

Työn laadun mittaus metsänuudistamisessa

Jarmo Hämäläinen
Simo Kaila
Arto Kariniemi
Jouko Örn

Metsätehon raportti 75
31.5.1999

Ryhmähanke: A. Ahlström Osakeyhtiö, Metsähallitus, Metsäliitto
Osuuskunta, Metsäteollisuus ry, Stora Enso Oyj,
UPM-Kymmene Oyj, Yksityismetsätalouden Työn-
antajat r.y.

Asiasanat: metsänuudistaminen, metsänhoitotyöt, työn laatu,
maanmuokkaus

© Metsäteho Oy

Helsinki 1999

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	3
2 MITTAUKSEN PERIAATTEET	4
3 METSÄNUUDISTAMISEN LAATUKRITEEREISTÄ	5
3.1 Uudistamistuloksen ja työn laadun yhteys	5
3.2 Uudistamistuloksen mittaus	6
3.3 Työn laadun mittaus	7
4 MAANMUOKKAUKSEN LAADUN MITTAUS	8
4.1 Menetelmät ja aineisto	8
4.2 Tulokset	8
4.2.1 Työnjäljen vaihtelu.....	8
4.2.2 Mittauksen ajanmenekki	9
4.2.3 Koealatekniikka ja mittauksen tarkkuus	10
4.3 Menetelmäehdotus	11
4.3.1 Perusteet	11
4.3.2 Mittausmenetelmä	11
4.3.3 Mittaustekniikka	12
4.4 Menetelmän kokeilu	13
5 TARKASTELU	16
LIITE	

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa tarkasteltiin metsänuudistamisen suoritusmittariston rakentamisperiaatteita sekä jäsenettiin uudistamistöiden laatutavoitteita ja -mittareita. Tarkastelun piiriin kuuluivat maanmuokkaus-, viljely- ja taimikonhoitotyöt.

Maanmuokkauksen työnjäljen mittaukseen kehitettiin menetelmä ja kokeiltiin sitä osakasyrityksissä. Menetelmä perustuu paljastettujen viljelykohtien määrän ja niiden ominaisuuksien mittaamiseen. Lisäksi arvioidaan, kuinka hyvin ympäristönäkökohdat on otettu huomioon muokkaustyössä.

Tuloksia voidaan hyödyntää metsänuudistamisprosessin tulosten seurannassa sekä eriasteisen urakoinnin ja palkkatyön laadunohjauksessa ja kehittämises-

1 JOHDANTO

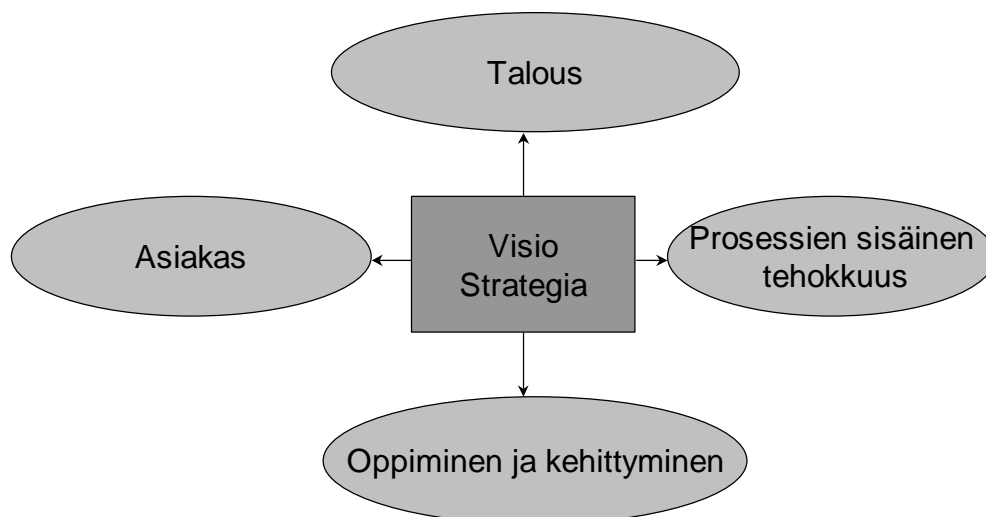
Metsänhoito-organisaatioiden laatu- ja ympäristöjärjestelmät edellyttävät menettelyjä toiminnan tuloksellisuuden seurantaan. Tulosten järjestelmällinen mittaus on osa jatkuvan kehittämisen periaatetta. Mittaustulokset muodostavat perustan kehittämisen suuntaamiselle ja ovat samalla palaute työn toteuttajalle.

Yrittäjäperustainen toiminta on laajenemassa työsuhteiden rinnalle myös ihmistyövaltaisissa metsänhoitotöissä. Yrittäjäpalveluiden luonteeseen kuuluu se, että työn laatutavoitteet määritellään urakointisopimuksessa ja yrittäjä vastaa mahdollisimman itsenäisesti niiden toteuttamisesta. Tämä edellyttää, että laatutavoitteet pystytään yksiselitteisesti kuvamaan ja toteutunut laatu mittaamaan.

Tutkimuksen tavoitteena oli jäsentää metsänhoidon laatukriteereitä ja koostaa niiden pohjalta ehdotuksia laadun varmistus- ja mittausmenetelmiksi. Tutkimuksessa rajoituttiin metsänuudistamisvaiheeseen, ja tarkastelun piiriin kuuluivat maanmuokkaus-, viljely- ja taimikonhoitotyöt. Yksittäisistä työläjeistä päähuomio kiinnitettiin maanmuokkauksen työnjäljen mittaukseen, koska siihen ei ole aiempia menetelmiä olemassa.

2 MITTAUKSEN PERIAATTEET

Kaplan ja Norton (1996) ovat jäsentäneet yleisesti toiminnan suoritusmittariston rakentamisperiaatteita. He ovat päätyneet neljään päänäkökulmaan, jotka tulisi ottaa mittaristossa huomioon. Näkökulmat ovat *talous, prosessien sisäinen tehokkuus, asiakkaat sekä oppiminen ja kehittyminen* (kuva 1). Rakentamisen lähtökohtia ovat organisaation visio, toimintastrategia ja menestystekijät. Olennaista on, että eri näkökulmat ovat mittaristossa tasapainoisesti edustettuina suhteessa toiminnan lähtökohtiin. Mittariston tulee ulottua mahdollisimman ehjänä kokonaisuutena läpi organisaatiotasojen. Esimerkiksi suorittavan tason työtä koskevat mittarit tulisi määritellä siten, että mittarit ohjaavat automaattisesti toimintaa ylemmän tason mittaristossa kuvattuja päämääriä ja koko yrityksen strategisia tavoitteita kohti. Mittareita tulee olla rajallinen määrä - esim. 4 - 5 kpl kutakin näkökulmaa ja organisaatiotasoa kohti - jotta tavoitteet saadaan pysymään selkeinä ja mittaristo on hallittavissa.



Kuva 1. Mittaamisen näkökulmat (Kaplan, R & Norton, D. 1996. The Balanced Scorecard.)

Taloudelliset mittarit - liikevoitto, tulos, sijoitetun pääoman tuotto jne. - ovat yleisesti käytettyjä tunnuksia yritystoiminnan seurannassa. Laatu- ja ympäristöjärjestelmien myötä mittausta on kehitetty kattavampaan suuntaan. Järjestelmien myötä tulevat luontaisesti prosessien sisäistä laatua ja tehokkuutta sekä asiakastyytyvää asiakastytyvää koskevat mittarit. Organisaation oppimista ja kehittymistä koskeva seuranta jää helposti vähemmälle huomiolle. Kyseinen näkökulma on tärkeä, koska sen avulla pyritään varmistamaan, että kilpailukyky säilyy myös tulevaisuudessa. Esimerkiksi henkilöstön koulutusta ja informaatiojärjestelmiä kuvaavat mittarit kuuluvat tähän näkökulmaan.

Edellä mainittuja näkökulmia ja periaatteita voidaan soveltaa myös metsänhoidon tuloksellisuuden seurannassa. Esimerkiksi viljelytyön laadun ja uudistamistuloksen mittaus edustavat puuntuottamisen prosessin sisäisen tehokkuuden näkökulmaa. Aikaansaatujen ensiharvennusleimikoiden käyttöominaisuudet ja -arvo edustavat sen sijaan prosessin asiakkaiden - puun korjaajan ja käyttäjän - näkökulmaa. Ympäristönäkökohtia mitataan viimekädessä tuotteiden loppukäyttäjien, paperin ostajan tai suuren yleisön näkökulmista.

Mittariston laatimisvaiheessa käsitteistö on syytä jäsentää huolellisesti. Apuna voidaan käyttää oheisen esimerkkikaavion mukaista tarkastelua. *Päämäärällä* tarkoitetaan asioiden tilaa, johon ko. toiminnassa halutaan päästä, ja johon mittareiden halutaan suorituksia ohjaavan. *Mittari* on konkreettinen tunnus, jonka avulla toimintaa seurataan ja ohjataan. Mittarin *tavoitearvo* ilmaistaan mahdollisuuksien mukaan numeerisesti.

Päämäärä	Mittari	Tavoitearvo
<i>Hyvä uudistamistulos</i>	<i>Täystiheiden taimikoiden osuus (>1600 kpl/ha)</i>	<i>95 % pinta-alasta</i>

Tässä tutkimuksessa rajoitutaan lähinnä metsänuudistamisprosessin sisäistä tehokkuutta koskevien mittareiden jäsentämiseen. On kuitenkin huomattava, että jotkut mittarit palvelevat yhtäaikaan useampia näkökulmia.

3 METSÄNUUDISTAMISEN LAATUKRITEEREISTÄ

3.1 Uudistamistuloksen ja työn laadun yhteys

Puuntuottamisen yleistavoitteena on tuottaa paljon arvokasta puuta, kannattavasti ja monimuotoisuus huomioonottaen.

Metsänuudistaminen on metsänkasvatuksen ongelmallisin vaihe. Prosessin lopputulos muodostuu lähinnä seuraavien tekijöiden yhteisvaikutuksena:

- menetelmän sopivuus maaperään
- taimikon kilpailu
- työn laatu
- viljelymateriaalin laatu
- satunnaistuhot.

Kasvupaikan viljavuus, maalaji ja vesitalous ovat keskeisimpiä menetelmän valintaan vaikuttavia olosuhdetunnuksia. Kylvösiementen itävyys ja taimien terveys ovat esimerkkejä materiaalin laatutunnuksista. Taimikon kilpailutilanne määräytyy lähinnä viljavuuden sanelemasta heinittymis- ja vesottumisherkkyydestä, mutta siihen vaikuttavat myös mm. siemenvuodet ja hoitotoimet. Vaikeasti ennustettavia satunnaisia tuhoja voivat aiheuttaa mm. poikkeukselliset sää- ja ilmasto-olot sekä tavanomaista runsaammat sienitautien, hyönteisten tai myyrien esiintymiset. Taimikuoleman primääriaiheuttajaa on useimmiten vaikea yksilöidä.

Muilla kuin itse työn suorittamiseen liittyvillä tekijöillä saattaa siten olla suuri vaikutus uudistamistulokseen. Lisäksi niiden osuus tuloksesta kasvaa uudistamisesta kuluneen ajan mukaan. Eri tekijöiden suhteellisen osuuden arviointi on vaikeaa, koska kyse on monimutkaisista vuorovaikutussuhteista, joissa eri tekijöiden painoarvo muuttuu uudistamisolosuhteiden mukaan.

3.2 Uudistamistuloksen mittaus

Uudistamistulosta on tarpeen mitata uudistamisprosessin tuloksellisuuden seuranta ja varmistamista sekä toiminnan kehittämistä varten. Uudistamisprosessin kokonaistulosta voidaan arvioida taimikoiden inventointien ja kustannusanalyysien avulla seuraavasti:

Päämäärä	Mittausmenetelmä	Mittari
<i>Hyvä taimikon perustamistulos</i>	<i>Varhaistulosinventointi (2 - 4 vuotta perustamisesta)</i>	<i>Viljelytaimien määrä ja tasaisuus Luonnontaimipotentiaali (viljely) Tavoiteltavan puulajin taimien määrä (luont. uudistaminen)</i>
<i>Tavoitteiden mukainen taimikko</i>	<i>Taimikon erillisinventointi (10-15 vuotta perustamisesta)</i>	<i>Taimimäärä, tilajärjestys ja pituusrakenne Puulajisuhteet Pituuskehitys Tekninen laatu</i>
<i>Kustannus- tehokas toteutus</i>	<i>Kustannus-/ tulosityy</i>	<i>Uudistamiskustannukset/ -tulokset</i>

Uudistumisvaiheen pitkäkestoisuuden takia on perusteltua mitata taimettumisen ”liikkeellelähtöä” ensimmäisen kerran jo muutaman vuoden kuluttua uudistamisesta. Tuolloin tarkastellaan lähinnä viljelytaimien, luontaisessa uu-

distamisessa tavoiteltavan puulajin taimien, alkukehitystä. Myöhemmällä inventoinnilla pyritään tavoittamaan uudistamisen lopputulos, täydentävät luontaiset taimet mukaan lukien. Metsätehossa on aiemmin kehitetty taimikoiden inventointimenetelmiä em. tarkoituksia varten (Metsätehon katsaus 6/1993 ja Metsätehon tiedotus 409).

3.3 Työn laadun mittaus

Luonnonprosessin merkittävän osuuden ja pitkän aikaperspektiivin takia taimien eloonjäännin tai pituuskehityksen mittaus sopivat huonosti töiden laatumittauksen perustaksi. Uudistamisen menetelmävalintaa ja töiden laatua on sen sijaan tarkoituksenmukaista arvioida heti työn suorituksen jälkeen sellaisilla tunnuksilla, jotka

- ilmentävät mahdollisimman hyvin taimien eloonjäännin ja pituuskehityksen edellytyksiä ja
- ovat tärkeimpiä uudistamisprosessin tuloksellisuuden kannalta.

Uudistamisen laatukriteerejä voidaan jäsentää uudistamisvaiheittain seuraavasti:

Uudistamisvaihe/ -toimenpide	Päämäärä	Mittareita
Uudistushakkuu <ul style="list-style-type: none"> • Kohde- ja menetelmävalinta • Toteutus 	<i>Puuntuotannon ja ympäristönhoidon kannalta perusteltu uudistamiskohde, hakkuutapa ja uudistamismenetelmä</i>	<i>Uudistuskypsyys Ympäristöarvot Uudistamisen kustannustehokkuus Korjuun kustannustehokkuus Tuhoriskit</i>
Maanmuokkaus <ul style="list-style-type: none"> • Menetelmän valinta • Toteutus 	<i>Hyvät uudistumisedellytykset</i>	<i>Uudistamisen kustannustehokkuus Viljelykohtien määrä Viljelykohtien laajuus Kohoumien laatu Ympäristöarvot</i>
Viljely <ul style="list-style-type: none"> • Menetelmän valinta • Toteutus 	<i>Hyvä taimien eloonjäanti ja tavoitteen mukainen tiheys</i>	<i>Uudistamisen kustannustehokkuus Viljelymateriaalin laatu ja kunto Viljelytiheys ja -tasaisuus Viljelykohdan valinta Taimien istutussyvyys ja tiivistys</i>
Taimikonhoito <ul style="list-style-type: none"> • Kohdevalinta • Toteutus 	<i>Puuntuotanto- ja ympäristötavoitteita vastaava taimikon rakenne</i>	<i>Uudistamisen kustannustehokkuus Käsittelyvoimakkuus ja -tasaisuus</i>

Mittareiden tavoitearvot ovat useimmiten organisaatio- ja toimialuekohtaisia.

4 MAANMUOKKAUKSEN LAADUN MITTAUS

4.1 Menetelmät ja aineisto

Menetelmän kehittämisen pohjaksi mitattiin testiaineisto eri muokkausmenetelmien työnjäljestä. Sen perusteella laadittiin ehdotus käytännön menetelmäksi ja kokeiltiin sitä osakkaiden työmailla.

Testiaineiston mittauksen tavoitteena oli selvittää työnjäljen vaihtelun luonnetta, testata laatutunnusten mittaustekniikkaa ja selvittää mittauksen ajamenekkiä. Koemittaus toteutettiin systemaattisena, linjoittaisena koealuarviointina, ja mittauksen kohteena oli uudistusala.

Koealalinjat suunnattiin kohtisuoraan uudistusalan pisintä halkaisijaa vastaan. Mittaukset tehtiin ympyräkoeloilta, joiden säde oli 3,99 metriä (50 m²). Koealoja mitattiin noin 20 kpl/mittauskohde.

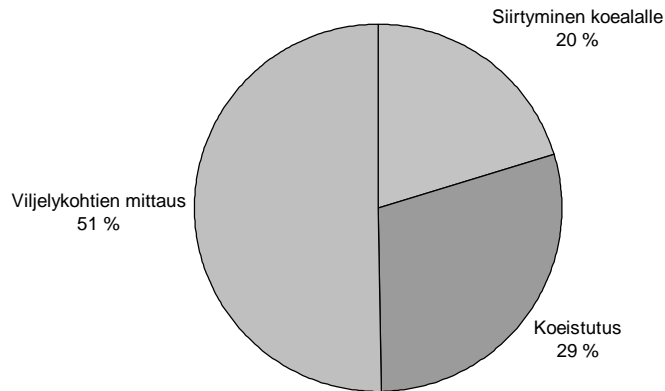
Koealoilta määritettiin olosuhde- ja laatutunnukset sekä mittauksen ajamenekki ja ideoitiin mittauksen suoritustekniikkaa. Laatutunnukset määritettiin tekemällä koealoille koeistutus (mittatikuilla) ja luokittelemalla kunkin viljelykohdan ominaisuudet. Mittaukset suoritti Metsätehon työntutkija.

Aineistoa kerättiin yhteensä kuudelta muokkausosalalta, ja inventoitu pinta-ala oli 25 ha. Aineistossa oli äestys-, mätästys- ja laikutuskohteita, kaksi työmaata kutakin tyyppiä.

4.2 Tulokset

4.2.1 Työnjäljen vaihtelu

Muokkausolosuhteet, erityisesti kivisyys ja hakkuutähteiden määrä, vaihtelivat tutkimustyömaiden sisällä huomattavasti. Maan kivisyys vaikutti muokkausjälkeen merkittävästi, kuten on todettu aiemmissa tutkimuksissa (esim. Metsätehon tiedotus 299). Kivisillä uudistusaloilla muokkausjälki vaihteli eri koealojen kesken hyvin voimakkaasti (kuva 2).



Kuva 3. Mittausajanmenekin jakauma

4.2.3 Koealatekniikka ja mittauksen tarkkuus

Kokeilussa todettiin, että ympyräkoeala sopii hyvin mätästys- ja laikutusjäljen mittaukseen, mutta se ei ole sopivin äestykseen. Luontevin tapa mitata äestysjälkeä on tehdä suorakaiteen mukaisia koealoja, jolloin koeistutuksessa voidaan jäljitellä normaalia istutustyötä ja noudattaa parhaiten siinä käytettäviä viljelykohtien etäisyysääntöjä. Myös olosuhdetunnusten mittaus on tuolloin yksiselitteisintä.

Mittauksen tarkkuuteen vaikuttaa yhtäältä mitattavan ilmiön vaihtelu, toisaalta mittarin tarkkuus. Metsänuudistamisen tulosta mittaavassa koealaotannassa edelliseen kuuluu esimerkiksi taimikon tiheyden vaihtelu, joka voi johtua maaperän paikoin huonoista taimettumisedellytyksistä taikka muokkaus- tai viljelytyön täsmällisyyden puutteesta. Jälkimmäiseen on luettava koealan "osuminen" taimiin eli sen sijoittamisesta aiheutuva vaihtelu kyseisten taimien tarkkaan paikkaan nähden.

Jälkimmäisestä otannan komponentista aiheutuva epätarkkuus on sitä suurempi, mitä pienempiä koealat ovat. Jos oletetaan taimien sijainnit satunnaisiksi, ja koealalle odotetaan esimerkiksi 2 000:tä tainta/ha vastaten kymmentä tainta, ei 10 koealalla päästä lähemmäs kuin 200 taimen keskivirheeseen hehtaaria kohti. Tarkkuus riippuu myös taimikon tilajärjestyksestä. Tasaisissa taimikoissa tarkkuus on edellä kuvattua suurempi ja satunnaista tilajärjestyksestä epätasaisemmissa taimikoissa pienempi.

Maanmuokkauksen työnjäljen mittauksessa, missä viljelykohtia kuvataan "koeistutuksella", koealan sijainnista aiheutuvaa epätarkkuutta ei esiinny. Koealojen koko vaikuttaa kuitenkin tässäkin tulokseen. Jos koealat ovat pieniä suhteessa muokkausjäljen istutuskelvottomuuden aiheuttaviin esteisiin,

tällaisten esteiden osuminen koealalle aiheuttaa viljelykohtien puutteellisuuden (tätä varten suositellaan 20 metrin koealoja). Kun maan kivisyys lisääntyy, tällaisten tapausten määrä kasvaa. Jotta voidaan erottaa toisistaan työn suorituksen aiheuttama ja maaperästä johtuva viljelykohtien puutteellisuus, tarvitaan referenssiaineistoa siitä, miten maanmuokkausjälki yleensä vaihtelee kivisyyden ja muiden maasto- ja maaperätekijöiden mukaan.

4.3 Menetelmäehdotus

4.3.1 Perusteet

Muokkauksen laadunvalvonnan tarkoituksena on ohjata yrittäjiä ja kuljettajia tavoiteltavaan työnjälkeen. Työnjälkitavoitteiden määrittelyllä ja muokkausyrittäjien ja kuljettajien koulutuksella on sen tähden suuri merkitys. Laatutavoitteet on pystyttävä kuvaamaan mahdollisimman pitkälle mitattavina tunnuksina, jotta ne voidaan esittää yksikäsitteisesti ja jotta työnjäljen arviointi saadaan objektiiviseksi.

Laadun mittauksen ongelmana on se, että muokkausjälki vaihtelee suuresti maaperän mukaan. Jotta työn laatu pystytään tarkasti erottamaan olosuhteiden vaikutuksesta, tarvitaan iso aineisto. Sen kerääminen niin, että voitaisiin yksikäsitteisesti todeta työn vaatimustenmukaisuus, vie kohtuuttomasti resursseja. Sen tähden on tarkoituksenmukaista soveltaa kevennettyä mittausmenetelmää, jossa hyödynnetään koealamittauksia silmävaraisen arvioinnin tukena. Tavoitteena on tuolloin selvittää, *onko kohteella pyritty asianmukaiseen työnjälkeen*, ei niinkään tarkan keskiarvo- tai jakaumatiedon tuottaminen. Laadultaan epäilyttävissä kohteissa tai laatuvirheiden toistuessa on kohteita syytä mitata tarkemmin.

Tavoitteena on että mittauksiin perustuva arviointimenetelmä tuo muokkausalojen tarkastukseen yhdenmukaisuutta ja systemaattisuutta. Olennaista on, että suunnitelmat ja ohjeet sekä arviointitulokset käydään yhteisesti läpi urakoitsijan ja kuljettajan kanssa. Mitattuja koealoja on aiheellista käyttää myös koulutuskohteilla laatutavoitteiden havainnollistamiseen sekä kuljettajan omaehtoisen työnjäljen seurantaan.

4.3.2 Mittausmenetelmä

Kuljetaan muokkausalan läpi edustavasta kohdasta ja mitataan 5 - 10 havaintokoealaa kutakin muokkausmenetelmää kohti. Havaintokoealat sijoitetaan muokkausosalalle määrävälein lankamittalaitetta tai askelmittaa käyttäen. Mittauksessa käytettävät lomakkeet ovat liitteenä.

Äestysjäljen mittaus:

Selvitetään ajotiheys mittaamalla kuljettu matka (esim. 50 m) ja lukemalla vastaava äestysvakojen määrä. Mittausjakso valitaan sellaisesta kohdasta, jossa äestysvaot kulkevat kutakuinkin yhdensuuntaisesti. Tarvittaessa mitataan useita lyhyempiä jaksoja. Mittauslinja suunnataan kohtisuoraan vakojen kulkusuuntaan nähden.

Työnjäljen laatu mitataan siten, että koealapistettä lähimmäksi sattuvaan äestysvakoon rajataan kulkusuunnassa oikealle puolelle 20 metrin mittainen koeruutu. Koeruudulle tehdään silmävarainen koeistutus ja määritetään

- paljastuneeseen maahan saatavien viljelykohtien lukumäärä
- paljastuneen alan laajuus viljelykohdissa
- maan kivisyys (mitataan tarvittaessa kivisyysrassilla)
- hakkuutähteiden määrä.

Mätästys- ja laikutusjäljen mittaus:

Mittaukset tehdään ympyräkoelalta, jonka säde on 3,99 m (koko 50 m²). Koelalta määritetään

- paljastuneeseen maahan saatavien viljelykohtien lukumäärä
- mättäisiin saatavien viljelykohtien lukumäärä (jos tavoiteltu mättäitä)
- paljastuneen alan laajuus viljelykohdissa
- mättään korkeus
- maan kivisyys
- hakkuutähteiden määrä.

Koealojen havaintoja verrataan organisaation määrittelemään tavoitteeseen tai muuhun työnjälkinormiin ja muodostetaan kokonaiskäsitys työn laadusta. Olosuhdetunnuksia käytetään havaintokoealojen ryhmittelyperusteina tai ”lieventävinä asianhaaroina” ellei olosuhderiippuvia tavoitteita ole määritelty.

Lisäksi arvioidaan koko muokkausosalta ympäristön hoitoa sekä suunnittelua ja ohjeistusta koskevia asioita.

4.3.3 Mittaustekniikka

Paljastuneeseen maahan saatavien viljelykohtien lukumäärä määritetään mittauskoealojen ”koeistutuksen” avulla. Äestysjälkeen sijoitetaan viljelytiheyttä vastaava määrä viljelykohtia 20 m:n matkalle äestysvakoon (2 200 kpl/ha => 11 viljelykohtaa, 2 000 kpl/ha =>10 viljelykohtaa jne.). Viljelykohdat valitaan parhaisiin paikkoihin muokkausjälkeen. Viljelykohtien välimatka saa vaihdella yhdestä neljään metriin kuitenkin niin, ettei metrin minimietäisyydelle saa tulla *peräkkäin* kolmea viljelykohtaa enempää. Lisäksi on huomattava, että koealan päihin sijoitettujen viljelykohtien yhteenlaskettu etäi-

syys koeruudun päistä on oltava vähintään viljelytiheyttä vastaava keskietäisyys, esim. 2 metriä (eli jos toisessa päässä kohta joudutaan sijoittamaan puolen metrin päähän koealan rajasta, toisessa päässä ei saa sijoittaa viljelykohtaa 1,5 metriä lähemmäksi rajaa). Paljastuneella kivennäismaalla tarkoitetaan viljelykelpoista kivennäismaata tai turvemaiden maatumutta turvetta, jonka muokkauslaite on täysin paljastanut pintahumuksesta.

Mättäisiin/laikkuihin saatavien viljelykohtien lukumäärä määritetään vastaavalla tavalla ympyräkoelajien koeistutuksen avulla. Etäisyys saa vaihdella yhdestä neljään metriin. Mättäissä sijoitetaan yksi viljelykohta kunkin mättään keskikohtaan ja luetaan tarkasti vain koealaan kuuluvat viljelykohdat. On huomattava, että ympyräkoelajien sijoittumisesta viljelykohtiin nähden - ja pienestä koealamäärästä sinänsä - aiheutuu otantavirhettä, jonka seurauksena lukumäärät eivät ole tarkkoja, vaan antavat suuntaa muokkausjäljen laadusta.

Paljastuneen alan laajuus määritetään viljelykohdista. Laajuus mitataan suurimman mahdollisen, paljastuneeseen maahan sijoitettavissa olevan ja viljelykohdan sisältävän ympyrän halkaisijana. *Mättään korkeus* on mättääseen sijoitetun *tiivistetyn* viljelykohdan ja maanpinnan tason erotus.

Maan kivisyys luokitellaan kivisyysindeksin avulla ja mitataan tarvittaessa kivisyysrassilla. Mittaus tehdään painamalla kivisyysrassi maahan koeruudun kohdalla 10 kertaa tasavälein ja laskemalla niiden kertojen suhteellinen osuus, jotka eivät saavuta 20 cm:n syvyyttä pintahumuksen alareunasta mitattuna. Mikäli mittauskohdalle osuu kanto tai puunrunko, rassauskohdasta siirretään sivusuunnassa lyhin mahdollinen matka. *Hakkuutähteiden määrä* luokitellaan silmävaraisesti arvioimalla niiden määrä koealan kohdalla ennen maanmuokkausta.

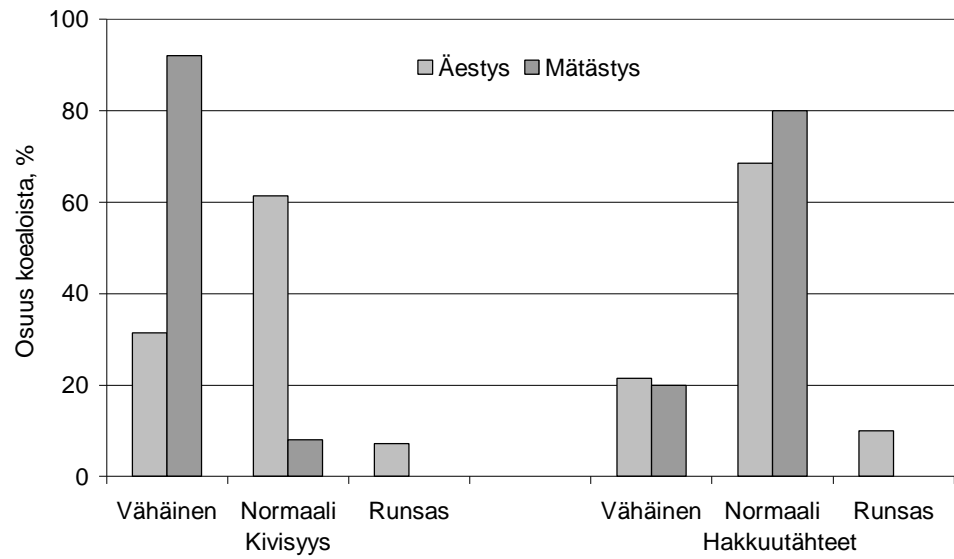
4.4 Menetelmän kokeilu

Menetelmäehdotusta kokeiltiin Metsätehon osakkaiden mailla syksyllä 1998. Kokeiluun ja kehittämisideointiin osallistuivat Antero Kauppinen Stora Enso Oyj:stä ja Kari Kuru UPM-Kymmene Oyj:stä. Menetelmää kokeiltiin yhteensä 33 uudistusosalalla, jotka jakautuivat muokkausmenetelmän mukaan seuraavasti:

Äestys	Kaivurilaitetus	Mätästys/ laikkumätästys
Kohteita		
14	4	15

UPM-Kymmene Oyj:ssä käytettiin yrityskohtaista mittaussovellusta, joka oli jonkin verran yksityiskohtaisempi kuin edellä esitelty menetelmä.

Osasta testiaineistoa laskettiin olosuhde- ja laatutunnuksia. Aineiston äestysalat olivat selvästi kivisempiä kuin mätästysalat. Hakkuutähteiden määrässä ei ollut olennaista eroa menetelmien kesken (kuva 4).

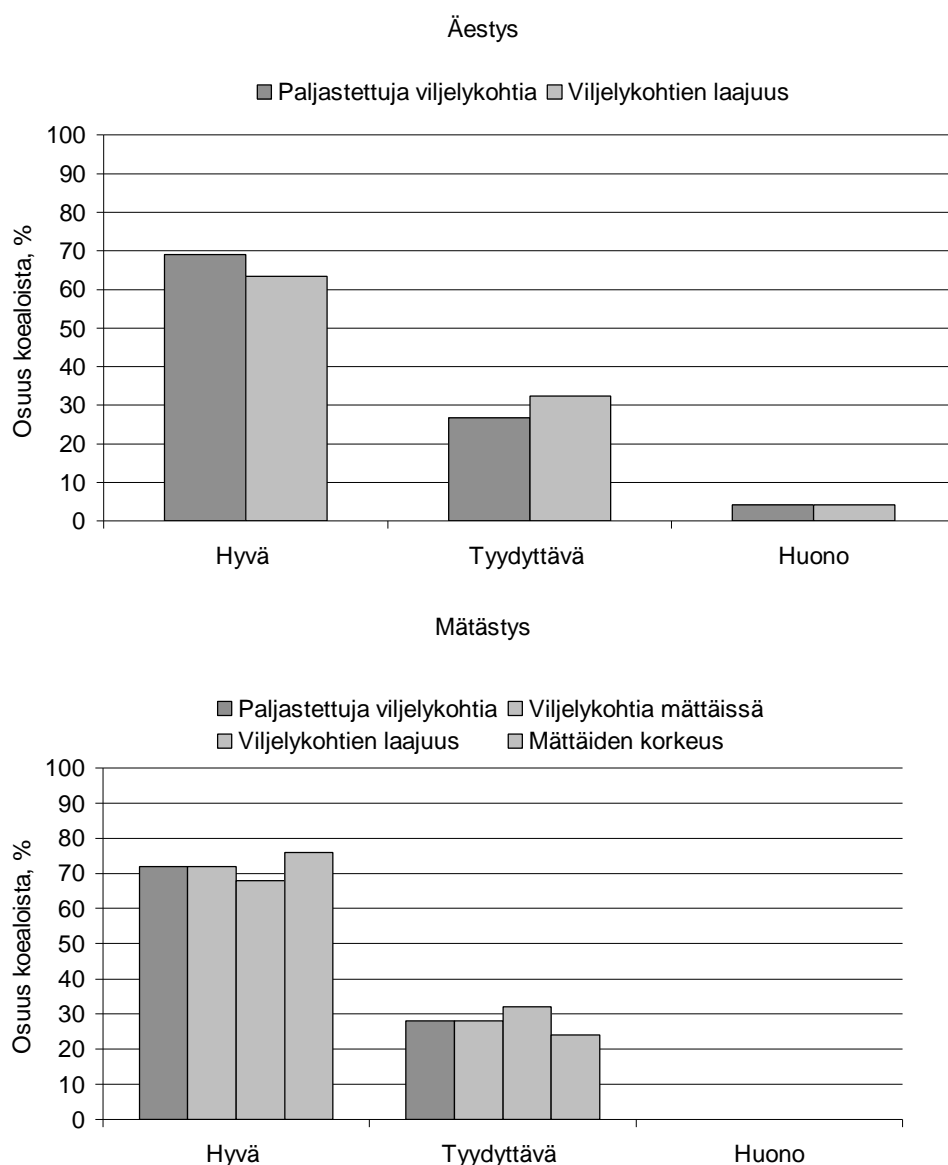


Kuva 4. Esimerkki olosuhteiden jakaumasta testiaineistossa

Viljelykohtien laatua kuvaavat tunnuksat jakautuivat molemmissa menetelmissä varsin samalla tavalla. Hyviksi luokiteltujen koealojen osuus oli noin 70 % (kuva 5).

Koehenkilöiden mielestä menetelmä soveltui hyvin laadun seurannan ja kehittämisen välineeksi. Yrityskohtaisia painotuseroja saattaa olla mitattavissa tunnuksissa ja niiden luokittelussa, mutta laadittu runko todettiin toimivaksi perustaksi yrityskohtaisille sovelluksille. Maan kivisyyden mittauksen todettiin antavan olennaista lisäarvoa työnjäljen arviointiin.

Mittauksen ajanmenekki oli mittaajien arvion mukaan noin 1 tunti muokausalaa kohti ilman työmaiden välisiä siirtymisiä.



Kuva 5. Esimerkki työn laatutunnusten jakaumasta koeaineistossa

5 TARKASTELU

Suoritusmittariston rakentamiskehikkoa tarkasteltiin tässä tutkimuksessa vain yleisellä tasolla, joten analysointia on aiheellista syventää. Mittaamisen eri näkökulmat sisältävää kehikkoa voidaan hyödyntää puuntuottamisen kannattavuuden ja siihen vaikuttavien tekijöiden jäsentämisessä sekä koko puuntuotannon strategisen suoritusmittariston laadinnassa.

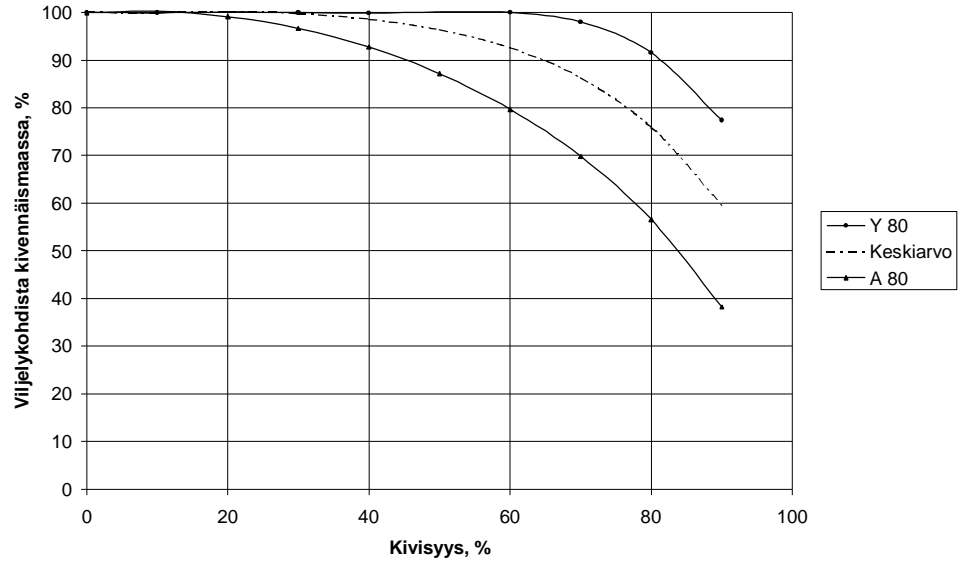
Metsänuudistamisen laadun seurannassa uudistamistulosten mittaaminen on keskeistä. Aikaansaatuisten taimikoiden rakenne, laatu ja kehitysnopeus kuvaavat viime kädessä kokonaistulosta, ja siihen tulee suunnata työn laadun mittauksen ohella riittävästi resursseja. Myös koko uudistamisketjun kustannustehokkuuteen tulee kiinnittää huomiota. Siinä tarvitaan myös mittausmenetelmien kehittämistä.

Metsänuudistamisen laadun mittauksessa on paljon yhteisiä, organisaatiosta riippumattomia tekijöitä. Eroja saattaa olla lähinnä mittareiden tavoitearvoissa ja eri mittareiden painotuksessa. Tutkimuksessa kuvattuja periaatteita ja rakenteita voidaan hyödyntää mittaristojen kehittämisessä, mutta varsinaisten mittareiden ja erityisesti tavoitearvojen laatiminen vaatii organisaatiokohtaista jatkotyötä.

Mittaristojen rakentamisessa ja soveltamisessa on keskeistä, että tavoitteet jäsennetty ja määritelty riittävän konkreettisesti. Esim. maanmuokkauksen laadun parantaminen vaatii lähtökohdaksi sitä, että laatuavoitteet kuvataan urakoitsijoille ja kuljettajille nykyistä selkeämmin. Menetelmäkohtaisten työohjeiden laatiminen ja järjestelmällinen koulutus ovat siinä hyviä keinoja.

Tutkimuksen yhteydessä kävi ilmi, että mätästykseen toteutustekniikassa on kirjavuutta, joka vaikuttaa työn laatuun ja tuottavuuteen. Työmenetelmien ja -tekniikan sekä kaluston kehittämisessä on jatkotutkimusten tarpeita.

Muokkausjäljen mittausmenetelmän soveltamisessa on hyötyä vertailutasosta, ”työjälkinormista”, johon mittaustuloksia voidaan verrata. Aiemmissa työjälkitutkimuksissa on kuvattu muokkausjäljen riippuvuutta maaperäolosuhteista, ja niitä voidaan tarvittaessa hyödyntää ainakin äestyksen kohdalla (kuva 6). Mätästykseen työmenetelmät ja kalusto ovat kehittyneet, joten normien laatiminen edellyttää uutta aineistoa.



Kuva 6. Paljastuneeseen kivennäismaahan saatujen viljelykohtien osuus äestysjäljessä. A 80- ja Y 80 -käyrien välillä 80 % mitatuista koealoista. Hakkuutähteitä vähän tai normaalisti, humus < 10 cm. Metsätehon tiedotus 399.

Tutkimuksessa rajoitettiin maanmuokkauksen laatumittausmenetelmän rakentamiseen. Tarkastelukehikko antaa edellytyksiä myös nykyisin käytössä olevien taimikonhoidon ja istutuksen mittausmenetelmien jatkokehittelylle.

ÄESTYS				
<i>Koela</i>				Kommentit
Kivisyys, %	Vähäinen (0 - 30)	Normaali (30 - 60)	Runsas (> 60)	
Hakkuutähteiden määrä	Vähäinen	Normaali	Runsas	
Paljastettuja viljelykohtia, kpl/ha	Hyvä (vaje 0)	Tyydyttävä (vaje 200 - 400)	Huono (vaje > 400)	
Viljelykohtien laajuus (tavoite 40 – 70 cm)	Hyvä (> 90 %)	Tyydyttävä (70 - 90 %)	Huono (< 70 %)	
<i>Muokkausala</i>				
				Kommentit
- Ajolinjaväli =2*(matka,m/vakojen lkm)	Hyvä (±0,25 m)	Tyydyttävä (±0,50 m)	Huono (> ±0,50 m)	
- Vesiensuojelu	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Luontokohteet	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Säästöpuuryhmät, siemen- puut, maapuut	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Kulkureitit, pyykit ja vast.	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Maisemansuojelu	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Jätehuolto	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
<i>Suunnittelu ja ohjeistus</i> (menettelyt, välineet, sisältö)				

MÄTÄSTYS				
<i>Koela</i>				Kommentit
Kivisyys, %	Vähäinen (0 - 30)	Normaali (30 - 60)	Runsas (>60)	
Hakkuutähteiden määrä	Vähäinen	Normaali	Runsas	
Paljastettuja viljelykohtia yhteensä, kpl/ha	Hyvä (vaje 0)	Tyydyttävä (vaje 200 - 400)	Huono (vaje >400)	
Viljelykohtia määttäissä, kpl/ha	Hyvä (vaje 0)	Tyydyttävä (vaje 200 - 400)	Huono (vaje > 400)	
Viljelykohtien laajuus (tavoite 70 - 100 cm)	Hyvä (>90 %)	Tyydyttävä (70 - 90 %)	Huono (< 70 %)	
Määttäiden korkeus (tavoite 15 - 25 cm)	Hyvä (>90 %)	Tyydyttävä (70 - 90 %)	Huono (< 70 %)	
<i>Muokkausala</i>				
- Vesiensuojelu	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Luontokohteet	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Säästöpuuryhmät, siemenpuut, maapuut	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Kulkureitit, pyykit ja vast.	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Maisemansuojelu	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
- Jätehuolto	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	
<i>Suunnittelu ja ohjeistus</i> (menettelyt, välineet, sisältö)				