

Metsätehon raportti 195
28.9.2006

ISSN 1459-773X (Painettu)
ISSN 1796-2374 (Verkkajulkaisu)



Katkontatarkkuuden ylläpito hakkuukoneilla

Antti Korpilahti
Samuli Hujo
Asko Poikela

METSÄTEHO OY

PL 101 (SNELLMANINKATU 13)

00171 HELSINKI

PUH. 020 765 8800

FAKSI (09) 659 202

WWW.METSATEHO.FI

Katkontatarkkuuden ylläpito hakkuukoneilla

**Antti Korpilahti
Samuli Hujo
Asko Poikela**

Metsätehon raportti 195
22.9.2006

ISSN 1459-773X (Painettu)
ISSN 1796-2374 (Verkkajulkaisu)

Asiasanat: hakkuukonemittaus, katkontatarkkuus, tukkimittari

© Metsäteho Oy

Helsinki 2006

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
1 TAUSTAA	5
1.1 Johdanto	5
1.2 Tavoite	5
2 PITUUDEN MITTAUS HAKKUUKONEELLA	6
2.1 Hakkuukoneen mittapyörät	6
2.2 Pulssianturit.....	7
2.3 Erottelukyky ja katkontatarkkuus	9
2.4 Kuljettajan rooli	11
3 TUKKIEN PITUUDEN MITTAUS SAHALLA	11
3.1 Mittaustekniikka	11
3.2 Mittaustarkkuus.....	13
4 KATKONTATARKKUUDEN SEURANTA	17
4.1 Tarkastusmittaus	17
4.2 Pituustarkastus työn aikana.....	18
4.3 Tukkimittarimittaus sahalla	18
5 TUKKIEN PITUUSSEURANNAN TULOKSIA	19
5.1 Mittalaittekohtainen kehitys.....	19
5.2 Esimerkkitapauksia	22
6 KÄYTTÄJIEN JA VALMISTAJIEN KOKEMUKSIA	25
6.1 Laitteiden kunto	26
6.2 Hakkuu- ja mittalaitteen säädöt	27
6.3 Olosuhteiden vaihtelut	29
7 TULOSTEN TARKASTELU JA SUOSITUKSET	30
8 KEHITYSNÄKYMÄT	31

TIIVISTELMÄ

Tukkien pituustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä selvitettiin kuljettajia ja laitevalmistajia haastatteleamalla sekä sahojen tukkimittaustietojen ja eräiden erillistutkimusten avulla. Tällä hetkellä tukkien pituusvaihtelu on suurta. Lisäksi järeillä tukeilla vaihtelu on suurempaa kuin pienikokoisilla tukeilla.

Tukkien pituustarkkuus riippuu sekä hakkuu- ja mittalaitteiden kunnosta, niiden säätömahdollisuuksien käytöstä että kuljettajan toimenpiteistä mittatarkkuuden ylläpitämiseksi. Hakkuulaitteissa on monipuoliset säätömahdollisuudet ja niiden täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää hyvää perehtyneisyyttä ja kokemusta. Tärkeää on, että katkaisusahasikuna on kapea ja hakkuulaitteen säädöt - kuten syöttönopeus, jarrutus katkaisukohtaan ja karshintaterien ja syöttörullien paineet - on asetettu niin, että pysähtyminen haluttuun katkaisukohtaan onnistuu kerralla.

Leimikolla hakkuun yhteydessä tehty tukkien pituuksien tarkastus on tärkeää. Tarkastuksessa on vertailtava tarkkoja pituuksia, ei pelkästään hyväksytyyn katkaisuikkunaan osumista. Pituuksia on tarkastettava jokaisen työvuoron aikana pistokoetyyppisesti. Jos tulos viittaa systemaattiseen poikkeamaan, niin mittalaitteen kalibrointia varten on tehtävä riittävästi lisämittauksia.

Laitteiden osalta mittapyörän ominaisuudet ja kunto vaikuttavat eniten mittatarkkuuteen. Varsinkin nila-aikana, kun kuori irtoaa helposti, kapeat mittapyörät ovat paras vaihtoehto, koska niiden piikit ulottuvat helposti pintapuuhun. Jos mittapyörän hampaat ovat kuluneet tai vioittuneet, pyörä tulisi silloin vaihtaa uuteen.

Selvityksen tulokset on esitetty suositusten muodossa kalvosarjana Metsätehon tietopalvelussa: www.metsateho.fi > Tuloskalvosarja.

1 TAUSTAA

1.1 Johdanto

Hakkuukonemittaus perustuu puuta koskettaviin antureihin. Pituus mitataan mittapyörällä, johon on kytketty pulssianturi. Ainoastaan yhden valmistajan telasyöttöisessä hakkuulaitteessa pituus mitataan telapyöriin kytketyllä pulssianturilla. Mittapyörä myötäilee puun kaarnasta, oksakohoumista ym. johdavia epätasaisuuksia ja kulkee siksi eripituisen matkan kuin pölkyn todellinen pituus on. Suurin pituusvirhe syntyy kuitenkin silloin, kun puuta syötetään edestakaisin, esimerkiksi katkaisukohtaa etsittäessä. Virhemahdollisuus on suuri varsinkin silloin, kun siirtymä on pitkä, eli kun rungosta ensin tavoitellaan pitkää tukkia, mutta päädytäänkin kahteen lyhyeen. Lämpimitan mittaukseen karsintaterillä ja syöttörullilla liittyy epätarkkuutta mm. oksakyhmyjen ja kuoren pois leikkautumisen vuoksi.

Hakkuulaitteiden toimintojen säädettävyyttä on kehitetty ja säätymistä automatisoitu paremman mittaustarkkuuden ja toimivuuden saavuttamiseksi. Pituuden mittatarkkuuteen vaikuttavat muun muassa karsintaterien ja syöttörullien puristuspainneiden säätyminen rungon järeyden mukaan, syöttönopeuden hidastus katkaisukohtaa lähestyttäessä sekä vastaavasti eteenpäin syötön tai peruutuksen alun kiihdytysvaihe. Niillä on suuri merkitys siihen, että runko pysähtyy heti kerralla tarkasti katkaisukohtaan. Myös hakkuulaitteiden rakenteita on kehitetty niin, että valittavissa on hakattavan puuston ominaisuuksiin, kuten järeyteen ja mutkaisuuteen, hyvin sopivia hakkuulaitteita. Pituusmittapyöriä on saatavilla niin ikään monia erimallisia.

Tukkien katkontatarkkuuden seurantaan on kehitetty rutiineja, joissa hakkuukonekatkontaa verrataan sahalla tukkimittarilla saatuihin mittatuloksiin. Niistä on voitu seurata katkontatarkkuutta ja sen muuttumista konekohtaisesti sekä antaa palautetta koneyrittäjille ja kuljettajille. Seurantarutiineja on ollut käytössä parin vuoden ajan. Seurantatiedoista on todettu, että eräillä hakkuukoneilla tukkien pituustarkkuus on ollut selvästi parempi kuin toisilla. Kun eroja on todettu samantyyppistenkin koneiden välillä, niin on päätelty, että kuljettajien toimintatavat vaikuttavat paljon mittaustarkkuuteen.

1.2 Tavoite

Tämän työn tavoitteena oli kuljettajia ja laitevalmistajia haastattelemalla selvittää se, mitkä seikat vaikuttavat tukkien katkontatarkkuuteen, erityisesti pituustarkkuuteen. Lisäksi tarkasteltiin tukkien pituudenmittauksen tekniikkaa sekä vertailtiin sahan tukkimittarimittauksen ja hakkuukonemittauksen tuloksia.

Selvityksessä esiin nousseita parhaita käytäntöjä yritetään saattaa laajempaan käyttöön tässä tuotetun koulutusmateriaalin (kalvosarjan) avulla. Tarkastelut keskittyvät nykyisin käytössä olevaan mittaustekniikkaan ja sen tarkkuuspotentiaalin täysimittaiseen hyödyntämiseen. Uuden teknologian tarjoamiin kehittämismahdollisuuksiin perehdytään muissa hankkeissa.

2 PITUUDEN MITTAUS HAKKUUKONEELLA

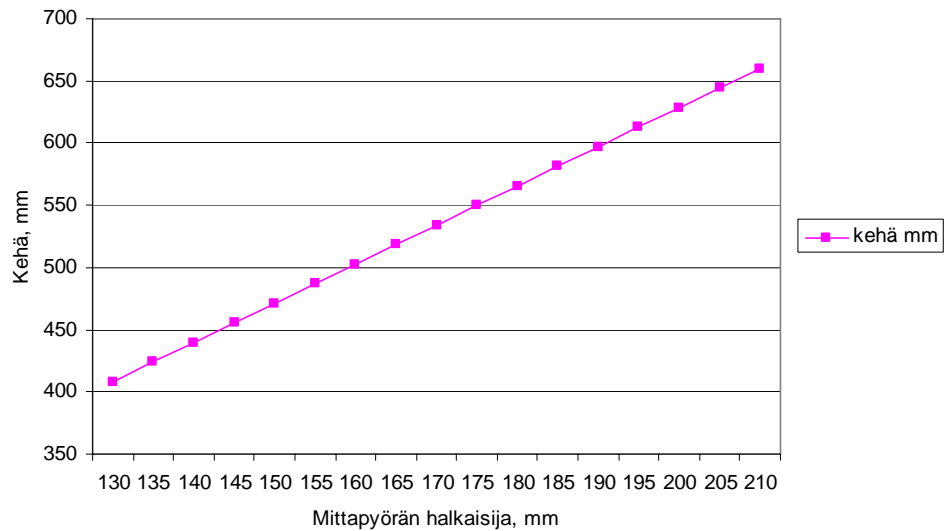
2.1 Hakkuukoneen mittapyörät

Hakkuussa tukin pituus mitataan mittapyörällä (kuva 1) ja siihen liitetyllä pulssianturilla. Mittapyörä on kiinnitetty hakkuulaitteen runkoon nivelöidyn varren välityksellä. Varsi on joko hydraulil- tai jousikuormitteinen, myös niiden yhdistelmää käytetään.

Kuvälähteet Metsäteho ja Komatsu Forest



KUVA 1. Esimerkkejä mittapyöristä.



KUVA 2. Pituusmittapyörän kehä pyörän halkaisijan mukaan.

Laitteista johtuva mittaustarkkuus tai erottelukyky määräytyy mittapyörän kehän pituuden ja pulssianturin pulssiluvun mukaan. Mittapyörien halkaisijat ovat 130–210 mm luokkaa ja hampaat ovat noin 10 mm pitkät. Mittapyörän kehän pituus eli pyörän yhdellä kierroksella kulkema matka saadaan, kun halkaisija kerrotaan piillä. Esimerkiksi 13-senttisen pyörän kehä on 408 ja 14-senttisen 440 mm (kuva 2).

Voidaan päätellä, että mittapyörän vaihteleva painuminen kuoreen ja kulkeminen oksankyhmien yli muuttaa pyörän sädettä puun pintaan nähden jopa 10 mm. Se vaikuttaa pyörän kulkemaan matkaan saman verran kuin pyörän halkaisijan 20 mm muutos, eli yhdellä kierroksella 63 mm (14 %). Esimerkki osoittaa sen, että mittapyörän vaihtelevan suuruinen painuminen ja heiluminen voi olla merkittävä pituudenmittauksen virhelähde.

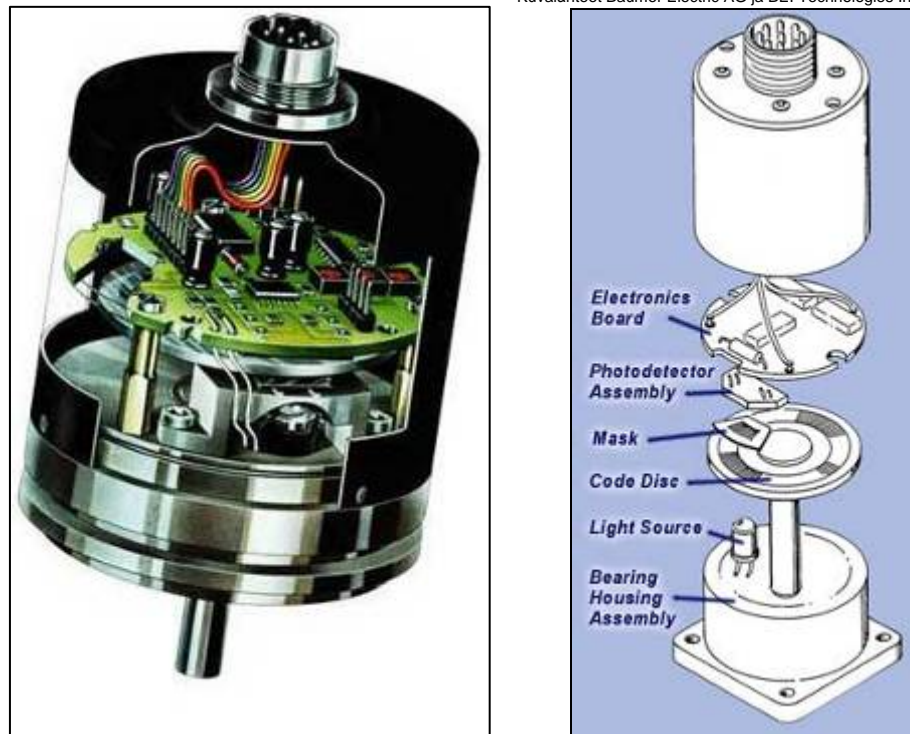
2.2 Pulssianturit

Hakkuulaitteen mittapyörän kulkema matka määritetään yleensä mittapyörän akseliin kiinnitetyllä optisella eli valosähköisellä pulssianturilla (kuvat 3 ja 4).

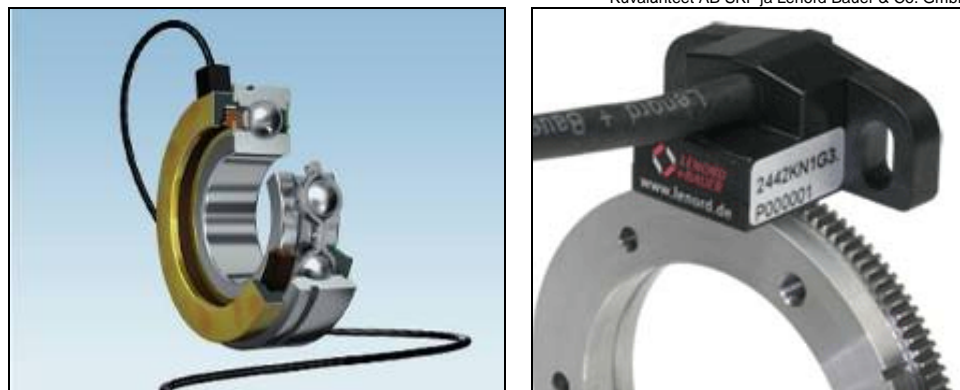
Pituusmittapyörän yhteydessä käytetään jonkin verran sähkömagneettiseen ilmiöön (Hall-ilmiö/anturit) perustuvia antureita (kuva 5). Laakerianturissa on magnetisoitu impulssirengas, jossa magneettikentät vaihtelevat. Ulkokehällä on impulssin tunnistin. Hammaspyöräanturissa magneetti ja impulssitunnistin sijaitsevat paikoillaan ja hammaspyörä toimii kytkimenä. Hallanturit soveltuvat vaikeisiin ulkoisiin olosuhteisiin hyvin – niitä käytetään esimerkiksi ajoneuvojen abs-jarrujärjestelmissä pyörien liiketunnistimina hammaskehä ja tunnistin koteloimattomina.



KUVA 3. Leine & Linde 310 (vasemmalla) ja Emeta 500 -pulssi-anturit (oikealla).



KUVA 4. Pulssi-anturin rakennekuva (Baumer Electric ja BEI Technologies).



KUVA 5. Laakerianturi (SKF) ja hammaspyöräanturi (Lenord+Bauer).

Kun hakkuussa puuta syötetään edestakaisin, niin pulssianturilla on pystytävä tunnistamaan puun liikesuunta. Se saadaan selville kaksikanavaisella anturilla, jonka lähettämät signaalit ovat eri vaiheissa toisiinsa nähden. Anturissa on yleensä lisäksi tunnistuskanava kierrosluvun seuranta varten. Sen avulla voidaan mm. seurata anturin kuntoa tarkkailemalla, että anturista saadaan kierrokselta kaikki signaalit. Hakkuukonesovelluksissa tätä tarkkailuominaisuutta ei toistaiseksi ole käytetty.

Anturin erottelukyky määräytyy yhden kierroksen aikana rekisteröitävien pulssien määrästä. Antureita valmistetaan eri tarkoituksia varten hyvin laajalla pulssilukujen vaihtelulla. Hakkuulaitteissa on käytetty 25–125 pulssin antureita. Kun anturissa on kaksi kanavaa, jotka on porrastettu neljänneksipulssin verran toisistaan, voidaan niiden avulla yhdestä pulssista saada jopa 4 signaalia. Mittaustarpeesta ja käyttösovelluksen signaalinkäsittelykyvystä riippuen anturista voidaan ottaa ilmoitetun pulssiluvun mukainen määrä, kaksinkertainen tai nelinkertainen määrä signaaleja.

Pulssianturin käyttöikä on pitkä. Valmistajien ilmoittamien käyttöolosuhteiden (laakerien kuormitus, tärinä ja lämpötilat) puitteissa käyttöikä on 50 000 tuntia eli jatkuvaa käyttöä 5,7 vuotta. Pulssianturi yleensä joko toimii tai rikkouduttuaan ei toimi lainkaan. Pulssin tai muutaman pulssin häviäminen voi johtua liasta koodikiekolla. Anturi on tosin hyvin suojattu likaa vastaan. Anturirikko voi johtua esimerkiksi kiinnityksen tiukkuudesta tai mittapyörän laakeririkosta, joista syistä anturin laakerit kuormittuvat liikaa ja rikkoutuvat. Anturi kiinnitetäänkin joustavalla liitoskappaleella mittapyörän akseliin. Yleensä pulssianturin toimintahäiriöt johtuvat muusta kuin itse anturista. Todennäköisimpiä vikoja ovat johtimien liitoshäiriöt ja muut johdinhäiriöt.

2.3 Erottelukyky ja katkontatarkkuus

Hakkuukoneiden pituusmittaussovelluksissa käytetään useimmiten pulssilukuun verrattuna 4-kertaista signaalintunnistusta, mutta myös 2-kertaista on käytössä. Signaalimäärä on sovitettu mittapyörän halkaisijan (pyörän yhdellä kierroksella kulkeman matkan) mukaan niin, että riittävä pituusmittaustarkkuus saavutetaan. Siten suurella mittapyörällä käytetään tiheämpipulssista anturia kuin pienellä pyörällä. Käytössä on vielä vanhoja hakkuulaitteita 4 x 25 pulssin anturein (100 pulssisignaalia), mutta 250, 300 ja 400 pulssisignaalia käyttävät sovellukset ovat yleisimpiä.

Pulssiantureiden erottelukyky on hyvä. Yksi signaali merkitsee mittapyörän koosta riippuen 100 pulssisignaalin anturilla noin 4–7 mm:n matkaa ja 400 signaalin anturilla noin 1–1,7 mm (taulukko 1). Mittaukseen liittyy lisäksi anturitekniestä epätarkkuutta, kuten ”lukematarkkuus” ja koodikiekon epäkeskisyys, mutta niistä johtuvat mittavirheet ovat pienet.

TAULUKKO 1. Pulssianturin erottelutarkkuus, mm / yksi pulssisignaali, erikokoisilla mittapyörillä ja signaaliluvuilla.

Mittapyörän halkaisija, mm	Pulssisignaaleja anturilta, kpl/kierros		
	100	250	400
130	4,08	1,63	1,02
150	4,71	1,88	1,18
170	5,34	2,14	1,34
190	5,97	2,39	1,49
210	6,60	2,64	1,65

Toteutuva mittaustarkkuus riippuu eniten mittapyörän epäsäännöllisestä painumisesta kuoreen ja muusta epätasaisesta ylös alas liikkeestä puun pinnalla. Ne pidentävät mittapyörän kulkumatkaa pölkyn todelliseen pituuteen verrattuna.

Siihen, kuinka tarkasti hakkuulaite pysähtyy katkaisukohtaan, vaikuttavat mm. puun järeys (massa) ja muut ominaisuudet, syöttö- ja pysäytysnopeus, hakkuulaitteen puristusvoimat ja katkaisuikkunan säädöt.

Hyvän katkaisutarkkuuden saavuttamiseksi hakkuulaitteiden ohjausjärjestelmiin on kehitetty monenlaisia ominaisuuksia:

- säätöjä voidaan muuttaa helposti ohjelmallisesti
- runkolajikohtainen mittauskalibrointi
- tyvitukille erillinen pituuskorjaus
- pituusmittaukseen on valittu aiempaa tiheämpipulssisia antureita
- karsintaterien ja syöttörullien puristusvoimien säätöminen käsiteltävän puun koon mukaan on automatisoitu
- syötön jarrutusvoimakkuus katkaisukohtaan ja vastaavasti kiihdytys syötön liikkeelle lähdössä voidaan säätää
- automaattinen katkaisusahaus toimii vain hyväksytyssä sahausikkunassa
- pysähtyminen on yleensä ohjelmoitu sahausikkunan keskelle

Kaikkien näiden säätöjen avulla on mahdollista päästä hyvään pituustarkkuuteen katkonnassa. Toisaalta voidaan sanoa, että tarkka katkenta edellyttää hakkuukoneen säätöjen käyttöä runkojen ominaisuudet ja olosuhteet huomioon ottaen. Säättömahdollisuuksien ansiosta sahausikkuna voidaan asettaa pieneksi, 1 cm:iin, ellei sitten koneen tekniikka mahdollista aivan tarkkaa (muutaman millimetrin) katkaisukohtaan ajoa.

2.4 Kuljettajan rooli

Kuljettajalla on keskeinen rooli katkontatarkkuuden ylläpidossa. Laitteiden huolto- ja säätötoimenpiteiden sekä kalibroinnin lisäksi työtapa vaikuttaa tarkkuuteen. Kaatosahauksen ja kaadon jälkeen hakkuulaitteen ote rungosta voi osittain irrota. Näin käy helposti myös raahattaessa järeää runkoa käsittelypisteeseen. Jos kuljettaja ei korjaa otetta ja ”nollaa” pituusmittaa esim. sahausliikkeellä, tyvipölkyn pituusmittaan voi tulla virhe.

Myös kaatosahauspintaan jääneet lipat ja juurenniskan säleet tulisi poistaa, jotta vastaavuus tukkimittarin pituusmittaan säilyisi. Kuitupuupölkkyjen katkontaan liittyy joukko muitakin virhelähteitä, esim. kaksihaariset latvat ja latvakatkot, joihin kuljettaja myös voi työtavoillaan vaikuttaa. Niiden merkitys on tosin jalostusprosessin kannalta pienempi kuin sahatukkien katkontavirheiden.

3 TUKKIEN PITUUDEN MITTAUS SAHALLA

3.1 Mittaustekniikka

Sahalla tukin pituus mitataan tukkikuljettimen taittopyörän akseliin kytkeytyllä pulssianturilla (kuva 6). Mittaus aloitetaan, kun tukki katkaisee kuljettimen yli asetetun valokennon säteen, ja mittaus päättyy, kun tukki on ohittanut valokennon (kuva 7). Tukin pituus lasketaan anturilta saatavien pulssien lukumäärän ja yhtä pulssia vastaavan kuljettimen kulkeman matkan perusteella.

Tukkimittarin pulssianturin toiminnan varmistamiseksi uusimmissa sovelluksissa on alettu käyttää pulssianturin mahdollistamaa kierroslaskuria. Siten saadaan hälytys, jos kierrokselta saatu pulssiluku poikkeaa siitä mitä sen pitäisi olla.

Tukkimittauksessa käytetään yleensä 500 pulssin anturia ja siitä luetaan 2000 signaalia. Kuljettimen taittopyörät ovat melko kookkaita, halkaisijaltaan noin 50–60 cm, ja sen lisäksi kuljettimen järeät ketjut ja kolat lisäävät taittopyörän kohdalla kääntösädettä ja -kehän pituutta. Esimerkiksi 70 cm ympyrähalkaisijalla yksi pulssisignaali vastaa 1,1 mm matkaa, kun kierrokselta luetaan 2000 signaalia.



KUVA 6. Pulssianturi tukkikuljettimen taittopyörän akselissa.



KUVA 7. Valokenno, vasemmalla vastaanotin, oikealla valolähde.



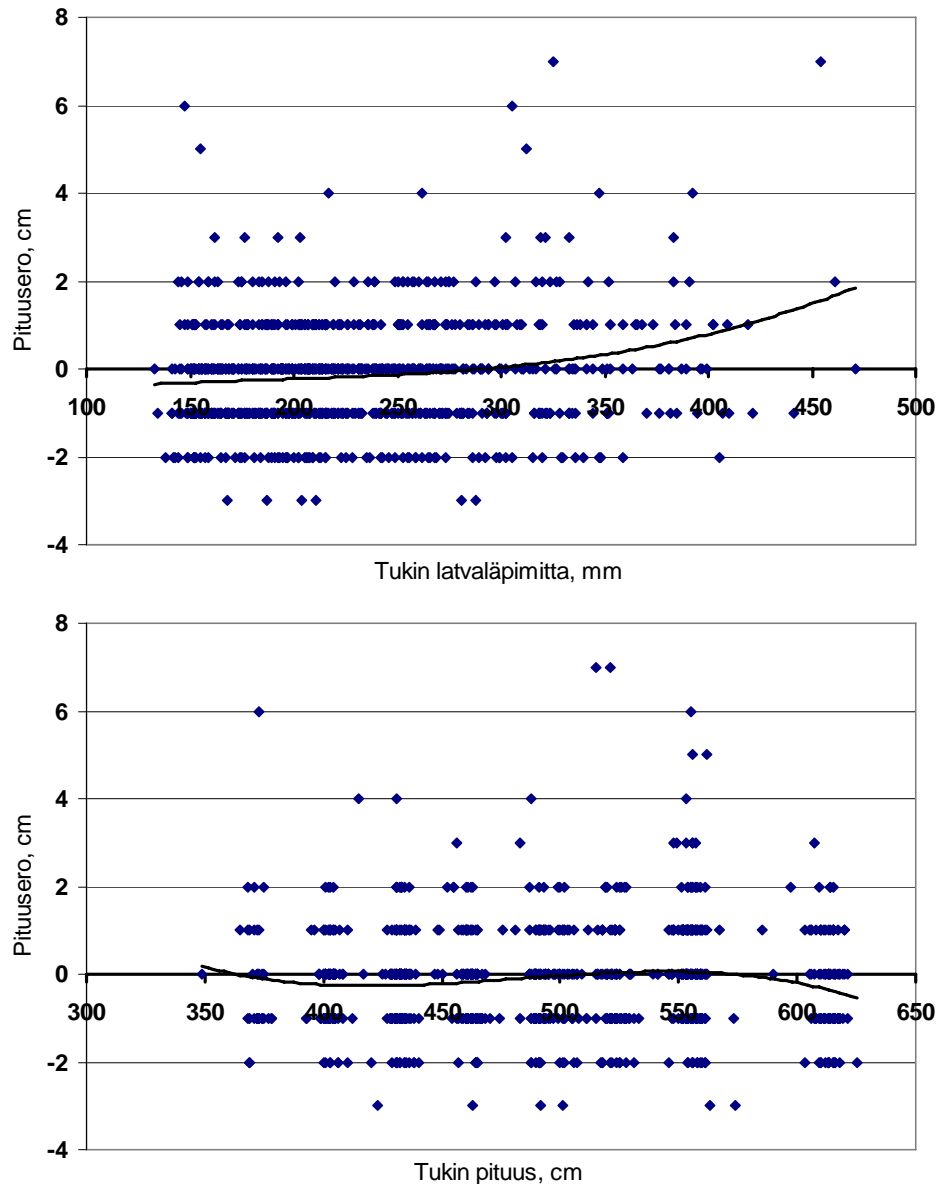
KUVA 8. Vinosahausta ja lipaa voivat aiheuttaa suuria mittavirheitä tukkien pituusmittauksessa sahalta. Kuvassa valokennon säteen mahdolliset kulkukohdat on merkitty keltaisella.

Pulssianturilla päästään noin 2 – 3 mm:n mittaustarkkuuteen, kun tukin kummankin pään kohdalla voi sattua yhden pulssisignaalin aikana kuljettimen kulkeman matkan suuruinen poikkeama. Tukkimitareiden pituusmittauksen tarkkuudeksi ilmoitetaan tavallisesti ± 1 cm. Merkittävimpiä syitä käytännössä ilmeneviin epätarkkuuksiin ovat tukkien vinopäisyys, tukkien ja kuljettimen heilahtelu, kuljettimen ketjun kulumat ja venymät, ketjulenkkien vaihdot ja valokennon häiriöt. Eräällä tukkimittarilla tehdyssä muutamia pölkkyä mitattiin useaan otteeseen ja pituushajonnaksi saatiin noin 4 mm.

Tukin vinopäisyyden vaikutus pituusvirheeseen riippuu vinouden sijainnista valokennon säteeseen nähden. Säde kulkee esimerkiksi 60 mm kuljettimen kolan yläpuolella. Vinoudesta johtuen pölkylle saadaan aina todellista minimipituutta suurempi pituus. Lipan ja mahdollisen irtonaisen kuoren mukaantulo pituuteen riippuu lipan ja kuorisuikaleen suuruudesta ja sijainnista valokennon säteeseen nähden (kuva 8).

3.2 Mittaustarkkuus

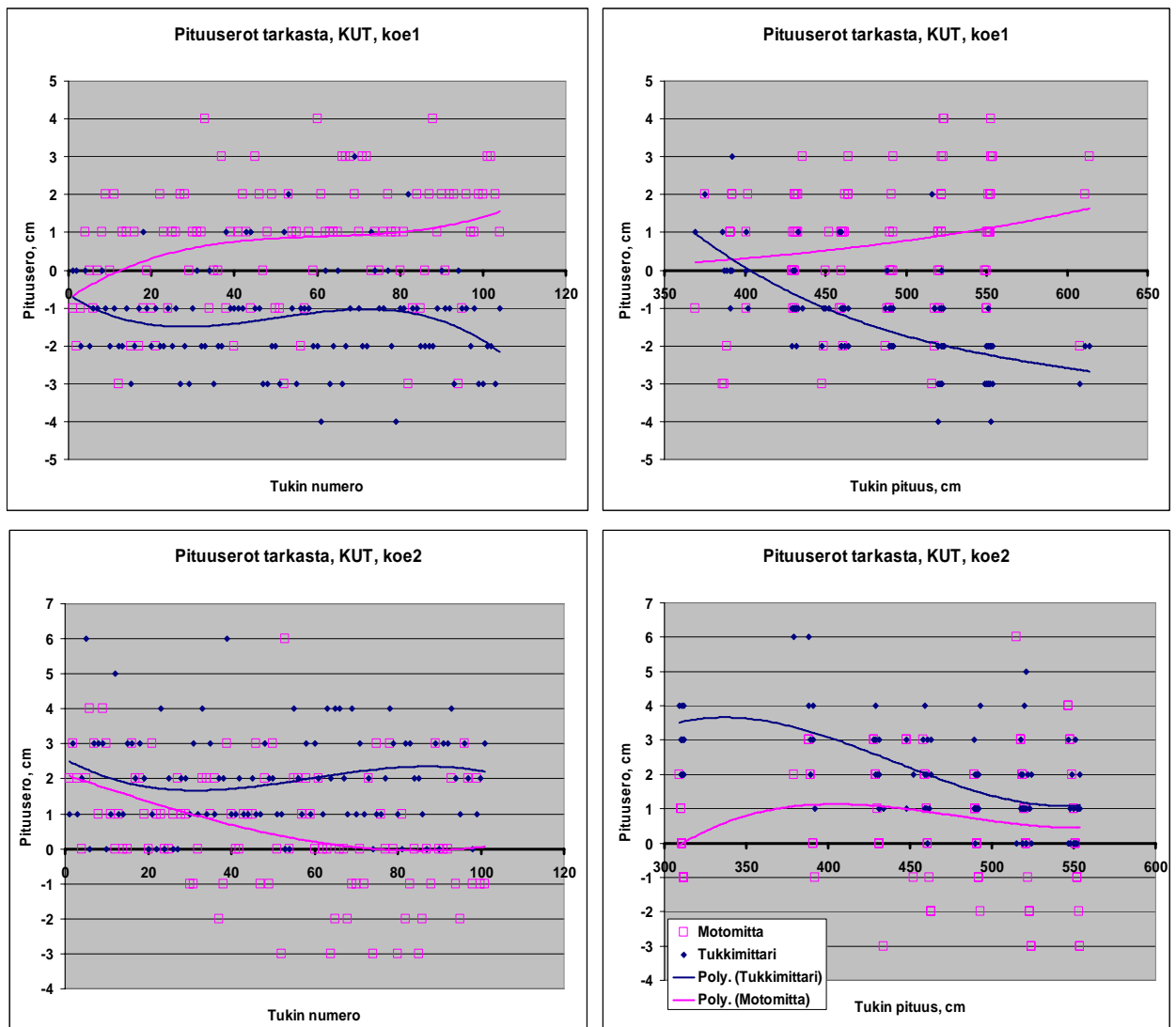
Kun sahan tukkimittaria käytetään työ- tai luovutusmittauksen perusteena, mittausta toteutettava maa- ja metsätalousministeriön (MMM) vahvistamien mittausten menetelmien ja -ohjeiden mukaan. Niissä edellytetään mittaustarkkuuden seuranta tarkastusmittauksin. Satunnaisesti arvottujen pölkkyjen tarkastusmittaus tehdään pätkittäinmittauksella samalla tavalla kuin hakkuukonemittauksen tarkastuksessa.



KUVA 9. Tyypillinen tulos sahan tukkimittarin tarkastusmittauksessa todetuista tukkien pituusmittojen eroista.

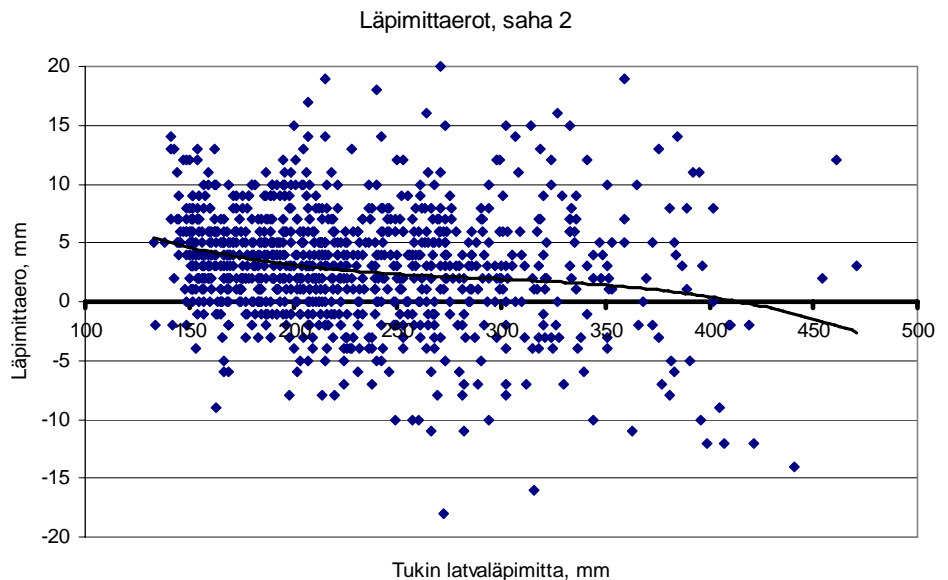
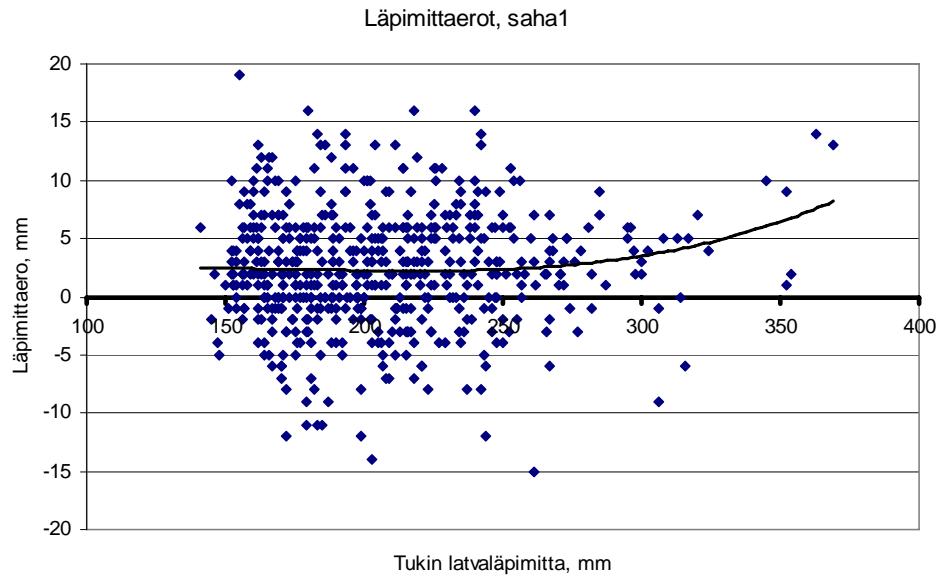
Tukkimittarimittaukseen liittyvän epävarmuuden hahmottamiseksi tarkasteltiin tarkastusmittaukseen sattuneiden tukkien mittatietoja. Aineistoa oli kahdeksalta sahalla käsittäen vuonna 2005 ja syyskuu 2005 – huhtikuu 2006 välisenä aikana tehtyjä tarkastusmittauksia. Aineistossa saha- ja puulajikohtaiset tukkimäärät vaihtelivat noin 300:sta noin 1000:een.

Tukkien pituuden mittaustarkkuus oli yleensä hyvä. 69–98 % tukeista oli mitattu tukkimittarilla $-1...+1$ cm tarkkuudella, kun vertailuna oli mittanauhalla tehty tarkastusmittaus. Mediaanitulos oli 83 %. Kun pituusmittauksen poikkeamaksi hyväksyttiin $-2...+2$ cm, niin huonoin tulos parani 84 %:iin. Tuloksissa ei havaittu selvää vuodenajoittaista vaihtelua. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta tukkimittari oli mitannut läpimitaltaan järeimmät tukit tarkastusmittauksessa todettua pitemmiksi. Pituustarkkuus ei riippunut tukin pituudesta. Kuvassa 9 esitetään tukkimittarin tarkastusmittausaineistoista saatu tyypillinen tukkien pituustulos.



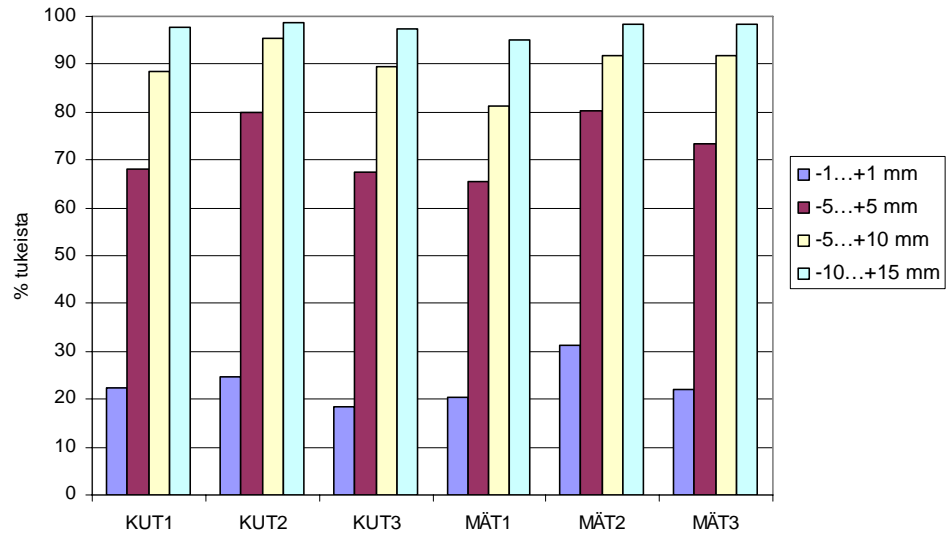
KUVA 10. Kahdessa kuusitukierässä todetut hakkuukonemittauksen ja tukkimittarimittauksen erot mittanauhalla mitatuista pituuksista.

Tämän selvityksen teon aikaan toteutettiin tutkimus, jossa verrattiin hakkuukoneen ja tukkimittarin rekisteröimiä tukkien pituuksia mittanauhalla mitattuihin pituuksiin. Aineisto käsitti kaksi noin 100 kuusitukin erää, jotka hakattiin eri hakkuukoneilla mutta mitattiin samalla tukkimittarilla. Sekä hakkuukoneiden mittaustarkkuudet että tukkimittarin mittaustarkkuus vaihtelivat lavasti ja poikkesivat selvästi mittanauhalla mitatuista (kuva 10). Kun tukit oli numeroitu, voitiin havaita jopa yksittäisten tukkien pituusmittojen erot eri mittauksissa. Koska mittauskokeilujen väli oli useita viikkoja, tukkimittarin kalibrointeja oli välillä muutettu. Tulos osoittaa, että jos esimerkiksi tukkimittarin kalibrointi ei ole paikallaan, tukkimittarimittaus voi antaa harhaisen tiedon hakkuukoneiden mittaus- ja katkontatarkkuudesta.



KUVA 11. Tukkimittarilla mitattujen kuusitukkien latvaläpimittojen erot tarkastusmittauksessa todettuihin kahdella sahalla.

Tarkastusmittauksessa mitattuja tukkien latvaläpimittatietoja oli käytettävissä viideltä sahalta käsittäen kolme kuusi- ja kolme mäntytukkiositetta. Näissä ositteissa tukkimittarien rekisteröimistä latvaläpimitoista vain 18 – 25 % oli $-1...+1$ mm vaihteluvälissä mittasaksilla mitatuista läpimitoista. Kun vaihteluväliksi asetettiin $-5...+10$ mm, niin noin 90 % tukkimittarimittauksista saavutti tuon tarkkuuden (kuvat 11 ja 12).



KUVA 12. Tukkien latvaläpimitan mittaustarkkuus eräillä sahoilla tarkastusmittausten perusteella.

Edellä esitettyihin, kuten kaikkiin muihinkin, mittaustarkkuutta koskeviin tuloksiin sisältyy aina myös itse tarkastusmittavälineestä ja sen käyttäjästä aiheutuvaa epävarmuutta, ns. mittausepävarmuutta. Metsätehon ”Tarkastus- ja kalibrointimittauksen kehittäminen” -hankkeessa tehtyjen melko suppeiden kokeiden perusteella mittasaksia ja metsurimittaa käytettäessä läpimitan mittausepävarmuus kasvaa helposti puoleen senttiin ja pituuden puoleentoista senttiin. Jos tämä epävarmuus voitaisiin poistaa edellä esitetyistä tukkimittarimittauksista, mittaerojen hajonnat pienenisivät vastaavasti.

4 KATKONTATARKKUUDEN SEURANTA

4.1 Tarkastusmittaus

MMM:n vahvistaman hakkuukonemittausohjeen mukaisen tarkastusmittauksen tarkoituksena on ensisijaisesti varmistaa kuutiointituloksen oikeellisuus. Tarkastusmittauksessa pölkyn pituus mitataan yhden senttimetrin tarkkuudella ja läpimitat metrin välein yhden millimetrin tarkkuudella. Tarkastusmittaus tehdään elektronisilla mittasaksilla, joihin on kiinnitetty metsurinmitta. Metsurinmitalla saavutettava pituusmitan tarkkuus riippuu siitä, kuinka huolellisesti mitta kiinnitetään 0-kohtaan. Siinä voi helposti sattua senttiluokan poikkeama oikeasta.

Vaikka tarkastuksen kohteena ovat tilavuudet puutavaralajiryhmittäin, pölkkykohtaisista mittaustiedoista voidaan tarkastaa hakkuukoneen tekemän pituus- ja läpimitan mittauksen tarkkuutta ja arvioida mittalaitteen kalibrointitarvetta kyseisellä leimikolla. Verraten harvoin tehtävät tarkastusmittaukset eivät riitä hakkuukoneen pituuskatkonnan tarkkuuden ylläpitämiseen, vaan se edellyttää lähes päivittäistä pituusmittatarkkuuden seuraamista.

4.2 Pituustarkastus työn aikana

Tukkien mittaustarkkuuteen, erityisesti tukkien pituustarkkuuteen, on kiinnitetty viime vuosina yhä enemmän huomiota. Urakanantajat ovat ohjeistaneet työmaalla tehtävää katkontatarkkuuden seurantaan mm. siten, että hakkuukoneenkuljettajien pitäisi jokaisen työvuoron aikana tarkastaa vähintään 10 – 15 tukin pituus. On käytäntöjä, joissa tarkastustiedot on lähetettävä urakanantajan tietojärjestelmään tai kirjattava hakkuukoneen lokiin, vaikka mittalaitetta ei kalibroitaisi. Tarkastustietojen kirjauksella on merkitystä silloin, kun mittalaitteen toiminnassa todetaan jokin häiriö. Kirjauksista voidaan tarkistaa, kuinka mittalaite on toiminut ja koska häiriö on voinut alkaa.

Pituusmitan tarkastuksessa kuljettajat käyttävät joko metsurinmittaa tai timpurinmittaa. Metsurinmitta on kiinnitettävä huolellisesti, jotta se asettuu 0-kohtaan oikein. Timpurinmitan käytössä on ongelmana se, että mitta ei pysy tukin päässä yhtä hyvin kiinni kuin metsurinmitta.

Pölkkyjen pituuden tarkastuksessa on käytetty seuraavia tarkkuustasoja:

- tarkkojen pituuksien vertailu: mittalaitteen rekisteröimä pituus ja mittanauhalla mitattu pituus
- vertailtu, että pölkyn pituus on hakkuulaitteelle ohjelmoidun sahausikunan alueella
- vertailtu, että pölkyn pituus on sahan hyväksymän tarkkuuden rajoissa.

4.3 Tukkimittarimittaus sahalla

Kun sahalla mitataan kaikki tukit, siitä saadaan jatkuva palaute hakkuukoneen pituusmittauksen tarkkuudesta. Mittaustuloksia voidaan lisäksi helposti luokitella ja siten saada lisää informaatiota hakkuukonemittauksen seurantaan. Huonona puolena on se, että tieto saadaan hakkuukoneelle usean päivän, jopa viikkojen viipeellä, eikä sillä siten ole käyttöä hakkuu- ja mittalaitteiden säätöjen ylläpidossa. Sahalla tehtävään mittaukseen voi sisältyä edellä mainittujen pulssianturiin ja valokennoon liittyvien seikkojen lisäksi muitakin virhetekijöitä, ennen muuta talvella pölkkyjen päihin kertyvät lumi ja jää aiheuttavat mittavirhettä. Lisäksi tietyille sahalle tarkoitettujen tavanomaisesta moduulipituudesta poikkeavien tukkien satunnainen toimitus toiselle sahalla tuottaa katkontapituuksien vertailutietoihin harhaa.

Sahan mittavertailuista voidaan seurata edellä mainituin varauksin hakkuukonemittauksen tarkkuuden kehittymistä ja vaihtelua esimerkiksi olosuhteiden mukaan. Hakkuukoneyrittäjät saavat palautetta sahan tukkimittauksesta seuraavin tavoin:

- palaute lähetetään yrittäjälle sähköisesti kuukausittain tai muutaman keran kuukauden kuluessa
- yrittäjä voi tarkastella mittausvertailua sähköisestä tietopalvelusta leimikoittain ja jopa autokuormittain
- mittausvertailuja käsitellään tiimipalavereissa
- suurista poikkeamista soitetaan tai lähetetään sähköpostiviesti hakkuukoneeseen

Yrittäjien saaman mittavertailun erittely vaihtelee. Yleisin palautetieto on puulajikohtainen (mänty- tai kuusitukit), sahan hyväksymään katkaisuikkunaan osuneiden tukkien %-osuus mittauserässä. Ehkä yleisin katkaisuikkuna on -3...+3 cm moduulipituudesta ja muita käytettyjä katkontaikkunoita ovat -3...+5, -2...+4 ja -2...+3 cm.

Tarkimmillaan yrittäjälle menevä erittely sisältää joko pituusluokittain tai latvaläpimittaluokittain tiedot ja graafit tukkien pituuksien poikkeamista moduulipituudesta yhden sentin luokin. Lisäksi seurataan jakaumatavoitteen toteutumista sekä tukkien laatuvaatimusten täyttymistä. Mutkat ja lenkous ovat yleisimmät vajaanalaatuserät.

Kehittyneimmillä seurantasovelluksilla pituustarkkuustiedot voidaan lajitella tukkilaaduittain, jolloin saadaan esimerkiksi tyvitukkien ja muiden tukkien tiedot erilleen. Kun kuusitukkeja ei luokitella laatuun, niin kuuselle ei saada erikseen tyvitukkien pituusseurantaa.

5 TUKKIEN PITUUSSEURANNAN TULOKSIA

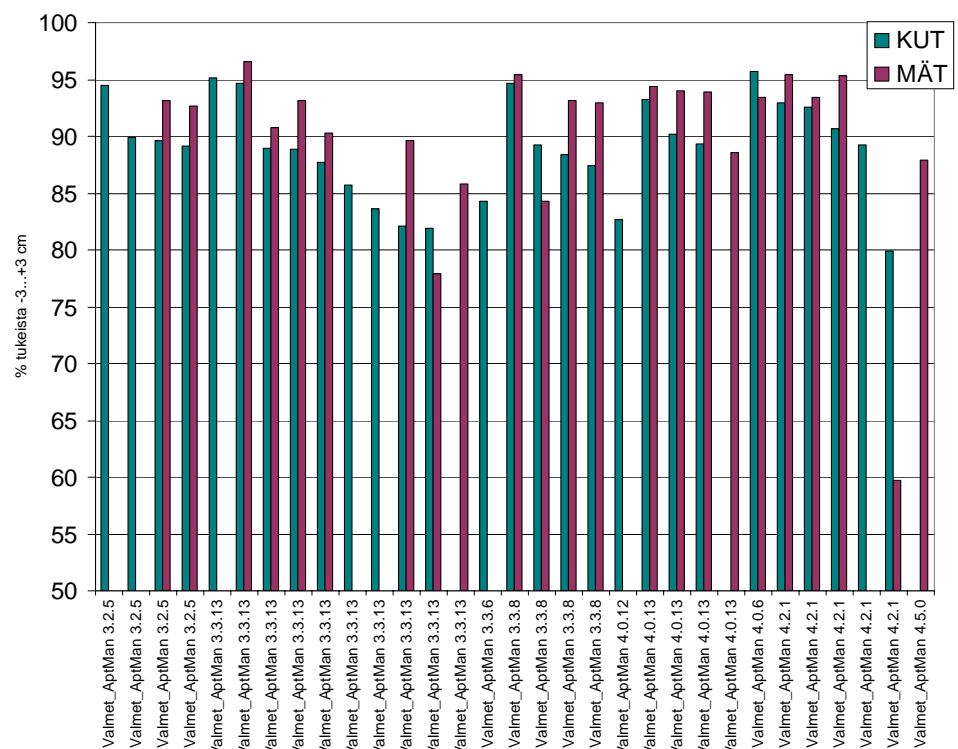
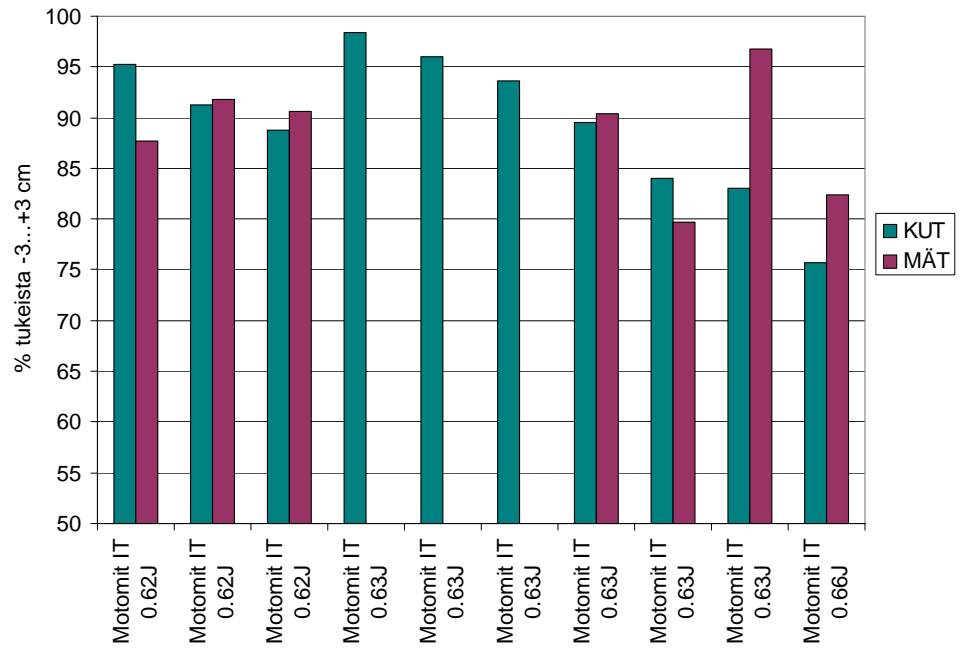
5.1 Mittalaitokohtainen kehitys

Laiteteknisen kehityksen merkitystä voidaan arvioida vertailusta, jossa on mittaustarkkuustiedot samaan aikaan käytössä olevista erilaisista mittalaitteista ja ohjelmistoversioista. Esimerkkinä esitetään eräs yhteenveto syyskuun 2005 – helmikuun 2006 aikana saadusta tiedosta saadusta tiedoista (kuva 13a ja 13b). Kuvissa jokainen pylväs tai pylväspari (kuusi ja mänty) edustaa yhtä hakkuukonetta. Pituusmittauksen vertailutiedot on yhdistetty konekohtaisesti kaikilta niiltä saadusta tiedoista, joille tukkeja on kyseisenä aikana toimitettu ja joilla pituusvertailu on ollut käytössä.

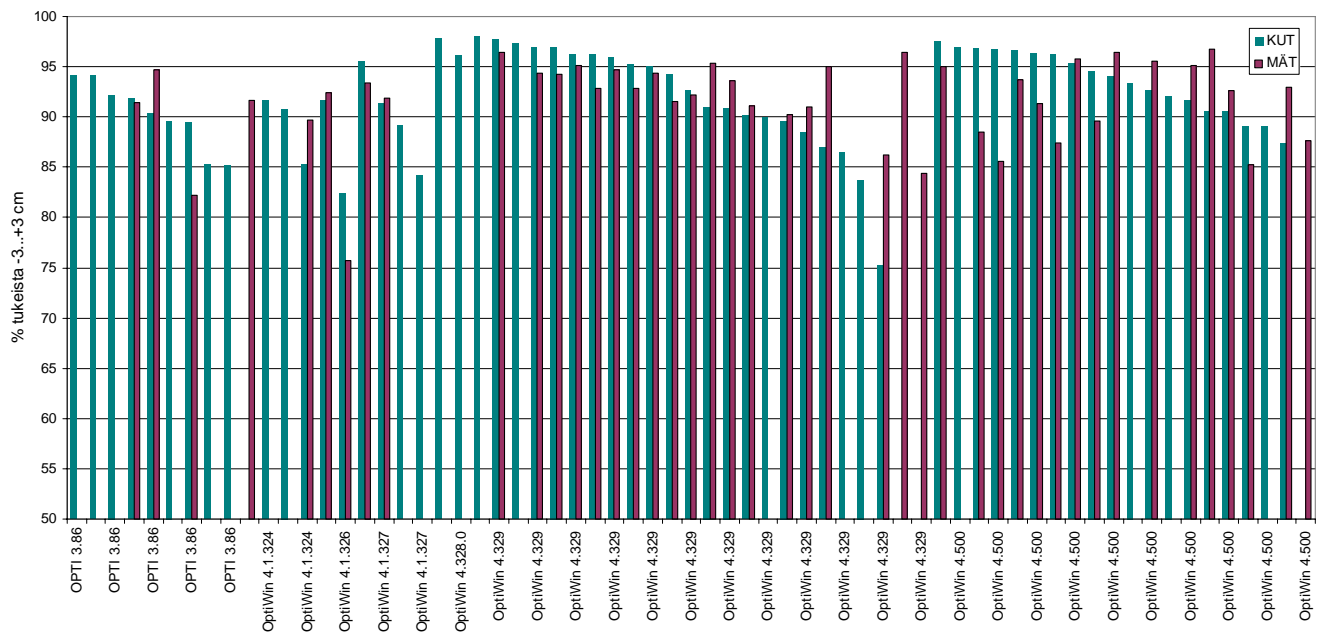
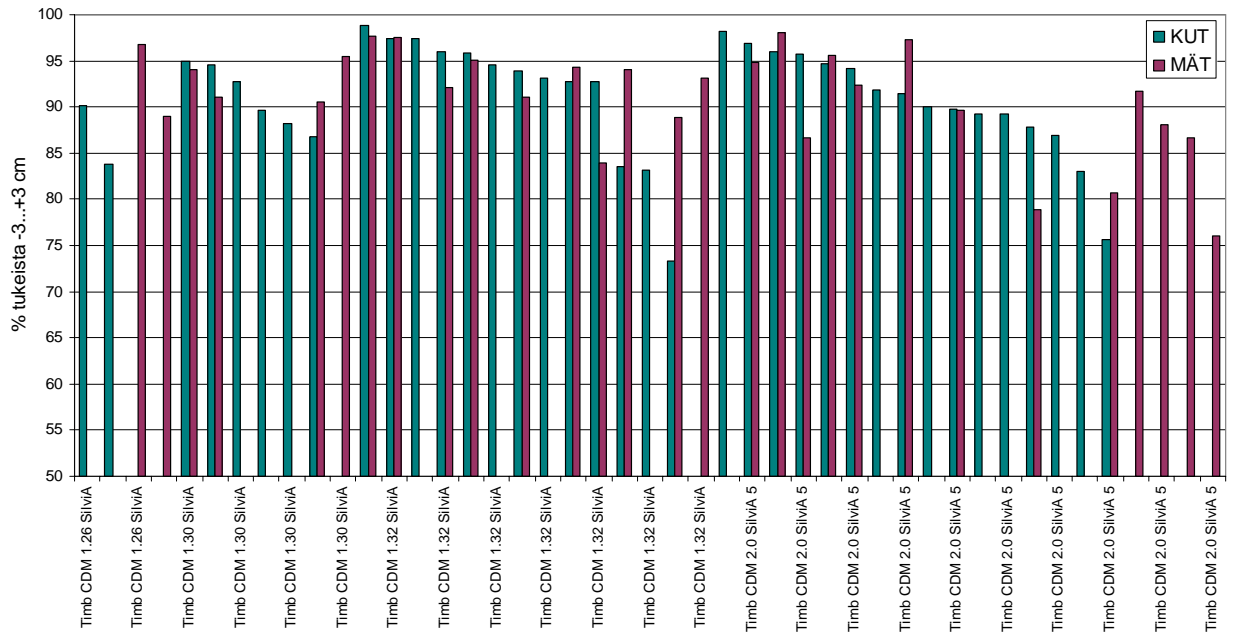
Graafeista voidaan havaita, että uusimmilla sovelluksilla ei ole päästy merkittävästi parempaan pituustarkkuuteen kuin aiemmilla sovelluksilla. Lisäksi nähdään, että kaikilla sovelluksilla pituustarkkuus vaihtelee melko paljon. Puulajikohtaista tarkkuuseroa näkyy selvimmin vain Valmet-koneilla. Niillä mäntytukit on useimmiten katkottu tarkemmin kuin kuusitukit.

Samanlaisia tuloksia on saatu eräissä ammattikorkeakoulujen opinnäytetutkimuksissa. Niissäkään ei havaittu oleellisia tarkkuuseroja konemerkkien välillä eikä saman merkin eri versioiden välillä.

Vaikka mittaus- ja ohjausjärjestelmiä on kehitetty versiosta toiseen, pituustarkkuus ei silti ole selvästi parantunut. Vaikuttaa siltä, että hakkuu- ja mittalaitteiden säätömahdollisuuksia ei vielä täysin hyödynnetä.



KUVA 13a. Tukien katkontatarkkuudet Motomit- ja Valmet -mittalaiteiden eri versioilla aikajaksolla syyskuu 2005–helmikuu 2006.



KUVA 13b. Tukkien katkontatarkkuudet Timbermatic- ja Opti-mittalaitteiden eri versioilla aikajaksolla syyskuu 2005–helmikuu 2006.

5.2 Esimerkkitapauksia

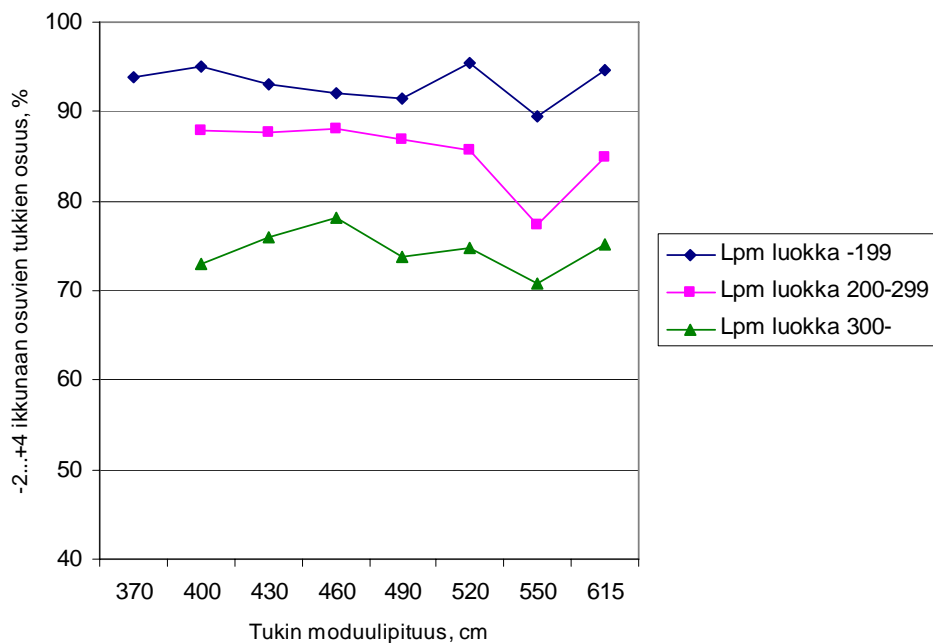
Kun kuusitukkeja ei lajiteltu laatuihin, eli tyvitukkeja ei kirjattu erikseen, mittausaineistoa lajiteltiin tukkien järeyden mukaan ja siten pyrittiin saamaan valtaosa tyvitukeista omaan luokkaansa. Lajittelussa käytettiin kolmea järeyttä latvaläpimitan mukaan:

- ...199 mm
- 200...299 mm
- 300... mm

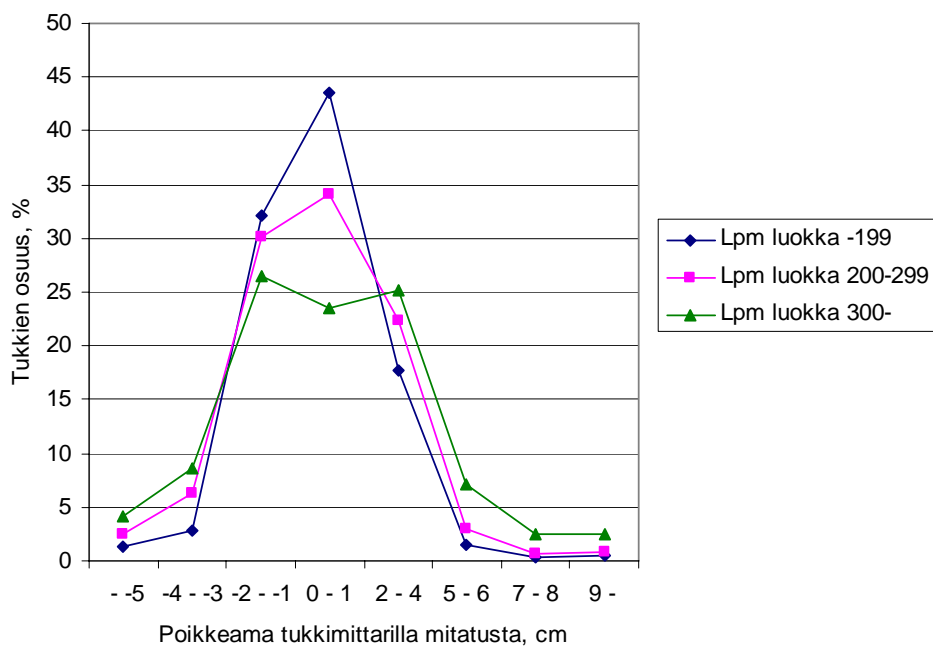
Hyväksytty katkaisuikkuna oli $-2...+4$ cm moduulipituudesta. Seuraavassa esimerkkitapauksessa siihen osui kuusitukeista kaikkiaan noin 88 %. Kuvasta 14 havaitaan, että järeiden tukkien pituustarkkuus on selvästi huonompi kuin pienten tukkien. Pituustarkkuus ei riipu selvästi tukin pituudesta.

Kun piirretään tukkien pituuspoikkeamien jakaumat tukkimittarilla saaduista pituuksista, nähdään, että poikkeamien jakaumat ovat samantapaiset kaikissa järeysluokissa (kuva 15). Se osoittaa, että hakkuukonemittauksessa on käytetty tyvikorjausta tai että sellaisella ei voida tulosta enempää parantaa. Sen sijaan parantamisen tarvetta on katkontaikkunan leveydessä. Kuvasta nähdään, että toteutunut sahausikkuna on leveä, $-5...+9$ cm. Vaihtelu on sitä suurempaa mitä järeämpiä tukit ovat. Järeimmillä tukeilla pitkien pölkyjen osuus on selvästi suurempi kuin pieniläpimittaisilla tukeilla.

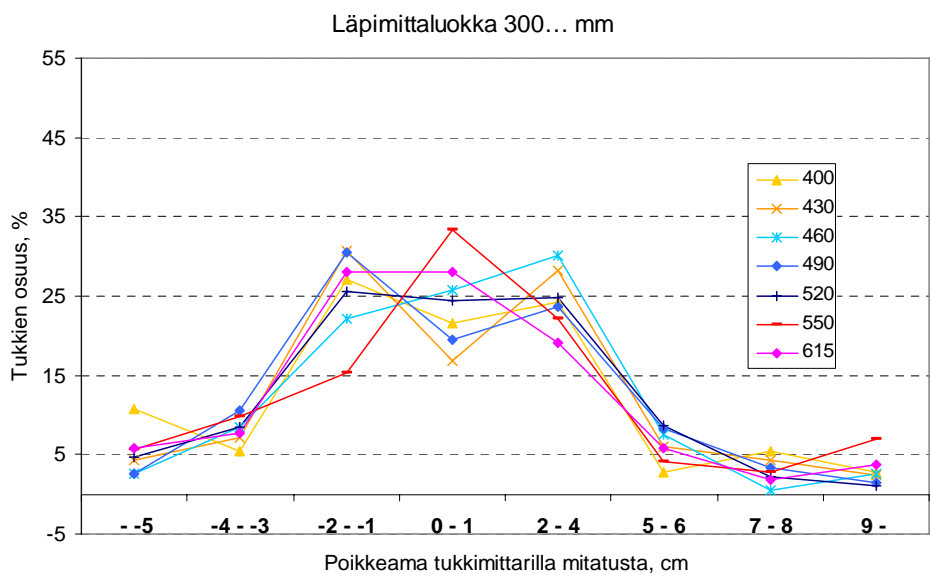
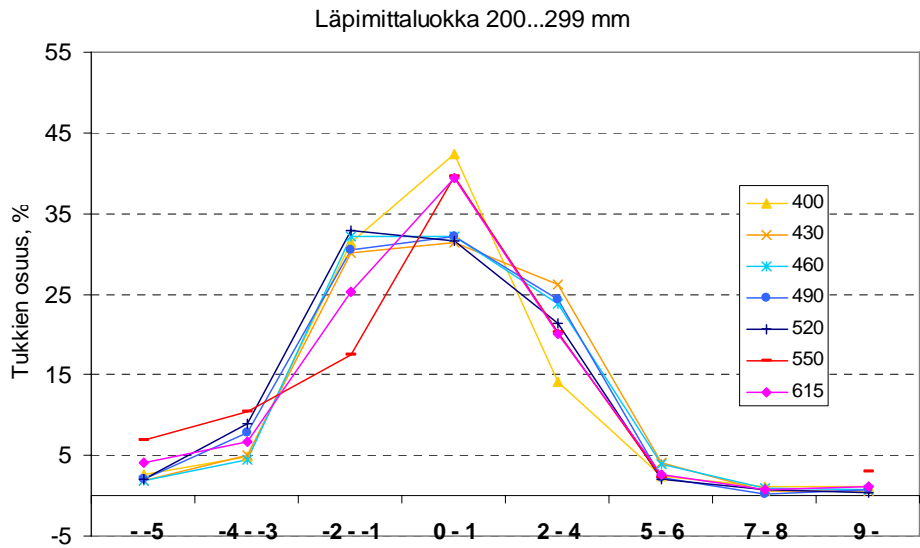
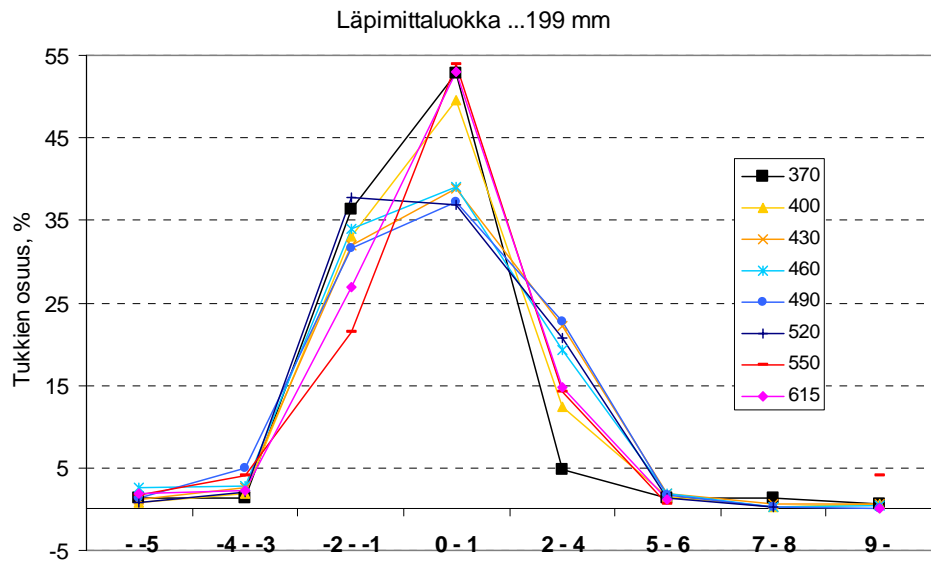
Kuvassa 16 pituuspoikkeamat esitetään järeysluokan lisäksi pölkyjen pituusluokittain. Missään järeysluokassa pituuspoikkeamat eivät riipu tukin pituudesta, eli lyhyet ja pitkät tukit on katkottu yhtä epätarkasti. Sen sijaan kuvaajissa toistuu jo aiemmin todettu, että järeiden tukkien pituustarkkuus on selvästi huonompi kuin pienikokoisten tukkien pituustarkkuus.



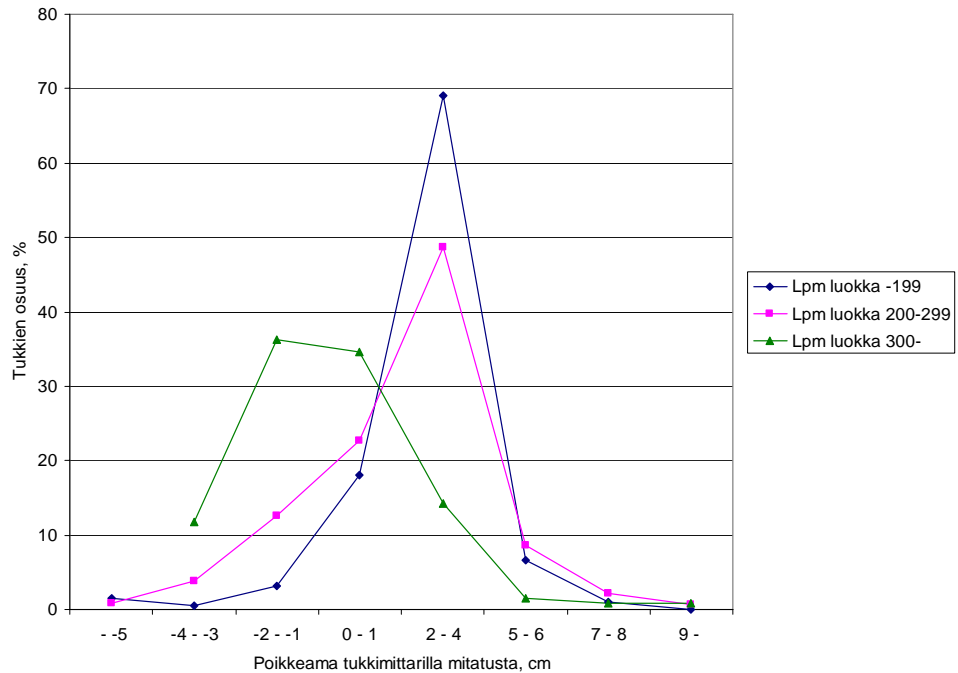
KUVA 14. Esimerkki kuusitukkien pituustarkkuudesta.



KUVA 15. Tukkien pituuspoikkeamat esimerkkitapauksessa järeysluokittain.



KUVA 16. Tukkien pituuspoikkeamat järeys- ja pituusluokittain.



KUVA 17. Tyvitukille pituuskorjauksen tarvetta osoittava poikkeama.

Kuvassa 17 on esimerkki selvästä tyvikorjauksen tarpeesta. Jos palaute sahan tukkimittauksesta kuljettajalle sisältää vain hyväksytyyn katkaisuikkunaan osuneiden tukkien osuuden, joka oli tässä tapauksessa noin 85 %, tyvikorjauksen tarpeellisuus ei tule tietoon. Tosin tässäkin tapauksessa tyvikorjaus ei yksistään riitä parantamaan kokonaistulosta, koska pituuspoikkeamien vaihteluväli on suuri.

Esitetyt kaksi esimerkkiä olivat käyttöön saadussa aineistossa hyvin tyypillisiä. Huonon pituustarkkuuden syynä oli suuri pituusvaihtelu. Eräissä tapauksissa ilmeni myös tyvitukin pituuskorjauksen tarvetta.

6 KÄYTTÄJIEN JA VALMISTAJIEN KOKEMUKSIA

Hyvään katkontatulokseen johtavien toimenpiteiden ja teknisen ratkaisujen selville saamiseksi haastateltiin muutamaa kymmentä koneyrittäjää, kuljettajaa, kone- ja laitevalmistajan sekä puunhankinnan edustajaa kevään 2006 aikana. Tarkan pituuskatkonnan edellytykseksi todettiin ensinnäkin mitta-laitteiden kunto ja siitä huolehtiminen. Sen jälkeen katkonnan tarkkuus on eniten kuljettajan käsissä.

Epätarkkuutta syntyy varsinkin silloin, kun runkoa joudutaan syöttämään edestakaisin katkaisukohtaa haettaessa. Mittapyörä ja tukipyörä irrottavat kuorta ja kuori tarttuu mittapyörään tai luistaa pyörän alla. Ongelma on suuri nila-aikaan. Pituustarkkuutta huonontavaa edestakaisin syöttöä aiheutuu

myös silloin, kun tavoitellaan pitkää tukkia, mutta kun tukkiosuuden maksimoimiseksi joudutaankin peruuttamaan pitkälti tyvelle päin kahden lyhyen tukin valmistamiseksi. Tärkeimmät asiat ovat, että nila-aikana käytetään kapeaa ja hyväpiikkistä mittapyörää, ja että katkaisukohtaan pystytään ajamaan kerralla.

6.1 Laitteiden kunto

Laitteiden kunnan osalta voidaan listata seuraavat seikat:

- mittapyörän hampaat ja laakerointi
- mittapyörän puristusvoima
- etukarsintaterän kunto
- laipan suoruus ja teräketjun kunto
- tukipyörän laakerointi
- pulssianturin ja johdinliitosten toimivuus
- liikkuvien osien ja kiinnitysten väljyys

Mittapyörän pitäisi olla sellainen, ettei sen painuminen puuhun vaihtele paljoa. Hampaissa ei saisi olla suuria olakkeita, jotka reagoivat helposti painumisvastuksen, kuten kuoren kovuuden, muutoksiin. Pyörän hampaat eivät saa olla kuluneet eivätkä lohkeilleet. Nila-aikana hampaiden pitäisi yltää kuoren läpi siten, että pyörä saa kosketuksen puun pintaan eikä luista kuoren mukana. Siksi nila-aikaan on suosittu kapeaa mittapyörää. Hyvissä olosuhteissa erimalliset mittapyörät toimivat hyvin.

Piikein varustettu tukipyörä on osoittautunut paremmaksi kuin sileä tai hammastettu. Kun puuta syötetään edestakaisin, niin piikkipyörä irrottaa kuorta vähemmän kuin viime mainitut. Tehdasvalmisteisiin sileisiin ja hammastettuihin tukipyöriin on yleensä jälkepäin hitsattu piikkejä.

Mittapyörän laakerointi pitää olla kunnossa, ettei pyörä takeltele, irrota kuorta eikä luista. Sama koskee tukipyörän laakerointia. Mittapyörän laakeroinnin kunto on tärkeää myös siksi, ettei laakerivika edelleen aiheuta pulssianturin rikkoutumista.

Tukipyörän ja hakkuulaitteen muunkin rakenteen tulisi olla sellainen, että runko keskittyy helposti hakkuulaitteeseen ja mittapyörälle. Jos runko lähtee liikkeelle vinosta asennosta, se häiritsee mittapyörän toimintaa.

Mittapyörän kuormituksen tulee olla niin suuri, että pyörä ei jatkuvasti nouse ja painu kuoren pientenkin kovuusmuutosten mukaan. Kun piikit painuvat hampaan verran ja saavat kosketuksen puun pintaan, pyörä pyörii tasaisesti eikä nila-aikana irtoava kuori sitä häiritse. Jousikuormitetun mittapyörän jouset kuoleentuvat ja ne tulee vaihtaa jopa vuosittain. Jos pyörää kuormitetaan hydraulisesti, hydraulipaine tulee pitää riittävän suurena.

Etukarsintaterä karsii mittapyörän kulku-uran. Jotta pyörän kulkukohta karsiutuisi tasaiseksi, tulee karsintaterän kunnosta pitää huolta. Liian ”ottavaksi” teroitettu etukarsintaterä kuorii osittain mittapyörän kulku-uran ja saattaa vaikuttaa osaltaan mittaerojen syntyyn.

Vääntyneellä laipalla ja tylsällä teräketjulla katkaisusahaukset tulevat vinoiksi. Sahan tukkilajittelussa voi nähdä runsaasti vinopäisiä väli- ja latvatukkeja.

Pulssianturin toiminnassa arvioidaan toisinaan olevan häiriöitä. Palautetut anturit ovat anturivalmistajan tai toimittajan tekemissä testauksissa kuitenkin yleensä toimineet. Häiriö johtunee yleensä johtimien liitoshäiriöistä ja johdinvaurioista eikä itse pulssianturista. On myös tarkastettava se, pääseekö mittapyörän laakerin voiteluaine pulssianturiin asti. Jos se on mahdollista, laakerin liallista voitelua on vältettävä ja laakeri- ja anturipesä on ajoittain puhdistettava ylimääräisestä rasvasta.

Kaikenlainen ylimääräinen väljyys, kuten karsintaterien saranoinnin ja mittapyörän laakerien välykset voivat aiheuttaa epätarkkuutta mittaukseen. Epätarkka mittaus antaa epätarkan runkoennusteen, joka taasen lisää oikean katkaisukohdan hakua.

6.2 Hakku- ja mittalaitteen säädöt

Kuljettajan tulee tuntea hakkuukoneen säätömahdollisuudet hyvin, jotta koneen tekniset mahdollisuudet voidaan täysin hyödyntää erilaisissa olosuhteissa oikeasuuntaisesti. Säädöt pitää asettaa sellaisiksi, että voidaan käyttää kapeaa sahausikkunaa ja runko pysähtyy kerralla tarkasti katkaisukohtaan. Vain tällä tavalla pölkkyjen pituus saadaan mittatarkaksi. Huomiota tulee kiinnittää seuraaviin seikkoihin:

- sahausikkunan asetus
- syötön jarrutus katkaisukohtaan
- kiihdytys syötön alkaessa
- karsintaterien ja vetorullien puristusvoimat
- tyvitukin pituuskorjaus
- mittanauhat

Pulssianturin pulssiluvusta ja mittapyörän koosta riippuen katkaisusahauksen alue on jopa 10 mm suurempi kuin laitteeseen ohjelmoitu sahausikkuna. Uusimmilla hakkuulaitteen ohjausjärjestelmillä runko voidaan pysäyttää ± 3 mm tarkkuudella haluttuun katkaisukohtaan. Kun mittapyörän satunnainen painuminen lisää pituusmittauksen epätarkkuutta merkittävästi, ei tulisi käyttää 1 cm suurempaa sahausikkunaa.

Käsiteltävän rungon jarrutus tulee säätää sopivan pehmeäksi, jotta runko pysähtyisi kerralla katkaisukohtaan. Hyvin onnistuva pysäytys edellyttää myös syöttönopeuden ja karsintaterien sekä vetorullien paineiden sopivia säätöjä. Myös kiihdytysnopeudella syötön alkaessa on merkitystä katkontatarkkuuteen.

Nämä säädöt vaikuttavat usealla tavalla sekä karsintaan että mittaustarkkuuteen. Esimerkiksi liikkeelle lähdön on oltava sen verran voimakasta ja nopeaa, että oksat karsiutuvat ja hakkuulaite ei pysähtele ensimmäisiin oksakiehkuroihin. Samaa seikka tulee eteen myös pysähtymisessä katkaisukohtaan, sillä viimeisetkin oksat pitää saada karsituiksi ongelmitta. Toinen ongelma-kohta on automaattiperuutukseen liittyvä nopea syöttösuunnan muutos. Kun mittausjärjestelmä toteaa, että rungosta ei saada tavoiteltua pitkää tukkia, automaattiohjaus muuttaa syötön peruutukseksi. Jos suunnan muutos on nopea ja terien ja syöttörullien puristusvoimat ovat pienet, hakkuulaite kääntyy ja runko voi hieman irrota hakkuulaitteen otteesta ja jopa mittapyörästä.

Karsintaterien ja syöttörullien puristusvoimat voidaan nykyään säätää ohjelmallisesti. Säädöt asetetaan runkolajeittain ja rungon läpimitan mukaan säätyviksi. Automaattiohjaus säätää puristusvoimat ohjelmoinnin mukaan rungon karsinnan aikana. Näiden säätöjen asettaminen eri tilanteissa hyvin toimiviksi voi edellyttää pitkäaikaista kokemusta ja kokeiluja.

Männyn kaarnaisella tyvellä mittapyörä pompottaa runsaasti verrattuna siileäkuorisen välitukin ja latvapuun alueella kulkemiseen. Pyörä kulkee siten tyvellä pitemmän matkan tukin todelliseen pituuteen nähden. Kuusella tilanne voi olla toisenlainen. Tyvellä kuori on kovaa ja ylempänä rungossa pehmeää. Mittapyörä kulkee silloin tyvellä puun pinnassa ja painuu ylempänä kuoreen ja pomppii enempi oksien mukaan. Näissä tapauksissa pituuskatkannon tarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä tyvitukille puulajikohtaista pituuskorjausta. Männyn tyvitukille pitää korjauksella lisätä ja kuusen tyvitukille vähentää pituutta. Pituuskorjauksen tarve riippuu olosuhteiden (esimerkiksi jäänyt tai sula puu) lisäksi mittapyörän ominaisuuksista. Leveä pyörä reagoi vähemmän puun pinnan vaihteluihin kuin kapea Tyvikorjauksen tarve ja suuruus on selvitettävä mittaamalla niin runsaasti tyvitukien pituuksia, että käytössä olevan koneen toiminta eri oloissa tulee tunnetuksi ja säädöt osataan tarvittaessa tehdä oikein.

Tukkien pituuksia tulee tarkastaa jokaisen työvuoron aikana. Kertamittauksen minimimäärä voi olla vaikka 10 – 15 erikokoista pölkyä. Jos tarkastus viittaa systemaattiseen pituuspoikkeamaan, tarkastetaan lisää niin paljon, että kalibrointipäätös voidaan tehdä. Pituuksien tarkastuksessa tulee verrata pölkyittäin hakkuukoneen mittalaitteen tulostamia ja nauhalla mitattuja pituuksia. Pituuden osuminen asetettuun sahausikkunaan tai sahan hyväksymään katkaisuikkunaan ei riitä mittalaitteen tarkkuuden arvioinnin ja säädön perustaksi.

Kuljettajan tekemissä pölkyjen pituuden tarkastuksissa kannattaa käyttää timpurinmittaa. Sillä saadaan mitatuksi tukin pituus tarkasti. Saatavilla on mittanauhoja, joiden alkupään metallikoukkuun on kiinnitetty kuminen päällinen (kuva 18). Sellainen nauha pysyy helposti tukin päässä mittauksen ajan.



Kuva 18. Tukin päässä hyvin pysyvä timpurinmitta.

6.3 Olosuhteiden vaihtelut

Merkittävimmät tukkien pituustarkkuuteen vaikuttavat seikat ovat jäätyneen ja sulan puun ajat, nila-aika sekä runkojen ominaisuudet, kuten tyvilaajentumat varsinkin kuusella ja oksaisuus koivulla.

Jäätyneen ja sulan puun vaihtelu aiheuttaa ongelmaa erityisesti kevättalvella. Yöpakkasen jälkeen puun kuori on jäässä, mutta sulaa ja pehmenee ilta-päivisin, jolloin mittapyörä alkaa painua kuoreen. Jopa auringon paiste aiheuttaa häiriötä, kun se sulattaa rungon ensin toiselta puolelta. Talveen ja kevääseen liittyvät lumituiskut, jolloin lunta pakkautuu ja jäätyy rungon toiselle puolelle, ja joskus lumensulamisesikin jäätyy rungolle.

Nila-aikana puolestaan puun herkkä kuoriutuminen ja kuoren irtoaminen häiritsevät helposti mittapyörän toimintaa.

Tyvipuu ja rungon muu osa eroavat toisistaan runkomuodon ja oksikkuuden suhteen. Lisäksi oksia on monen laatuista aiheuttaen vaihtelua mittaustarkkuuteen. Runkomuodon vaikutuksista on havaittu, että etenkin kuusien tyvilaajentumat kallistavat hakkuulaitteen vinoon asentoon kaatosahauksessa ja tyvisahaus tulee vinoksi. Tyvitukeista ei silti tule alipituisia, koska mittapyörän kulku-ura asettuu normaalisti tukin lyhyemmälle reunalle. Mutta sahan tukkimittauksessa vinopäinen tukki tulee mitatuksi metsämittaa pidemmäksi. Eräissä vertailutiedoissa onkin havaittu kuusen tyvitukkien pituustarkkuuden olleen huonompi kuin männyillä. Se on voinut johtua osin vinosahauksista ja osin siitä, että tyvitukille ei ole käytetty pituuskorjausta.

7 TULOSTEN TARKASTELU JA SUOSITUKSET

Tukkien pituuskatkonnalta on viime vuosina alettu vaatia aiempaa parempaa tarkkuutta. Hakkuulaitteiden ominaisuuksia ja ohjausjärjestelmiä on kehitetty monin tavoin niin, että tarkka pituusmittaus ja -katkenta olisi mahdollista. Sahojen tukkimittauksesta ja muutamista erillistutkimuksista on kuitenkin saatu tulokseksi, että tukkien pituustarkkuus vaihtelee suuresti hakkuukone- ja mittalaitemerkistä riippumatta. Vaikuttaa siltä, että hakkuukoneiden kaikkia säätömahdollisuuksia ei vielä täysin hyödynnetä. Se tuli esiin myös kuljettajahaastatteluissa. Tavoitteena olikin hankkia tietoa tukkien katkontatarkkuuteen vaikuttavista seikoista ja laatia kooste hyvistä käytännöistä suosituksiksi hakkuukoneenkuljettajille. Kooste on esitetty kalvosarjana Metsätehon sähköisessä tietopalvelussa.

Tukkien pituusvaihtelu on seurantatietojen mukaan suuri. Järeiden mukainen erittely osoittaa, että järeiden tukkien pituudet vaihtelevat enemmän kuin pienten tukkien pituudet. Pituustarkkuus voidaan pitää hyvänä ja parantaa nykyisestä yleisestä tarkkuustasosta mm. seuraavilla keinoilla:

- katkaisusahausikkuna säädetään kapeaksi: 1 cm
- säädetään hakkuulaitteen toiminta niin, että laite tai runko pysähtyy katkaisukohtaan kerralla
- katkaisukohtaan pysäytys (jarrutus) ja kiihdytys syötön aloituksessa säädetään sopivan pehmeiksi
- karsintaterien ja vetorullien puristusvoimat pidetään riittävän suurina, jotta runko pysyy vakaasti hakkuulaitteessa myös silloin, kun tapahtuu automaattinen syötön suunnanmuutos
- tyvitukeille käytetään tarvittaessa pituuskorjausta
- pituuskatkongan tarkkuus varmistetaan mittaamalla tukkien pituuksia joka työvuoron aikana
- pituuden tarkastuksessa verrataan tarkkoja pituuksia, mittalaitteen tulos-tamia ja timpurinmitalla mitattuja
- laitteet pidetään kunnossa, esimerkiksi kuluneet tai vioittuneet mittapyörät vaihdetaan uusiin, mittapyörän kuormitusjouset uusitaan tarvittaessa (vuosittain), johdotusten kunto ja liitokset tarkastetaan ajoittain, hakkuulaitteen laipan ja terien kunto pidetään hyvänä.

8 KEHITYSNÄKYMÄT

Pituusmittauksen perustekniikka on pysynyt koko hakkuukonemittauksen käyttöajan samana kenties sykesyöttöisiä laitteita lukuun ottamatta. NykYTEKNIIKAN tarkkuuspotentiali on mitä ilmeisimmin saavutettu niillä koneyksilöillä, jotka kykenevät katkomaan 95 % tai enemmän tukeista ± 3 cm:n vaihteluväliin. Jos tuo taso tyydyttää vaativimmankin asiakkaan tarpeet, tässä raportissa esitetyt toimenpiteet ovat useissa tapauksissa riittäviä. Jos on perusteltua vaatia tätäkin parempaa pituuden mittaustarkkuutta, täytyy kehittää ja soveltaa uudenlaisia mittaustekniikoita. Ennen konenäkösovellusten käyttöön saantia voitaisiin kokeilla esimerkiksi tupla-anturointia tai pituusmitta-anturilta ja syöttöelimistä saatavien signaalien yhdistämistä. Näistä voisi olla hyötyä etenkin yksittäisten suurten mittavirheiden tunnistamisessa.

Toukokuun alussa (2006) astui voimaan uudistettu hakkuukonemittausta säätelevä asetus (MMM:n asetus 15/06). Asetuksen liitteenä on uusi hakkuukonemittauksen ohje, joka otetaan käyttöön asetuksessa määrättyjen siirtymäaikojen puitteissa. Kaikki uudet ja useimmat vanhemmatkin hakkuukoneet varustetaan ohjelmilla, jotka arpoivat koneella hakattujen runkojen joukosta näyterunkoja perusmittauksen toimivuuden seurantaan varten. Arvontaväli asetetaan siten, että näyterunko saadaan keskimäärin kerran vuorokaudessa eikä perättäisten arvontojen väli saa koskaan olla pitempi kuin kolme työpäivää. Kuljettaja mittaa arvotut rungot normaaliin tarkastusmittauksen tapaan mittasaksia ja mittanauhaa käyttäen. Nämä mittatiedot tallentuvat yhdessä mittalaitteen rekisteröimien tietojen kanssa KTR-tiedostomuodossa hakkuukoneen pc:lle, josta ne voidaan tarvittaessa lähettää eteenpäin. Näin kertyvä informaatio kertoo reaaliaikaisesti myös pituusmittauksen tarkkuudesta. Vaikka pölkymäärä on vaatimaton kalibrointipäätöksen tekoon, se antaa kuitenkin osviittaa mahdollisesta säätötarpeesta, vaikka se syntyy hitaamminkin. Koska tiedostoon liitetään myös pölkyn sijaintitieto rungossa ja puulaji, tyvipölkkyjen mahdollisesta pituuskorjaustarpeesta saadaan selvä käsitys puulajikohtaisesti. Tätä tietoa voidaan analysoida myös tilastomatematisin keinoin ja auttaa siten kuljettajaa erottamaan todellinen kalibrointitarve satunnaisesta vaihtelusta.

Uudella, satunnaisiin näyterunkoihin perustuvalla menettelyllä on lisäksi ennakoiva vaikutus. Sen arvioidaan ehkäisevän suurien erojen syntymistä dimensioiden mittauksessa. Siten se osaltaan tukee tukkien mittatarkkuuden parantamista.