

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

8/94

PERTTU VIRKAJÄRVI ja KAISA KARVONEN

**Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen
laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 8/94

PERTTU VIRKAJÄRVI ja KAISA KARVONEN

**Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen
kuiva-ainemassan määrittämiseen**

Maatalouden tutkimuskeskus
Itä-Suomen tutkimusyksikkö
Karjalan tutkimusasema
82600 TOHMAJÄRVI
Puh. (973) 621 001

Jokioinen 1994
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

ESIPUHE	4
TIIVISTELMÄ	5
1 JOHDANTO	6
2 NURMEN MASSAN MITTAUSMENETELMÄT	6
2.1 Suorat mittausmenetelmät	6
2.2 Epäsuorat mittausmenetelmät	7
3 MITTALAUTANEN	7
3.1 Mittalautasen rakenne ja mittaustekniikka	7
3.2 Mittalautasmittauksiin vaikuttavat tekijät	8
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	8
4.1 Koepaikka ja -aika	8
4.2 Mittalautasen kalibraatio	8
4.3 Määräalanäytteiden, mittalautasen ja kaksoisnäytteenottotekniikan vertailu	10
4.4 Koetulosten tilastollinen analyysi	10
5 TULOKSET	10
5.1 Aineiston kuvaus ja mallin luonti	10
5.2 Mittalautasen painon vaikutus menetelmän tarkkuuteen	10
5.3 Mittalautanen satoa selittävänä muuttujana	10
5.4 Nurmen tiheys ja kuiva-aineprosentti satoa selittävinä muuttujina	11
5.5 Määräalanäytteiden, mittalautasen ja kaksoisnäytteenotto- tekniikan vertailu	12
6 TULOSTEN TARKASTELU	14
6.1 Mittalautasen paino ja pinta-ala	14
6.2 Kalibraatioyhtälöiden stabiilisuus kasvukauden sisällä ja kasvu- kausien välillä	14
6.3 Mittalautasen lukemien ja massan välinen yhteys	16
6.4 Nurmen tiheys ja kuiva-aineprosentti satoa selittävinä muuttujina	18
6.5 Määräalanäytteiden, mittalautasen ja kaksoisnäytteenotto- tekniikan vertailu	18
6.6 Virhetekijät tutkimuksessa	19
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	19
KIRJALLISUUS	20
LIITE	

ESIPUHE

Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä tehtiin vuosina 1991 ja 1992 tutkimus mittalautasen käyttökelpoisuudesta timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämisessä. Tutkimuksen suunnitteli ja ohjasi Perttu Virkajärvi. Kokeen toteutuksesta huolehti Karjalan tutkimusaseman henkilökunta. Tutkimuksesta on valmistunut yksi pro gradu -tutkielma. Kirjoittajat haluavat kiittää biometrikko Elise Ketojaa avusta ja hyvistä neuvoista eri painoisten mittalautasten vertailussa ja Maatalouden tutkimuskeskuksen keskuslaboratorion henkilökuntaa Jokioisilla raakakuitu- ja valkuaisanalyysistä.

VIRKAJÄRVI, P. ja KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 8/94. 21 p. + 1 liite.

TIIVISTELMÄ

Kesinä 1991 ja 1992 tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä tutkimus mittalautasen käyttökelpoisuudesta timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämisessä. Tutkimuksessa havainnoidtiin mittalautasen lukemien ja nurmen massan välisen riippuvuuden luonnetta sekä miten tämä riippuvuus muuttuu kasvukauden aikana ja eri vuosina. Nurmen tiheyttä, korkeutta ja kuiva-aineprosenttia tutkittiin regressiomallissa mallin selitysasetta parantavina muuttujina.

Mittalautasen lukema riippuu kasvuston korkeudesta ja tiheydestä, jotka usein korreloivat voimakkaasti kuiva-ainemassan kanssa. Käytetty mittalautanen koostui alumiinisesta lautasesta (halkaisija 30 cm), joka liikkui pystysuuntaisesti pitkien muovista mittakeppiä. Sillä tehtiin mittauksia laitumen kevätkasvusta, laiduntamisen jälkeen ja odelmasta. Kesällä 1991 vertailtiin eri painoisia mittalautasia (kasvustoon kohdistuva paine oli $3,5 \text{ kg/m}^2$, 5 kg/m^2 tai $6,5 \text{ kg/m}^2$), joista kevein valittiin seuraavan kesän mittauksiin. Lisäksi nurmesta mitattiin kasvuston korkeutta viivoittimella ja arvioitiin nurmen tiheys silmämääräisesti. Määräalanäytteiden ja mittalautasmittausten luotettavuutta verrattiin suorittamalla koealueelta nurmen korjuu ruutuniittokoneella kolmesti kesän 1992 aikana.

Mittalautasen painolla oli hyvin vähän merkitystä regressioyhtälön tarkkuuteen. Kevein lautanen ($3,5 \text{ kg/m}^2$) osoittautui hienokseltaan tarkimmaksi. Yhdistetyssä aineistossa 1991–1992 (kevein lautanen) mittalautasen lukemat selittivät hyvin nurmen kuiva-ainemassan vaihtelua etenkin kevätkasvustossa ($r^2 = 0,95$). Myös laiduntamisen jälkeisessä ja odelmakasvustossa selitysasasteet olivat hyvät ($r^2 = 0,88$ ja $r^2 = 0,87$). Estimointiyhtälöiden samankaltaisuuden vuoksi laiduntamisen jälkeiset ja odelmahavainnot voitiin yhdistää. Lineaarinen regressio kuvasi parhaiten eri muuttujien välisiä riippuvuuksia.

Mittalautaselle saatiin seuraavat yhtälöt:

1. Kevätkasvu:

$$\text{nurmen sato kg ka/ha} = -406,7(48,2) + 113,4(2,0) \times \text{ML}; r^2 = 0,95$$

2. Laiduntamisen jälkeen ja odelma:

$$\text{nurmen sato kg ka/ha} = -629,1(32,1) + 122,1(2,6) \times \text{ML}; r^2 = 0,88$$

ML = mittalautasen lukema (cm)

Suluissa parametrien estimaattien keskivirhe (s.e.)

Nurmen tiheys ja kuiva-ainepitoisuus korreloivat heikosti sadon kanssa, eivätkä ne parantaneet mittalautaslukemiin perustuvaa satomallia oleellisesti. Tutkimuksen perusteella mittalautanen oli riittävän luotettava timoteivaltaisen laidunnurmen massan kuvaajana. Kevätkasvustossa lautanen oli luotettavampi kuin laiduntamisen jälkeen tai odelmassa. Kasvusto ei saa olla lakoontunut eikä tallattu. Menetelmä vaatii lisätutkimusta eri nurmikasvilajeilla ja seosnurmissa, jotta mittalautasta voitaisiin käyttää yleisesti. Verrattuna määräalanäytteenottoon, antoi 100 mittalautashavaintoa yhtä luotettavan tuloksen arvion koealueesta kuin 15 määräalanäytettä, riippumatta siitä käytettiinkö yleistä kalibraatiosuoraa tai kaksoisnäytteenottotekniikkaa. Kevätsadon arvioinnissa kaksoisnäytteenottotekniikka oli epäluotettava.

1 JOHDANTO

Nurmen massa tai siihen rinnastettava muuttuja on laiduntutkimuksissa välttämätön selitettäessä saatuja tuloksia tai arvioitaessa niiden käyttökelpoisuutta ja soveltuvuutta muihin olosuhteisiin. Nurmen määrä tai massa (kg/ha kuiva-ainetta tai orgaanista kuiva-ainetta) on yleensä määritetty ns. määrääalaniitoilla, missä vaihtelevan kokoinen, mutta tunnetun suuruinen ala leikataan ja leikattu ruoho punnitaan sekä tuoreena että kuivattuna. Laidunten kasvusto vaihtelee kuitenkin laajoissa rajoissa, ja luotettavan arvon saamiseksi näytteitä täytyy ottaa useita. Tämä vaatii kuitenkin aikaa ja näytteenottoa pidetään siten työläänä. Niinpä laiduntutkimuksessa onkin pitkään etsitty toisenlaista luotettavaa mutta nopeaa nurmen massan arviointimenetelmää. Vaihtoehtoina määrääalaniitoille on esitetty muutamia ns. epäsuoria menetelmiä, jotka mittaavat jotakin helposti määritettävää ja nurmen massaan korreloivaa muuttujaa. Optimaalinen menetelmä olisi nurmea tuhoamaton, nopea, halpa ja lisäksi mittausten täytyisi olla toistettavia. Tutkituimpia vaihtoehtoja ovat korkeusmittaukset, kapasitanssitekniikka, spektrometriset menetelmät, näköhavaintoihin perustuva arviointi ja mittalautasmittaukset (BRANSBY ja CLARKE 1988).

Mittalautasta on tutkittu paljon erityisesti sellaisissa maissa, joissa laiduntalous on erittäin tärkeä tekijä karjatalouden kannalta, kuten Englannissa, Australiassa sekä Uudessa-Seelannissa. Ehkä juuri tästä syystä valkoapila-raiheinänurmet ovat olleet yleisesti tutkimuksen kohteena (POWELL 1974, CASTLE 1976, EARLE ja MCGOWAN 1979, MICHELL 1982, MICHELL ja LARGE 1983, STOCKDALE ja KELLY 1984, O'SULLIVAN ym. 1985, L'HUILLIER ja THOMSON 1988, GREEN ym. 1989, PIGGOT 1989). Mittalautasta on tutkittu paljon myös ruokonatavaltaisissa kasvustoissa USA:ssa (BRANSBY ym. 1977, BRYAN ym. 1989, AIKEN ja BRANSBY 1992). Muutamia artikkeleita on kirjoitettu mittalautasen käyttökelpoisuudesta luonnonlaitumilla (KARL ja NICHOLSON 1987, LACA ym. 1989).

Tutkimus Suomessa käynnistettiin, koska havaittiin, että tšekäläisissä oloissa laidunlohkojen sisäinen vaihtelu on erityisen suurta (VIRKAJÄRVI 1991, 1993). Toiseksi, vaikka menetelmien vertailua on tehty laajalti, on ne tehty pääsääntöisesti hy-

vin erilaisissa olosuhteissa, mitä tulee kasvilajikoostumukseen, versotiheyteen, nurmen syöttökorkeuteen, laidunsysteemiin tai ilmastoon, joten tuloksien soveltuvuudesta ei voinut muodostaa selvää kuvaa. Epäsuorista menetelmistä mittalautanen valittiin yksinkertaisuutensa ja halpuutensa vuoksi. Se on useissa tutkimuksissa osoittautunut muiden epäsuorien menetelmien veroiseksi (CROSBIE ym. 1987, PIGGOT 1986, L'HUILLIER ja THOMSON 1988, PIGGOT 1989, GONZALEZ ym. 1990), ja joissain olosuhteissa jopa paremmaksi (MICHELL ja LARGE 1983, GRIGGS ja STRINGER 1988).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

1. Mittalautasen lukemien ja nurmen massan välisen riippuvuuden luonne ja miten se muuttuu kasvukauden aikana ja kasvukausien välillä.
2. Miten mittalautasen paino vaikuttaa kalibroinnin tarkkuuteen.
3. Voidaanko apumuuttujia (nurmen tiheys, kuiva-aineprosentti) käyttämällä parantaa regressiomallin luotettavuutta.
4. Kaksoisnäytteenottotekniikan käyttökelpoisuus verrattuna pelkkiin mittalautas- tai määrääalamittauksiin.

Tutkimus oli osa emolehmien laiduntutkimusta.

2 NURMEN MASSAN MITTAUSMENETELMÄT

2.1 Suorat mittausmenetelmät

Nurmen massa voidaan mitata täysin tarkasti vain leikkaamalla kasvusto maan pintaa myöten tietyn suuruiselta näytealalta, ns. määrääalaniito. Korjatun alan suuruus voi vaihdella. Näytteet täytyy pestä, lajitella elävään ja kuolleeseen materiaaliin ja kuivata (GREEN ym. 1989). Etenkin suurista laidunkokeista on mahdotonta ottaa riittävästi näytteitä luotettavan tuloksen saamiseksi, sillä laitumen kasvusto on yleensä epätasaista (BRYAN 1990). Näin ollen suorat nurmen mittausmenetelmät ovat

hitaita, työläitä ja kalliita. Toisaalta kemialliset analyysit voidaan suorittaa samoista näytteistä (LUCAS ja THOMPSON 1990).

2.2 Epäsuorat mittausten menetelmät

Epäsuorilla nurmen kuiva-aineen mittaustavoilla tarkoitetaan nurmea tuhoamattomia mittausten menetelmiä, jotka mittaavat jotakin helposti määritettävää ja nurmen massan kanssa korreloivaa muuttujaa. Ne täytyy luonnollisesti kalibroida määrälaniittojen avulla. Epäsuorien mittausten avulla säästettäisiin aikaa ja rahaa. Ne tekevät mahdolliseksi laajoilta koeruuduilta tehtävät nurmen massan mittaukset (FRAME 1981).

Kaksoisnäytteenottotekniikalla (double sampling) tarkoitetaan menetelmää, jossa tietoa kerätään kattavasti epäsuorilla mittausten menetelmillä ja hankalasti mitattavia muuttujia (määrälaniitteitä) havainnoidaan vähän. Epäsuoran menetelmän kalibraatio tehdään pisteistä, joista on tehty molemmat havainnot (FRAME 1981, STOCKDALE 1984, BRANSBY ja CLARKE 1988).

Näköhavaintoihin perustuvia nurmen arvioimistekniikoita on käytetty yleisesti koetoiminnassa ja käytännön nurmiviljelyssä. Kokenut ja taitava havaintojen tekijä voi arvioida laitumen massan melko luotettavasti, mutta täysin tarkkaa tulosta on vaikea saavuttaa (LUCAS ja THOMPSON 1990). Kapasitanssimittareiden tekniikka perustuu siihen, että ilmalla on alhainen ja ruoholla korkea dielektrisyysvakio (LUCAS ja THOMPSON 1990). Anturin ulkovaippa muodostaa kondensaattorin toisen levyn ja keskustanko muodostaa maan ja kasvuston kanssa toisen. Jälkimmäisen levyn pinta-ala vaihtelee kasvuston lehtipinta-alan mukaan. Muutokset kapasitanssissa vaikuttavat laitteen virtapiiriin tajuuteen, mikä mitataan (VICKERY ym. 1980). Nurmitutkimuksissa käytetyt spektrometriset menetelmät perustuvat tiettyjen valon aallonpituuksien imeytymisen ja heijastumisen mittaamiseen nurmessa (HUTCHINGS ym. 1990, WILLIAMSON 1990). Nurmen pinnan korkeutta on mitattu viivoittimella, mittanauhalla, ns. nurmitikulla ja ultraääninurmitikulla (BARTHAM 1986, L'HUILLIER ja THOMSON 1988, PIGGOT 1989, CONZALEZ ym. 1990, HUTCHINGS 1991). Mittalautanen huomioi nurmen korkeuden lisäksi sen tiheyden (CASTLE 1976, GRIGGS ja STRINGER 1988).

3 MITTALAUTANEN

3.1 Mittalautasen rakenne ja mittaustekniikka

Mittalautanen on yksinkertainen rakenteeltaan. Se koostuu asteikollisesta mittakepistä ja lautasesta, jonka paino, pinta-ala ja muoto vaihtelevat eri tutkimuksissa. Lautanen liikkuu vapaasti mittakepin varassa pystysuuntaisesti. Mittalautaset voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin mittaustekniikan mukaan. Yleisimmin on ollut käytössä ns. rising plate, jonka mittakeppi työnnetään kasvuston läpi maan pintaan kiinni, jolloin lautanen jää vapaasti kasvuston kannateltavaksi. Kasvuston korkeus (puristunut, compressed) voidaan lukea mittakepin asteikolta (CASTLE 1976). Toinen tyyppi, ns. falling plate, pudotetaan kasvustoon esimerkiksi noin metrin korkeudelta. Pudotuskorkeus vaikuttaa mittaustuloksiin, sillä mitä korkeammalta mittalautanen pudotetaan kasvustoon, sitä enemmän se litistää kasvustoa (CONZALEZ ym. 1990). Rising plate -mittalautasia on ollut hyvin yksinkertaisesta tyyppistä automaattisesti mittaustuloksia laskevaan Ellinbank-nurmimittariin (EARLE ja MCGOWAN 1979). Yksinkertaisimpia mittalautasia ovat neljänmuotoinen Massey-mittalautanen (HOLMES 1974) ja CASTLEN (1976) käyttämä pyöreä mittalautanen. Ellinbank-nurmimittari (EPM = Ellinbank Pasture Meter) laskee mittausten lukumäärän ja korkeusarvojen summan ja näin saadaan selville mitattavan alueen keskimääräinen korkeus. Tutkimuksissa on käytetty lautasia, joiden pinta-alat ovat 0,07–0,8 m²:n ja painot 0,2–4,0 kg:n välillä.

Mittalautasella voidaan tehdä mittauksia nopeasti: 50 mittausta 15 minuutissa 2–5 hehtaarin alueelta (CASTLE 1976, SANTILLAN ym. 1979). EPM-mittalautasella voidaan tehdä mittauksia jopa sata kappaletta viidessä minuutissa (EARLE ja MCGOWAN 1979). Mittausten nopeuden merkitys korostuu erityisesti laidunkokeissa, joista täytyy ottaa paljon mittauspisteitä kasvuston epätasaisuuden vuoksi.

Mittalautanen on ollut käyttökelpoinen käytännön laiduntamisessa ja nurmirehun tuotannossa, jos ei ole tarvittu tarkkoja arvoja nurmen massasta. Laiduntutkimuksissa mittalautasta on käytetty yleisesti kasvuston korkeuden ja massan kuvaajana, esimerkiksi kun on haluttu arvioida laiduntamisesta

johtuneita muutoksia nurmessa (MAYNE ym. 1987, GIBB ym. 1989). Kun tutkitaan mittalautasen käyttökelpoisuutta nurmen massan kuvaajana, täytyy mittalautanen kalibroida, jotta saadaan selville regressioyhtälön parametrien arvot ja yhtälön tarkkuus.

3.2 Mittalautasmittauksiin vaikuttavat tekijät

Mittalautasen paino, pinta-ala ja käytetty mittausmekanismi vaikuttavat mittauksiin ratkaisevasti. Lähinnä mittauksiin on vaikuttanut se, miten korkealta mittalautanen on pudotettu kasvuston ylle (FRAME 1981). Myös eri mittaaajien saamien tulosten välillä voi olla eroja johtuen erilaisesta mittausmekanismista (AIKEN ja BRANSBY 1992). Koska eri tutkijoiden käyttämät mittalautaset ovat olleet erilaisia ja määrälälytteen leikkauskorkeus on vaihdellut eri tutkimuksissa, tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään.

Kasvuston ominaisuudet, kuten kasvilajikoostumus, tiheys ja korkeus, vaikuttavat mittalautasen antamiin lukemiin (CASTLE 1976, GREEN ym. 1989). Eri kasvilajien rakenteelliset ominaisuudet, kuten mätästäminen, korsiantuminen, vaikuttavat siihen, miten hyvin ne kannattelevat mittalautasta (MICHALK ja HERBERT 1977, KARL ja NICHOLSON 1987, LUCAS ja THOMPSON 1990). Lisäksi vaikuttaa kasvuston kehitysaste (vegetatiivinen/generatiivinen) ja kasvukauden ajankohta (MICHELL 1982).

Kun nurmea laidunnetaan, tuloksiin vaikuttavat kasvuston talleantuminen ja kasvuston koostumuksen muuttuminen eläinten valikoivan syönnitävän vuoksi (STOCKDALE 1984, STOCKDALE ja KELLY 1984). Kuolleen kasvumassan määrä kasvustossa heikentää mittaustarkkuutta, etenkin sänkisellä laitumella mittaustulokset ovat olleet epätarkkoja (LUCAS ja THOMPSON 1990). Kasvustossa on myös eläinten lantaa ja virtsaa sekä maahiukkasia, jotka aiheuttavat epätarkkuutta määrälälytteen suhteen. Laidunkokeissa korrelaatiot nurmen massan ja mittalautasen lukemien välillä ovatkin olleet yleensä huomattavasti heikompia kuin niitonurmista (GREEN ym. 1989, MOULD 1990). Mittalautasen käytölle asettavat rajoituksia epätasainen maasto, kuten rinnepellot ja laiduntamisesta johtu-

vat maan pinnan epätasaisuudet (LUCAS ja THOMPSON 1990).

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Koepaikka ja -aika

Mittalautasen käyttökelpoisuutta tutkittiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä. Lautasen painon vaikutusta mittaustarkkuuteen selvitettiin vuonna 1991. Mittalautasen kalibroinnin luotettavuutta tutkittiin kesinä 1991 ja 1992. Kesällä 1992 verrattiin mittalautasen, määrälälytteen ja kaksoisnäytteenototekniikan käyttökelpoisuutta. Sää tiedot ovat Karjalan tutkimusaseman säärekisteristä (LIITE 1).

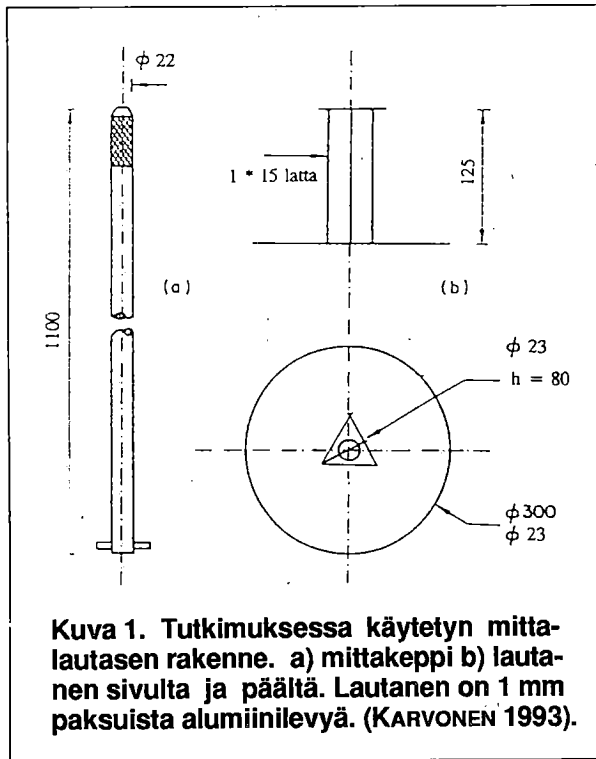
4.2 Mittalautasen kalibraatio

Kasvuston ja koealueiden kuvaus

Tutkimuksen kohteena oli timoteivaltainen emolehmien laidun. Kokeessa käytetyt nurmet oli kylvetty vuosina 1988, 1989 ja 1990. Puhdistusniittoja tehtiin kesän aikana kerran kullakin lohkolle. Lannoituksena annettiin kasvukaudella 170–180 kg/ha typpeä, 140–210 kg/ha kaliumia ja 20–40 kg/ha fosforia. Timotein osuus nurmesta oli yli 90 prosenttia ja loppu oli nurminataa. Rikkaruohojen osuus oli merkityksetön. Maalaji eri lohkoilla oli useimmiten multamaata, karkeaa hietaa tai mutaa.

Mittauksissa käytetyt apuvälineet

Käytetty mittalautanen oli rakenteeltaan yksinkertainen. Sen esikuvana oli CASTLEN (1976) käyttämä mittalautanen (rising plate) (Kuva 1). Mittalautanen valmistettiin Karjalan tutkimusasemalla. Mittakeppi oli valmistettu muovisesta putkesta (halkaisija 2,2 cm ja pituus 110 cm), johon oli merkitty mitta-asteikko yhden senttimetrin tarkkuudella. Jotta lautanen ei putoaisi maahan, mittakepissä oli poikittainen sokka alapäässä. Käytetty mittalautanen oli 1 mm:n paksuista alumiinilevyä, sen halkaisija oli 30 cm ja pinta-ala 7,1 dm². Ylälevynä oli kolmion muotoinen alumiinikappale, joka oli kiinnitetty 15 mm:n levyisillä alumiinisuikeilla ja niiteillä alimmaiseen levyyn. Ensimmäisenä tutkimuskesänä 1991 tutkittiin minkä painoinen lautanen antaisi luotettavimman tuloksen nurmen massan arvioinnissa. Lautaseen kiinnitettiin lisäpainoja, jolloin lautasen paino



pinta-alaa kohden oli $3,5 \text{ kg/m}^2$, $5,0 \text{ kg/m}^2$ tai $6,5 \text{ kg/m}^2$. Lisäpainot olivat messinkikiekkoja. Kesällä 1992 kalibraatioissa käytössä oli vain kevyin lautanen, jonka maahan kohdistama paine oli siis $3,5 \text{ kg/m}^2$ (paino 247 g).

Mittauksissa käytettiin lisäksi viivoitinta ja mittanauhaa kasvuston korkeuden mittaukseen sekä näytteenottokehikkoa, jonka pinta-ala oli $0,225 \text{ m}^2$ ($25 \text{ cm} \times 90 \text{ cm}$). Ruohonäytteet leikattiin 4 cm:n korkeudelta ladattavilla sähkökäyttöisillä puutarhasaksilla Gardena Accu 6.

Mittalautasen kalibraatiotekniikka

Kalibraatioissa verrattiin mittalautasen antamaa lukemaa samalta alalta leikatun määräänäytteen kuiva-ainemassaan. Kullakin kalibraatiokerralla käytetyn alueen pinta-ala oli noin 0,5 ha. Mittauspaikat valittiin osaksi satunnaisesti esimerkiksi keppiä heittämillä ja osaksi valikoiden hyviä, keskinkertaisia ja huonoja paikkoja. Valikointi tehtiin lähinnä kasvuston korkeuden ja tiheyden perusteella, ja sen tarkoituksena oli saada kattava ja tasaisesti jakautunut aineisto regressioyhtälön estimointia varten BRANSBYn ja CLARKEN (1988) esityksen mukaisesti.

Mittauskerran aluksi merkittiin tikuilla leikattava alue ($0,225 \text{ m}^2$). Seuraavaksi mitattiin suoristettu

(extended) kasvuston korkeus viivoittimella kolmesta kohdasta ja arvioitiin silmämääräisesti kasvuston tiheys prosentteina täystiheestä kasvustosta maan pinnan peittävyden perusteella. Tämän jälkeen tehtiin mittalautasella kolme mittausta näytealalta tasaisesti joka paikasta. Kesällä 1991 käytettäessä lisäpainoja aloitettiin mittaukset keveimmällä lautasella ja sen jälkeen painoja lisättiin. Tämän jälkeen asetettiin näytteenottokehikko paikalleen ja leikattiin ruoho 4 cm:n sänkeen.

Määräalanäytteistä määritettiin kuiva-aineprosentti ($100 \text{ }^\circ\text{C}$ yön yli) ja laskettiin kuiva-ainesato hehtaaria kohden. Näin kolmen mittalautasmittauksen keskiarvo ja sitä vastaava kuiva-ainemassa muodostivat yhden havaintoparin. Joka kalibraatiokerralla määritettiin yhdistetystä näytteestä ruohon raakavalkuais- ja raakakuitupitoisuus Maatalouden tutkimuskeskuksen keskuslaboratoriossa Jokioisilla.

Mittauksia tehtiin vuonna 1991 yhdellä kalibraatiokerralla noin 22–30 ja 50 kappaletta vuonna 1992. Kalibraatiot tehtiin kevätkasvusta, laidunnetusta kasvustosta ja loppukesällä odelmasta ennen laidunnusta kolme kustakin kumpanakin kesänä. Kalibraatiokertoja oli yhteensä 18. Vuonna 1991 havaintopareja tuli 252, ja vuonna 1992 niitä oli 450 eli yhteensä 752.

Aineiston jakaminen estimointi- ja validointiaineistoon

Arvioitaessa mittalautasen soveltuvuutta nurmen massan kuvaajana yhdistettiin molempien vuosien kalibrointiaineistot (vuodelta 1991 kevein lautanen). Regressiomallien luomisessa on aineiston jako estimointi- ja validointiaineistoon osoitettu tarpeelliseksi (ENDERSON ja VELLEMAN 1981, NETER ym. 1989). Estimointiaineiston pohjalta määritettiin regressioyhtälö, jonka ennustuskykyä testattiin validointiaineiston avulla. Tässä tutkimuksessa aineiston jako suoritettiin NETERin ym:n (1989) periaatteiden mukaisesti siten, että 2/3 aineistosta kuului estimointiaineistoon ja 1/3 validointiaineistoon.

Vuoden 1991 havainnot luokiteltiin jälkikäteen kuiva-ainemassan perusteella suuriin, keskinkertaisiin ja pieniin. Vuonna 1992 jako suoritettiin jo mittaushetkellä kasvuston korkeuden ja tiheyden perusteella. Jotta jako estimointi- ja validointi-

neistoon olisi tasapainoinen, suoritettiin satunnainen jako kunkin luokan sisällä.

4.3 Määräalanäytteiden, mittalautasen ja kaksoisnäytteenotto-tekniikan vertailu

Mittalautasen ja kaksoisnäytteenottotekniikan käyttökelpoisuutta selvitettiin käyttäen ruutuniittokoneella (Haldrup 1 500) saatuja tuloksia verranteena. Mittauksia tehtiin vuonna 1992 kevätkasvusta, laiduntamisen jälkeisestä kasvustosta ja odelmasta, yksi kustakin. Kevätkasvusta mittaukset tehtiin lohkolta, joka ei ole ollut laitumena, mutta muut mittaukset tehtiin laidunlohkoilta. Ensin määrättiin nurmesta mittausalue 50×100 metriä. Tämä alue jaettiin viiteen kerranteeseen (50×20 m). Kultakin kerranteelta otettiin 20 kappaletta mittalautasen lukemia kulkemalla kerranne kulmasta kulmaan. Lisäksi merkittiin muistiin käytetty aika.

Seuraavaksi niitettiin pelloilta ruutuniittokoneella kolme edustavaa ajokaistaa, joista mitattiin saatu tuoresato kiloina sekä ajokaistan pituus. Kaistan leveys oli 1,5 metriä, pituus keskimäärin kymmenen metriä ja leikatun nurmen sänki oli noin 5 cm. Ennen laiduntamista suoritettua niitosta otettiin ruohonäyte kuiva-aineprosentin selvittämiseksi kustakin niitokaistasta. Laiduntamisen jälkeisestä ja odelmakasvustosta kuiva-aineprosentti määritettiin määräalanäytteiden avulla. Koko alueelta otettiin yksi botaaninen näyte. Lisäksi alueelta otettiin määräalanäytteitä näytteenottokehikolla (25×90 cm). Määräalanäyte valittiin siten, että se oli kasvustoa hyvin edustava. Määräalanäytteitä otettiin kolme kappaletta kerranteelta, eli yhteensä 15 kappaletta koko alueelta. Määräalalta tehtiin mittalautasen kalibraatio, eli ensin tehtiin kolme mitausta mittalautasella ja sen jälkeen ruoho leikattiin. Näytteistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus ja -paino (100°C yön yli).

Mittalautasen lukemat muunnettiin massaksi (ka kg/ha) käyttämällä edellisessä kohdassa selostettua yleistä kalibraatioyhtälöä. Toiseksi muodostettiin uusi kalibraatioyhtälö niiden 15 määräalanäytteen ($0,225 \text{ m}^2$) perusteella, mitä kultakin kerralta sille hetkelle saatiin (ns. kaksoisnäytteenottotekniikka). Kolmanneksi käytettiin pelkästään määräalanäytteiden (15 kpl /ha) antamaa estimaattia. Näiden

kolmen estimaatin tarkkuutta verrattiin ruutuniittokoneella saatuun massaun (ka kg/ha).

4.4 Koetulosten tilastollinen analyysi

Koeaineiston tilastollinen analyysi tehtiin PCSAS-ohjelmalla (Versio 6.04).

Tulosten yhteydessä käytetyt merkitsevyystasot:

$p_{hav} > 0,05$	ei merkitsevä ns
$0,01 < p_{hav} < 0,05$	merkitsevä *
$0,001 < p_{hav} < 0,01$	hyvin merkitsevä **
$p_{hav} < 0,001$	erittäin merkitsevä ***

5 TULOKSET

5.1 Aineiston kuvaus ja mallin luonti

Nurmen massa ja korkeus vaihtelivat paljon tutkimuksen aikana, mikä johtui laiduntamisesta ja kasvukauden etenemisestä (Taulukko 1).

Sirontakuvioiden, korrelaatiomatriisin ja regressioanalyysin perusteella kasvuston massan vaihtelua kuvasi hyvin lineaarinen malli. Tilastollisessa analyysissä kävi ilmi, että kevätkasvu poikkesi selvästi muista kasvuvaiheista ja se täytyi käsitellä erillisenä. Laiduntamisen jälkeiset ja odelmakalibraatiot voitiin yhdistää.

5.2 Mittalautasen painon vaikutus menetelmän tarkkuuteen

Vuonna 1991 selvitettiin, minkä painoinen lautanen antaisi tarkimman tuloksen nurmen massan kuvaamiseksi. Eri painoisten lautasten väliset erot olivat hyvin pienet (Taulukko 2). Kevyimmällä lautasella oli paras selitysaste nurmen massan suhteen kevätkasvustossa ja residuaalin keskihajonta oli pienin jokaisella nurmen kehitysasteella. Tulosten perusteella valittiin kevyin lautanen kesällä 1992 suoritettaviin mittauksiin.

5.3 Mittalautanen satoa selittävänä muuttujana

Vuosien 1991–92 yhdistetyssä aineistossa (lautasen paino $3,5 \text{ kg/m}^2$) mittalautanen korreloi voimakkaasti satoon ($r = 0,97$) (Taulukko 3).

Regressioanalyysi aloitettiin sovittamalla estimointiaineistoon malli, jossa satoa selittävinä muuttuji-

na olivat mittalautanen (ML), kasvuvaihe (KV), kalibraatiokerta (Kal) ja vuosi (V) sekä muuttujien yhdysvaikutukset.

Alkuperäisen mallin termit olivat siis:

SATO=

ML, KV, Kal, V,
(ML*KV), (ML*Kal), (ML*V), (KV*Kal),
(KV*V), (Kal*V),
(ML*KV*Kal), (ML*KV*V), (ML*Kal*V),
(KV*Kal*V),
(ML*KV*Kal*V)

Mallista hylättiin vähitellen ne termit, joiden estimaatit eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ($p > 0,05$). Lopulta merkitseviä muuttujia jäi vain kaksi: mittalautanen ja kasvuvaihe sekä näiden kahden muuttujan yhdysvaikutus.

Tämän jälkeen erotettiin kevätkasvuhavainnot ja tutkittiin, voidaanko laiduntamisen jälkeen ja odel-

masta tehdyt havainnot yhdistää. Sitä varten testattiin muuttujia mittalautanen, kasvuvaihe ja näiden yhdysvaikutus. Regressioanalyysin perusteella ei kasvuvaihe eikä sen ja mittausten yhdysvaikutus olleet merkitseviä muuttujia, joten laiduntamisen jälkeiset ja odelmahavainnot voitiin yhdistää (Taulukko 4). Valitut mallit sijoitettiin validointiaineistoon ja havaittiin, että etenkin kevätkasvustossa mallien sopivuus aineistoon oli hyvä (Taulukko 5, Kuvat 2a, 2b). Aineistoon sovellettiin myös toisen ja kolmannen asteen polynomia kasvuvaiheittain (sato = mittalautanen + mittalautanen² + mittalautanen³). Kumpikaan polynomimalleista ei antanut huomattavasti (yhtä %-yksikköä) parempaa selitystasetta kuin lineaarinen malli, joten lineaarinen malli valittiin kuvaamaan aineistossa esiintyviä riippuvuuksia.

5.4 Nurmen tiheys ja kuiva-aineprosentti satoa selittävinä muuttujina

Korrelaatioanalyysin perusteella huomattiin, että nurmen tiheys ja kuiva-aineprosentti korreloivat huonosti nurmen massa (tiheys $r = 0,17$ ja kuiva-aineprosentti $r = -0,11$) (Taulukko 3), eivätkä

Taulukko 1. Aineiston kuvaus kalibraatiokerroittain.

Kerta	pvm	n	KV	Nurmen massa kg/ha		Korkeus cm		Kuitu %
				\bar{x}	Vaihtelu	\bar{x}	Vaihtelu	
Vuosi 1991:								
1	30.5	30	el	705	271 – 1511	20	10 – 26	16
2	4.6	25	el	1401	507 – 2413	29	19 – 41	22
3	11.6	25	el	2251	996 – 4187	40	25 – 54	23
4	2.7	22	jl	1387	18 – 3240	2	6 – 55	33
5	23.7	33	od	999	62 – 1938	29	10 – 46	24
6	30.7	26	jl	728	156 – 2040	15	7 – 31	26
7	26.8	33	jl	194	18 – 840	8	4 – 20	24
8	27.8	28	od	508	22 – 2280	17	7 – 42	23
9	3.9	30	od	385	58 – 889	16	9 – 28	21
Vuosi 1992:								
10	3.6	50	el	715	89 – 1631	19	9 – 32	17
11	9.6	50	el	1404	396 – 2649	22	12 – 3	17
12	23.6	50	el	4436	2627 – 7107	53	37 – 69	28
13	2.7	50	jl	1203	9 – 3747	19	4 – 50	27
14	15.7	50	od	750	187 – 1782	17	9 – 26	21
15	21.7	50	jl	622	13 – 1773	12	4 – 25	23
16	31.8	50	od	510	18 – 2169	14	5 – 38	21
17	14.9	50	od	1026	40 – 3098	20	7 – 37	22
18	15.9	50	jl	733	40 – 1880	13	7 – 27	23

n = havaintoparien lukumäärä; KV = kasvuvaihe; el = ennen laiduntamista (kevätkasvu);
jl = laiduntamisen jälkeen ja od = odelma.

ne parantaneet regressiomallin selityksastetta oleellisesti.

5.5 Määräalanäytteiden, mittalautasen ja kaksoisnäytteenottotekniikan vertailu

Vertailtaessa eri tekniikoita havaittiin, että kevät-kasvustossa kaikki näytteenottomenetelmät aliarvioivat havaittua (=ruutuniittokoneella niitettyä) kuiva-ainemassaa. Kaksoisnäytteenottotekniikka aliarvioi satoa -25 %:a, kun taas määräalaniitto ja mittalautanen aliarvioivat satoa 6–7 %:a. Laiduntamisen jälkeen tehdyissä mittauksissa kaikki menetelmät toimivat hyvin suurimman heiton ollessa -9 % (mittalautanen käytettäessä yleistä kalibraatio-suoraa). Vaikka odelmassa estimoidut sadot poikkesivat kiloissa hyvin vähän havaitusta, oli niiden prosentuaalinen heitto suuri (-18 – +21 %), sillä odelman keskisato oli vain 443 kg ka/ha (Kuva 3).

Keskimäärin 1/2 ha:n alalta kului aikaa sadan mittalautaslukeman ottamiseen noin 15 min. Määrä-

alanäytteisiin (15 kpl) aikaa kului n. 1 h ja kaksoisnäytteenottotekniikkaan aikaa käytettiin 1 h 15 min.

Kunkin kehitysvaiheen osalta nurmen massan estimaattien keskivirhe näytteiden lukumäärän funktiona on esitetty kuvassa 4 a–c. Mittalautasen luke-miin perustuvan estimaatin keskivirhe (kg/ha) perustuu MICHELLin (1982) esittämään kaavaan

$$S_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{S^2_{H.Y}}{N_c} + \frac{S^2_H \times b^2}{N_m}} \quad [1]$$

jossa

$S_{\hat{y}}$ = estimaatin keskivirhe (s.e., kg/ha)
 $S^2_{H.Y}$ = kalibraatioyhtälön jäännösvarianssi
 S^2_H = arvioitavalta lohkolta suoritettujen mittausten varianssi
 b = kalibraatio-suoran kulmakerroin
 N_c = kalibraatiopisteiden lukumäärä
 N_m = arvioitavalta lohkolta suoritettujen mittausten lukumäärä

Taulukko 2. Eri painoisten mittalautasten vertailu vuonna 1991. Lineaarinen malli $\hat{Y} = a + b \times ML$. (VIRKAJÄRVI ym. 1992).

n	Estimaatio					Validaatio		
	a ± SE kg/ha	b ± SE kg/ha	Y kg/ha	r ²	RSD kg/ha	n	r ²	SEV kg/ha
Kevätkasvu								
L 55	-868,2 ± 93,7	140,0 ± 5,4	1408	0,93	257,0	25	0,90	165,6
M	-814,5 ± 96,5	150,6 ± 6,1	1408	0,92	269,4		0,87	197,1
H	-727,8 ± 90,7	157,7 ± 6,2	1408	0,92	262,3		0,85	206,6
Laiduntamisen jälkeen + odelma								
L 118	-502,8 ± 37,6	103,5 ± 2,8	690	0,92	202,3	54	0,64	303,8
M	-469,2 ± 37,2	109,8 ± 3,0	690	0,92	204,1		0,63	309,0
H	-484,8 ± 37,6	122,2 ± 3,4	690	0,92	204,6		0,63	309,9
Yhdistetty aineisto								
L 173	-627,6 ± 42,0	118,6 ± 2,8	918	0,91	258,1	79	0,84	251,6
M	-589,0 ± 43,0	126,8 ± 3,2	918	0,90	269,1		0,83	261,8
H	-588,1 ± 40,8	138,7 ± 3,3	918	0,91	256,5		0,82	268,0

\hat{Y} = estimoitu tarjolla oleva laidun (> 4 cm) kg ka / ha

Y = määräalaniitoilla havaittu tarjolla olevan laitumen keskiarvo

ML = mittalautasen lukema (cm)

n = havaintoparien lukumäärä

SE = keskivirhe

r² = selitysaste

RSD = residuaalien keskihajonta

SEV = $[\sum(Y_1 - \bar{Y}_1)^2/n]^{1/2}$ (validaation keskivirhe) (GRIGGS ja STRINGER 1988)

L = kevyt lautanen (paine 3,5 kg/m²); M = keskipainoinen lautanen (5,0 kg/m²); H = raskas lautanen (6,5 kg/m²)

P_{hav} < 0,001 (jokaisella yhtälöllä)

Taulukko 3. Havainnoitujen muuttujien keskinäiset korrelaatiot (Pearsonin korrelaatiokerroin ja tilastollinen merkitsevyys).

	Sato	Lautanen	Korkeus	Tiheys	Kuiva-aine %
Sato	1,00 ***				
Lautanen	0,97 ***	1,00 ***			
Korkeus	0,93 ***	0,92 ***	1,00 ***		
Tiheys	0,17 ***	0,14 ***	0,13 ***	1,00 ***	
Kuiva-aine %	-0,11 **	-0,14 ***	-0,25 ***	-0,18 ***	1,00 ***

Taulukko 4. Keveimmän mittalautasen kalibraatioyhtälöiden estimointi (lineaariset mallit $\hat{y} = a + b \times ML$) yhdistetystä aineistosta 1991–1992.

n	a ± SE kg/ha	b ± SE kg/ha	Y kg/ha	r ²	RSD kg/ha	CV %
Kevätkasvu 152	-406,7 ± 48,2	113,4 ± 2,0	1894	0,95	329,5	17,4
Laiduntamisen jälkeen 149	-587,2 ± 45,5	120,3 ± 3,5	794	0,88	258,3	32,5
Odelma 157	-692,2 ± 47,3	126,8 ± 4,0	710	0,87	202,5	28,5
Laiduntamisen jälkeen ja odelma (yhdistetty) 306	-629,1 ± 32,1	122,1 ± 2,6	751	0,88	231,7	30,8
Koko aineisto 458	-546,1 ± 22,5	117,6 ± 1,3	1130	0,94	273,0	24,2

\hat{y} = estimoitu tarjolla oleva laidun (> 4 cm) kg ka/ha

ML = mittalautasen lukema (cm)

n = havaintoparien lukumäärä

SE = keskivirhe

Y = määrälaniitoilla havaittu tarjolla olevan laitumen kg ka/ha keskiarvo

r² = selitysaste

RSD = residuaalien keskihajonta

CV = variaatiokerroin

P_{hav} <0,001 (jokaisella yhtälöllä)

Taulukko 5. Keveimmän mittalautasen kalibraatioyhtälöiden ($\hat{y} = a + b \times ML$) sijoitus validointi-aineistoon.

	r ²	SEV kg/ha	Y kg/ha	CV %
1. Kevätkasvu	0,95	345,4	1936	17,8
2. Laiduntamisen jälkeen	0,87	287,4	788	36,5
3. Odelma	0,90	177,0	753	23,5
4. Yhdistetty kohdat 2 ja 3	0,88	239,5	771	31,1
5. Koko aineisto	0,94	287,4	1148	25,0

\hat{y} = estimoitu tarjolla oleva laidun (>4 cm) kg ka/ha

ML = mittalautasen lukema (cm)

r² = selitysaste

SEV = validointi keskivirhe

Y = määrälaniitoilla havaittu tarjolla olevan laitumen kg ka/ha keskiarvo

CV = variaatiokerroin

P_{hav} <0,001 (jokaisella yhtälöllä)

Taulukko 6. Ruutuniittokone-ajokaistojen, määräänäytteiden, mittalautasmittausten ja kaksoisnäytteenottotekniikan vertailu.

KV	Ruutunk \pm s.e kg/ha	Määräala \pm s.e kg/ha	ML \pm s.e kg/ha	KN \pm s.e kg/ha
el	4152,7 \pm 23,2	3845,5 \pm 17,8	3915,0 \pm 13,1	3097,4 \pm 228,5
jl	751,2 \pm 30,9	751,1 \pm 8,9	685,6 \pm 7,6	750,9 \pm 12,1
od	442,7 \pm 25,5	536,1 \pm 30,7	364,8 \pm 7,3	535,5 \pm 24,6

KV = kasvuaihe; ML = mittalautasmittaukset; KN = kaksoisnäytteenottotekniikka.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Mittalautasen paino ja pinta-ala

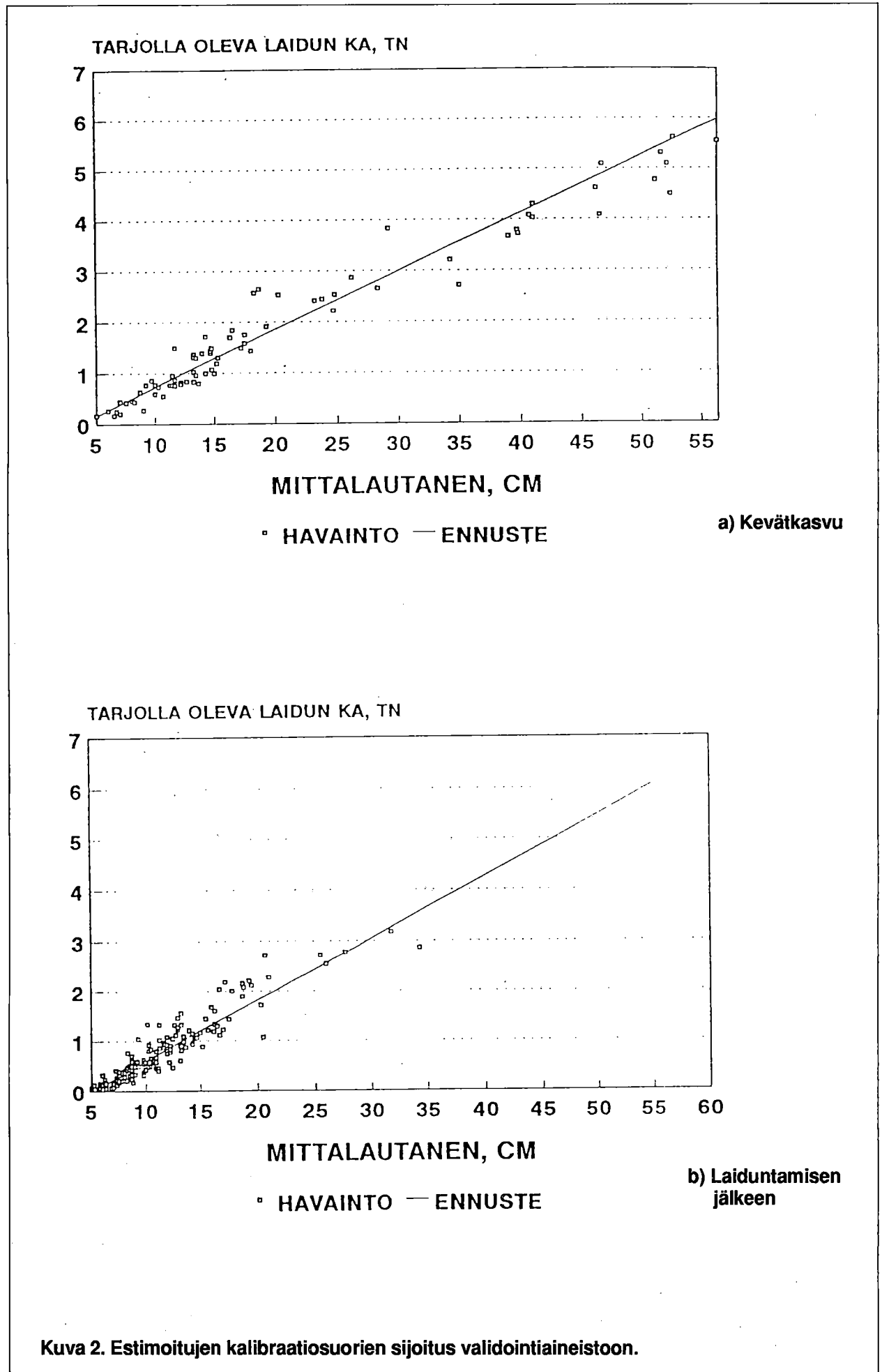
Mittalautasen ominaisuuksista ratkaisevin mittausten kannalta on lautasen kasvustoon kohdistama paine. Tässä lautasella oli sama pinta-ala, mutta paine vaihteli melko yleisesti käytetyssä välissä 3,5–6,5 kg/m². Paine ei juurikaan vaikuttanut estimaatin tarkkuuteen vaan ainoastaan kulmakertoimen arvoon. Tässä mielessä timoteikasvusto käytetty kuten ruokonata BRANSBYN ym. (1977) tutkimuksessa. Kevyin lautanen oli hienokseltaan paras vaihtoehto. Ulkomaisissa viitteissä 2,9 kg/m² on ollut pienin kasvustoon kohdistettu paine (CASTLE 1976, MOULD 1992) ja suurin 15 kg/m² (BRANSBY ym. 1977). Kirjallisuudesta ei jää erityisesti sellaista vaikutelmaa, että paine selittäisi eri tutkimusten välisiä eroja selityksasteissa tai residuaalien suuruudessa. Kuitenkin mm. MOULD (1992) ehdottaa, että mikäli painetta halutaan vielä tutkia, kannattanee kokeilla vielä kevyempiä lautasia. Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat samaan suuntaan.

Lautasen koko on painon lisäksi toinen paineeseen vaikuttava tekijä. Mutta koska paine ei sellaisenaan vaikuttanut tarkkuuteen, voidaan olettaa, että paineen pysyessä kohtuullisissa rajoissa, lautasen koko vaikuttaa ainoastaan yksittäisten mittausten hajontaan, sillä eri kokoiset lautaset antavat erilaisen kuvan kasvuston rakenteesta. MOULD (1992) päätyi omissa tutkimuksissaan suosittamaan 300 mm halkaisijan lautasta massan estimointiin ja 95 mm:n lautasta nurmen yksityiskohtaisemman rakenteen tutkimiseen.

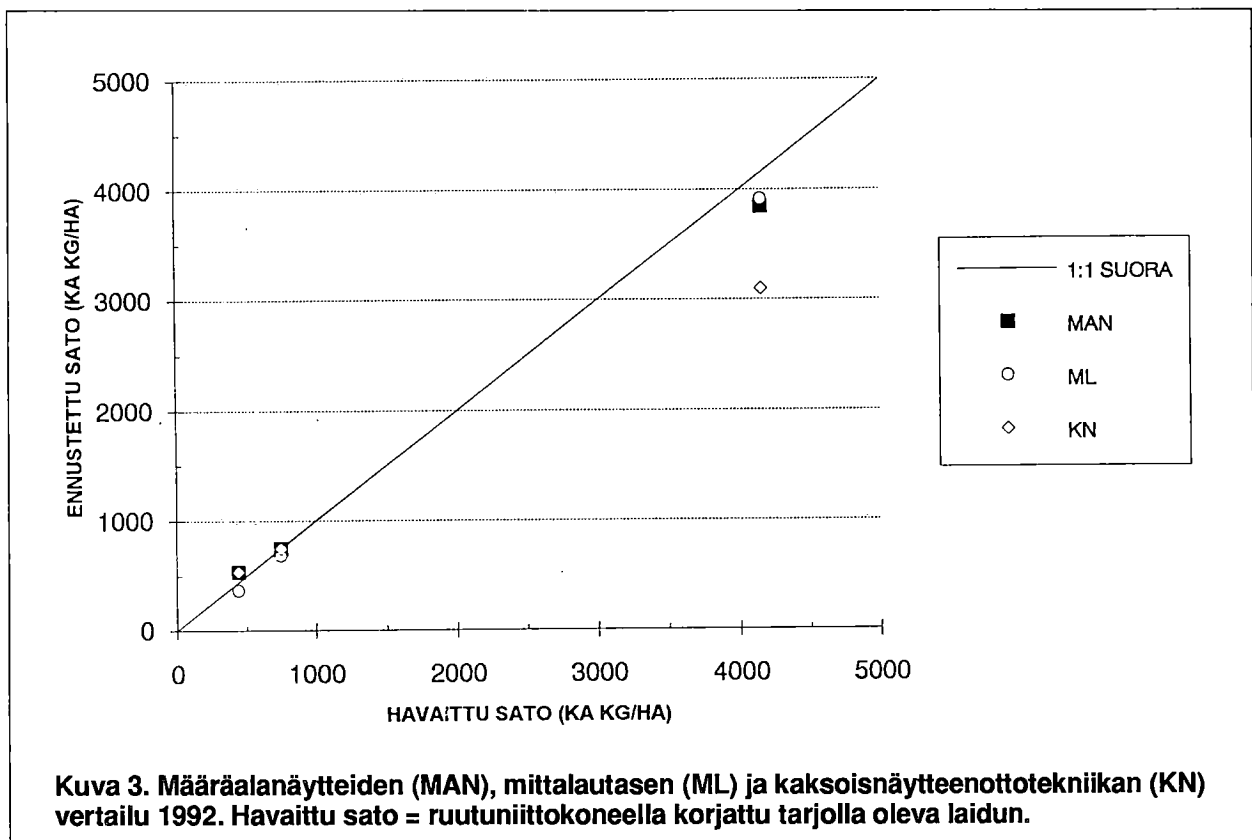
6.2 Kalibraatioyhtälöiden stabiilisuus kasvukauden sisällä ja kasvukausien välillä

Useiden tutkijoiden mukaan mittalautanen täytyy kalibroida useasti kasvukauden aikana ja eri vuosina erikseen (mm. BRANSBY ym. 1977, VARTHA ja MATCHES 1977, BRYAN ym. 1989, MOULD 1990), mikä johtunee pääasiassa kasvilajien suhteellisen osuuden muutoksista seosnurmissa kasvukauden edetessä sekä vegetatiivisen ja generatiivisen kasvuvaiheen eroista. Saatujen tulosten mukaan laitumen kasvuvaiheella oli merkittävä vaikutus kalibraatioyhtälön parametrien arvoihin (Taulukko 4). Ehkä kevätkasvun poikkeavuutta muista selittää parhaiten generatiivisen kehityksen suuri vaikutus sadonmuodostukseen keväällä ja alkukesällä. Vastavasti PULLIn (1980) mukaan nurmen LAI:n ja sadon yhteys riippuu kasvuvaiheesta.

BRANSBYn ja CLARKEn (1988) mukaan vuoden vaikutus selittyy erilaisten sääolosuhteiden vuoksi. Tässä tutkimuksessa voitiin kumpanakin vuonna käyttää samaa regressioyhtälöä vaikka kasvukausien sademäärät olivat lähes äärimmäisen erilaiset: vuosi 1991 oli yksi Karjalan tutkimusaseman säärekisterin mukaan yksi sateisimmista ja vuosi 1992 puolestaan yksi kuivimmista (LIITE 1). Tulokset johtunevat tutkitun nurmen kasvilajikoostumuksen tasaisuudesta (timotei 90 %), sillä sääolot (vuosi, mittaushetki) vaikuttavat mm. palkokasvi/heinä-seosnurmien lajikoostumukseen ja sitä kautta regressiomallin parametrien arvoihin. Toisaalta olisi voinut olettaa, että vuonna 1992 kasvuston selvästi kärsiessä kuivuudesta, turgoripaine olisi heijastunut mittalautasen lukemiin, mutta tällaista ilmiötä ei havaittu. Kuiva-aineprosentin sisällyttäminen malliin ei parantanut mallin sopvuutta merkittävästi.



Kuva 2. Estimoitujen kalibraatiosuorien sijoitus validointiaineistoon.



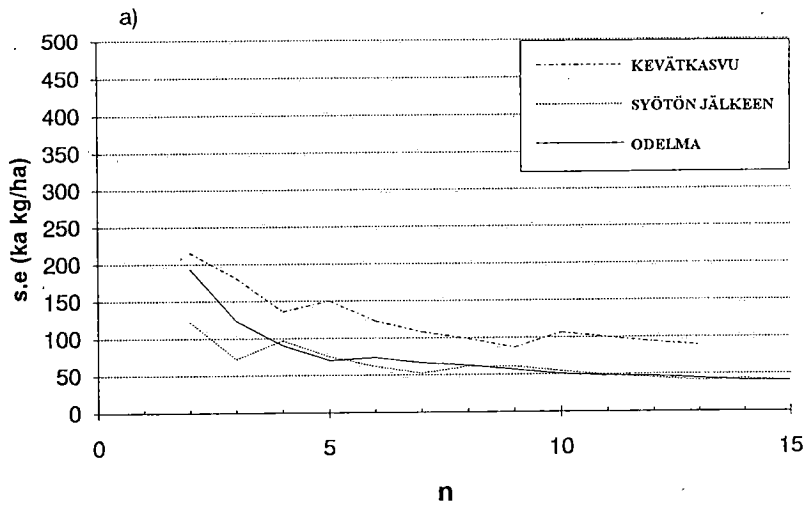
Myös EARLE ja McGOWAN (1979) esittävät, ettei kuiva-ainepitoisuus vaikuta merkittävästi mittalautasen lukemiin. Mahdollisesti timoteinurmessa kasvien vesitalous vaikutti samalla tavalla satoon ja mittalautasen lukemiin.

6.3 Mittalautasen lukemien ja massan välinen yhteys

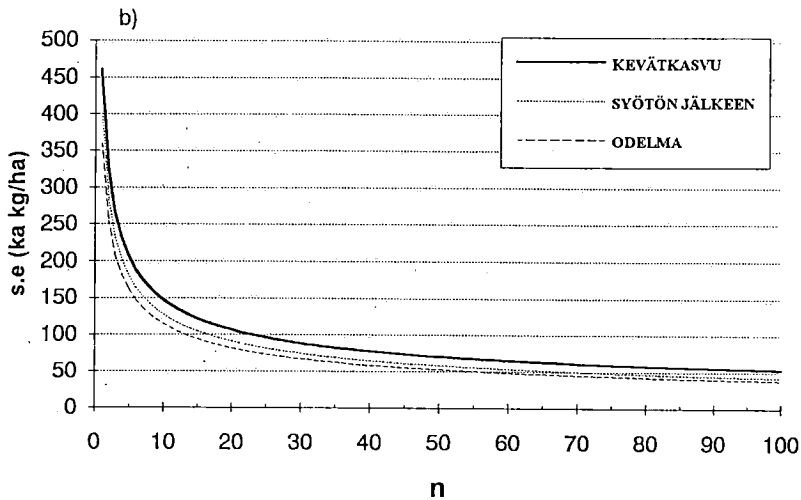
Lineaarinen malli toimi tyydyttävästi niin selitysasteen kuin residuaalin jakaumien osalta, joskin residuaalit pyrkivät suurenemaan mittalautasen lukemien suuretessa. Usein on esitetty, että alhaisilla mittalautasen arvoilla suhde on lineaarinen, mutta suurilla mittalautasen arvoilla (40 cm) toisen asteen yhtälö kuvaa ilmiötä paremmin (BRANSBY ym. 1977, BAKER ym. 1981). Kuitenkin vain harvoissa tutkimuksissa on päädytty esittämään epälineaarisia yhtälöitä (BAKER ym. 1981, MOULD 1992). Tässä tutkimuksessa 1 cm mittalautasen asteikossa vastasi kevätkasvussa 113 kg:a/ha ja laiduntamisen jälkeen sekä odelmassa 122 kg:a/ha kuiva-ainesatoa. Ero kulmakertoimien välillä oli pieni. Verrattuna muihin tutkimuksiin saadut kulmakertoimet ovat melko alhaiset, mikä osaksi joh-

tuu lautasen keveydestä, mutta mahdollisesti myös nurmien harvuudesta tai jäykemmästä rakenteesta.

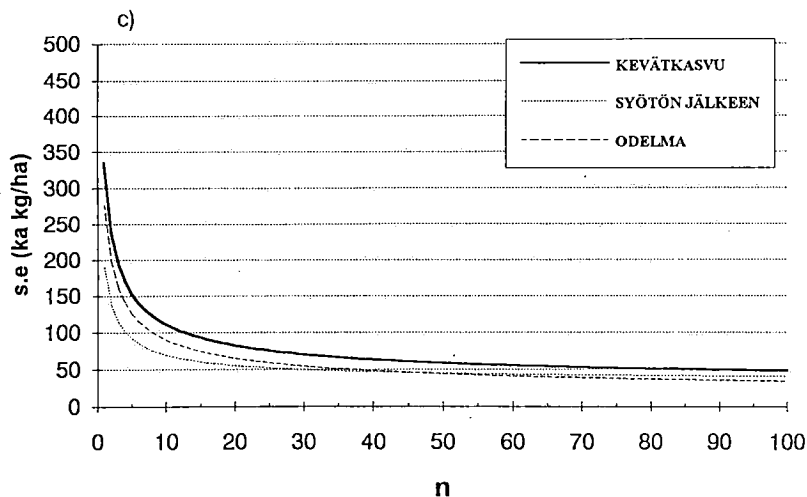
Vakion arvot olivat yhtälöissä negatiivisia, sillä leikkauskorkeus oli tutkimuksessa 4 cm:ä maan pinnan yläpuolella. Luonnollisesti tutkimusraportteja vertaamalla käy ilmi, että mitä korkeampi leikkuukorkeus on ollut käytössä, sitä negatiivisempi vakion arvo on saatu (mm. CASTLE 1976, BRYAN ym. 1989, MOULD 1990). Tässä tutkimuksessa nurmen massaa jäi tavallaan huomioimatta regressiosuoraa estimoitaessa kevätkasvussa 407 kg/ha ja laiduntamisen jälkeen sekä odelmassa 629 kg/ha (Taulukko 4, vakion arvot), sillä mittalautasen näyttäessä 4 cm:ä, ei leikattua satoa kertynyt vielä ollenkaan. Leikkuukorkeuden valinta tässä tutkimuksessa perustui haluun määrittää eläimille käyttökelpoisen nurmen massa eli ns. tarjolla oleva laidun (esim. HAKKOLA ym. 1976). MEIJS ja HOEKSTRA (1984) pitivät lypsylehmille käyttökelpoisen ruohon alimpana korkeutena (mittalautasella mitattuna) 4 cm:ä, ja MOULD (1992) noin 6 cm:ä. Mittalautasen kalibroinnissa tuleekin huomioida lautasen käyttötarkoitus: kalibrointi on suoritettava eri tavoin riippuen siitä, halutaanko mitta-



a) Määräalanäyte
Huomaa a) kuvassa eri asteikko



b) Mittalautanen



c) Kaksoisnäytteenotto.

Kuva 4. Tarjolla olevan laitumen (ka kg/ha, 4 cm) estimaatin keskivirhe näytemäärän (kpl/0,5 ha) funktiona.

lautasella seurata tarjolla olevan laitumen massaa, jolloin eläinlaji on huomioitava, vai halutaanko seurata esim. kasvuston maanpäällisen biomassan kehitystä.

Mittalautasmallin selitysaste kevätkasvulle oli korkea ($r^2 = 0,95$), mikä johtunee kevätkasvun tasaisuudesta ja alhaisesta kuolleen kasvimassan määrästä. Alhaisin selitysaste oli odelmassa ($r^2 = 0,87$), mikä aiheutui kuolleen kasvimateriaalin lisääntyneestä määrästä varsinkin loppukesällä. Kuolleet kasvinosat lajiteltiin määräalanäytteistä pois eikä niitä laskettu satoon kuuluvaksi. Laiduntamisen jälkeisessä kasvustossa selitysaste oli myös tyydyttävä ($r^2 = 0,88$), selitysastetta laski mm. tallattu kasvusto. Verrattuna muihin tutkimuksiin selitysasteet olivat korkeita, mutta variaatiokertoimet suuria (CASTLE 1976, MICHELL ja LARGE 1983, STOCKDALE 1984, BRYAN ym. 1989).

Tässä tutkimuksessa saadut korkeat selitysasteet voivat johtua osaksi yhtenäisestä kasvilajikoostumuksesta, minkä on yleisesti havaittu vaikuttavan mallien parametrien arvoihin ja jäännösvaihtelun suuruuteen. Timotein osuus kasvustosta oli niin suuri (keskim. 90%), ettei nurminadalla tai rikkakasveilla ollut paljonkaan vaikutusta mittauksiin. Lisäksi nurminata on kasvutyyliltään huomattavan lähellä timoteita. Voisikin olettaa, että kasvilajikoostumuksen vaikutus timotei-nurminata -nurmassa jää pieneksi riippumatta kasvilajien suhteellisesta osuudesta verrattuna esim. englannin raiheinä-valkoapilanurmeen. Variaatiokertoimen suuruuteen ei vaikuttanut niinkään jäännösvaihtelun suuruus (345 ja 240 kg/ha, Taulukko 5), vaan sadon alhainen keskiarvo (vrt. CASTLE 1976, MICHELL ja LARGE 1983, STOCKDALE 1984, BRYAN ym. 1989). Lähinnä variaatiokertoimen suuruus rajoittaa menetelmän tarkkuutta, etenkin kun havainnoidaan tarjolla olevan ruohon massaa laiduntamisen jälkeen.

6.4 Nurmen tiheys ja kuiva-aineprocentti satoa selittävinä muuttujina

Tiheys korreloi heikosti nurmen massan kanssa ($r = 0,17^{***}$ Taulukko 3). Se selitti satoa parhaiten keväällä nuorena nurmassa. Osa heikosta korrelaatiosta voi selittyä arviointimenetelmän perusteella (visuaalinen arvio, % täystiheystä kasvustosta), mutta tarkemmista määritysmenetelmistä

huolimatta tiheyden ja massan korrelaatio on ollut alhainen (URIOSTE 1984, GRIGGS ja STRINGER 1988). Tutkimuksessa kuiva-aineprocentti korreloi negatiivisesti nurmen massaan ja mittalautasen antamiin lukemiin. Kasvuston tiheyttä ja kuiva-aineprocenttia ei kannattanut käyttää edes apumuuttujina regressiomalleissa. Mielenkiintoista on, että mittalautasen lukemat korreloivat huomattavasti voimakkaammin korkeuden ($r = 0,92^{***}$) kuin tiheyden ($r = 0,14^{***}$) kanssa (Taulukko 3).

6.5 Määräalanäytteiden, mittalautasen ja kaksoisnäytteenottotekniikan vertailu

Määräalanäytteenotto antoi melko luotettavia arvioita tutkittavan nurmen massasta. On kuitenkin huomattava, että näytteitä otettiin varsin paljon, 15 kpl/0,5 ha (vrt. RINNE ja TAKALA 1976, RINNE 1978, BAKER ym. 1981), ja näytteenottoon kulunut aika oli pitkä. Kaksoisnäytteenotto ja yleiseen kalibraatio-suoraan perustuva menetelmä olivat samanarvoisia lukuunottamatta kaksoisnäytteenoton karkeata virhettä kevätsadossa. Tämä havainto painottaa kaksoisnäytteenoton kalibroinnin merkittävyyttä. Koska kaksoisnäytteenotto kalibroitiin käyttäen 15 edustavaa määräalanäytettä, havaintoihin ei sisällynyt kasvuston ääripäitä riittävällä painotuksella ja siten parametrien estimaatit olivat epäluotettavat (vrt. BRANSBY ja CLARKE 1988). Lisäksi kevätkasvun osalta tarjolla oleva nurmen massa oli jo 4 000 kg/ha, joka on melkoinen kasvusto laidunkokeita tai mittalautasta ajatellen.

MICHELLin (1982) kaava [1] olettaa, että kalibraation luottamusvälit pysyvät vakiona riippumatta nurmen korkeudesta, mikä ei ole tarkasti ottaen asian laita. Kuva 4:n perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että varsinaisten mittalautashavaintojen lukumäärän lisäämisellä yli 50–60 kappaleen puolen hehtaarin alueelta ei saavutettu merkittävää hyötyä. Tämä merkitsee, että yleensä voidaan tyytyä ottamaan 100–120 mittausta hehtaarilta, mikä sijoittuu BRANSBYn ja CLARKEN (1988) suositteleman 40:n ja MOULDIN (1992) suosituksen 200 kpl/ha väliin.

Koejärjestelyssä käytetty 15 kalibraatiopistettä puolelta hehtaarilta on lukumääräisesti paljon ja kaksoisnäytteenottoon kuluikin eniten aikaa. Tyydyttävään tulokseen voitaisiin päästä käyttämällä vain 5–10 kalibraatiopistettä, jota myös BRANSBY

ja CLARKE (1988) sekä LUCAS ja THOMPSON (1990) suosittelevat. Näistä pisteistä osa edustaisi kasvuston ääripäitä ja osa keskimääräistä kasvustoa (BRANSBY ja CLARKE 1988). Varsin kiinnostavana käytännön ratkaisuna mainittakoon STOCKDALEN (1984) esitys, jossa ensin mitattaisiin haluttu määrä mittalautaslukemia, laskettaisiin kasvuston keskimääräinen korkeus ja lopuksi leikat-taisiin vain kaksi määrääalaa. Kohdat valittaisiin siten, että niiden antama mittalautaslukema on hyvin lähellä lohkon keskiarvoa. Lohkon tarjolla oleva laidun (ka kg/ha) laskettaisiin siten:

$$\text{massa} = \text{määräala-} \\ \text{näytteiden massa} \times \frac{ML \text{ keskiarvo lohkolta}}{ML \text{ keskiarvo näytealoilta}} [2]$$

jossa ML = mittalautasen lukema, cm.

6.6 Virhetekijät tutkimuksessa

Edellisvuotinen sänki ja muu kuollut massa aiheutti lyhyissä kasvustoissa virhettä kannattelemalla lautasta. Pellon epätasaisuus vaikutti häiritsevästi mittalautasen lukemiin. Korkeassa kasvustossa nurmen lakoontuminen aiheutti massan aliarvioin-tia, kuten laiduntamisen aiheuttama kasvuston tal-laantuminenkin. Mainitut virhetekijät ovat yleisesti tunnettuja (L'HUILLIER ja THOMSON 1988). On huomattava, että myös määrääalaleikkueen tulokseen sisältyy virhettä: leikatussa nurmessa voi olla lan-taa ja maata, ja maan pinnan epätasaisuuden vuoksi leikkuukorkeus ei pysy vakiona. Samoin ruu-tuniittokoneella korjattua nurmen massaa ei voida pitää harhattomana estimaattina (Kohta 5.5). Tämä heikentää osaltaan kalibraation tarkkuutta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa käytetty mittalautanen oli yksinker-tainen rakenteeltaan ja raaka-aineiltaan halpa. Li-säksi mittauksien suoritus oli helppoa ja nopeaa. Mittalautanen on käyttökelpoinen apuväline timo-teivaltaisten laidunnummien tarjolla olevan ruohon

määrittämisessä tietyin rajoituksin: lakoontunutta tai voimakkaasti tallattua kasvustoa ei kyetä arvi-oimaan. Todennäköisesti mittalautasen soveltu-vuus on samaa luokkaa myös muilla heinänumilla edellyttäen, että niiden lajikoostumus on yhtenäi-nen, mutta asia vaatii jatkotutkimuksia.

Erityisesti mittalautasta voitaisiin käyttää neljän tyyppiseen havainnointiin:

- 1) laajojen koealueiden havaintovälineenä yhdis-tettynä näytteenottoon
- 2) koejäsenten vertailuun tilanteessa, jossa niiden erot niiden massoissa ovat tärkeämmät kuin massojen absoluuttiset arvot.
- 3) kun tuhoava näytteenotto ei ole mahdollinen, esimerkiksi tietyn pisteen tai pisteiden tai muu-tosten seurannassa, kuten nurmen kasvukäyrien selvittämisessä
- 4) apuvälineenä laidunkokeiden hoidossa, jos lai-duntamisessa halutaan ylläpitää tiettyjä raja-ar-voja lohkojen vaihdon perusteena (laidunta kg/ha tai kg/eläin).

Vaikka sääoloiltaan kaksi melkoisen erilaista vuot-ta voitiinkin yhdistää, sisältyy näiden yleisten ka-libraatioyhtälöiden käyttämiseen tuntemattoman suuruinen riski. Siksi kaksoisnäytteenotto on lai-dunkokeissa varteenotettava vaihtoehto. Syytä olisi tutkia myös yksinkertaistettua kaksoisnäytteenot-toa.

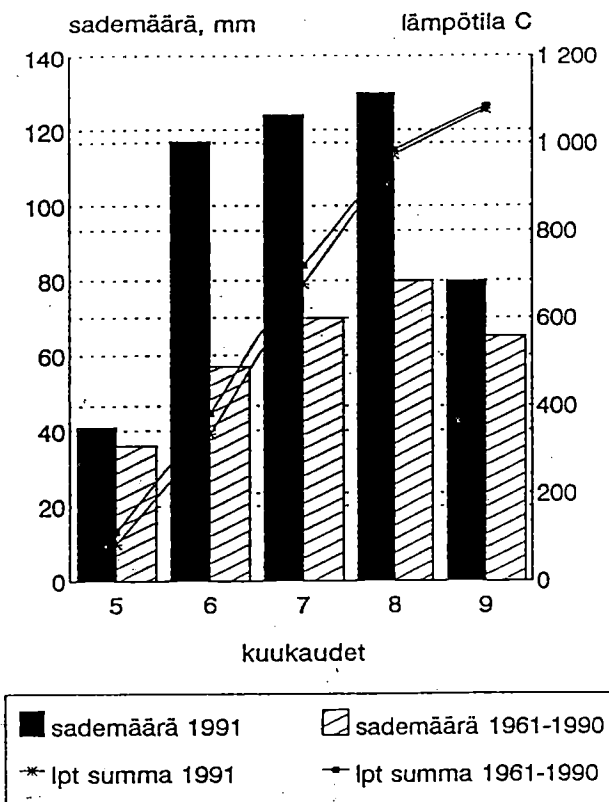
Lautasen modifikaatiosta tärkein olisi digitaalisen muistin lisääminen. Lautasen keventäminen on pa-rempi vaihtoehto kuin painon lisääminen, joskin painonmuutoksilla satava hyöty lienee pieni. Lau-tasen pinta-alaa voidaan pienentää, mikäli halutaan tutkia nurmen rakennetta tarkemmin.

Lisätutkimuksia tarvitaan, jotta mittalautasta voi-taisiin käyttää yleisemmin.

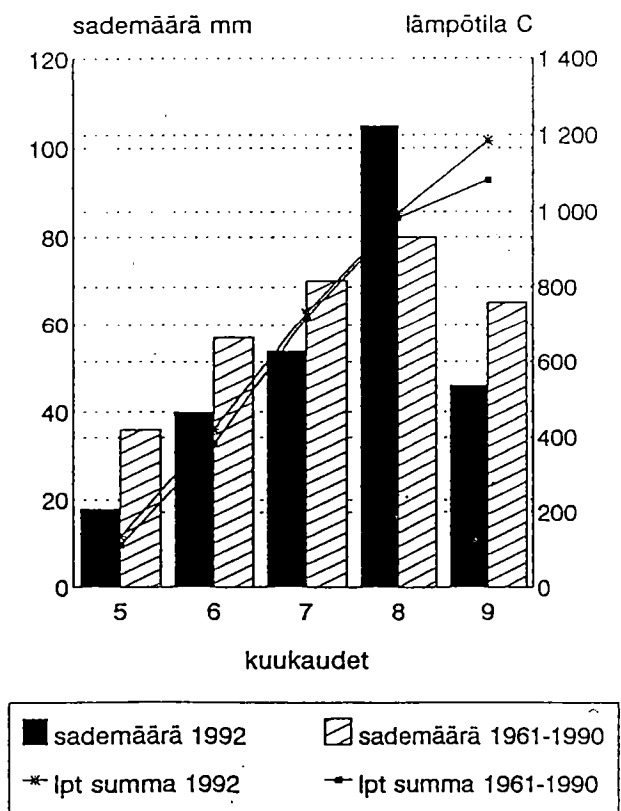
KIRJALLISUUS

- AIKEN, G.E. & BRANSBY, D.I. 1992. Observer variability for disk meter measurement of forage mass. *Agron. J.* 84: 603–605.
- BAKER, B.S., EYNDEN, T.V. & BOGGESS, N. 1981. Hay yield determinations of mixed swards using a disk meter. *Agron. J.* 73: 67–69.
- BARTHAM, G.T. 1986. Experimental techniques: The HFRO sward stick. Biennial Report. Hill Farming Research Organization 1984–85. p. 29–30.
- BRANSBY, D.I., MATCHES, A.G. & KRAUSE, G.F. 1977. Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials. *Agron. J.* 69: 393–396.
- BRANSBY, D.I. & CLARKE, G.P. 1988. Biological, practical and statistical considerations associated with measuring forage availability in grazing trials. Proc. of the Southern Pasture and Forage Improvement Conf. p. 59–63.
- BRYAN, W.B., THYNE, W.V. & PRIGGE, E.C. 1989. Use of a disk meter to evaluate continuously grazed pastures. *J. Agron. Crop Sci.* 163: 44–48.
- 1990. Sward height and a capacitance probe for estimating herbage mass. *J. Agron. Crop Sci.* 164: 208–212.
- CASTLE, M.E. 1976. A simple disc instrument for estimating herbage yield. *J. Brit. Grassl. Soc.* 31: 37–40.
- CONZALEZ, M.A., HUSSEY, M.A. & CONRAD, B.E. 1990. Plant height, disk and capacitance meters used to estimate bermudagrass herbage mass. *Agron. J.* 82: 861–864.
- CROSBIE, S.F., SMALLFIELD, B.M., HAWKER, H., FLOATE, M.J.S., KEOGHAN, J.M., ENRIGHT, P.D. & ABERNETHY, R.J. 1987. Exploiting the pasture capacitance probe in agricultural research: a comparison with other methods of measuring herbage mass. *J. agric. Sci., Camb.* 108: 155–163.
- EARLE, D.F. & MCGOWAN, A.A. 1979. Evaluation and calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Anim. Husb.* 19: 337–343.
- FRAME, J. 1981. Herbage mass. In *Sward Measurement Handbook*. J. Hodgson, R.D. Baker, A. Davies, A.S. Laidlaw & J.D. Leaver (Eds.) p. 39–69. Hurley.
- GIBB, M.J., BAKER, R.D. & SAYER, A.M.E. 1989. The impact of grazing severity on perennial ryegrass/white clover swards stocked continuously with beef cattle. *Grass and Forage Sci.* 44: 315–328.
- GREEN, J.T., MUELLER, J.P. & RAHMES, J.N. 1989. Using a falling disk meter for practical estimates of herbage mass. XVI Intern. Grassl. Congr. p. 1433–1434. Vol II. Nice.
- GRIGGS, T.C. & STRINGER, W.C. 1988. Prediction of alfalfa herbage mass using sward height, ground cover and disc technique. *Agron. J.* 80: 204–208.
- HAKKOLA, H., RINNE, K. & KOSSILA, V. 1976. Liha-
nautojen laiduntamisen ja niittoruokinnan vertailu. *Kehittyvä Maatalous* 31: 28–34.
- HENDERSON, H.V. & VELLEMAN, P.F. 1981. Building multiple regression models interactively. *Biometrics* 37: 391–411.
- HOLMES, C.W. 1974. The massey grassmeter. *Dairy-farming Annual*. p. 26–30.
- HUTCHINGS, N.J. 1991. Spatial heterogeneity and other sources of variance in sward height as measured by the sonic and HFRO sward sticks. *Grass and Forage Sci.* 46: 277–282.
- , PHILLIPS, A.H. & DOBSON, R.C. 1990. An ultrasonic rangefinder to measuring the undisturbed surface height of continuously grazed grass swards. *Grass and Forage Sci.* 45: 119–127.
- KARL, M.G. & NICHOLSON, R.A. 1987. Evaluation of the forage-disk method in mixed-grass rangelands of Kansas. *J. Range Management* 40,5: 467–471.
- KARVONEN, K. 1993. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto, Kasvintuotantotieteen laitos, Kasvinviljelytieteen osasto. 68 p.
- LACA, E.A., DEMMENT, M.W., WINCKEL, J. & KIE, J.G. 1989. Comparison of weight estimate and rising-plate meter methods to measure herbage mass of a mountain meadow. *J. Range Manage.* 42: 71–75.
- L'HUILLIER, P.J. & THOMSON, N.A. 1988. Estimation of herbage mass in ryegrass/white clover dairy pastures. *Proc. N.Z. Grassl. Assoc.* 49: 117–122.
- LUCAS, R.J. & THOMPSON, K.F. 1990. Pasture assessment for livestock managers. In *Pastures, Their Ecology and Management*. R.H.M. Langer (Ed.) p. 241–262. Oxford.
- & WILKINS, R.J. 1987. Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows. *Grass and Forage Sci.* 42: 59–72.
- MAYNE, C.S., NEWBERRY, R.D., WOODCOCK, S.C.F. & WILKINS, R.J. 1987. Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows. *Grass and Forage Sci.* 42: 59–72.
- MEIJS, J.A.C. & HOEKSTRA, J.A. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Sci.* 39: 59–66.
- MICHALK, D.L. & HERBERT, P.K. 1977. Assessment of four techniques for estimating yield on dryland pastures. *Agron. J.* 69: 864–868.
- MICHELL, P. 1982. Value of a rising-plate meter of estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Sci.* 37: 81–87.
- & LARGE, R.V. 1983. The estimation of herbage mass of perennial ryegrass swards: A comparative evaluation of plate meter and a single-probe capacitance meter calibrated at and above ground level. *Grass and Forage Sci.* 38: 295–299.
- MOULD, F.L. 1990. A note on the use of a rising-plate meter to estimate herbage yield. *Norwegian J. Agric. Sci.* 4: 111–117.
- 1992. Use of a modified rising-plate meter to estimate herbage yield. *Norwegian J. Agric. Sci.* 4: 111–117.
- NETER, J., WASSERMAN, W. & KUTNER, M.M. 1989. *Applied linear regression models*. 2nd ed. 667 p. Boston.

- O'SULLIVAN, M., O'KEEFE, W.F. & FLYNN, M.J. 1985. The value of pasture height in the measurement of dry matter yield. Proc. XV Int. Grassland Congress. 833-834.
- PIGGOT, G.J. 1986. Methods for estimating pasture dry matter on dairy farms in Northland. Proc. New Zealand Grassland Ass. 47: 243-247.
- 1989. A comparison of four methods of estimating herbage yield of temperate dairy pastures. N.Z. J. Agric. Res. 32: 121-123.
- POWELL, T.L. 1974. Evaluation of weighted disc meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pasture. N.Z. J. Exp. Agric. 2: 237-241.
- PULLI, S. 1980. Growth factors and management technique used in relation to the developmental rhythm and yield formation pattern of a pure grass stand. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 52: 281-330.
- RINNE, K. 1978. The effect of maturity on herbage pasture during grazing season. Ann. Agr. Fenn. 17: 10-17.
- & TAKALA, M. 1976. Erilaisten kesäruokintamuotojen vertailua lypsykarjalla. II. Laidun- ja niittoruokinnan vaikutus nurmen hyväksikäyttöön. Kehittyvä Maatalous 31: 18-27.
- SANTILLAN, R.A., OCUMPAUCH, W.R. & MOTT, G.O. 1979. Estimating forage yield with a disk meter. Agron. J. 71: 71-74.
- STOCKDALE, C.R. 1984. Evaluation of techniques for estimating the yield of irrigated pastures intensively grazed by dairy cow. 2. The rising plate meter. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 24: 305-311.
- & KELLY, K.B. 1984. A comparison of a rising-plate meter and an electronic capacitance meter for estimating the yield of pastures grazed by dairy cows. Grass and Forage Sci. 39: 391-393.
- URIOSTE, J. 1984. Utveckling av metoder för skattning av betets avkastning som hjälpmedel för foderstyrning till mjölkkor på bete. Examenarbete i Husdjurens Utfodring och Vård. 36 p. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- VARTHA, E.W. & MATCHES, A.G. 1977. Use of a weighted-disk measure as an aid in sampling the herbage yield on tall fescue pastures grazed by cattle. Agron. J. 69: 888-890.
- VICKERY, P.J., BENNETT, I.L. & NICOL, G.R. 1980. An improved electronic capacitance meter for estimating herbage mass. Grass and Forage Sci. 35: 247-252.
- WILLIAMSON, H.D. 1990. Estimating biomass of an improved pasture using SPOT HRV data. Grass and Forage Sci. 45: 235-241.
- VIRKAJÄRVI, P. 1991. Grazing studies with suckler cows at Karelia. Suckler cow workers meeting, Dulverton, U.K. 23.-26. September 1991. 3 p. Manuscript. (Available at Karelia Res. Station, Tohmajärvi, Finland).
- 1993. Some basic features of Finnish grasslands and their relation to the grazing management of suckler cows. Suckler cow workers meeting, Galway, Ireland, 13.-16. Sept. 1993. 4 p. Manuscript. (Available at Karelia Res. Station, Tohmajärvi, Finland).
- , KARVONEN, K. & KETOJA, E. 1992. Calibration of a disk meter for predicting herbage mass of *Phleum pratense* pastures. Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation. Lahti, Finland. June 8-11, 1992. pp. 556-557.



Kasvukausi 1991: Tehoisan lämpötilan summa ja sademäärä kuukausittain verrattuna pitkän ajan (1961-90) keskiarvoihin, Tohmajärvi.



Kasvukausi 1992: Tehoisan lämpötilan summa ja sademäärä kuukausittain verrattuna pitkän ajan (1961-90) keskiarvoihin, Tohmajärvi.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Kirjasto

31600 JOKIOINEN

puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk (+ alv.)