesiensuojelua painottavassa vaihtoehdossa on avohakkuun muuttaminen luontaiseksi uudistamiseksi olemassa olevaa taimiainesta ja kuusialikasvosta hyödyntämällä ilman muokkausta tai jossain tapauksessa kevyellä muokkauksella. Vesistökuormitus vähenee selvästi, mikäli uudistaminen voidaan tehdä ilman ojitusmätästystä märillä hienojakoisilla kivennäis-





Kuva 3. Mustikkatyyppin (MT) uudistuskyöpsä kangasmaakuvio kohdealueella, Kuvio on hyvin taimettunut ja se voidaan uudistaa luontaisesti. Kuva: Timo Silver.

mailla tai turvemaileda ja korvata se luontaisella uudistamisella ojamäärä minimoiden. Turvemaiden koivu- ja mäntyvaltaisissa metsissä on usein hyödynnettävissä oleva kehityskelpoinen kuusialikasvos. Varputurvekankailla avohakkuu ja ojitusmätästys voidaan yleensä korvata siemenpuuhakkuulla ja kevyellä laikutuksella.

Puolukkatyyppin (VT) kankaalla saattaa uudistamisvaiheessa olla kehityskelpoinen kuusialikasvos. Sen kasvattaminen on usein perusteltu vaihtoehto. Kuusen alikasvoson ollessa 5 metrin pituista, sen voidaan ennakoida kasvavan kiertoajan kuluessa likimain saman verran kuin kuin mänty paljaan maan metsittämisestä lähtien (Vuokila 1980). On selvää, että tämä on myös vesiensuojelun kannalta paras käsitelyvaihtoehto, koska maanmuokkausta ei tarvita ja alikasvos pidättää ja hyödyntää hakatun ylispuuston hakkuutähteiden ravinteita.





Kuva 4. Avohakkuu ja maanmuokkaus on yleensä ainoa perusteltu uudistusmenetelmä vanhojen kunttantuneiden kuusikoiden uudistamisessa. Laikkumätästys soveltuu rehevien maapohjien uudistamiseen sellaisilla kangasmailla, jotka eivät kärsi märkyydestä. Kuvassa urakoitsija Jaakko Valjanen laikkumätästää Euran Honkilahdella. Kuva: Timo Silver.

Mikäli kyseessä on kuntaantunut kangasmaakuusikko, jossa ei ole taimiainesta, on avohakkuuseen, maanmuokkaukseen ja istutukseen perustuva vaihtoehto yleensä ainoa perusteltu menetelmä uuden metsän aikaansaamiseksi. Muokkausmenetelmäksi olisi tällöin paras valita laikkumätästys, jolloin ei synny vettä poisjohtavia vakoja.

Kanervatyypin (CT) ja usein myös (varsinkin lajittuneilla) puolukkatyypin (VT) kangasilla uudistaminen on yleensä mahdollista luontaisesti siemenpuuhakkuulla ja kevyellä maanmuokkauksella. Aiemmin valtamenetelmänä ko. kohteissa oli äestys. Se on vähentynyt muokkausmenetelmänä. Menetelmä on sikäli vesiensuojelullisesti huono ratkaisu, että siinä syntyy vettä poisjohtavia vakoja, mitä taas ei synny laiku-

tuksessa. Kevyt laikutus onkin vesiensuojelullisesti hyvä vaihtoehto ja myös uudistamisen kannalta riittävän voimakas näissä kohteissa.

4.2.2 Kunnostusojitus

Kunnostusojitus on suometsissä tarpeen yleensä noin 20-30 vuotta uudisojitukselta ja järkevää toteuttaa hakkuisiin liittyen jonka seurauksena ojaverkoston kunto heikenee. Lisäksi puustopääoman väheneminen heikentää puuston pidäntä- ja haihduntatehoa. Tavoitteena on Lounais-Suomessa ollut syviä ojia kaivamalla pärjätä yhdellä kunnostusojituksella kiertoajan loppuun. Vaikka syvät ojat lisäävät kuormitusriskiä vesistölle niin toisaalta syvät ojat pysyvät tyydyttävässä kunnossa kiertoajan loppuun ja kaivukertojen minimoiminen vähentää kuormitusriskiä. Joissain tapauksissa toiskertainen kunnostusojitus on kuitenkin välttämätöntä toteuttaa, jos ensikertainen kunnostusojitus on epäonnistunut (Silver ja Joensuu 2005).

Kunnostusojitustarve on syytä arvioida vesiensuojelullisesti aroilla alueilla toimenpiteen välttämättömyyden pohjalta. Kunnostusojitus ei ole yleensä täysin välttämätöntä runsaspuustoisilla soilla. Puuston pidäntä ja haihdunta pitävät vesitaloutta kohtalaisesti kunnossa matalillakin ojilla, mikäli puuston määrä hehtaarilla on vähintään 100 - 150 m³/ha (Laine 1986, Sarkkola ym. 2010). Kunnostusojitus tulee välttämättömäksi uudistushakkuun yhteydessä, jolloin tulisi huolehtia mahdollisimman tehokkaista vesiensuojelumenetelmistä.

Kunnostusojituksen aiheuttamaa kuormitusta voidaan vähentää eri vesiensuojelutoimin, joista yleisimpiä ovat laskeutusaltaat ja pintavalutuskentät. Lounais-Suomessa kaltevuudet soilla ovat yleensä heikot ja tällöin pintavalutuskenttien käyttömahdollisuudet ovat rajalliset. Tällöin tulisi vesistöön laskevat ojat jättää mahdollisimman pitkältä matkalta perkaamatta lievän vettymishaitankin uhalla. Tällöin tulee myös kyseeseen normeja matalampien ojien kaivu perkaamattomien ojien yläpuolella. Vesistökuormituksen vähentämiskeinoja kunnostusojituksessa ovat lisäksi mm. kaivun ajoittaminen kuivaan kesäaikaan ja jos mahdollista, kaivun aloittaminen yläpuolisista ojastoista, jolloin alapuoliset perkaamattomat ojat ottavat kiintoainekuormitusta vastaan.

Vesiensuojelullisesti erityisen aroilla alueilla on syytä harkita, voidaanko kunnostusojitus jättää kokonaan tai osittain tekemättä ja hyväksyä tällöin mahdolliset kasvutappiot. Tällöinkin jonkinasteinen kunnostusojitus on yleensä välttämätöntä uudistamisen yhteydessä, jolloin haihduttava ja pidättävä puusto on poistettu. Kunnostusojituksen kannalta vesistökuormitusta koskevan yhtälön tekee monimutkai-



seksi se, että fosforihuuhtoumat saattavat lisääntyä, mikäli pohjaveden pinta nousee voimakkaasti uudistamisen yhteydessä ja ojasto on huonossa kunnossa. (Nieminen ja Ahti 2005). Hapettomissa oloissa osa maaperään sitoutuneesta fosforista voi vapautua uudelleen kiertoon (Sallantaus ym. 1998).

4.2.3 Metsänlannoitus

Kivennäismaalla toteutettavat kasvatuslannoitukset typellä eivät ole välttämättömiä metsänhoitotoimenpiteitä. Niillä saadaan kasvunlisäystä ja ne saattavat olla hyviä sijoituskohteita, mutta puusto kasvaa normaalisti ilman kasvatuslannoitustakin. Niiden tekemättä jättäminen vesiensuojelullisesti aroilla vesistöalueilla on helppo ja vaikuttava vesiensuojelutoimenpide.

Sen sijaan tarpeelliset rehevien paksuturpeisten soiden ravinne-epätasapainoa poistavat (P)K-lannoitukset saattavat olla välttämättömiä, jottei puusto kuole osittain tai kokonaan kaliumin puutteeseen. Kaliumin puutteeseen ko. kohteilla liittyy usein myös fosforin puute. Vesiensuojelullisesti aroilla vesistöalueilla on syytä selvittää neulasanalyysillä, onko fosfori tarpeen vai selvittääkö pelkällä kalilannoituksella (Silver ja Saarinen 2001). Keinolannoitteella tehtävä PK-lannoitus voidaan korvata vesistöystävällisemmällä tuhkalannoituksella, mikä ei tuoreen tutkimuksen mukaan aiheuta merkittäviä haitallisia muutoksia valumaveden laadussa (Piirainen ym. 2013).

4.2.4 Kantojen nosto ja hakkuutähteiden keruu

Kantojen nosto uudistusalalta aiheuttaa suuren ravinteiden ja kiintoaineksen kuormitusriskin vesistöille, koska jo kantojen repiminen paljastaa maaperän perusteellisesti. Kuormituksen suuruudesta ei ole tällä hetkellä olemassa tutkimustietoa. On kuitenkin selvää, että kantojen nostosta tulisi pidättäytyä vesiensuojelullisesti aroilla alueilla. PEFC:n sertifiointikriteereissä (2009) edellytetäänkin, ettei kantoja nosteta luokan I pohjavesialueilta.

Hakkuutähteiden poistaminen uudistusalalta saattaa osaltaan vaikuttaa huuhtoumiin. Hakkuutähteet sisältävät 60-80 % puustoon sitoutuneista ravinteista. Mikäli ravinteita vapautuu lyhyessä ajassa paljon, maaperä, kehittyvä kasvillisuus ja hajotajaeliöt kykenevät pidättämään todennäköisesti vain osan ravinteista (Palviainen ym. 2003). Hakkuutähteiden poistaminen pienentää siten ravinteiden huuhtoutumisriskiä (Sillanpää ym. 2006). Vesiensuojelun kannalta hakkuutähteiden korjuu



onkin positiivinen asia. Poikkeuksen muodostavat kaliumin ja fosforin puutteesta kärsivät suot, joissa hakkuutähteiden poisto voi heikentää ko. ravinteiden määrää siinä määrin, että syntyy PK-lannoituksen tarve. Tällöin on järkevämpää jättää hakkuutähteet keräämättä, jolloin on mahdollisuus välttyä kuormittavalta PK-lannoitukselta ja toisaalta vesistöystävällisempi tuhkalannoitus ei useinkaan ole realistinen vaihtoehto keinolannoitukselle käytännön toiminnassa.

4.2.5 Vesiensuojelupainotteisista vaihtoehdoista tässä tarkastelussa

Vaihtoehtoiset toimenpide-ehdotukset on esitetty liitteen 1 kartassa. Vesiensuojelua painottavassa vaihtoehdossa uudistamisen osalta lähdettiin siitä, että toimenpide-eh-



Kuva 5. Täystiheä kuusialikasvos on syntynyt ohutturpeisen kangaskorven ojitusalueelle tarkastelualueella. Alikasvosten hyödyntäminen on sekä vesiensuojelullisesti että taloudellisesti kannattavaa. Kuva: Timo Silver.



dotus täyttää hyvän metsänhoidon ja metsälain uudistamisvelvoitteen vaatimukset, vaikka saattaa olla vähemmän tehokas ja jossain tapauksessa alun perin ehdotettua epävarmempi uudistamistapa.

Uudistamisen osalta toimenpide-ehdotus vesiensuojelua painottavassa vaihtoehdossa oli avohakkuun muuttaminen luontaiseksi uudistamiseksi olemassa olevaa taimiainesta tai kuusialikasvosta hyödyntämällä ilman muokkausta tai jossain tapauksessa kevyellä muokkauksella. Vesistökuormitus vähenee selvästi, mikäli uudistaminen voidaan tehdä ilman ojitusmätästystä märillä, hienojakoisilla kivennäismailla tai turvemailla ja korvata se luontaisella uudistamisella ojamäärä minimoiden.

Mikäli kyseessä oli kuntaantunut kangasmaakuusikko, pidettiin metsäsuunnitelman avohakkuuseen ja maanmuokkaukseen ja istutukseen perustuva vaihtoehto voimassa myös vesiensuojelua painottavassa vaihtoehdossa.

Useilla lajittuneen maalajin puolukkatyyppin (VT) ja kanervatyyppin (CT) uudistamiskohteilla ehdotuksena oli äestys ja siemenpuuhakkuu. Vesiensuojelun kannalta parempi muokkausmenetelmä olisi laikutus, jolloin ei synny vettä poisjohtavia vakoja. Tässä tarkastelussa tulkittiin kuitenkin metsäsuunnittelun toimenpide-ehdotus ko. tapauksissa samaksi myös vesiensuojelua painottavassa vaihtoehdossa.

Puolukkatyyppin (VT) kankaalla saattaa uudistamisvaiheessa olla kehityskelpoinen kuusialikasvos. Sen kasvattaminen on usein perusteltu vaihtoehto. Tarkastelualueella ei ollut uudistuskypsiä VT-männiköitä, joissa olisi ollut kasvatuskelpoinen kuusialikasvos.

Kunnostusojitustarve arvioitiin toimenpiteen välttämättömyyden pohjalta. Kunnostusojitus ei ole yleensä välttämätön runsaspuustoisilla soilla. Puuston pidäntä ja haihdunta pitävät vesitaloutta kohtalaisesti kunnossa matalillakin ojilla, mikäli puuston määrä hehtaarilla on vähintään 100 - 150 m³/ha (Laine 1986). Kunnostusojitus tulee välttämättömäksi uudistushakkuun yhteydessä, jolloin tulisi huolehtia mahdollisimman tehokkaista vesiensuojelumenetelmistä. Järveen laskevat oja tulee jättää mahdollisimman pitkälle perkaamatta. Tämä merkitsee yleensä sitä, että yläpuoliset ojat joudutaan kaivamaan normaalia matalammiksi.

Metsäsuunnitelmassa ehdotettuja kasvatuslannoituksia tyypellä ei katsottu välttämättömäksi metsänhoitotoimenpiteeksi. Sen sijaan tarpeelliset rehevien paksu-



turpeisten soiden ravinne-epätasapainoa poistavat (P)K-lannoitukset saattavat olla välttämättömiä, jottei puusto kuole osittain tai kokonaan. Tällöinkin tulee neulasa-nalyysilla selvittää, onko fosfori tarpeen vai selvittääkö pelkällä kalilannoituksella (Silver ja Saarinen 2001).

Arvioitaessa vesiensuojelupainotteista vaihtoehtoa, otettiin myös huomioon koh-teen etäisyys Pyhjärvestä tai purosta, suojavyyhykkeen leveys ja vesiensuojelutoi-menpiteiden (lähinnä pintavalutuskentät) mahdollisuus ja tehokkuus sekä maalaisin kuormitusriski.

5 Kuormituslaskelmien tulokset

5.1 Metsätalouden kuormituslaskelmat

Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamia ominaiskuormituslukuja ovat esittäneet Suomen olosuhteisiin Kenttämies (2006) ja Finér ym. (2010). Kenttämiehen (2006) kuormitusluvut on julkaistu MESUVE- projektin loppuraportissa. Finér ym. (2010) kehittivät metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskentaa varten KAL-LE- laskentamenetelmän. Seuraavassa tarkastellaan eri metsätaloustoimenpiteiden kuormitusvaikutusta tarkastelualueella.

Tarkastelualueella vesistöä selkeästi kuormittavia toimenpiteitä (uudistushakkuu ja maanmuokkaus, kunnostusojitus sekä lannoitus) oli ehdotettu seuraavana 10-vuo-tiskautena 72 kuviolla (113,7 ha). Tämä on 36,9 % tarkastellusta metsäisestä osava-luma-alueesta (308 ha). Vaihtoehtoinen vesiensuojelua painottava toimenpide kat-sottiin mahdolliseksi 24 kuviolla ja 33,9 ha:n alalla. (Toimenpidekohtaisia lukuja tarkasteltaessa on huomioitava, että osalla kuvioista vaihtoehtoiset ehdotukset koh-distuivat sekä uudistamiseen että kunnostusojitukseen.) Taimikonhoidon ja harven-nushakkuiden kuormitusvaikutusta ei ole huomioitu laskelmissa, koska niiden mer-kitys kuormitukseen lienee melko pieni.

Tarkastellulla valuma-alueella oli uudistuskypsiä O4 kehitysluokan kuvioita 47 kap-paletta, pinta-alaltaan 76,4 hehtaaria. Uudistettavan kuvion keskikoko oli 1,6 ha. Vaihtoehtoinen, vesistöä vähemmän kuormittava uudistamistoimenpide, oli mah-dollinen 15 kuviolla eli 21,0 hehtaarin alalla. Tarkastellulla valuma-alueella uudis-tuskypsiä O4 kehitysluokan osuus kehitysluokajakaumassa oli 24,8 %, mikä on selvästi keskimääräistä tavoitetasoa (15 %) suurempi osuus.



Kasvatuslannoitusta tyypellä oli esitetty metsäsuunnitelmassa 5 kuviolla eli 7,9 hehtaarin alalla. Kasvatuslannoitus on investointi puuntuotantoon eikä puuston kannalta välttämätön toimenpide, joten vesiensuojelupainotteisessa vaihtoehdossa kasvatuslannoituksia ei ehdoteta tehtäväksi. Myöskään yhdelle kuviolle merkitty 1,9 hehtaarin terveyslannoitus PK:lla ei ole välttämätön toimenpide.

Kunnostusojitusta oli ehdotettu metsäsuunnitelmassa 33 kuviolla eli 55,3 hehtaarin alalle. Kunnostusojitusta ei katsottu hydrologiselta ja metsänhoidolliselta kannalta välttämättömäksi kuudella kuviolla eli 13,0 hehtaarin alalla seuraavana 10-vuotiskautena.

Eri laskentamalleista saatavat tulevan 10-vuotiskauden kuormitusluvut selkeästi kuormittaville toimenpiteille (uudistushakkuu, maanmuokkaus, kunnostusojitus ja lannoitus) on esitetty raportin lopussa taulukoissa 1 ja 2 sekä metsätalouden kokonaiskuormitus koko tarkastelualueella taulukossa 3.

5.1.1 Vaihtoehto 1

Taulukossa 1 on esitetty Kenttämiehen (2006) ominaiskuormituslukujen pohjalta laskettu kuormituslukujen ero metsäsuunnitelmassa esitettyjen ja vesiensuojelua painottavien vaihtoehtojen välillä seuraavana 10-vuotiskautena. Metsäsuunnitelman toimenpidevaihtoehtoilla fosforin kokonaiskuorma on 149,7 kg ja vesiensuojelua painottavissa vaihtoehtoissa 51,8 kg. Metsäsuunnitelmassa esitettyjen toimenpidevaihtoehtojen fosforikuorma on noin kolminkertainen verrattuna vesiensuojelupainotteisiin vaihtoehtoihin tarkastelluilla yhteensä 33,9 hehtaarin kuvioilla. Vastavasti typpikuorma on metsäsuunnitelman alkuperäisillä toimenpidevaihtoehtoilla 1180,6 kg ja 203,5 kg vesiensuojelupainotteisilla toimenpidevaihtoehtoilla, eli kuorma on noin kuusinkertainen verrattuna vesiensuojelupainotteisiin vaihtoehtoihin.

5.1.2 Vaihtoehto 2

Taulukossa 2 ovat vastaavalla tavalla Finérin ym. (2010) esittämien ominaiskuormituslukujen pohjalta lasketut kuormitusluvut seuraavana 10-vuotiskautena. Metsäsuunnitelman toimenpidevaihtoehtoilla fosforin kokonaiskuorma on 29,8 kg ja vesiensuojelua painottavissa vaihtoehtoissa 12,3 kg. Metsäsuunnitelmassa esitettyjen toimenpidevaihtoehtojen tuottama fosforikuorma on noin kaksinkertainen verrattuna vesiensuojelupainotteisiin vaihtoehtoihin tarkastelluilla 33,9 ha kuvioilla. Vas-



taavasti typpikuorma oli metsäsuunnitelman toimenpidevaihtoehdoilla 526,5 kg ja vesiensuojelupainotteisilla kuviovaihtoehdoilla 164,7 kg. Metsäsuunnitelmassa esitetyillä toimenpidevaihtoehdoilla kuorma oli noin kolminkertainen verrattuna vesiensuojelupainotteisiin vaihtoehtoihin.

5.1.3 Kokonaiskuormitus

Koko tarkastelualueen metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama kokonaiskuormitus tulevana 10-vuotiskautena on esitetty taulukossa 3 Finérin ym. (2010) ominaiskuormituslukujen (vaihtoehto 2) pohjalta, jotka lienevät ainakin Lounais-Suomen olosuhteissa realistisempia kuin Kenttämiehen (2006) luvut, jotka joissain tapauksissa yliarvioivat varsinkin uudistamisen vesistökuormitusta, koska ne perustuvat paljolti Nurmes-tutkimuksen järeisiin (auraus) uudistamismenetelmiin.

Kokonaiskuormitus saadaan tarkastellulla metsäisellä kokonaisvaluma-alueella (308 ha) taustakuormituksen ja 10-vuotiskautena tehtävien metsätaloustoimenpiteiden aiheuttaman kuormituslisän summana (113,7 ha). Taustakuormituksella ymmärretään kivennäismailta ja soilta luonnontilassa vesistöihin kulkeutuvaa kuormitusta. Taustakuormituslukuina käytetään lukuja: N= 1,52 kg/ha/v ja P= 0,052 kg/ha/v (Finér ym. 2010).

Metsäsuunnitelmassa esitettyjen metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama kuormitus (taulukko 3/ KALLE) seuraavalla 10-vuotiskaudella 113,7 hehtaarin toimenpidealueella sekä taustakuormitus (Finér ym. 2010) koko tarkastellulla 308 hehtaarin metsäisellä valuma-alueella.

	Metsäsuunnitelman mukainen	Vesiensuojelupainotteinen	Taustakuorma
P	86,5 kg	69,0 kg	160,2 kg
N	1 066,1 kg	704,3 kg	4 681,6 kg



Kuormituslukuista voidaan päätellä, että tulevan 10-vuotiskauden metsäsuunnitelman mukaisten metsätaloustoimenpiteiden merkitys kuormittajana on typen osalta verrattain pieni suhteessa taustakuormaan, vain 22,8 % taustakuormasta, ko. valuma-alueella. Vastaavasti fosforin osalla metsätaloustoimenpiteiden vaikutus kokonaiskuormaan on merkittävämpi, 54,0 % taustakuormasta.

Vesiensuojelupainotteinen vaihtoehto pienentäisi metsätalouden aiheuttamaa kokonaiskuormaa (sisältää taustakuormituksen) suhteellisen vähän; typen osalta 6,3 % ja fosforin osalta 7,1 % verrattuna siihen, että käytettäisiin metsäsuunnitelmassa esitettyjä käsittelyvaihtoehtoja. Työlajeista suhteellisesti suurin hyöty kuormituksen alentajana typen osalta saataisiin kasvatuslannoituksista pidättäytymällä.

Kunnostusojitukseen laskettuun fosforin ominaiskuormituslukuun sisältyy kiintoaineksen fosfori. Kunnostusojitusta oli ehdotettu metsäsuunnitelmassa 55,3 ha:n alueelle. Tämä merkitsee Finérin ym. (2010) kuormituslukujen perusteella 41 420 kg kiintoainekuormaa seuraavalle 10-vuotiskaudelle. Vesiensuojelupainotteisessa vaihtoehdossa kunnostusojitusta ei katsottu välttämättömäksi 13,0 hehtaarin alalla, mikä merkitsisi kiintoainekuorman vähenemistä 9737 kg verrattuna metsäsuunnitelman toimenpide-ehdotuksiin.

Laskelmissa ei ole huomioitu hakkuutähteiden korjuuta eikä kantojen nostoa, jotka ovat tänä päivänä hyvin yleisiä uudistamisaloilla. Hakkuutähteiden korjuu vähentäisi em. kuormituslukuja. Toisaalta, mikäli tehtäisiin kantojen nostoa, se vastaavasti lisäisi varsinkin typen kuormituslukuja.

5.2 Peltojen ja vakinaisen sekä mökkiasutuksen aiheuttama kuormitus

Peltoa on tarkastellulla valuma-alueella 22 ha. Pellon osuus on siten 6,7 % valuma-alueesta (330 ha), kun se koko Pyhäjärven valuma-alueella on keskimäärin noin 22 % (Salmela & Kirkkala 1997). Pellon (22 ha) ja mökkiasutuksen (80 mökkiä, josta 73 rantamökkiä) sekä vakituisen asutuksen (4 vakituista asuntoa) aiheuttama kuormitus järvelle on huomattava verrattuna metsätalouden kuormitukseen.

Peltojen aiheuttama huuhtoutuma on tulevana 10-vuotiskautena fosforin osalta 330 kg ja typen osalta 4400 kg käytettäessä Rekolaisen (1989) esittämiä huuhtouma-arvoja. Mökkien aiheuttama kuorma Pyhäjärvelle on seuraavana 10-vuotiskautena fosforin osalta 32 kg ja typen osalta 80 kg sekä vakituisen asumisen kuorma fosforin



osalta 20 kg ja typen osalta 80 kg, kun huuhtoutuma-arvoina käytetään Ronnun ja Santalan (1995) esittämiä lukuja.

Maatalouden aiheuttama fosfori- ja typpikuorma on noin nelinkertainen tulevana 10-vuotiskautena verrattuna metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaan kuormitukseen ilman taustakuormitusta, vaikka vertailulukuina käytetään kuormittavampaan metsäsuunnitelmaan perustuvia lukuja. Mikäli arvioidaan metsätalouden (308 ha) kokonaiskuormitusta taustakuormineen suhteessa pellon kuormitukseen, on metsätalouden fosforikuorma hieman pienempi ja vastaavasti typpikuorma hieman suurempi kuin 22 ha:n peltopinta-alan aiheuttama kuormitus.

Lomamökkien ja asutuksen aiheuttama typpi- ja fosforikuorma on pienempi kuin metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama kuormitus. Fosforin osalta se on noin 60 % ja typen osalta noin 15 % metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamasta kuormituksesta, kun vertailulukuina käytetään kuormittavamman metsäsuunnitelman antamia tuloksia.

5.3 Ominaiskuormituslukujen eroista ja luotettavuudesta

Kenttämiehen (2006) ja Finérin ym. (2010) ominaiskuormitusluvut poikkeavat selvästi toisistaan. Kenttämiehen (2006) ominaiskuormitusluvut antavat tässä aineistossa kokonaisuudessaan selvästi suuremmat kokonaiskuormat kuin Finérin ym. (2010) esittämät luvut. Typen osalla ero on lähes kaksinkertainen ja fosforin osalla noin nelinkertainen.

Vaihtoehdossa 1 käytetyt Kenttämiehen (2006) kuormitusluvut perustuvat metsänuudistamisessa ja muokkauksessa pääosin Nurmes-tutkimukseen ja ovat selvästi suurempia kuin Finérin ym. (2010) luvut ja mahdollisesti useassa tapauksessa yliarvioita. Kenttämies (2006) on erotellut raskaammat uudistamismenetelmät (auraus ja mätästys) kevyemmistä (äestys ja laikutus). Vaihtoehdossa 2 käytettyjen Finérin ym. (2010) esittämien lukujen puutteena on se, ettei uudistamismenetelmiä ole eroteltu muokkausvoimakkuuden perusteella vaan ainoastaan turvemaat ja kivennäismaat on eroteltu toisistaan. Näin ollen kaikilla muokkaustavoilla, mm. ojitusmätästyksellä ja laikutuksella, on sama ominaiskuormitusarvo. Kenttämies (2006) ei mainitse erikseen laikkumätästystä. Tässä tarkastelussa laikkumätästys on rinnastettu mätästykseen ja auraukseen, koska Kenttämiehen (2006) mukaan kuormitus perustuu enemmän kasvupaikkaan kuin muokkausmenetelmään itsessään.



Kenttämiehellä (2006) on lisäksi erikseen ominaiskuormitusluvut auraukselle ja mätästykseksi suojavyyöhykkeen kanssa. Tässä tarkastelussa luvut on laskettu ilman suojavyyöhykkeitä, mikä on yksi syy saatuihin isoihin eroihin menetelmien välillä. Tosin metsäsuunnitelmassa ehdotetuissa ojitusmätästyksissä ei tämän tarkastelun kuvioilla olisi ollut mahdollisuutta tehokkaisiin suojavyyöhykkeisiin.

Kuormituslaskelmat eivät tunne erikseen luontaisen uudistamisen vaihtoehtoa ilman maanmuokkausta. Koska kuormitus on tässä vaihtoehdossa oleellisesti pienempi kuin muokatessa, käytettiin tämän tarkastelun laskelmissa kuormituslukuina Finérin ym. (2010) ja Kenttämiehen (2006) ominaiskuormitusluvuista poikkeavia arviolukuja. Fosforin ominaiskuormituslukuna käytettiin lukua, joka on 50 % Kenttämiehen (2006) esittämän mätästykseen ja aurauksen ominaiskuormitusluvuista. Typen osalta käytettiin lukua, joka on 10 % edellä mainittujen menetelmien luvuista. Vastaavasti vaihtoehdossa 2 luontaisen uudistamisen fosforiluku on 50 % ja typpiluku 10 % joko turve- tai kivennäismaan uudistamisen ominaiskuormitusluvuista. Vähennys on arvioitu typen osalta suhteellisesti selvästi suuremmaksi, koska typen huuhtoutuminen liittyy paljolti itse muokkaukseen, eikä niinkään hakkuutähteistä vapautuvaan tyypeen, kun taas fosforia vapautuu voimakkaasti hakkuutähteistä, joita syntyy myös luontaisen uudistaminen yhteydessä runsaasti.

Finérin ym. (2010) ehdotuksessa ei kunnostusojitukselle ole esitetty lainkaan typpikuormitusta, sen sijaan Kenttämiehen (2006) mukaan kunnostusojituksella olisi suuri typpikuormitusvaikutus. Kunnostusojituksen aiheuttama fosforikuorma on arvioitu Kenttämiehen (2006) ominaiskuormitusluvuissa lähes kaksinkertaiseksi verrattuna Finérin ym. (2010) esittämiin lukuihin.

Ominaiskuormitusluvut ovat samat molemmissa laskentamalleissa kasvatuslannoituksen osalla. Turvemaiden lannoituksessa fosforihuuhtoumat on Kenttämiehen (2006) laskelmissa arvioitu kaksinkertaiseksi verrattuna Finérin ym. (2010) arviointiin.

Kokonaiskuormituksen suuruuteen vaikuttavat monet tekijät ja on selvää, että eri metsätaloustoimenpiteille lasketut ominaiskuormitusluvut ovat vain suuntaa antavia keskiarvolukuja, jotka eivät useinkaan anna oikeaa kuvaa yksittäisen toimenpiteen aiheuttamasta todellisesta ravinnekuormituksesta. Finérin ym. (2010) raportissa todetaankin, että ominaiskuormituslukujen käyttö alueellisten kuormitusarvioiden laskennassa sisältää oletuksen, että ominaiskuormituksen määrittämisessä käytetyt valuma-alueet edustavat ominaisuuksiltaan, olosuhteiltaan ja metsän käsittelyltään



yleistettävälle alueelle tyypillisiä metsiä. Ominaiskuormitusluvut soveltuvatkin parhaiten suuralueiden ravinnekuorman laskennalliseen arviointiin, mihin niitä on käytettykin. Kenttämiehen (2006) ominaiskuormituslukuja käytettiin arvioitaessa metsätalouden kuormitusta Kansallisessa metsäohjelmassa (Kenttämies & Haapanen 2006). Vastaavia Finérin ym. (2010) esittämiä lukuja käytettiin Kansallisen metsäohjelman tarkistuksessa (KMO 2015).

6 Vesiensuojelutoimenpiteiden mahdollisuudet valuma-alueella

6.1 Pintavalutuskentät ja kosteikot

On arvioitu, että kiintoaineksen huuhtoutuminen ojitusten seurauksena on metsätalouden suurin vesistöongelma (mm. Hynninen ym 2010). Käytännön metsätaloudessa yleisimmin käytettyjä vesiensuojelumenetelmiä ovat laskeutusaltat, joilla saavutetaan kiintoaineen pidätyksessä keskimäärin vain noin 18 % pidätysteho (Joensuu 2002). Huomattavasti tehokkaampia vesiensuojelumenetelmiä olisivat pintavalutuskentät, joilla voidaan torjua kiintoaineksen huuhtoutuminen parhaimmillaan lähes täysin (Hynninen ym. 2010). Pintavalutuskentiltäkin saattaa tietyissä olosuhteissa vapautua ravinteita. Veden pinnan nousu voi aiheuttaa hapettomia oloja, joissa fosforia voi vapautua. Samoin pintavalutuskentän perustamisvaiheessa ammoniumtyyppiä saattaa vapautua vesistöihin (Sallantaus ym. 1998). Pintavalutuskentistä muodostuu, suokasvillisuuden kehittyessä pienimuotoisia kosteikkoja. Riittämätön maaston kaltevuus on pääsyy siihen, että pintavalutuskenttiä tehdään vähän käytännön ojitustoiminnassa Lounais-Suomessa.

Toisaalta voimakkaasti virtaaviin puroihin, joiden valuma-alue on laaja, on vaikea saada toimivia pintavalutuskenttiä tai laskeutusaltaita. Tämä vaatisi pintavalutuskentän pinta-alaksi jopa hehtaarien alueita, jotta päästäisiin tavoitteena olevaan vähintään 1 %:n osuuteen suhteessa yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta. Virtausnopeus alkaa yli 100 ha:n valuma-alueilla laskuojissa olla yleensä niin kova, että toimivan vesiensuojeluratkaisun löytäminen on hyvin vaikeaa. Kovilla virtaamilla ravinnekuormitus saadaan pidättymään vain sentyyppisiin paikkoihin kuin umpeenkasvaneet järvet tai luonnontilaiset suot. Valitettavan yleistä on sellainen vesiensuojelullinen ajattelu erilaisissa vesistöalueiden yleissuunnitelmissa, että laajoille valuma-alueille koviin virtaamiin pyritään saamaan erilaisia vesiensuojelurakenteita (mm. pintavalutuskenttiä ja laskeutusaltaita), jotka eivät voi toimia riittämättömän veden viipymän takia.



Tässä hankkeessa selvitettiin pintavalutuskenttien mahdolliset paikat maastossa. Tarkastelualueelle on mahdollista rakentaa tehdyn maastosuunnittelun mukaan luontevasti kolme pienehköä pintavalutuskenttää. Näissä kohdissa on riittävä korkeusero yläpuolisille alueille, jottei niille aiheuteta vettymistä. Riittämätön maaston kaltevuus onkin pääsyy siihen, että pintavalutuskenttiä tehdään niin vähän käytännön ojitustoiminnassa Lounais-Suomessa. Toisaalta myös voimakkaasti virtaaviin puroihin (tarkastelualueella mm. Myllyoja) on hyvin vaikea saada toimivia pintavalutuskenttiä. Pintavalutuskenttien paikat on merkitty karttaan (Liite 1).

Kuviolle 46.1 rakennettu pinta-valutuskenttä mahdollistaisi yläpuolella n. 10 ha kunnostusojituksen suhteellisen vähäisin kiintoainehaitoin. Tämä huomioitiin laskelemassa siten, että ko. yläpuolisen alueen (kuviot 49, 50, 63-86) kunnostusojitus olisi mahdollinen. Oleellista pintavalutuskentän rakentamisen ajankohdassa on se, että ne tehdään samassa yhteydessä kuormittavan toimenpiteen (esim. kunnostusojituksen yhteishanke) kanssa juuri ennen toimenpidealueen kaivua. Kuormitus on suurimmillaan heti kunnostusojituksen tapahduttua eikä pintavalutuskentälle ole vielä syntynyt oikovirtausreittejä, mikä on usein väistämätöntä myöhemmin varsinkin pienehköillä pintavalutuskentillä.

Tarkastelualueelle tehtiin 2002 laajan yläpuolisen kunnostusojitushankkeen yhteydessä 0,3 hehtaarin suuruinen Muurassuonojan pintavalutuskenttä VT-kankaalle (kuva 6, kartta /liite 1). Pintavalutuskentän pinta-ala vastasi 0,4 % valuma-alueen pinta-alasta. Tällä hetkellä kentän aiempi kangaskasvillisuus on muuttunut suokasvillisuuden suuntaan, rahkasammalet ja muun muassa vihvilät ovat yleistyneet. Aluetta voidaan pitää pienimuotoisena kosteikkona. Pintavalutuskentän toimivuus oli kohtalainen vaikka vedet valuivat syöttöojasta matalia äestysvakoja pitkin alas päin. Syyskesällä tehtyä kunnostusojitusta seuraavana keväänä kuormitushuipun aikana saatiin noin 50 % kiintoaineksesta kiinni. Kenttä pidätti ojitusta seuraavana vuonna myös jonkin verran fosfaattifosforia ja ammoniumtyppeä. Tosin kuormitushuipun aikana ammoniumtyppeä vapautui kentältä, mikä on todettu myös aiemmissä tutkimuksissa (Sallantaus ym. 1998). Sateiseen aikaan 2008 otetuissa vesinäytteissä ei ollut enää eroja ylä- ja alapuolisten näytteiden välillä. Pitoisuudet olivat toisaalta lähellä kunnostusojitusta edeltänyttä tasoa.

Tämän luonnonhoitohankkeen hankesuunnitelmassa oli tavoitteena myös mahdollisten kosteikkojen suunnittelu. Edellä mainituista kolmesta pintavalutuskentästä muodostuisi aikaa myöten pienimuotoisia kosteikkoja, kuten Muurassuonojan vuonna 2002 tehdylle pintavalutuskentälle on tapahtunut. Lisäksi kuvio 50 on heikosti kuivunut varsinaisesta saranevasta – sararämeestä syntynyt noin puolen hehtaarin





Kuva 6. Pyhäjärveen laskevan Muurassuonojan pintavalutuskenttä, joka toteutettiin 2002 Lounais-Suomen metsäkeskuksen kunnostusojitushankkeen yhteydessä. Kuva: Timo Silver.

muuttumavaiheen suo. Puusto on kehittynyt, mutta suokasvillisuus on edelleen runsasta sisältäen muun muassa jouhisaraa. Kuviosta olisi mahdollista tehdä ennallistamalla kosteikko. Sekä pintavalutuskenttien että kuvion 50 kosteikon toteutumisen edellytyksenä on maanomistajien hyväksyntä.

6.2 Jaksotus

Hakkuu- ja metsänhoitotoimenpiteiden jaksottamista pidetään yhtenä keinona vähentää yksittäisen valuma-alueen kuormitusta alapuoliselle vesistölle. Lounais-Suomen metsäkeskuksen metsänparannustoiminto on saanut Lounais-Suomen ympäristökeskukselta lausuntoja, joissa jaksottamista edellytetään kunnostusojituksissa. Esimerkkeinä lyhyitä otteita kahdesta lausunnosta:



"Pukanluoman valuma-alueella voisi olla järkevää tehdä periaatesuunnitelma, jonka avulla voitaisiin pohtia hankkeiden jaksottamista ja vesiensuojelun tehokkuutta niin, ettei yhdessä muiden hankkeiden kanssa Natura-alueelle kohdistuva merkittävän haitan kynnyks jonnain vuonna ylity." L-S ympäristökeskuksen lausunto 19.3.1999.

"Luviolla Niemen kylässä tarkastettiin kaksi kunnostusojitusalueita, joista vedet purkautuvat merenrantaan kesäasutusalueelle. Ojitusalueen maalaji on hiesupitoista ja siten erityisen eroosioherkkää. Maastossa todettiin, että suunnitellut vesiensuojelutoimenpiteet ovat tarkoituksenmukaisia, mutta eivät riitä estämään vesistöhaittoja, jos ojitusalue on suuri. Siksi ympäristökeskus pitää tärkeänä, että valuma-alueella nro 2 (136 ha) kunnostusojitukset alueen yläosalla tehdään vasta pitemmän ajan kuluttua, aikaisintaan 5 vuoden kuluttua siitä kun alaosalle suunnitellut ojitukset on saatu tehtyä." L-S ympäristökeskuksen lausunto 1.11.2004.

Edellä mainittujen lausunto-otteiden perusteella ympäristöviranomaiset mielellään painottavat jaksotuksen merkitystä. Kunnostusojituksen osalta jaksottaminen on usein vaikeaa, koska hankkeet on taloudellisesti tarkoituksenmukaista toteuttaa yhteishankkeina ja lisäksi Lounais-Suomen tasaisilla mailla ojitusalueilla on usein yhteiset laskuojat, jotka on perattava samanaikaisesti hankkeen toteutuksen kanssa, jotta yläpuoliset vedet saadaan johdettua. Ongelmallista olisi myös vaatimus muun muassa uudistushakkuiden jaksottamiselle.

Lainsäädännöllisesti on hyvin vaikea pakottaa metsänomistajia metsätalustoimenpiteiden jaksotukseen. Periaatteessa rahoituspäätöksen tekijä voisi lykätä kestävä metsätalouden rahoituslain mukaista kunnostusojitushankkeen toteutusta ely-keskuksen (ent. ympäristökeskus) lausunnon perusteella, mutta valituksen tapahtuessa päätöksen pitävyyden oikeudessa olisi kyseenalaista.

Jaksotuksen hyöty esimerkiksi kunnostusojitushankkeissa, joiden kuormitus painottuu ojitusvetkeen ja sitä seuraavaan kevääseen, saattaa olla kyseenalainen. Sääoloista johtuva vuosittainen kuormitusvaihtelu saattaa olla erittäin suurta vesistöissä. Tämän tarkastellun valuma-alueen vedet laskevat Pyhäjärveen, jossa oli ennätyskorkea ravinnekuormitus 2008. Seuraavana poikkeuksellisen kuivana ja vähäsateisena vuonna kuormitus jäi pieneksi (Ventelä 2010). Mikäli jaksotuksella pyritään kuormitushuippujen tasaamiseen vesistöissä, on se hyvin ongelmallista jo sääsuhteista johtuen, kuten Pyhäjärven esimerkki osoittaa.



Kuten edellä todettiin, tarkastelualueella tehtävien metsätaloustoimenpiteiden kuormitusvaikutus suhteessa maatalouden kuormitukseen on suhteellisen pieni, samoin suhteellisen pieni suhteessa metsätalouden taustakuormaan tai mökki- ja asutuskuormaan. Kun lisäksi otetaan huomioon em. sääsuhteiden vaikutukset, jaksotuksella ei käytännössä ole merkitystä kuormitushuippujen alentajana tällaisissa tapauksissa, joissa muun kuin metsätalouden merkitys kuormittajana on suuri.

Jaksotuksella voitaisiin mahdollisesti saavuttaa hyötyä kuormitushuippujen tasajana latvavesillä, joissa metsätalous on pääasiallinen kuormittaja ja kunnostusojitusalue on laaja suhteessa valuma-alueeseen.

7 Päätelmät

Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamia ominaiskuormituslukuja ovat esittäneet Kenttämies (2006) ja Finér ym. (2010). Ko. ominaiskuormitusluvut soveltuvat parhaiten suuralueiden vesistökuormituksen arviointiin. Molempien menetelmien ominaiskuormituslukuja voidaan sanoa vain suuntaa antaviksi keskiarvoluvuiksi, joihin sisältyy paljon epävarmuustekijöitä, koska tutkimustietoa asiasta on valitettavan vähän. Käytössä olevat ominaiskuormitusluvut eivät ole luotettavia eivätkä välttämättä käyttökelpoisia pienten valuma-alueiden kuormituksen arviointiin. Tarvittaisiin huomattavasti lisää seurantapisteitä maastoltaan, maalajiltaan, sijainniltaan ja toteutukseltaan erilaisten metsätaloustoimenpiteiden kuormitusvaikutusten selvittämiseksi.

Samoin tarvittaisiin lisää seurantaa eri vesiensuojelutoimenpiteiden tehon arvioimiseksi ja menetelmien kehittämiseksi. Tarvetta tämäntyyppisille laskelmille saattaa tulla, mikäli vesipuidedirektiivin kautta metsätalouteen tullaan edellyttämään tämän tarkastelun mukaista valuma-aluekohtaista metsätaloustoimenpiteiden riskianalyysiä. Tässä tarkastelussa ko. ominaiskuormituslukuja kuitenkin käytettiin pienehkön (308 ha) metsäisen valuma-alueen vesistökuormituksen arviointiin.

Hankkeella tehtiin vesiensuojelupainotteinen vaihtoehtosuunnitelma tarkastelualueelle aiemmin tehdyille metsäsuunnitelmalle. Vesistökuormitusta verrattiin suunnitelmavaihtoehtojen välillä. Samoin tarkasteltiin metsätaloustoimenpiteiden kuormitusta suhteessa pellon, mökkien ja asutuksen aiheuttamaan kuormitukseen.



Vesiensuojelupainotteisen metsäsuunnitelman toimenpidevaihtoehdot pienensivät typen kokonaiskuormaa 6,3 % ja fosforin 7,1 % seuraavana 10-vuotiskautena. Vesistöä vähemmän kuormittava toimenpidevaihtoehto katsottiin mahdolliseksi 24 kuviolla ja vajaan 34 hehtaarin pinta-alalla (metsäinen valuma-alue 308 ha). Työlajeista suhteellisesti suurin hyöty typpikuormituksen alentajana saataisiin kasvatuslannoituksista pidättäytymällä, mikä olisi myös metsänhoidollisesti ajatellen helpoin tapa vaikuttaa vesistökuormitukseen, koska tyypellä tehty kasvatuslannoitus on investointi lisäkasvuun, eikä siten metsänhoidon kannalta välttämätön toimenpide.

Peltojen (6,7 % valuma-alueesta) aiheuttama kokonaiskuorma typen ja fosforin osalta on tulevana 10-vuotiskautena noin nelinkertainen verrattuna ehdotettujen metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaan kuormituslisään (ilman taustakuormaa). Suuntaantavasti voidaankin tämän tarkastelualueen osalta todeta, että maatalouden osuus lisättynä runsaalla mökkiasutuksella (73 rantamökkiä) on kuormituksesta jopa näin pienillä peltopinta-aloilla niin suuri, ettei vesiensuojelupainotteisilla metsätaloustoimenpideratkaisuilla pystytä käytännössä vaikuttamaan kovinkaan paljoa Pyhäjärven kuormitukseen. Sen sijaan latvavesillä, joissa ei ole peltoa, turvetuotantoa tai mökkejä ja metsätalous on pääasiallinen kuormittaja, tilanne on toinen. Tällöin vesiensuojelupainotteisten toimenpidevaihtoehtojen merkitys kasvaa vesistön kuormitusta vähentävänä tekijänä.

Vaikka vesiensuojelupainotteisilla toimenpidevaihtoehdoilla olisikin suhteellisen vähäinen merkitys vesistökuormituksen alentajana, tulisi vesistökuormituksen suhteen herkillä vesistöalueilla kaikki vähemmän vesistöä kuormittavat toimenpideratkaisut kuitenkin toteuttaa. Tehokkainta vesiensuojelua metsätaloudessa olisi valita vähiten kuormittava toimenpide tai, mikäli mahdollista, jättää toimenpide kokonaan toteuttamatta (mm. kasvatuslannoitus). Koska metsätalous perustuu usein metsäsuunnitelmaan, olisi tehokasta vesiensuojelua ainakin ko. herkillä vesistöalueilla tehdä vesiensuojelupainotteisia metsäsuunnitelmia.

Metsätalouden vesiensuojelussa painotetaan tänä päivänä konkreettisia vesiensuojelutoimia. Tämä on hyvä linjaus sikäli, että useilla alueilla on tehty sinänsä hyödyllisiä valuma-aluekohtaisia vesistösuunnitelmia, jotka eivät välttämättä käytännössä ole johtaneet aina konkreettisiin vesistökuormitusta vähentäviin toimenpiteisiin.

Toisaalta metsätaloudessakin on saatettu mennä osittain toiseen ääripäähän painottamalla esimerkiksi luonnonhoitohankkeiden rahoituksessa pelkästään konkreettista tekemistä - periaatteella, että jäljen pitää näkyä metsässä. Tällöin ei välttämättä



aina mietitä tai arvioida loppuun asti sitä, onko vesiensuojelutoimenpide hyödyllinen ja kustannustehokas. Tästä esimerkkinä on yli kymmenen vuotta vanhojen laskeutusaltaiden systemaattinen tyhjentäminen, josta voi olla enemmän haittaa kuin hyötyä vesistön kuormittajana. Lounais-Suomessa tehdyssä selvityksessä johtopäätöksenä oli, että erityisesti ikääntyneillä kunnostusojitusalueilla laskeutusaltaita ei välttämättä kannata tyhjentää ennen seuraavaa kunnostusojitusta ja tällöinkin ne olisi parasta jättää pienimuotoisiksi kosteikoiksi ja kaivaa uusi allas vanhan yläpuolelle (Silver ym. 2009).

Nykyisin metsätalouden vesistökuormitusta pyritään vähentämään luonnonhoitohankerahoituksella, usein jälkikäteen tehtävillä vesiensuojeluratkaisuilla. Kyseisten rakenteiden toteutus ei aina osu yksiin metsätaloustoimenpiteiden toteutuksen ajoituksen kanssa. Näillä jälkikäteen tehdyillä ratkaisuilla ei siten saada kiinni metsätaloustoimenpiteiden toteutuksesta aiheutuvaa kuormitushuippua. Olisikin tärkeä ajoittaa tehokkaat vesiensuojeluratkaisut aina metsätaloustoimenpiteen toteutushetkeen.

Pintavalutuskentät ovat yleensä tehokkaimpia vesiensuojelumenetelmiä. Tässä tarkastelussa löytyi kolme pintavalutuskentän mahdollista paikkaa. Ne olisi syytä toteuttaa kunnostusojitusten yhteydessä. Aikaa myöten myös niistä syntyy luonnon monimuotoisuudelle tärkeitä kosteikkoja. Myös pienehkön (0,5 ha) suokuvion (50) ennallistaminen toisi yhden kosteikon lisää alueelle.

Metsätaloustoimenpiteen (mm. kunnostusojitus) jaksotuksella ei tässä tapauksessa ole juurikaan merkitystä kuormitushuippujen tasaajana, koska mm. peltojen ja muun kuormituksen osuus on suuri suhteessa metsätalouden kuormitukseen. Sen sijaan latvavesillä jaksotuksella voitaneen tasoittaa kuormitushuippuja, jos kunnostusojitusalueen koko on suuri suhteessa valuma-alueeseen. Tosin vuotuiset sääoloista aiheutuvat suuret kuormitusvaihtelut tekevät asetelman mutkikkaaksi.



KIRJALLISUUS

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Lauren, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiaho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. ja Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen ympäristö 10/2010.

Haapanen, M., Kenttämies, K., Porvari, P. ja Sallantaus, T. 2006. Kivennäismaan uudistushakkuun vaikutus kasvinravinteiden ja orgaanisen aineen huuhtoutumiseen; raportti Kurussa ja Janakkalassa sijaitsevien tutkimusalueiden tuloksista. MESUVE-projektin loppuraportti . Suomen ympäristö 816 / 2006.

Hynninen, A., Saari, P., Nieminen, M. ja Alm, J. 2010. Pintavalutusmetsätaloustoimien valumavesien puhdistamisessa – kirjallisuustarkastelu. SUO 61 (3-4): 77-85.

Joensuu, S. 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 868.

Kenttämies, K. 2006. Metsätalouden fosfori- ja typpikuormituksen määrittäminen. MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816 / 2006.

Kenttämies, K. ja Saukkonen, S. 1996. Metsätalous ja vesistöt. Yhteistutkimusprojektin ”Metsätalouden vesistöhaitat ja niiden torjunta” (METVE) yhteenveto. MMM:n julkaisuja 4/1996.

Kenttämies, K. ja Haapanen, M. 2006. Metsätalouden toimenpiteiden aiheuttama kasvinravinteiden huuhtoutuminen ja kansallisen metsäohjelman suositustason vaikutus siihen. MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816 / 2006.

Kirkkala, T. 2001. Ravinnekuormituksen kehitys on monen tekijän summa. Yhteistyöllä vauhtia vesiensuojeluun Lounais-Suomessa s. 31-38.

Laine, J. 1986. Kuivatustekniikan, kuivatussyvyyden ja puuston kasvun välisiä vuorosuhteita 25 vuotta vanhoilla rämeoitusalueilla . Tutkimussopimushankkeen ”Metsäoijitettujen soiden ekologia” loppuraportti. Helsinki 1986. 49 s.



Nieminen, M. 2004. Export of DOC, nitrogen and phosphorus following clear-cutting of three Norway spruce forests growing on drained peatlands in Southern Finland. *Silva Fennica* 38(2): 123-132.

Nieminen, M. ja Ahti, E. 2005. Hakkuun ja maanmuokkauksen vaikutus huuhtoutumiin. Julkaisussa: Suosta metsäksi – suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947.

Piirainen, S., Domisch, T., Moilanen, M. ja Nieminen, M. 2013. Long-term effects of ash fertilization on runoff water quality from drained peatland forests. *Forest ecology and management* 287: 53-66.

Rekolainen, S. 1989. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica* 19: 95-107.

Rontu, M. ja Santala, E. 1995. Haja-asutuksen jätevesien käsittely. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 584. 94 s.

Palviainen, M., Finér, L., Kurka A.-M., Mannerkoski, H., Piirainen, S. ja Starr, M. 2003. Ravinteiden vapautuminen hakkuutähteistä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886: 43-48.

Salmela, K. ja Kirkkala, T. 1997. Pyhäjärveen laskevien jokien ja ojien veden laatu ja kuormitus. *Vesitalous* 38(3): 9-14.

Sallantaus, T., Vasander, H. ja Laine, J. 1998. Metsätalouden vesistöhaittojen torjuminen ojitetuista soista muodostettujen puskurivyöhykkeiden avulla. *SUO* 49: 125-133.

Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti, E., Päivänen, J. ja Laine, J. 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Can. J. For. Res.* 40: 1485-1496.

Saura, M., Sallantaus, T., Bilaletdin, Ä., ja Frisk, T. 1995. Metsänlannoitteiden huuhtoutuminen Kalliojärven valuma-alueelta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 / 1995.



Sillanpää, P., Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Frisk, T. ja Sallantaus, T. 2006. Metsätalouden aiheuttaman kuormituksen laskentamenetelmä. Suomen ympäristö 817 / 2006.

Silver, T. ja Saarinen, M. 2001. Terveyslannoituskohteen määrittely turvemailla. SUO 52(3-4): 115-120.

Silver, T. ja Joensuu, S. 2005. Ojien kunnan säilymiseen vaikuttavat tekijät kunnostusojituksen jälkeen. SUO 56(2): 69-81.

Silver, T. ja Saarinen, M. 2007. Lentolevityksen tarkkuus ojitusalueiden terveyslannoituksissa. SUO 58: 63-70.

Silver, T., Joensuu, S. ja Pakkala, M. 2009. Laskeutusaltaiden tila ja tyhjennystarve Lounais-Suomen vanhoilla ojitusalueilla. SUO 60(1-2): 37-46.

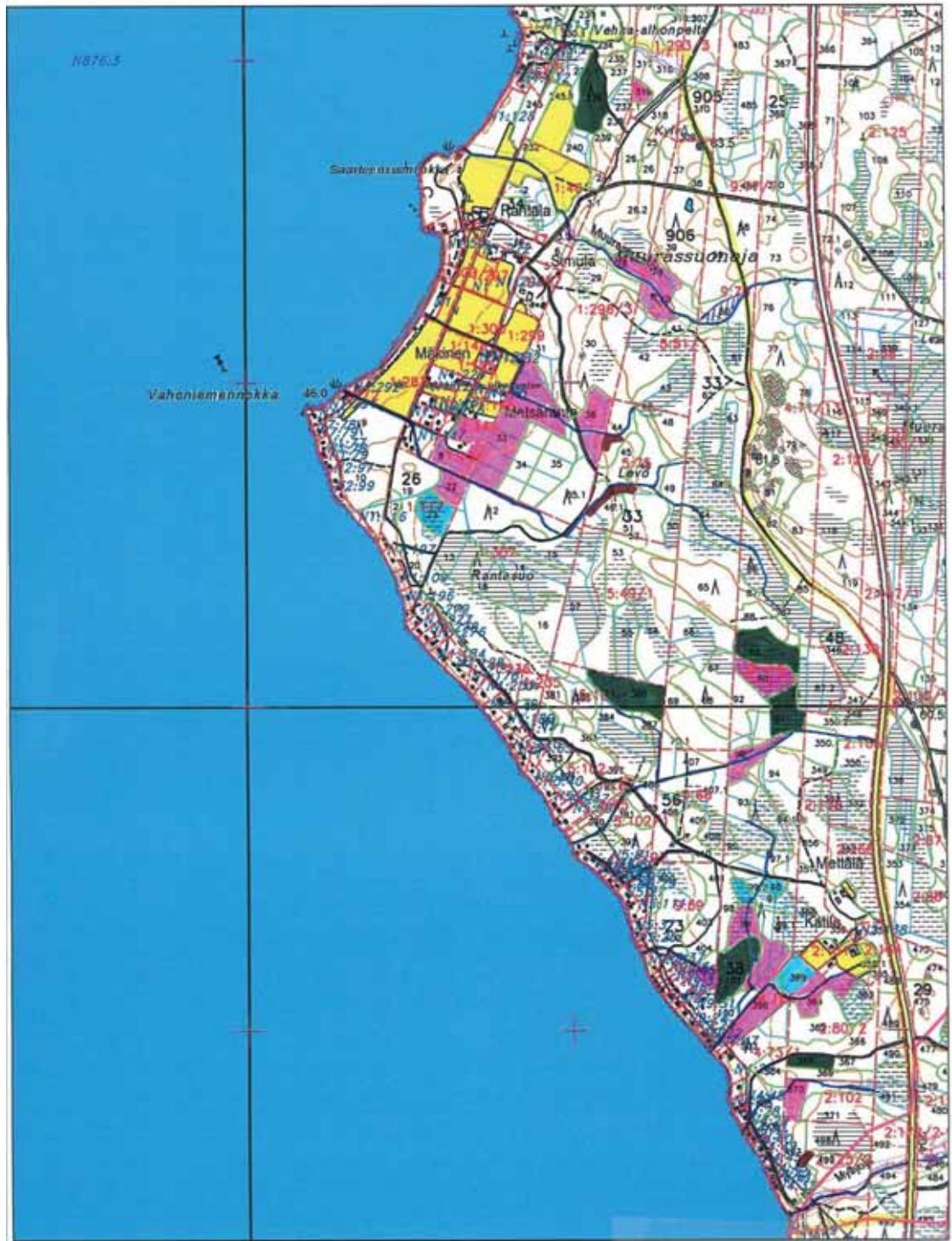
Ventelä, A.-M. 2010. Vähäsateinen vuosi toi Pyhäjärvelle hengähdysaikaa. Alasatakunta 30.3.2010.

Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. 256 s. WSOY:

Vuollekoski, M. ja Joensuu, S. 2009. Fosforin huuhtoutuminen käytännön Rauta PK-lannoituksessa Yläneellä (julkaisematon aineisto).



Liite 1. Tarkastelualueen kartta selityksineen.



0 100 200 300 400 500 m (c) Maanmittauslaitos lupa nro 15/MYY/10
 21.02.2011 Pk 11.33 12 C Mk 1:10 000

tarkastelualueen raja
 ei kunnostusajitusta

pintavalutuskenttä 2002

vesistöä vähemmän kuormittava uudistamismenetelmä;
 ei muokkausta tai kevyempi muokkaus, usein luont.uud.
 ei lannottusta

mahdollinen pintavalutuskenttä

Taulukko 1. Kuormitusluvut kg/ha eri käsittelyvaihtoehdoissa (Kenttä mies/mesuve), *kuormitusarvio: luontainen uudistaminen, ei muokkausta

Kuvio / Pinta-ala	Toimenpide-ehdotus	P		MS:	VS:	N		MS:	VS:
		1-5 v	6-10 v	P yht.	P yht.	1-5 v	6-10 v	N yht.	N yht.
398/ 1,6	MS:ah+laik.mätäs.+ist.+kunn.oj.	9,6	2,2	11,8		65,4	24,6	90	
398/ 1,6	VS:luont.uud.* + kunn. oj.	5,8	1,4		7,2	29,8	9,6		39,4
399/ 1,3	MS:kunnostusojitus	1,7	0,4	2,1		20,9	6,5	27,4	
399 / 1,3	VS:ei kunnostusojitusta				0				0
364/ 1,2	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	5,6	1,3	6,9		29,8	12,5	42,3	
364/ 1,2	VS:luont.uud. + laik.	0,4	0		0,4	9	0		9
99.2-96/0,7	MS:kunnostusojitus	0,9	0,2	1,1		11,3	3,5	14,8	
99.2-96/0,7	VS:ei kunnostusojitusta				0				0
22/ 0,8	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	3,7	0,9	4,6		19,8	8,3	28,1	
22/ 0,8	VS:luont. uud. s.jp.; ei muokk.*	1,8	0,5		2,3	2	0,8		2,8
23/ 1,1	MS:kunnostusojitus	1,5	0,3	1,8		17,7	5,5	23,2	
23/ 1,1	VS:ei kunnostusojitusta				0				0
7/ 0,7	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	3,3	0,8	4,1		17,4	7,3	24,7	
7/ 0,7	VS:luont. uud. s.jp.; ei muokk.*	1,6	0,4		2	1,8	0,7		2,5
36/ 1,6	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	7,4	1,8	9,2		39,7	16,6	56,3	
36/ 1,6	VS:luont. uud. s.jp + laik.	0,6	0		0,6	12	0		12
319/ 0,4	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	1,9	0,4	2,3		9,9	4,2	14,1	
319/ 0,4	VS:luont. uud. ; ei muokk.*	0,9	0,2		1,1	1	0,4		1,4
99/ 2,3	MS:ah.+ k.oj.+oj.mätästys+ist.	13,8	3,2	17		94,1	35,4	129,5	
99/ 2,3	VS:luont.uud.+laikutus	0,8	0		0,8	17,3	0		17,3
101/ 1,8	MS: kasv.lann			0		27		27	
101/ 1,8	VS: ei kasv.lann.				0				0
405/ 0,8	MS: ah+ laikkumätästys+ist.	3,7	0,9	4,6		19,8	8,3	28,1	
405/ 0,8	MS: luont.uud.+ ei muokk.*	1,8	0,5		2,3	2	0,8		2,8
89/ 1,8	MS: kasv.lann.			0		27		27	
89/ 1,8	VS: ei kasv.lann.				0				0
90/ 1,4	MS: ah+ ojitusmätästys+ist	6,5	1,5	8		34,7	14,6	49,3	
90/ 1,4	VS: ah.*+kunn.oj.	5	1,3		6,3	26	8,4		34,4
91/ 1,9	MS: terveyslannoitus PK	3,8		3,8				0	
91/ 1,9	VS: ei terv.lann. tai K-hiven				0				0
93/ 1,5	MS: ah.+k.oj.+ojitusmätäs+ist	9	2,1	11,1		61,4	23,1	84,5	
93/ 1,5	VS: ah.+ laikutus; ei k.oj.				0,5	11,3			11,3

Taulukko 1. Kuormitusluvut kg/ha eri käsittelyvaihtoehdoissa (Kenttämies/mesuve), *kuormitusarvio: luontainen uudistaminen, ei muokkausta, jatkuu

386/ 2,0	MS: kasv.lann			0		30		30	
386/ 2,0	VS: ei kasv.lann.				0				0
8/ 1,4	MS: ah.+ laikumätästys+ist.	6,5	1,6	8,1		34,7	14,6	49,3	
8/ 1,4	VS: luont.uudist.;ei muokkausta*	3,2	0,8		4	3,5	1,4		4,9
32/ 2,6	MS:ah+k.oj.+lai.mätäs.+ist.	15,6	3,6	19,2		106,3	40,1	146,4	
32/ 2,6	VS:luont.uud.;ei k.oj.ja muok.*	6	1,6		7,6	6,5	2,6		9,1
33/ 2,3	MS: ah+k.oj.+lai.mätäs.+ist	13,8	3,2	17		94,1	35,4	129,5	
33/ 2,3	VS:luont.uud;ei k.oj.ja muok.*	5,3	1,4		6,7	5,8	2,3		8,1
28/ 0,5(osa)	MS: ah.+lai.mätäs.+ist.	2,3	0,6	2,9		12,4	5,2	17,6	
28/ 0,5(osa)	VS: luont.uudist.;ei muokkausta*	1,2	0,3		1,5	1,3	0,5		1,8
40/1,9	MS: ah.+ojitusmätäs.+k.oj.+ist.	11,4	2,7	14,1		77,7	29,3	107	
40/1,9	VS: luont.uudist+k.oj.;ei muok.*	6,8	1,7		8,5	35,3	11,4		46,7
236/ 1,7	MS: kasv.lann.			0		25,5		25,5	
236/ 1,7	VS: ei kasv.lann.				0				0
368/ 0,6	MS:kasv.lann.			0		9		9	
368/ 0,6	VS: ei kasv.lann.				0				0
	YHTEENSÄ			149,7	51,8			1180,6	203,5

Taulukko 2. Kuormitusluvut kg/ha eri käsittelyvaihtoehdoissa (KALLE) *kuormitusarvio: luontainen uudistaminen, ei muokkausta

Kuvio / Pinta-ala	Toimenpide-ehdotus	P 1-5 v	P 6-10 v	MS: P yht.	VS: P yht.	N 1-5 v	N 6-10 v	MS: N yht.	VS: N yht.
398/ 1,6	MS:ah+laik.mätäs.+ist.+kunn.oj.	2,1	0,5	2,6		31,5	9,9	41,4	
398/ 1,6	VS:luont.uud. + kunn.oj.*	1,7	0,4		2,1	3,2	1		4,2
399/ 1,3	MS:kunnostusojitus	1,1	0,2	1,3				0	
399/ 1,3	VS:ei kunnostusojitusta				0				0
364/ 1,2	MS:ah+laik.mätäs.+ k.oj.+ist.	1,5	0,4	1,9		23,6	7,4	31	
364/ 1,2	VS:luont.uud. + laik.	0,6	0,2		0,8	23,6	7,4		31
99.2-96/0,7	MS:kunnostusojitus	0,6	0,1	0,7				0	
99.2-96/0,7	VS:ei kunnostusojitusta				0				0

Taulukko 2. Kuormitusluvut kg/ha eri käsittelyvaihtoehtoissa (KALLE)
 *kuormitusarvio: luontainen uudistaminen, ei muokkausta, jatkuu

22/ 0,8	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	0,4	0,1	0,5		15,7	5	20,7	
22/ 0,8	VS:luont. uud. sjp.; ei muokk.*	0,2	0,1		0,3	1,6	0,5		2,1
23/ 1,1	MS:kunnostusojitus	0,9	0,2	1,1				0	
23/ 1,1	VS:ei kunnostusojitusta				0				0
7/ 0,7	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	0,3	0,1	0,4		13,8	4,3	18,1	
7/ 0,7	VS:luont. uud. sjp.; ei muokk.*	0,1	0,1		0,2	1,4	0,4		1,8
36/ 1,6	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	0,3	0,06	0,4		6,4	1,7	8,1	
36/ 1,6	VS:luont. uud. sjp + laik.	0,3	0,06		0,4	6,4	1,7		8,1
319/ 0,4	MS:ah+laik.mätäs.+ist.	0,2	0,1	0,3		7,9	2,5	10,4	
319/ 0,4	VS:luont. uud. ; ei muokk.*	0,1	0,05		0,2	0,8	0,3		1,1
99/ 2,3	MS:ah.+ k.oj.+ oj.mätästys+ist.	3	0,8	3,8		45,3	14,2	59,5	
99/ 2,3	VS:luont.uud.+laikutus	1,1	0,4		1,5	45,3	14,2		59,5
101/ 1,8	MS: kasv.lann			0		27		27	
101/ 1,8	VS: ei kasv.lann.				0				0
405/ 0,8	MS: ah+ laikmätästys+ist.	0,4	0,1	0,5		15,7	5	20,7	
405/ 0,8	VS: luont.uud.+ ei muokk.*	0,2	0,05		0,3	1,6	0,5		2,1
89/ 1,8	MS: kasv.lann.			0		27		27	
89/ 1,8	VS: ei kasv.lann.				0				0
90/ 1,4	MS: ah.+ ojitusmätästys+ist	0,6	0,3	0,9		27,6	8,7	36,3	
90/ 1,4	VS: ah.+kunn.oj.	1,5	0,3		1,8	2,8	0,9		3,7
91/ 1,9	MS: terveyslannoitus PK	2,6		2,6				0	
91/ 1,9	VS: ei terv.lann. tai K-hiven				0				0
93/ 1,5	MS: ah.+k.oj.+ojitusmätäs+ist	1,9	0,5	2,4		29,5	9,3	38,8	
93/ 1,5	VS: ah.+ laikutus; ei k.oj.	0,7	0,3		1	29,5	9,3		38,8
386/ 2,0	MS: kasv.lann			0		30		30	
386/ 2,0	VS: ei kasv.lann.				0				0
8/ 1,4	MS: ah.+ laikmätästys+ist.	0,6	0,3	0,9		27,6	8,7	36,3	
8/ 1,4	VS: luont.uudist.;ei muokka- usta*	0,3	0,1		0,4	2,8	0,9		3,7
32/ 2,6	MS:ah+k.oj.+lai.mätäs.+ist.	2,7	0,5	3,2		10,3	2,7	13	
32/ 2,6	VS:luont.uud.;ei k.oj.ja muok.*	0,3	0,05		0,3	1	0,3		1,3
33/ 2,3	MS: ah+k.oj.+lai.mätäs.+ist	2,4	0,5	2,9		9,2	2,4	11,6	
33/ 2,3	VS:luont.uud;ei k.oj.ja muok.*	0,2	0,05		0,3	0,9	0,2		1,1
28/ 0,5(osa)	MS: ah.+lai.mätäs.+ist.	0,2	0,1	0,3		9,8	3,1	12,9	

Taulukko 2. Kuormitusluvut kg/ha eri käsittelyvaihtoehdoissa (KALLE)
 *kuormitusarvio: luontainen uudistaminen, ei muokkausta, jatkuu

28/ 0,5(osa)	VS: luont.uudist.;ei muokkausta*	0,1	0,05		0,2	1	0,3		1,3
40/1,9	MS: ah.+ojitusmät.+k.oj.+ist.	2,5	0,6	3,1		37,4	11,8	49,2	
40/1,9	VS: luont.uudist+k.oj.;ei muok.	2	0,5		2,5	3,8	1,1		4,9
236/ 1,7	MS: kasv.lann.			0		25,5		25,5	
236/ 1,7	VS: ei kasv.lann.				0				0
368/ 0,6	MS: kasv.lann.			0		9		9	
368/ 0,6	VS: ei kasv.lann.				0				0
	YHTEENSÄ			29,8	12,3			526,5	164,7

Taulukko 3. Kokonaiskuormitusluvut (KALLE)

Kuvio / Pinta-ala	Toimenpide-ehdotus	P		MS: P yht.	VS: P yht.	N		MS: N yht.	VS: N yht.
		1-5 v	6-10 v			1-5 v	6-10 v		
Eri toimenpide-ehdotus kuviot yhteensä				29,8	12,3			526,5	164,7
Sama toimenpide-ehdotus MS/VS									
370/ 1,6	ah.+laik.mätäs.+kunn.oj.+ist	1,6	0,3	1,9	1,9	6,4	1,7	8,1	8,1
494/ 0,5	luont.uud.+äestys	0,1	0,03	0,1	0,1	2	0,5	2,5	2,5
499/ 2,0	luont.uud.+äestys	0,4	0,1	0,5	0,5	8	2,1	10,1	10,1
402/ 3,9	ah+laik.mätäs.+ist.	0,8	0,2	1	1	15,5	4,1	19,6	19,6
55/ 1,6	luont.uud.+kaivurilaikutus	0,7	0,3	1	1	31,5	9,9	41,4	41,4
66-67/3,9	kunnostusojitus	3,2	0,6	3,8	3,8			0	0
93.1/ 2,1	luont.uud.+äestys+kunn.oj.	2,7	0,7	3,4	3,4	41,3	13	54,3	54,3
352.1/1,3	kunnostusojitus	1,1	0,2	1,3	1,3			0	0
352/ 3,0	luont.uud.+ laikutus+kunn.oj.	3,9	1	4,9	4,9	59	18,6	77,6	77,6
384/ 3,8	kunnostusojitus	3,2	0,6	3,8	3,8			0	0
49/ 0,9	kunnostusojitus	0,7	0,1	0,8	0,8			0	0

Taulukko 3. Kokonaiskuormitusluvut (KALLE), jatkuu

50/ 0,5	kunnostusojitus	0,4	0,08	0,5	0,5			0	0
63-86/8,3	kunnostusojitus	6,9	1,2	8,1	8,1			0	0
43/ 2,0	luont.uud.+äestys+kunn.oj.	2,6	0,7	3,3	3,3	39,4	12,4	51,8	51,8
20/ 1,0	luont.uud.+äestys	0,2	0,06	0,3	0,3	4	1	5	5
45/ 1,3	ah+laik.mätäs.+ist.	0,2	0,07	0,3	0,3	5,2	1,4	6,6	6,6
47/ 0,2	kunnostusojitus	0,2	0,04	0,2	0,2			0	0
48/ 1,3	luont.uud.+äestys	0,2	0,07	0,3	0,3	5,2	1,4	6,6	6,6
54/ 3,6	luont.uud.+äestys	0,7	0,2	0,9	0,9	14,3	3,8	18,1	18,1
61/ 0,8	luont.uud.+kaivurilaik.+kunn.oj.	1	0,3	1,3	1,3	15,7	5	20,7	20,7
87/ 1,0	luont.uud.+äestys+kunn.oj.	1,3	0,3	1,6	1,6	19,7	6,2	25,9	25,9
94/ 2,4	kunnostusojitus	2	0,4	2,4	2,4			0	0
406/ 0,9	luont.uud.+äestys	0,2	0,04	0,2	0,2	3,6	0,9	4,5	4,5
309/ 0,6	luont.uud.+äestys	0,1	0,03	0,1	0,1	2,4	0,6	3	3
317/ 1,2	luont.uud.+äestys	0,2	0,06	0,3	0,3	4,8	1,3	6,1	6,1
318/ 1,2	luont.uud.+äestys	0,2	0,06	0,3	0,3	4,8	1,3	6,1	6,1
4/ 1,5	luont.uud.+äestys	0,3	0,08	0,4	0,4	6	1,6	7,6	7,6
6/ 0,6	luont.uud.+äestys	0,1	0,03	0,1	0,1	2,4	0,6	3	3
17/ 5,2	luont.uud.+äestys	1	0,3	1,3	1,3	20,7	5,5	26,2	26,2
29/ 1,5	luont.uud.+äestys	0,3	0,08	0,4	0,4	6	1,6	7,6	7,6
30/ 7,3	luont.uud.+äestys	1,5	0,4	1,9	1,9	29,1	7,6	36,7	36,7
350/ 2,0	luont.uud.+äestys+kunn.oj.	2,6	0,6	3,2	3,2	39,4	12,4	51,8	51,8
350.1/ 1,1	kunnostusojitus	0,9	0,2	1,1	1,1			0	0
355.2/ 0,3	ah+laik.mätäs.+ist.	0,06	0,02	0,1	0,1	1,2	0,3	1,5	1,5
357/ 0,4	luont.uud.+äestys	0,08	0,02	0,1	0,1	1,6	0,4	2	2
358/ 1,9	ah+kaivurilaik.+ist.+kunn.oj.	1,9	0,4	2,3	2,3	7,6	2	9,6	9,6
359/ 0,4	ah+laik.mätäs.+ist.	0,08	0,02	0,1	0,1	1,6	0,4	2	2
366/ 1,8	luont.uud.+äestys	0,4	0,1	0,5	0,5	7,2	1,9	9,1	9,1
367/ 0,6	luont.uud.+äestys	0,1	0,03	0,1	0,1	2,4	0,6	3	3
369/ 0,9	luont.uud.+äestys	0,2	0,04	0,2	0,2	3,6	0,9	4,5	4,5
379/ 0,6	luont.uud.+äestys	0,1	0,03	0,1	0,1	2,4	0,6	3	3
498/ 2,0	kunnostusojitus	1,7	0,3	2	2			0	0
28/ 0,8(osa)	ah. + laik.mätäs. + ist.	0,2	0,01	0,2	0,2	3,2	0,8	4	4
	YHTEENSÄ			86,5	69			1066,1	704,3



metsäkeskus

ISBN 978-952-283-029-6, nid.
ISBN 978-952-283-030-2, pdf