



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 781-2012

## Utvärdering av portabla fukthaltsmätare

Evaluation of portable moisture meters

Lars Fridh

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 781-2012

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

## Titel:

Utvärdering av portabla fukthaltsmätare.

Evaluation of portable moisture meters.

## Bildtext:

De portabla fukthaltsmätarna WILE, BLL och BM2.

## Ämnesord:

Fukthaltsmätning, portabla fukthaltsmätare, fukthalt, stamvedsflis, grottflis.

Moisture measurement, portable moisture meters, moisture content, stem wood chips, logging residue chips.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2012

ISSN 1404-305X



**SKOGFORSK**

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Lars Fridh**, jägmästare, anställd inom skogsbränsleprogrammet sedan 2011. Arbetar huvudsakligen med mätning av skogsbränslets kvantitet och kvalitet samt sortimentsfrågor.

## Abstract

Three portable moisture meters for wood chips were evaluated in terms of precision and ease of use. One meter was based on resistance (Humimeter BLL), and two were based on capacitance (Humimeter BM2 and WILE Bio Moisture). The studies were carried out in a laboratory environment, and the oven-drying method (SS-EN 14774) was used as a reference when determining moisture content.

The moisture meters evaluated in the study can measure the moisture content of wood chips accurately, providing the chips are not frozen. However, none of the meters provided accurate results for all types of material and for all moisture levels.

The BLL resistance meter showed greatest limitation. It had good measurement precision up to a moisture content of approximately 30% but, above this level, deviations ranged from large to very large. A resistance meter is therefore more suitable for drier material than for forest fuel, the moisture content of which is usually above 30%.

Both the capacitance meters, BM2 and WILE, were accurate for both logging residue and stem wood chips, but they must be calibrated to the material in question. BM2 displayed somewhat greater precision, but is heavier to use and the measurement procedure is more complicated. The WILE meter worked well for measurements directly in the wood chips. After taking a number of measurements in each load, an average moisture content is obtained.

# Innehåll

Sammanfattning.....	2
Introduktion.....	2
Termer och Begrepp .....	3
Fukthalt.....	3
Fuktkvot .....	3
Torrhalt.....	3
Fraktionsklasser .....	4
Tekniska principer för att bestämma fukthalt .....	4
Resistans .....	4
Kapacitans .....	4
Torkugn .....	5
Syfte.....	5
Material och metoder.....	5
Humimeter BLL.....	6
Humimeter BM2.....	6
WILE Bio Moistire.....	6
Mätningarna.....	7
Analyser.....	8
Resultat .....	9
Humimeter BLL.....	9
Humimeter BM2.....	11
WILE Bio Moisture.....	14
Flisfraktion.....	16
Användarvänlighet.....	19
Diskussion .....	21
Mätarnas noggrannhet och precision.....	21
Mätarnas användning i praktiken .....	22
Slutsatser .....	24
Referenser.....	25
Bilaga 1 Sammanställning av mätresultat.....	27

## Sammanfattning

Tre portabla fukthaltsmätare för flis har utvärderats avseende noggrannhet och användarvänlighet. En mätare använder sig av resistansteknik, Humimeter BLL, och två använder sig av kapacitanssteknik, Humimeter BM2 och WILE Bio Moisture. Studierna genomfördes i laboratoriemiljö och torkugnsmetoden (SS-EN 14774) användes som referens för fukthaltsbestämning.

De utvärderade mätarna kan mäta fukthalten på flis korrekt under förutsättning att flismaterialet inte är fruset. Ingen av mätarna klarar dock av att mäta korrekt på alla typer av material och för alla fukthaltsnivåer.

Resistansmätaren BLL är den mätare som uppvisar störst begränsning, med god mätnoggrannhet upp till en fukthalt på ca 30 %. Därefter blir avvikelserna stora till mycket stora. En resistansmätare är därför mer lämpad för torrare material än för skogsbränsle som normalt har en fukthalt över 30 %.

De båda kapacitansmätarna BM2 och WILE mäter bra på både grot- och stamvedsflis, men de måste kalibreras mot aktuellt material. BM2 uppvisade något högre noggrannhet, men är tyngre att hantera och mätningsförfarandet är mer omständligt. Mätaren WILE fungerar bra för mätningar direkt i flisen när man genom ett flertal mätningar per lass tar fram medelvärdet som fukthaltsbestämning.

## Introduktion

Vid bestämning av energivärdet i trädbränslen är fukthalten en av de viktigaste parametrarna. I dagsläget sker fukthaltsbestämning genom att man tar prover från materialet och väger dessa. Därefter ugnstorkas proverna ett dygn i 105° C varefter proverna vägs igen. Fukthalten bestäms som viktskillnaden genom den råa vikten. Denna procedur utförs endast på större mätplatser på grund av utrustningskraven. Metoden har som nackdel att det tar minst ett dygn innan fukthalten för leveransen kan fastställas. På mindre terminaler eller om man vill veta fukthalten innan man levererar materialet till kund är därför ugnsmetoden för långsam och/eller för besvärlig. I dessa fall behöver man en snabbare mätmetod och det är önskvärt att det är enkelt att transportera mätutrustningen mellan olika platser. I idealfallet skulle mätutrustningen vara enkel att ha med och så pass billig att flisningsentreprenörer och lastbilschaufförer kan ha med utrustningen i fordonen. Med den nya virkesmätningsslagen ökar behovet av att kunna göra fukthaltsmätning på terminaler, då det är nödvändigt för att bestämma torrvikten hos materialet. Det kan bli svårt att få acceptans för enbart volymmätning ( $m^3s$ ) på terminal enligt de nya mätbestämmelserna.

I dag marknadsförs ett antal mätare för mätning av fukthalten hos flis. Mätområden, mätmetoder och förväntad noggrannhet skiljer sig mellan olika typer av mätare. Under sommaren 2011 gjordes en litteraturgenomgång av vilka mätmetoder som kan vara intressanta för fuktmätning i flis (Sjöström, 2011).

## TERMER OCH BEGREPP

### Fukthalt

Med fukthalt avses kvoten av vattnets (fuktens) massa i ett fuktigt material och massan för det fuktiga materialet och uttrycks i procent. Funktionen för fukthalt kan skrivas som:

$$\text{Fukthalt i \%} = \frac{m_{fs} - m_{ts}}{m_{fs}} \times 100 \text{ där } \begin{cases} m_{fs} = \text{massan fuktig substans} \\ m_{ts} = \text{massan torr substans} \end{cases}$$

I engelska texter används begreppet *Moisture content* som förkortas MC för att ange fukt, och kan användas som benämning för både fukthalt och fuktkvot. En mer korrekta engelsk term för fukthalt är *Moisture content wet basis* och brukar förkortas  $MC_{wb}$  eller bara  $M_{wb}$ . I vissa engelska texter används även uttrycket *Moisture content green basis* ( $MC_{gb}$ ) för att ange fukthalten. De mätare som utvärderats i denna studie mäter fukthalten i procent för det aktuella materialet.

### Fuktkvot

Med fuktkvot avses kvoten av vattnets (fuktens) massa i ett fuktigt material och massan för det torra materialet och uttrycks i procent. Funktionen för fuktkvot kan skrivas som:

$$\text{Fuktkvot i \%} = \frac{m_{fs} - m_{ts}}{m_{ts}} \times 100 \text{ där } \begin{cases} m_{fs} = \text{massan fuktig substans} \\ m_{ts} = \text{massan torr substans} \end{cases}$$

Begreppet fuktkvot är vanligt inom sågverks- och snickeribranschen när man skall ange fukttinnehållet i sågade, torkade trävaror. När man på brädgården köper snickeritorrt, sågat virke, så har det en fuktkvot på mellan 10–15 %. Den engelska termen för fuktkvot är *Moisture content dry basis* och brukar förkortas  $MC_{db}$  eller  $M_{db}$ .

### Torrhalt

Med torrhalt avses kvoten av det torra materialets massa och massan för det fuktiga materialet och uttrycks i procent. Funktionen för torrhalt kan skrivas som:

$$\text{Torrhalt i \%} = \frac{m_{ts}}{m_{fs}} \times 100 \text{ där } \begin{cases} m_{ts} = \text{massan torr substans} \\ m_{fs} = \text{massan fuktig substans} \end{cases}$$

Detta ger att torrhalten är det samma som 100 – fukthalten. Begreppet torrhalt används av Virkesmätningrådet bl.a. i dess bestämmelser för biobränslemätning (Virkesmätningrådet 1999). Den engelska termen för torrhalt är *Dry matter content* och brukar förkortas DMC.

## Fraktionsklasser

Fukthaltsmätarna är kalibrerade från fabrik för olika specifikationer och klasser av flis och dessa finns beskrivna i standarden SS-EN 14961 (Svensk standard, 2010). Tillverkarna har utgått ifrån definitionerna för klasserna av flisens dimension och fraktionsfördelning vid kalibreringen och då för klasserna P16, P45, P63 och P100.

Tabell 1.  
Fraktionsklasser enligt SS-EN 14961.

Klass	Huvudfraktioner (min 75 vikt %)	Finfraktion (P ≤ 3,15 mm)	Grovfraktioner, max flislängd
P16A	$3,15 \leq P \leq 16$ mm	≤ 12 %	≤ 3 % P > 16 mm, alla P < 31,5 mm
P16B	$3,15 \leq P \leq 16$ mm	≤ 12 %	≤ 3 % P > 16 mm, alla P < 120 mm
P45A	$8 \leq P \leq 45$ mm	≤ 8 %	≤ 6 % P > 63 mm, max 3,5 % P > 100 mm, P < 120 mm
P45B	$8 \leq P \leq 45$ mm	≤ 8 %	≤ 6 % P > 63 mm, max 3,5 % P > 100 mm, P < 350 mm
P63	$8 \leq P \leq 63$ mm	≤ 6 %	≤ 6 % P > 100 mm, alla P < 350 mm
P100	$16 \leq P \leq 100$ mm	≤ %	≤ 6 % P > 200 mm, alla P < 350 mm

## TEKNISKA PRINCIPER FÖR ATT BESTÄMMA FUKTHALT

Det finns flera tekniska principer som kan utnyttjas för att detektera och mäta mängden fukt i ett skogsbränsle. Här beskrivs endast de tekniska lösningar för fukthaltsmätning som ingått i denna studie.

### Resistans

En fukthaltsmätare som använder resistansmätning har oftast en lång spetsig sond med två mätpunkter eller flera par nålliknade sonder som utgör mätpunkterna. Sonden/sonderna skjuts in i materialet och med hjälp av likspänning mäts sedan resistansen mellan mätpunkterna. Eftersom mätpunkterna sitter relativt nära varandra, en eller ett par cm mellanrum, täcker mätaren endast in ett lokalt område kring mätpunkterna. För inhomogena material bör därför ett stort antal mätningar göras för att ge ett tillförlitligt mätresultat (Sjöström, 2011). Den elektriska resistansen i trä ändras med olika fukthalt från mycket hög resistans i torrt trä som minskar kraftigt med stigande fukthalt till fibermättnadspunkten (omkring 23 % fukthalt) varefter minskningen avtar nästan helt. Temperaturen påverkar mätningarna med minskande resistans ju högre temperaturen är. Detta innebär att mätarna måste kalibreras för aktuell temperatur. Kalibreringen kan automatiseras genom att ha en termometer integrerad med mätaren som känner av temperatur, kompenserar och gör fukt-mätning utifrån lämplig kalibreringskurva. Resistansen i trä där vattnet frusit har flerfaldt högre resistans än i ofruset tillstånd, vilket gör mätvärdena osäkra. Resistansmätare är därför olämplig för fruset material.

### Kapacitans

Då en växelspanning läggs över två ledare som separeras av ett isolerande material uppstår en laddningsskillnad mellan de två sidorna på materialet. Förhållandet mellan spänningen och laddningsskillnaden kallas för kapacitans, och olika isolerande material mellan ledarna ger olika kapacitansvärden. Ett ämnes dielektricitetskonstant eller relativa permittivitet är förhållandet mellan kapacitansen för vakuum och kapacitansen för det betraktade isolerande materialet.

För trä gäller att dielektricitetskonstanten varierar med träets fukthalt. Genom att mäta kapacitansen hos träflisen kan man få ett mått på dielektricitetskonstanten och därmed också dess fukthalt. Dielektricitetskonstanten påverkas av träets fuktighet, temperatur, densitet och den elektriska växelspanningens frekvens. Generellt sett ökar konstanten med ökande fukthalt, ökande densitet, minskad frekvens.

Konstanten ökar också med högre temperatur utom vid höga fukthalter då konstanten sjunker med högre temperatur. Då dielektricitetskonstanten för is liknar den för trä är det svårt att skilja dessa åt, varför kapacitansmätare ej bör användas på fruset material.

## Torkugn

Användandet av torkugn för att fastställa fukthalten i flis är den metod som är vanligast förekommande i dag och den används också som referensmetod vid kalibrering av andra mättekniska metoder. Metoden finns beskriven i Svensk Standard SS-EN 14774-1 Total fukthalt-Referensmetod och i SS-EN 14774-2 Total fukthalt-Förenklad metod (Svensk Standard, 2010). De fuktiga flisproverna, där varje prov skall vara på minst 300 gram, vägs för att sedan torkas i en temperatur på  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  tills vikten har stabiliserats. Den anses stabil då viktförändringen under en tid av 60 minuter är mindre än 0,2 % av den totala viktförlusten. Därefter vägs flisproverna igen och den torra massan erhålls. Fukthalten fås genom att beräkna kvoten mellan viktförlusten och den ursprungliga vikten. Torktiden bör generellt inte överstiga 24 timmar för att motverka viktförluster genom avdunstade extraktivämnena. Torktider på upp till 48 h kan krävas beroende på fuktmängd, provlagrets tjocklek, partikelstorlek, fraktionsfördelning, andelen bark, barr, grendelar m.m.

I Sjöströms litteraturgenomgång presenterades även en marknadsundersökning för att belysa pris och använd mätmetod hos de mätare som finns i dagsläget (Sjöström, 2011). I kombination med tester som gjorts av FP Innovations (Volpé, 2011) har detta lett till att det ansetts viktigt att experimentellt testa några utvalda mätare.

## Syfte

Studien har genomförts för att utvärdera mätnoggrannhet och användarvänlighet hos portabla utrustningar för fukthaltsmätning i flis. Mätarna har utvärderats inom ett brett fukthaltsintervall (20–60%) motsvarande det normala intervallet för skogsflis. Kraven på de utvärderade mätarna var att de skulle kunna transporteras i en vanlig bil och inte kräva något installationsarbete på mätplatsen samt att priset på utrustningen skulle vara lägre än 50 000 kr.

## Material och metoder

I studien utvärderades tre olika portabla fukthaltsmätare, en som mäter med hjälp av elektrisk resistans och två som mäter med hjälp av elektrisk kapacitans. Varje enskild mätares instruktionsbok och manual studerades noga och ett flertal övningsmätningar förtogs för att säkerställa rätt handhavande under testerna.

## **HUMIMETER BLL**

Instrumentet Humimeter BLL använder resistansmätning för att fastställa fukthalten. Mätaren består av en 1 meter lång sond med ett mät huvud i spetsen och med en elektronikenhet med display och funktionsknappar i motsatt ända (Figur 1). Med sonden mäts även temperaturen på materialet och mätaren kompenserar automatisk för denna. BLL har kalibrerats mot torkugn som referensmetod enligt standarden EN-14774. Den har tre olika kalibreringskurvor för flisklasser enligt standarden EN-14961. Kalibreringskurvorna gäller för: Flis, klass P16; Grövre flis, klass P45 och Industriflis, motsvarande klasserna P45 och P63, men utan finfraktioner. Tillverkaren anger instrumentets mätområde för fukthalt från 10 % upp till 50 % för flis. Vid mätning väljer man först kalibreringskurva med funktionsknapparna, skjuter in sonden i flis-materialet varpå man omgående kan avläsa fukthaltsvärdet i mätarens display.

## **HUMIMETER BM2**

Instrumentet Humimeter BM2 använder kapacitansmätning för att fastställa fukthalten. Mätaren består av en rostfri behållare på ca 15 liter med en elektronikenhet med display och funktionsknappar monterad mitt på behållaren (Figur 1). Till mätutrustningen hör också en våg och en provtagningshink på 13 liter. BM2 har kalibrerats mot torkugn som referensmetod enligt standarden EN-14774 och har 20 olika kalibreringskurvor.

Mätaren har en inbyggd temperaturmätare och gör en automatisk kompensering för temperaturens inverkan. BM2 kompenserar för materialets skrymdensitet då kalibreringskurvorna utgår ifrån vilken typ av material som skall mätas och vikten på materialprovet i behållaren med att ha kurvor för fasta vikter t.ex. 2,0 kg, 2,4 kg etc. Kalibreringskurvor i fasta viktklasser finns för följande material: Flis i klasserna P16, P45, P63 och P100 enligt standarden EN-14961 samt för spån, bark, pellets, sågspån och några jordbruksprodukter. Tillverkaren anger instrumentets mätområde för fukthalt från 10 % upp till 60 % för flis, bark och sågspån.

Vid mätning utgår man ifrån en skrymvolym på 13 liter. Man fyller först provhinken med material, häller över detta i mätarens behållare. Sedan plockar man bort material så att vikten överensstämmer med närmast lägre fasta viktklass för kalibreringskurva. Därefter väljer man kalibreringskurva (för vikt och typ av material) med funktionsknapparna och avläser fukthalt. Om mätvärdet i displayen blinkar, är mätningen utanför kalibreringskurvans mätområde. Då måste man fylla på med mer flis i behållaren så att vikten överensstämmer med närmast högre fasta viktklass. Därefter väljer man kalibreringskurva för den närmast högre aktuella viktklassen, och avläser fukthalt. Humimeter BM1 är identisk med BM2 men med skillnaden att BM1 saknar PC interface för överföring av data.

## **WILE BIO MOISTIRE**

Instrumentet WILE Bio Moisture använder kapacitansmätning för att fastställa fukthalt. Mätaren består av en elektronikenhet med en löstagbar tallrikssond (Figur 1). Mätningen görs inom ett klotformigt område med 20 cm diameter mellan sondspets och tallrik. WILE har kalibrerats mot torkugn som referensmetod enligt standarden EN-14774 och har fyra olika kalibreringskurvor; en för flis (stamved) samt tre för respektive fin, medelgrov och grov flis av av-



verkningsrester (grot). Tillverkaren anger instrumentets mätområde för fukthalt från 12 % upp till 40 % för stamvedsflis och från 30 % till 70 % för flis av avverkningsrester (grot).

Vid mätning sticker man först in sonden i flisen, sedan slår man på mätaren, väljer kalibreringskurva och väntar i några sekunder innan fukthalten visas i displayen.



Figur 1.  
De utvärderade mätarna, WILE (till vänster) med tallrikssond, BLL (överst) med 1 m sond och BM2 (till höger) med rostfri mätbehållare. Plastbehållaren med flis är på 30 liter.

## MÄTNINGARNA

Som referensmetod för fastställande av fukthalt har i denna studie metoden med torkugn enligt standarden SS-EN 14774-2 Total fukthalt-Förenklad metod använts. För vägning av proverna användes en laboratorievåg med mätnoggrannhet ned till 0,01 gram.

Fukthaltsmätningarna har huvudsakligen gjorts på två olika typer av skogsbränslen; flis av stamved och grotflis från grenar och toppar. Några mätningar har också gjorts på bark och sågspån. Stamvedsflisen var huggen och av barrträd, men enstaka prover hade ett litet inslag av löv. Även grotflisen var huggen och av barrträd, huvudsakligen gran.

Skogsbränslet till denna studie hämtades vid inleverans till värmeverket i Enköping och vid flisstucken vid hamnen i Hargshamn. Materialet förvarades fram till mätning i lufttåta behållare i kylrum (+60 C). Ur det kylförvarade materialet togs sedan provmängder på ca 20 liter, som användes för respektive testomgång.

För respektive stamvedsflis och grothlis togs ca en tredjedel av materialet ut för att skapa flis med kontrollerat fraktionsinnehåll. Två material sållades fram dels en finare flis med partikelstorlek <16 mm, dels en grövre flis med partikelstorlek 16–45 mm.

Fukthaltsmätningarna genomfördes i laboratoriemiljö vid rumstemperatur. Mätningarna med BLL och WILE gjordes på material i en 13 liters plasthink, och för BM2 hölls materialet i hinken över i mätarens behållare. För varje testomgång gjordes mellan fyra och fem mätomgångar under det att proverna succesivt torkades ner. Först vägdes flisprovet och därefter mättes fukthalten med respektive mätare. Sedan fördelades provet i torkformar och torkades en timme i torkugn, varefter proverna togs ut och fick svalna. En ny mätomgång startades med vägning, mätning och sedan torkades provet i ytterligare en timma och så fortsatte testomgången. Sista mätning gjordes då fukthalten låg på ca 10–15 %. Därefter torkades provet helt och vägdes i torrt tillstånd. För BLL och WILE gjordes fem, och för BM2 tre upprepade mätningar för varje mätomgång.

## ANALYSER

För att utröna mätnoggrannheten har statistiska analyser gjorts i tre nivåer där den första nivån omfattar samtliga mätningar. För den andra nivån har mätresultaten grupperats i två delgrupper, de med en referensfukthalt <35 % och de med en referensfukthalt >35 %. I den tredje nivån har mätresultaten indelats utifrån referensfukthalt i fukthaltsklasser om 10 % (10–19 %, 20–29 % etc.). Analyser har gjorts för respektive mätare per flistyp, delgrupp och fukthaltsklass. I resultaten presenteras differenser i fukthalt mellan mätare och referensmetod och uttrycks i procent av referensmetodens värde. Funktionen för differenser i fukthalt kan skrivas som:

$$Diff_{FH} \text{ i } \% = \frac{FH_M - FH_R}{FH_R} \times 100 \text{ där } \begin{cases} Diff_{FH} = \text{Differens i fukthalt} \\ FH_M = \text{Fukthalt, mätare} \\ FH_R = \text{Fukthalt, referensmetod} \end{cases}$$

För att fastställa mätarnas känslighet för olika fraktion på flis har statistiska analyser gjorts för mätresultat på osållad respektive finare och grövre flis. Mätresultaten har indelats i två delgrupper, de med en referensfukthalt <35 % och de med en referensfukthalt >35 %. Analyser har gjorts för respektive mätare per flistyp och delgrupp. I resultaten presenteras regressionslinjernas riktningskoefficient och intercept. Funktionen för en linjär regressionskurva kan skrivas som:

$$y = k \times FH_R + m \text{ där } \begin{cases} y = \text{Fukthaltsvärde för regressionsfunktionen} \\ k = \text{Riktningskoefficient (kurvans lutning)} \\ FH_R = \text{Fukthalt för referensmetod} \\ m = \text{Intercept (skärningspunkt med } y - \text{axeln)} \end{cases}$$

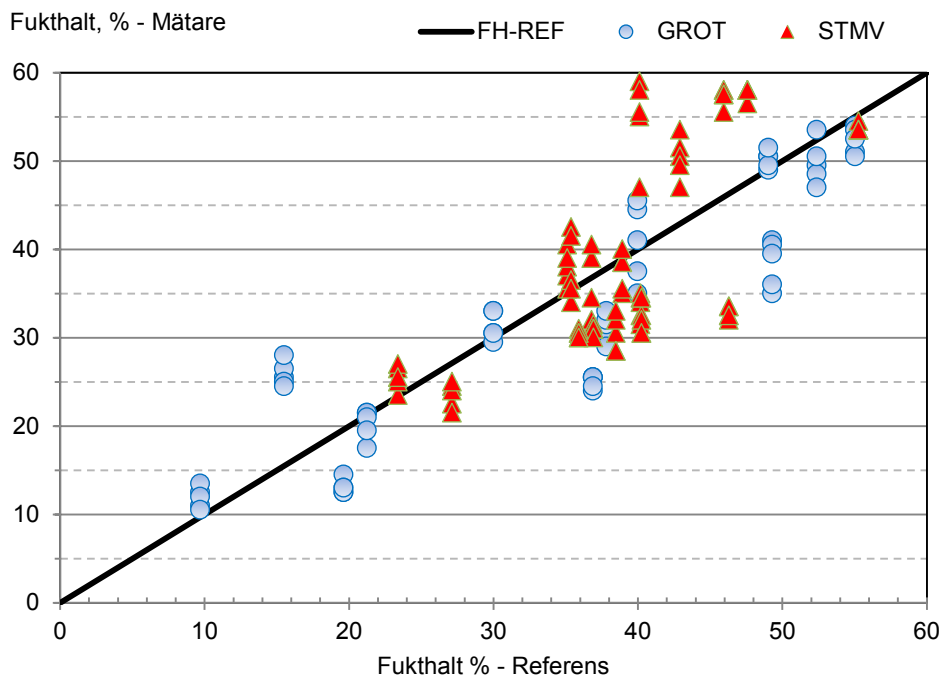
# Resultat

## HUMIMETER BLL

För samtliga mätningar på grothflis utförda med Humimeter BLL var den relativa differensen mellan fukthalt enligt BLL och fukthalten bestämd med referensmetoden torkugn  $-1,8\%$  (Figur 2). BLL underskattade fukthalten i  $60\%$  av mätningarna. Den relativa underskattningen av fukthalten var  $-17,4\%$  och den relativa överskattningen var  $21,5\%$ . För  $26,7\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BLL och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

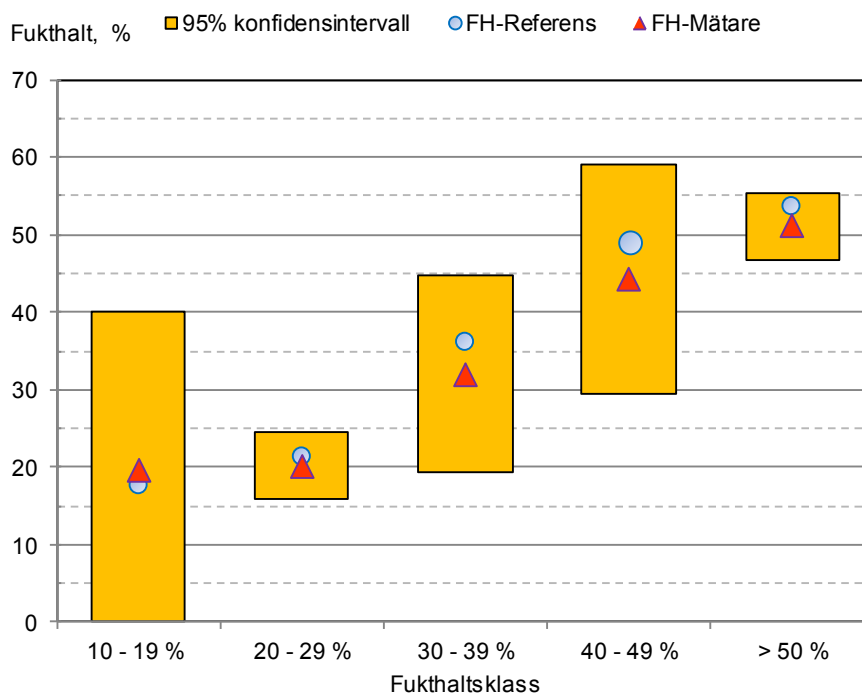
För mätningar utförda på grothflis som höll en referensfukthalt under  $35\%$  var den relativa differensen i fukthalt mellan BLL och torkugn  $11,2\%$  (Bilaga 1). För detta torrare material överskattade BLL fukthalten i  $64,0\%$  av mätningarna. Den relativa underskattning respektive överskattning av fukthalten var  $-21,7\%$  respektive  $29,7\%$ . För  $24,0\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BLL och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar på grothflis som hade en referensfukthalt över  $35\%$  var den relativa differensen mellan BLL och torkugn  $-11,1\%$  (Bilaga 1). För detta fuktigare material underskattade BLL fukthalten i  $77\%$  av mätningarna. Den relativa underskattningen var  $-16\%$  och den relativa överskattningen av fukthalten var  $5,2\%$ . För  $28,6\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BLL och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .



Figur 2.  
Förhållande mellan uppmätt fukthalt och referensfukthalt (FH-REF) för mätningar med BLL på stamvedsflis (STMV) och grothflis (GROT).

Mätresultaten för BLL på grottflis indelades efter referensfukthalten i 10 % klasser och medelvärden beräknades (Figur 3). Den minsta relativa differensen mellan medelvärdet för BLL och medelvärdet för torkugn var  $-4,9\%$  för klassen 20-29 % och den största relativa differensen var  $-11,4\%$  för klassen 30-39 %. Den högsta relativa standardavvikelsen för BLL återfanns i klassen 10-19 % och var  $46,1\%$ . Den lägsta relativa standardavvikelsen var  $3,8\%$  för klassen  $>50\%$ .



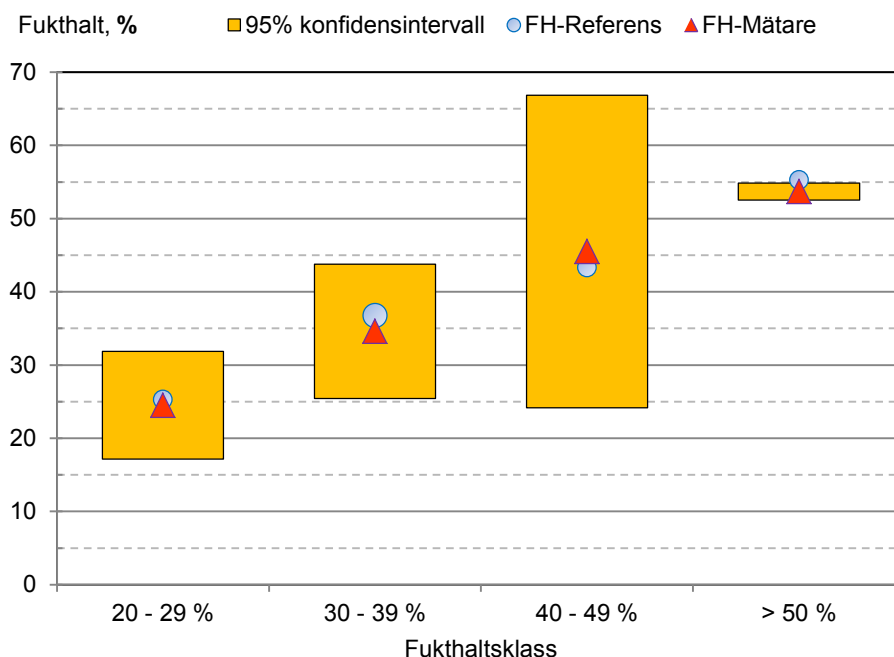
Figur 3. Medelvärde och 95 % konfidensintervall för uppmätt fukthalt (FH-Mätare) och medelvärdet för referensfukthalten (FH-Referens) i respektive fukthaltssklass för mätningar med BLL på grottflis.

För samtliga mätningar på stamvedsflis utförda med Humimeter BLL var den relativa differensen mellan fukthalt enligt BLL och fukthalten bestämd med referensmetoden  $-0,8\%$  (Figur 2). BLL underskattade fukthalten i 55 % av mätningarna. Den relativa underskattningen av fukthalten var  $-15,3\%$  och den relativa överskattningen var  $17,2\%$ . För 15,3 % av mätningarna var den relativa differensen mellan BLL och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar utförda på stamvedsflis som höll en referensfukthalt under 35 % var den relativa differensen i fukthalt mellan BLL och torkugn  $-2,2\%$  (Bilaga 1). För detta torrare material underskattade BLL fukthalten i 50 % av mätningarna. Den relativa underskattningen respektive överskattningen av fukthalten var  $-13,4\%$  respektive  $9,0\%$ . För 10,0 % av mätningarna var den relativa differensen mellan BLL och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar på stamvedsflis som hade en referensfukthalt på över 35 % var den relativa differensen mellan BLL och torkugn  $-0,6\%$  (Bilaga 1). För detta fuktigare material underskattade BLL fukthalten i 56 % av mätningarna. Den relativa underskattningen var  $-15,5\%$  och den relativa överskattningen var  $18,4\%$ . För 16,0 % av mätningarna var den relativa differensen mellan BLL och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

Mätresultaten för BLL på stamvedsflis indelades efter referensfukthalten i 10 % klasser och medelvärden beräknades (Figur 4). Den minsta relativa differensen mellan medelvärdet för BLL och medelvärdet för torkugn var  $-2,9\%$  för klassen  $>50\%$  och den största relativa differensen var  $-5,9\%$  för klassen  $30-39\%$ . Den högsta relativa standardavvikelsen för BLL återfanns i klassen  $40-49\%$  och var  $23,8\%$ . Den lägsta relativa standardavvikelsen var  $0,8\%$  för klassen  $>50\%$ . Klassen  $10-19\%$  saknade mätdata.



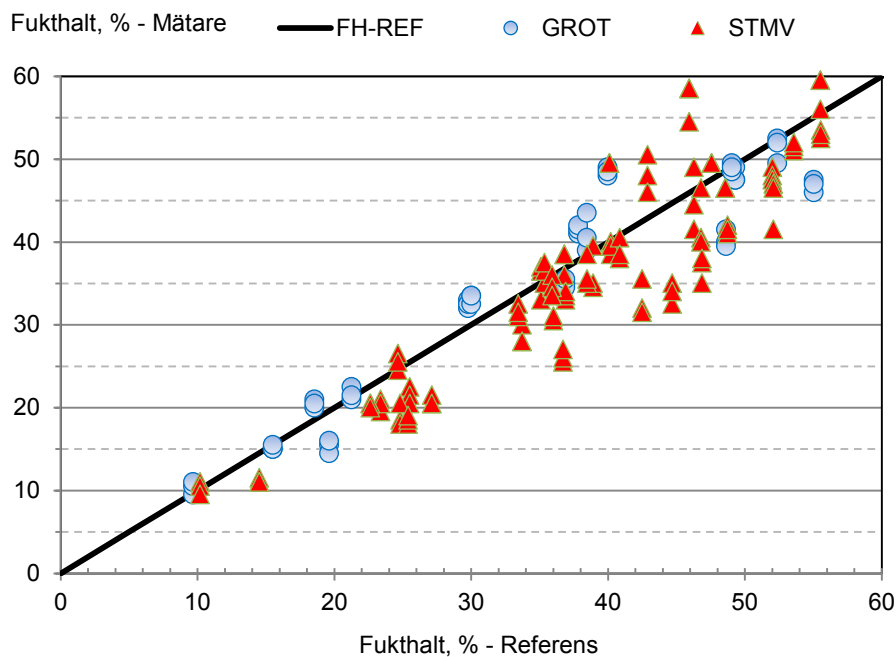
Figur 4. Medelvärde och 95 % konfidensintervall för uppmätt fukthalt (FH-Mätare) och medelvärdet för referensfukthalten (FH-Referens) i respektive fukthaltssklass för mätningar med BLL på stamvedsflis.

## HUMIMETER BM2

För samtliga mätningar på grothflis utförda med Humimeter BM2 var den relativa differensen mellan fukthalt enligt BM2 och fukthalten bestämd med referensmetoden  $0,7\%$  (Figur 5). BM2 underskattade fukthalten i 50 % av mätningarna. Den relativa underskattningen av fukthalten var  $-8,4\%$  och den relativa överskattningen var  $9,7\%$ . För  $31,0\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

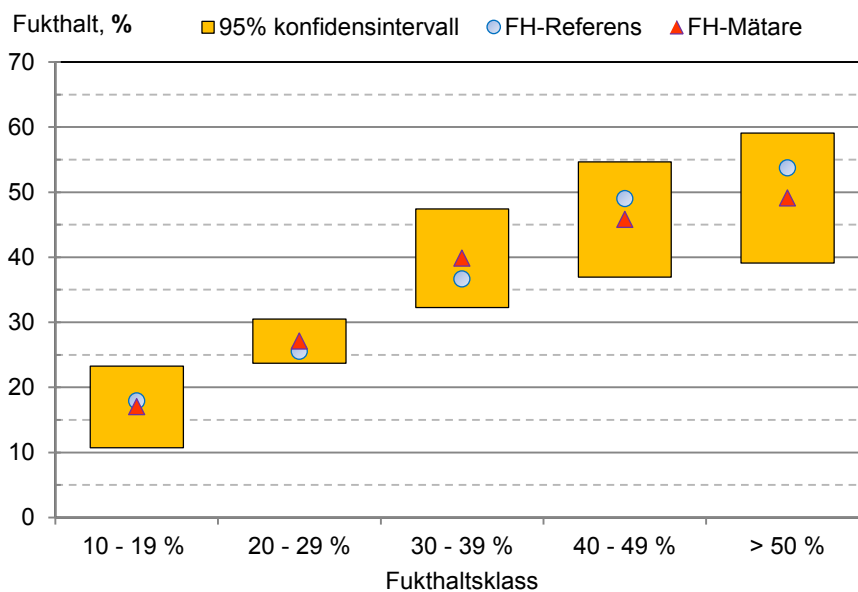
För mätningar utförda på grothflis som höll en referensfukthalt under  $35\%$  var den relativa differensen i fukthalt mellan BM2 och torkugn  $2,1\%$  (Bilaga 1). För detta torrare material överskattade BM2 fukthalten i 62 % av mätningarna. Den relativa underskattningen respektive överskattningen av fukthalten var  $-9,4\%$  respektive  $9,2\%$ . För  $24,0\%$  av mätningarna den relativa differensen mellan BM2 och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar på grothflis som hade en referensfukthalt över  $35\%$  var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn  $-0,5\%$  (Bilaga 1). För detta fuktigare material underskattade BM2 fukthalten i 59 % av mätningarna. Den relativa underskattningen var  $-7,9\%$  och den relativa överskattningen var  $10,4\%$ . För  $27,0\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .



Figur 5.  
Förhållande mellan uppmätt fukthalt och referensfukthalt (FH-REF) för mätningar med BM2 på stamvedsflis (STMV) och grothflis (GROT).

Mätresultaten för BM2 på grothflis indelades efter referensfukthalt i 10 % klasser och medelvärden beräknades (Figur 6). Den minsta relativa differensen mellan medelvärdet för BM2 och medelvärdet för torkugn var  $-5,0\%$  för klassen 10–19 % och den största relativa differensen var  $8,8\%$  för klassen 30–39 %. Den högsta relativa standardavvikelsen för BLL återfanns i klassen 10–19 % och var  $16,3\%$ . Den lägsta relativa standardavvikelsen var  $5,1\%$  för klassen 20–29 %.



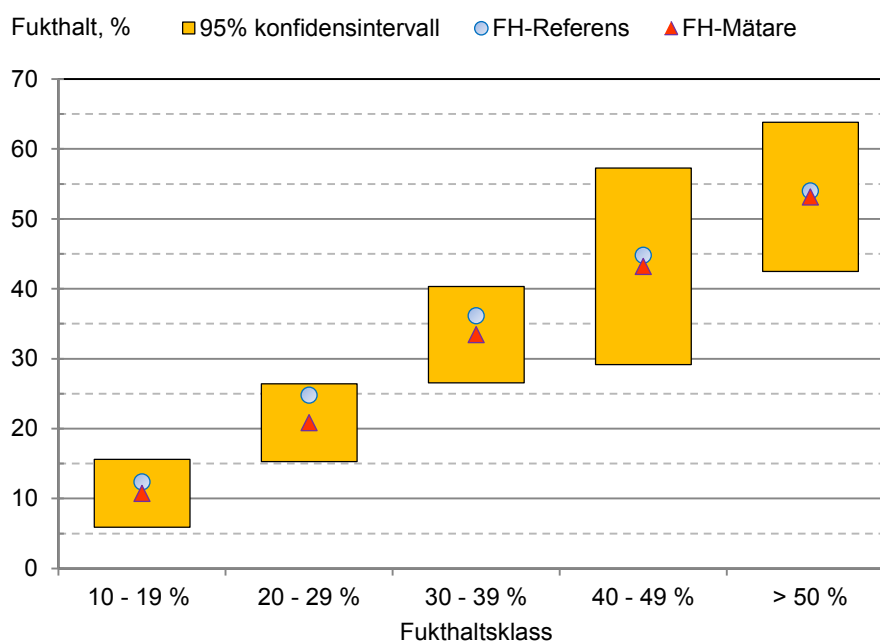
Figur 6.  
Medelvärde och 95 % konfidensintervall för uppmätt fukthalt (FH-Mätare) och medelvärdet för referensfukthalten (FH-Referens) i respektive fukthaltsklass för mätningar med BM2 på grothflis.

För samtliga mätningar utförda på stamvedsflis med Humimeter BM2 var den relativa differensen mellan fukthalt enligt BM2 och fukthalten bestämd med referensmetoden  $-6,8\%$  (Figur 5). BM2 underskattade fukthalten i  $73\%$  av mätningarna. Den relativa underskattningen av fukthalten var  $-13,0\%$  och den relativa överskattningen var  $9,5\%$ . För  $27,0\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar utförda på stamvedsflis som höll en referensfukthalt under  $35\%$  var den relativa differensen i fukthalt mellan BM2 och torkugn  $-13,8\%$  (Bilaga 1). För detta torrare material underskattade BM2 fukthalten i  $88\%$  av mätningarna. Den relativa underskattningen respektive överskattningen av fukthalten var  $-16,4\%$  respektive  $5,4\%$ . För  $12,0\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar på stamvedsflis som hade en referensfukthalt över  $35\%$  var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn  $-0,5\%$  (Bilaga 1). För detta fuktigare material underskattade BM2 fukthalten i  $67\%$  av mätningarna med i genomsnitt  $-11,2\%$  och den relativa överskattningen av fukthalten var  $10,1\%$ . För  $33,0\%$  av mätningarna var den relativa differensen mellan BM2 och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

Mätresultaten för BM2 på stamvedsflis indelades efter referensfukthalt i  $10\%$  klasser och medelvärden beräknades (Figur 7). Den minsta relativa differensen mellan medelvärdet för BM2 och medelvärdet för torkugn var  $-1,6\%$  för klassen  $>50\%$  och den största relativa differensen var  $-15,9\%$  för klassen  $20-29\%$ . Den högsta relativa standardavvikelsen för BM2 återfanns i klassen  $10-19\%$  och var  $18,4\%$ . Den lägsta relativa standardavvikelsen var  $9,6\%$  för klassen  $>50\%$ .



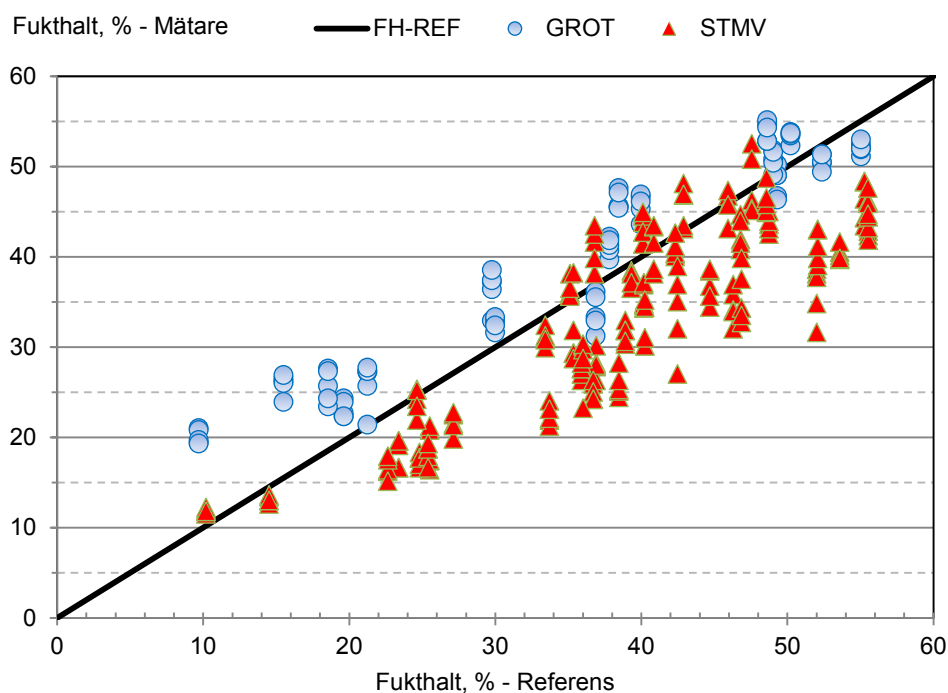
Figur 7. Medelvärde och 95 % konfidensintervall för uppmätt fukthalt (FH-Mätare) och medelvärde för referensfukthalten (FH-Referens) i respektive fukthaltssklass för mätningar med BM2 på stamvedsflis.

## WILE BIO MOISTURE

För samtliga mätningar på grothflis utförda med WILE Bio Moisture var den relativa differensen mellan fukthalt enligt WILE och fukthalten bestämd med referensmetoden 19,3 % (Figur 8). WILE överskattade fukthalten i 78 % av mätningarna. Den relativa överskattningen av fukthalten var 26,3 % och den relativa underskattningen var -5,2 %. För 20,0 % av mätningarna var den relativa differensen mellan WILE och torkugn mindre än  $\pm 5$  %.

För mätningar utförda på grothflis som höll en referensfukthalt på under 35 % var den relativa differensen i fukthalt mellan WILE och torkugn 40,4 % (Bilaga 1). För detta torrare material överskattade WILE fukthalten i 100 % av mätningarna. För 2,9 % av mätningarna var den relativa differensen mellan WILE och torkugn mindre än  $\pm 5$  %.

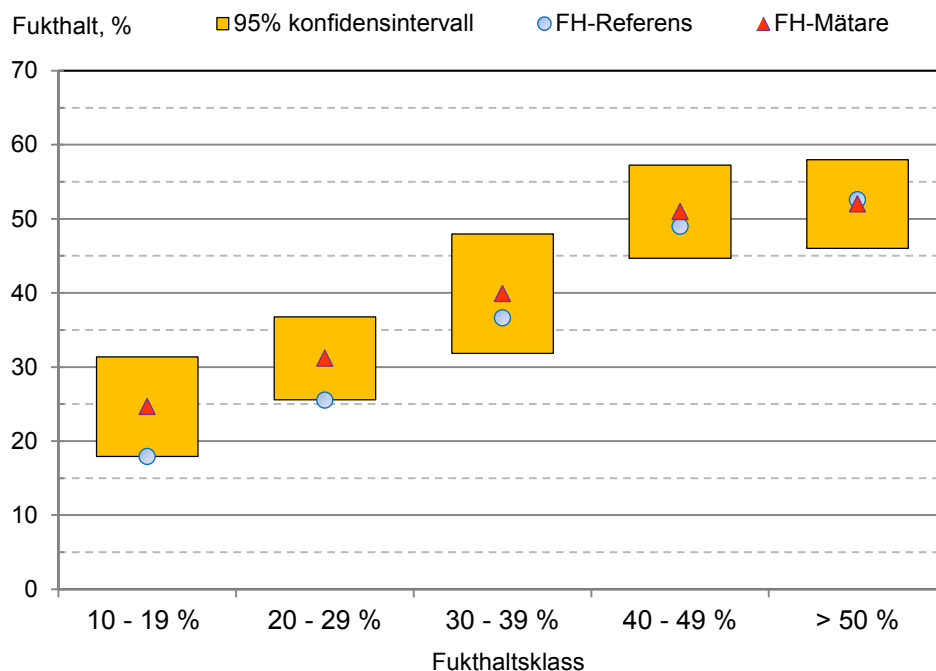
För mätningar på grothflis som hade en referensfukthalt på över 35 % var den relativa differensen mellan WILE och torkugn -11,1 % (Bilaga 1). För detta fuktigare material överskattade WILE fukthalten i 62 % av mätningarna med i genomsnitt 10,4 %. Den relativa underskattningen av fukthalten var -5,2 % för de resterande mätningarna. För 32,0 % av mätningarna var den relativa differensen mellan WILE och torkugn mindre än  $\pm 5$  %.



Figur 8.  
Förhållande mellan uppmätt fukthalt och referensfukthalt (FH-REF) för mätningar med WILE på stamvedsflis (STMV) och grothflis (GROT).

Mätresultaten för WILE på grothflis indelades efter referensfukthalt i 10 % klasser och medelvärden beräknades (Figur 9). Den minsta relativa differensen mellan medelvärdet för WILE och medelvärdet för torkugn var -1,0 % för fukthaltsskissen >50 % och den största relativa differensen var 37,7 % för klassen 10–19 %. Den högsta relativa standardavvikelsen för WILE återfanns i klassen 10–19 % och var 12,8 %. Den lägsta relativa standardavvikelsen var 5,4 % för klassen >50 %.





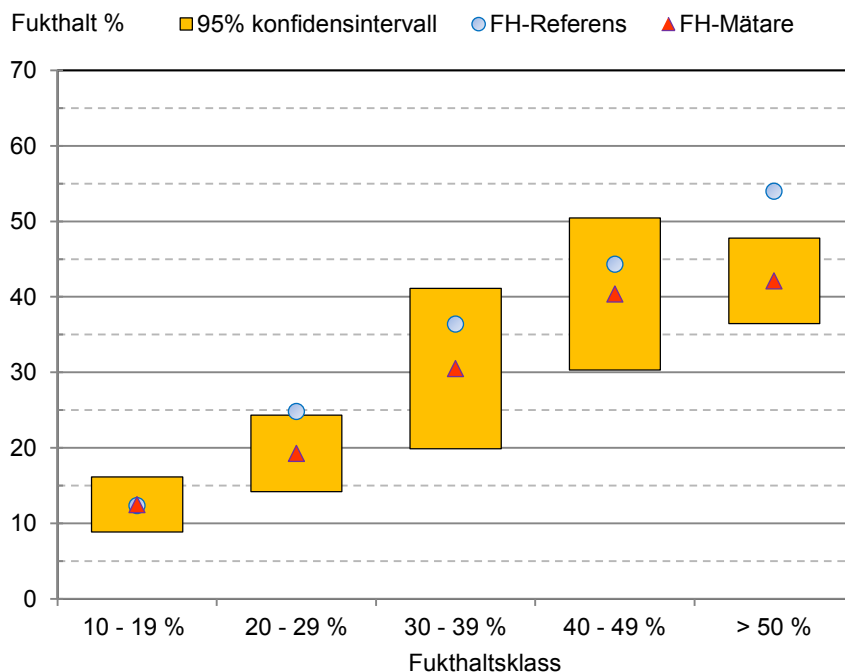
Figur 9. Medelvärde och 95 % konfidensintervall för uppmätt fukthalt (FH-Mätare) och medelvärdet för referensfukthalten (FH-Referens) i respektive fukthaltsslag för mätningar med WILE på grottflis.

För samtliga mätningar på stamvedsflis utförda med WILE Bio Moisture var den relativa differensen mellan fukthalt enligt WILE och fukthalten bestämd med referensmetod  $-14,5\%$  (Figur 8). WILE underskattade fukthalten i 82 % av mätningarna. Den relativa underskattningen av fukthalten var  $-19,2\%$  och den relativa överskattningen var  $7,6\%$ . För 13,3 % av mätningarna var den relativa differensen mellan WILE och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar utförda på stamvedsflis som höll en referensfukthalt under 35 % var den relativa differensen i fukthalt mellan WILE och torkugn  $-17,3\%$  (Bilaga 1). För detta torrare material underskattade WILE fukthalten i 87 % av mätningarna. Den relativa underskattningen respektive överskattningen av fukthalten var  $-21,6\%$  respektive  $12,3\%$ . För 7,3 % av mätningarna var den relativa differensen mellan WILE och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

För mätningar på stamvedsflis som hade en referensfukthalt över 35 % var den relativa differensen mellan WILE och torkugn  $-13,5\%$  (Bilaga 1). För detta fuktigare material underskattade WILE fukthalten i 81 % av mätningarna med i genomsnitt  $-18,3\%$ . Den relativa överskattningen av fukthalten var  $6,5\%$  för de resterande mätningarna. För 16,0 % av mätningarna var den relativa differensen mellan WILE och torkugn mindre än  $\pm 5\%$ .

Mätresultaten för WILE på stamvedsflis indelades efter referensfukthalt i 10 % klasser och medelvärden beräknades (Figur 10). Den minsta relativa differensen mellan medelvärdet för WILE och medelvärdet för torkugn var  $-1,1\%$  för klassen 10–19 % och den största relativa differensen var  $-22,3\%$  för klassen 20–29 %. Den högsta relativa standardavvikelsen för WILE återfanns i klassen 30–39 % och var  $17,7\%$ . Den lägsta relativa standardavvikelsen var  $6,9\%$  för klassen  $>50\%$ .



Figur 10. Medelvärde och 95 % konfidensintervall för uppmätt fukthalt (FH-Mätare) och medelvärdet för referensfukthalten (FH-Referens) i respektive fukthaltssklass för mätningar med WILE på stamvedsflis.

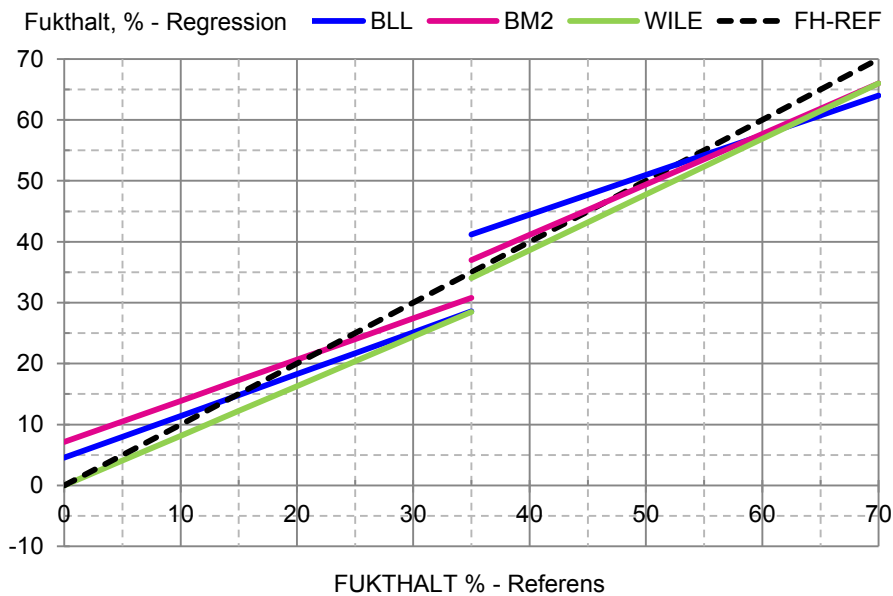
## FLISFRAKTION

Respektive mätarens regressionskurvor för grothflis gav en variation i intercept beroende på flistypen osållad, finare och grövre (Figur 11, 12, 13), men lutningen, riktningskoefficienten var för respektive mätare den samma oberoende av flistyp. För fukthalt <35 % var riktningskoefficienterna för respektive BLL, BM2 och WILE på 0,69, 0,68 samt 0,81. För fukthalter >35 % var dessa koefficienter 0,65, 0,83 samt 0,91. Vid en helt korrekt kalibrerad mätare borde riktningskoefficienten vara 1,0 och intercept vara 0.

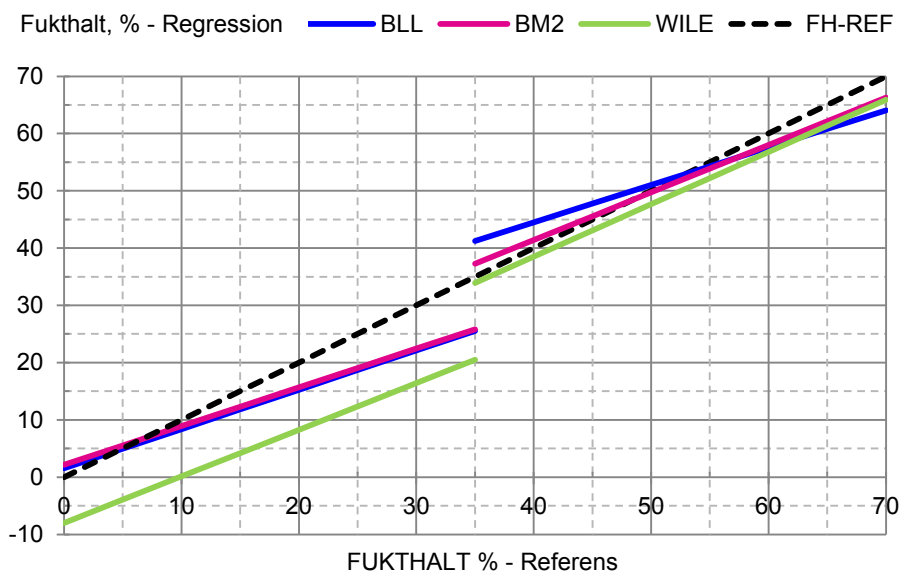
För osållad grot uppvisar WILE relativt små och de andra mätarna måttliga avvikelser (Figur 11). Vid fukthalt < 35 % är skillnaden mellan mätarna något större än vid fukthalt >35 %. BM2 och i synnerhet WILE mäter bra på grothflis vid fukthalt >35 % medan BLL är något sämre. Däremot för finare grothflis och vid fukthalter <35 % så underskattar WILE fukthalten kraftigt med ett intercept på -8,0 medan BLL och BM2 uppvisar en måttlig underskattning (Figur 12). Vid fukthalt >35 % är resultaten mycket lika de för osållad grot. För grövre grothflis och vid fukthalt <35 % är avvikelserna störst för BLL och minst för WILE. Vid fukthalt >35% är resultaten mycket lika de för osållad och finare grothflis.

Respektive mätarens regressionskurvor för stamvedsflisflis gav en variation i intercept beroende på flistypen osållad, finare och grövre (Figur 14, 15, 16), men lutningen (riktningkoefficienten) var för respektive mätare den samma oberoende av flistyp. För fukthalt <35 % var riktningskoefficienterna för BM2 och WILE på 1,15 respektive 1,48. Kurva för BLL saknas på grund av för litet dataunderlag. För fukthalter >35 % var riktningskoefficienterna för respektive BLL, BM2 och WILE på 0,35, 0,58 samt 0,65. Att koefficientvärdena är så höga vid fukthalt <35 % och så låga vid fukthalt >35 %, indikerar att riktningskoefficienten för respektive mätarens kalibreringskurva skulle behöva justeras.

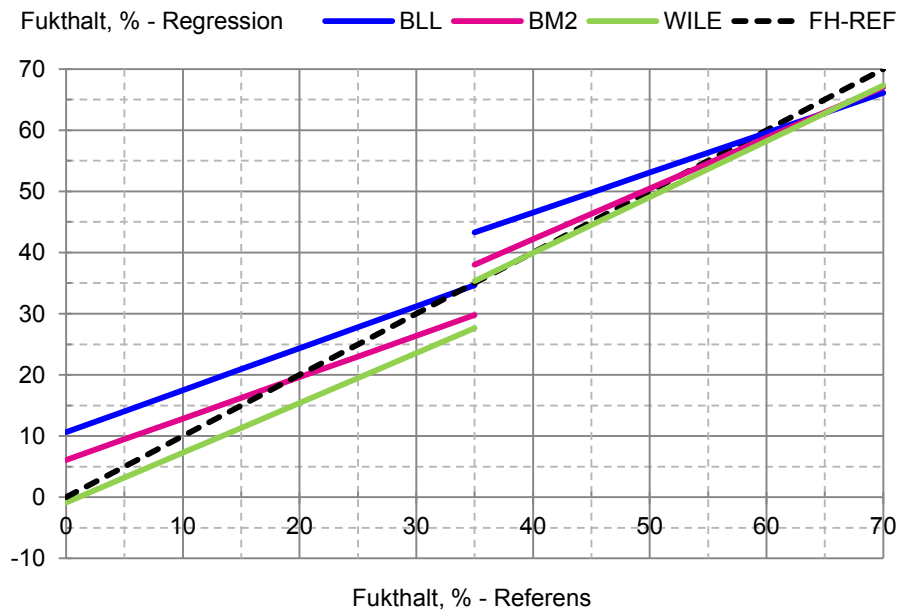
För osållad stamvedsflis uppvisar samtliga mätare stora skillnader vid fukthalt >35 %.(Figur 14). Avvikelsen blir drastisk för BLL med ett intercept på 26 medan BM2 och WILE har en något lägre avvikelse med ett intercept på runt 20. För fukthalter <35 % avvikelserna måttliga för BM2 och WILE. För finare flis vid fukthalt <35 % uppvisar WILE en kraftig underskattning med ett intercept på -10,9 (Figur 15). För grövre flis är samtliga kurvor mycket lika den för osållad flis.



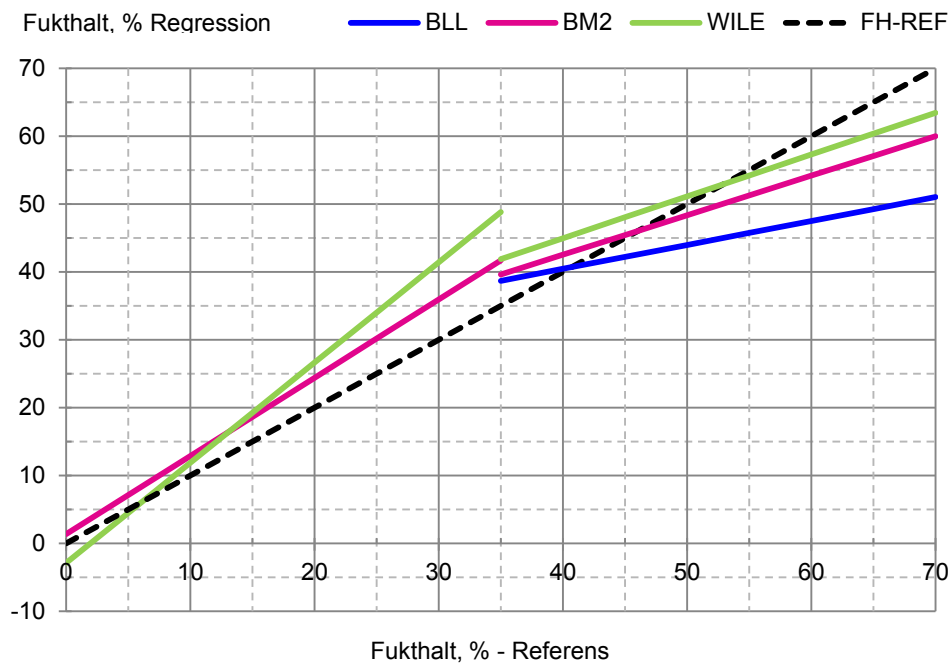
Figur 11. Regressionskurvor för osållad grottflis för BLL, BM2 och WILE där referensfukthalten (FH-REF) var <35 % respektive >35 %.



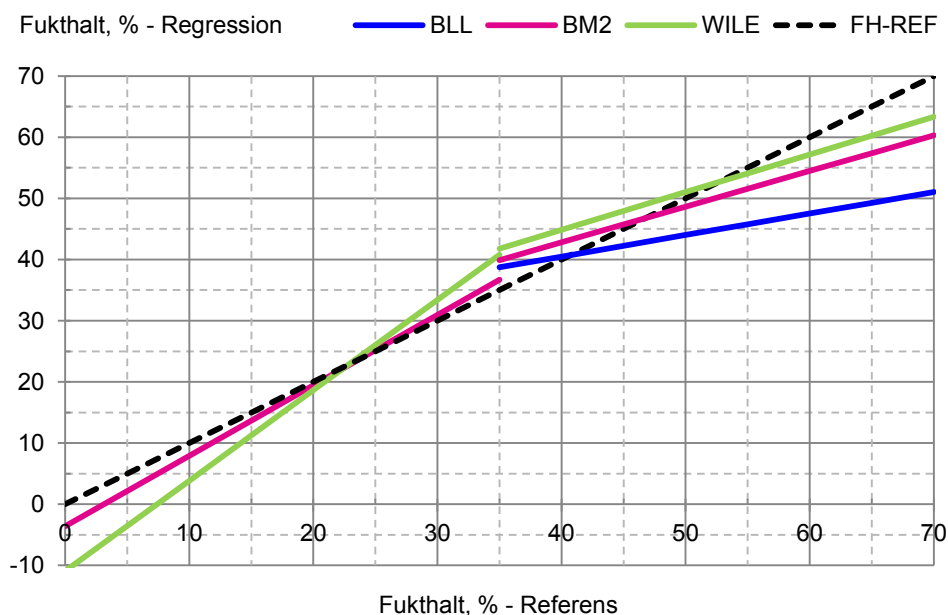
Figur 12. Regressionskurvor för sållad, finare grottflis (partikelstorlek <16 mm) för BLL, BM2 och WILE där referensfukthalten (FH-REF) var <35 % respektive >35 %.



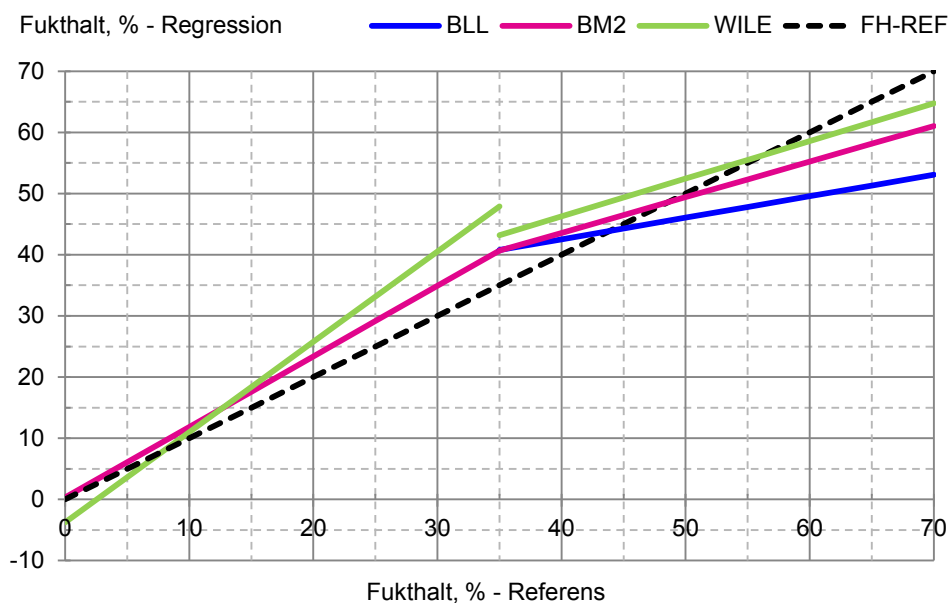
Figur 13.  
Regressionskurvor för sållad, grövre grovfis (partikelstorlek 16–45mm) för BLL, BM2 och WILE där referensfukthalten (FH-REF) var <35 % respektive >35 %.



Figur 14.  
Regressionskurvor för osållad stamvedsfis för BLL, BM2 och WILE där referensfukthalten(FH-REF) var <35 % respektive >35 %.



Figur 15. Regressionskurvor för sållad, finare stamvedsflis (partikelstorlek < 16 mm) för BLL, BM2 och WILE där referensfukthalten(FH-REF) var < 35 % respektive >35 %.



Figur 16. Regressionskurvor för sållad, grövre stamvedsflis (partikelstorlek 16–45mm) för BLL, BM2 och WILE där referensfukthalten(FH-REF) var < 35 % respektive >35 %.

## ANVÄNDARVÄNLIGHET

Humimeter BLL har en enkel och relativt användarvänlig elektronikenhet och ett mycket enkelt mätningförfarande. För att starta mätaren och göra en mätning behövs endast en knapptryckning och val av kalibreringskurva är ytterligare 2–3 tryckningar. Det finns möjlighet att lagra 10 000 mätdata men inte att få medelvärdet direkt i displayen. BLL är känslig för temperaturskillnader ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) mellan flis och mätinstrument. Tillverkarens rekommendation är att mätaren skall temperaturutjämnas till omgivande temperatur i minst 30 minuter innan mätning utförs.

BLL var relativt enkel att hantera trots sin längd på 1 meter och med en vikt på ca 1 kg. Då sonden skall skjutas i flisstacken är det viktigt att inte hålla i elektronikenheten. Den är av hårdplast och sitter med två skruvar i sonden och det är stor risk att den kommer att bändas sönder. I sondens bakre ände finns ett gängat fäste för att montera ett handtag, som finns att köpa som tillbehör, och det förbättrar hanterbarheten avsevärt. Mätaren är lite omständlig att transportera då den är en meter lång och inte går att montera isär, men ligger väl skyddad i transportväskan.

Humimeter BM2 har en enkel och relativt användarvänlig elektronikenhet, men kräver ett mer omständligt mätförfarande. Valet av kalibreringskurva sker då flishinken på 13 liter hållts över i behållaren och vikten registerats. Mätaren har sedan flera kalibreringskurvor för olika flistyper och vikten på 13 liter flis. För stamvedsflis finns t.ex. kurva för 2,4 kg och för 2,8 kg. Om flisen som hållts ner i mätarens behållare väger 2,65 kg måste flis plockas ur behållaren så att vikten blir 2,4 kg. Om då mätaren indikerar att mätområdet för fukthalt överskridits (displayen blinkar), så måste närmast högre kalibreringskurva väljas och mer flis fyllas på i mätbehållaren så att vikten kommer upp i 2,8 kg. Det finns möjlighet att lagra 40 000 mätdata men inte att få medelvärdet direkt i displayen. Mätdata kan sedan överföras till PC och bearbetas i medföljande programvara. BM2 är känslig för temperaturskillnader mellan flis och mätinstrument. Tillverkarens rekommendation är att mätaren skall temperaturutjämnas till omgivande temperatur i minst 30 minuter innan mätning utförs.

BM2 var relativt enkel att hantera med två stora handtag på mätbehållaren. Mätaren var dock den tyngsta med en vikt på 5,4 kg inkl. batterier. Lägg därtill vikten för flisprovet som varierar mellan 2,0–3,5 kg beroende på fukthalt, så ger det en vikt på mellan 7,4 – 8,9 kg som skall lyftas vid varje mätning för att tömma mätbehållaren. Elektronikenheten sitter fast i mätbehållaren och det finns inga lösa delar. För att göra korrekt mätning behövs förutom mätaren, en våg och en 13 l hink, vilka ingår när man köper mätaren. Den medlevererade vågen kan antingen drivas på standardbatterier eller via elnät.

WILE Bio Moisture har en mycket enkel och användarvänlig elektronikenhet. Mätningförfarandet är synnerligen enkelt. För att starta mätaren och göra en mätning behövs endast en knapptryckning. Först visas aktuell kalibreringskurva och efter ett par sekunder utförs mätningen som tar ytterligare några sekunder vartefter mätresultatet visas i displayen. Om den kalibreringskurva som visas inte är den önskvärda trycker man på MENU-knappen till önskad kalibreringskurva och inväntar sedan mätresultatet. Det är mycket enkelt att samla mätvärden för att beräkna medelvärden. Det behövs endast en knapptryckning då mätresultatet visas i displayen, så lagras data och det nya medelvärdet visas.

WILE är mycket smidig att hantera på grund av sin ringa storlek och en vikt på endast 0,7 kg. Dessutom är mätaren isärtagbar i tre delar sond, tallrik, elektronikenhet, som transporteras i en förvaringsväska. Mätaren har en mycket robust konstruktion.

## Diskussion

### MÄTARNAS NOGGRANNHET OCH PRECISION

Resultaten visar att de utvärderade mätarna kan mäta fukthalt korrekt, men ingen av mätarna klarar av att mäta korrekt på alla typer av material och för alla fukthaltsnivåer. Mätare som använder resistans eller kapacitans för att bestämma fukthalt, klarar inte att mäta korrekt på material som är fruset (Sjöström, 2011; Volpé, 2011).

Resistansmätaren BLL är den mätare som uppvisar den största begränsningen. För både grot- och stamvedsflis är mätnoggrannheten god upp till en fukthalt på ca 30 % (Figur 3 och 4), därefter blir avvikelserna stora till mycket stora. I fukthaltsklassen >50 % visar resultaten mycket små avvikelser för både grot- och stamvedsflis och detta kan förklaras med att mätaren har en övre teknisk mätgräns på 50 % fukthalt. Då referensfukthalten var över 50 % visade BLL fukthalter mellan 50–55 % samtidigt som displayen blinkade och indikerade att mätningen låg utanför mätarens tekniska mätområde. Detta gör att resultaten för fukthaltsklassen >50 % inte är tillförlitliga. För grotflis i fukthaltsklass 10–19 % visar resultaten på en stor standardavvikelse, och detta beror på att det var få mätningar i den klassen och hälften av mätningarna överskattade fukthalten kraftigt och den andra hälften underskattade kraftigt.

Teoretiskt sett skall en resistansmätare ha en avtagande noggrannhet med stigande fukthalt då fukthalten överstiger fibermättnadspunkten som infaller vid ungefär 23 %, och att noggranna och korrekta mätningar då kan fås inom ett fukthaltsintervall mellan 10–30 % (Sjöström, 2011; Volpé, 2011). Resultaten visar god överensstämmelse med dessa teoretiska förutsättningar. En bekräftelse finner vi i regressionsanalysen för stamvedsflis där kurvan för BLL vid en referensfukthalt >35 % avviker kraftigt (Figur 14). Kurvans riktningskoefficient är 0,35 med ett intercept på 26, visar osäkerheten för mätvärden över 35 % fukthalt. En resistansmätare är därmed mer lämpad för torrare material än skogsbränsle, som normalt har en fukthalt över 30 %.

Kapacitansmätaren BM2 var den mätare som uppvisade de minsta relativa differenserna mellan mätvärde och referensmetod (Figur 9 och 10). En bidragande orsak till den högre precisionen verkar vara det att mätaren kompenserar för materialets skrymdensitet i sin kalibreringsfunktion. Resultaten skiljer sig från de resultat som uppvisats i studierna från Kanada (Volpé, 2011). Där visade sig BM2 ha en mycket låg korrelation mellan mätvärde och referensfukthalt. Den studien hade dock få mätobservationer samtidigt som flera olika material ingick i bedömningen av noggrannheten.

BM2 uppvisar liten känslighet för flisens fraktionsstorlek och har mycket små variationer mellan regressionskurvorna för osållad, finare och grövre flis oavsett grot eller stamved (Figur 11–16). En orsak till detta är det stora antalet kalibreringskurvor, som fångar upp inte bara fraktionsstorlekar utan även typer av flis.

Vid en jämförelse mellan resultaten för mätaren WILE med resultaten från studierna i Kanada (Volpé, 2011) så uppvisar den kanadensiska studien en högre grad av överensstämmelse mellan uppmätt fukthalt och referensmetodens fukthalt. I den kanadensiska studien använde man inte fukthaltsvärdet som fås med kalibreringskurvan utan använde värdet för den elektriska kapacitansen.

Genom regression beräknades korrelationen mellan kapacitansen och fukthalten och man fick då en linjär funktion som fungerar som en egen kalibreringskurva. Detta visar att det går att kalibrera WILE till en bra noggrannhetsnivå. Detta är intressant då mätningarna på stamvedsflis ger regressionskurvor med för brant lutning för flis med fukthalt under 35 % (Figur 14). Tillverkaren anger mätområde för stamvedsflis mellan 12–40 % fukthalt. Resultatet indikerar att riktningskoefficienten i mätarens kalibreringsfunktion troligen inte är optimerad för det studerade flismaterialet. Motsvarande kurva för flis över 35 % visar flackare lutning, vilket ter sig logiskt eftersom mätaren inte kalibrerats för fukthalter över 40 %.

För grothlis ligger båda regressionskurvorna mycket nära referensfukthalten (Figur 10). Samtidigt har de registrerade mätresultaten måttliga standardavvikelser och en liten men linjär underskattning för medelvärdena per fukthaltsklass (Figur 9). Resultaten för grothlis visar på att mätaren klarar av att mäta fukthalten bra över i stort sett hela fukthaltsintervallet 10 till >50 %, trots att den enligt tillverkaren skall ha mätområde 30–70 %. Studiens resultat överensstämmer väl med de resultat som den kanadensiska studien uppvisar för materialet *biomass chips*, vilket liknar vår grothlis (Volpé, 2011).

## MÄTARNAS ANVÄNDNING I PRAKTIKEN

De båda kapacitansmätarna BM2 och WILE uppvisar en bra mätnoggrannhet för både grot- och stamvedsflis från 20–60 % fukthalt, men det är viktigt att de kalibreras noggrant för det material som skall mätas. Eftersom resistansmätaren BLL inte mäter bra vid fukthalter över 30 % lämpar den sig inte vid praktisk mätning av skogsbränsle, utan kräver ett torrare material.

BM2 och WILE skiljer sig åt avseende handhavande, användarvänlighet och mätnoggrannhet. För att belysa de båda mätarnas tillämpningsområden kan man anta två olika metoder för att mäta fukthalten på ett lastbilslass med flis. Den ena metoden är att ta ett antal prover ur hela lasset och lägga det till ett generalprov som blandas väl. Ett mindre antal delprover kan därefter tas ut för fukthaltsbestämning. Den andra metoden är att man gör ett flertal fukthaltsmätningar direkt i lasset och sedan tar medelvärdet av dessa mätningar för att göra fukthaltsbestämning för hela lasset.

För att kunna beräkna medelfel och omfattningen på mätningar och provtagning i de två exemplen måste vi anta några förutsättningar. Det första antagandet är att fukthalten skall bestämmas för hela lasset, dvs. för flisvolymen på en hel lastbil om tre skäppor. Fukthaltsvariationen inom ett flislass kan beskrivas med en standardavvikelse på 4,5 procentenheter. Vid en fukthalt på 45 % ger detta en relativ standardavvikelse på 10 %, vilket kan antas vara ganska normalt. När man tar prover till ett generalprov, blandar och tar ut delprover utjämnar man fukthaltsvariationen mellan delproverna. Ett rimligt antagande är att standardavvikelsen mellan delproverna ligger strax ovan 1 % och här har antagits 1,1 %. Respektive mätarens standardavvikelse är från resultaten för mätningarna på både grot- och stamvedsflis där referensfukthalten var över 35 %.

I det första exemplet med mätning av delprover ur ett generalprov beräknades två scenarier. I det ena tas 10 prover ur hela lasset till generalprovet och ur det tas sedan 3 prover ut för fukthaltsmätning. I det andra fallet tas 20 prover ur lasset och sedan tas 6 delprover ut för mätning.



Det relativa medelfelet för fukthalten ( $\sigma_{FH}$ ) för hela lasset vid mätning av delprover ur ett generalprov beräknas enligt formeln:

$$\sigma_{FH} = \left\{ \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{Dp} + \frac{\sigma_f^2}{P} + \frac{\sigma_p^2}{Dp}} \right\} / FH_{ref}$$

$$\text{där} \begin{cases} \sigma_m = \text{fukthaltens standardavvikelse för mätaren} \\ \sigma_f = \text{fukthaltens standardavvikelse inom flislasset} \\ \sigma_p = \text{fukthaltens standardavvikelse mellan prov ur generalprov} \\ Dp = \text{antalet delprov ur generalprov} \\ P = \text{antalet prover ur lasset som ingår i generalprov} \\ FH_{ref} = \text{referensfukthalten} \end{cases}$$

Beräkningarna för de två olika provtagningsmodellerna visar påfallande höga medelfel (Tabell 2). Vid provtagning 10 prov och 3 delprov uppvisar mätarna ett medelfel mellan 8 % och dryga 15 %. Vid 20 prov och 6 delprov halverades medelfelen, men det är fortfarande förhållandevis höga.

Tabell 2.

Relativa medelfelet för fukthalten (FH) per lass för mätarna BM2 och WILE vid mätning av flislass med olika storlek på delprov och antalet ingående prover i generalprovet.

Mätare	Flistyp	FH-ref	Relativa medelfelet för FH per lass	
BM2	GROT	>35 %	12,8	6,4
BM2	STMV	>35 %	15,2	7,6
WILE	GROT	>35 %	15,3	7,6
WILE	STMV	>35 %	8,1	4,1
Antal prover ur lasset till generalprov(P)			10	20
Antal delprover ur generalprov (Dp)			3	6
FH % standardavvikelse inom lasset( $\sigma_f$ )			4,5	4,5
FH % variation mellan delprov ( $\sigma_p$ )			1,1	1,1

I det andra exemplet med medelvärdet för ett flertal direkta mätningar i lasset beräknades två scenarion. I det ena tas totalt 10 mätningar över hela lasset och medelvärdet av dessa används för fukthaltbestämning. I det andra fallet görs totalt 20 mätningar. Det relativa medelfelet för fukthalten ( $\sigma_{FH}$ ) vid direkta mätningar i lasset beräknas enligt formeln:

$$\sigma_{FH} = \left\{ \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{Pm} + \frac{\sigma_f^2}{Pm}} \right\} / FH_{ref}$$

$$\text{där} \begin{cases} \sigma_f = \text{fukthaltens standardavvikelse inom flislasset} \\ \sigma_m = \text{fukthaltens standardavvikelse för mätaren} \\ Pm = \text{antalet mätningar i lasset som ingår i medelvärdet} \\ FH_{ref} = \text{referensfukthalten} \end{cases}$$

Beräkningarna för de två olika provtagningsmodellerna visar på generellt lägre medelfel än för metoden med general- och delprov (Tabell 3). Det är först vid 20 mätningar/lass som medelfelet kommer under 4 %.

Tabell 3.

Relativa medelfelet för fukthalten (FH) per lass för mätarna BM2 och WILE vid medelvärdesberäkning av olika antal mätningar i lasset.

Mätare	Flistyp	FH-ref	Relativa medelfelet för FH per lass	
BM2	GROT	>35 %	4,8	3,4
BM2	STMV	>35 %	5,2	3,7
WILE	GROT	>35 %	5,3	3,7
WILE	STMV	>35 %	4,1	2,9
Antal mätningar i lasset per medelvärde			10	20
FH % standardavvikelse inom lasset( $\sigma_1$ )			4,5	4,5

Jämförelsen mellan de två olika exemplen på mätning visar att mätning direkt i lasset med minst 20 mätobservationer per lastbilslass ger ett lägre medelfel.

Om 20 mätningar skall göras med BM2 så kommer det att ta längre tid än 20 mätningar med WILE, och dessutom behöver BM2 minst 13 liter flisprov till varje mätning. Detta ger en total provvolym på ca 260 liter flis per bil. Här har WILE mätaren en styrka i att den är lätthanterlig och att det mycket enkelt går att göra medelvärdesberäkning redan vid själva mättillfället. Mätningen kommer också gå mycket snabbare då inga prover behöver tas utan mätning kan göras direkt i den tippade flisen.

Genom att kalibrera mätarna för det material som är aktuellt på respektive mätplats, skulle medelfelen kunna sänkas och då kan exemplet med generalprov och delprover bli ett bra alternativ. Detta gör då att BM2 enklare kan användas eftersom antalet prov som skall mätas per bil blir 3–6 stycken.

## SLUTSATSER

- De utvärderade mätarna kan mäta fukthalt korrekt om materialet är ofru-set, men ingen av mätarna kan mäta korrekt på alla typer av material och för alla fukthaltsnivåer.
- Humimeter BLL använder sig av resistansmätning för att fastställa fukthalt och mäter bra inom fukthaltsintervallet 10–30 %. En resistansmätare lämpar sig bättre för torrare material än skogsbränsle, som normalt har en fukthalt över 30 %.
- De båda kapacitansmätarna BM2 och WILE mäter bra men måste kalibreras för det material som de skall mäta på.
- Humimeter BM2 mäter bra på både grot- och stamvedsflis då den kompenserar för skrymdensiteten i sin kalibreringsmodell. BM2 är tyngre att hantera och mätningförfarandet är mer omständligt än för de övriga mätarna i testet.
- WILE Bio Moisture är den mest användarvänliga och lätthanterade mätaren. Den lämpar sig bra till mätningar direkt i flisen för att genom ett flertal mätningar per lass ta fram medelvärdet som fukthaltbestämning.

## Referenser

- Sjöström, L. 2011. Tekniska principer för fukthaltsmätning av skogsbränsle – med en översikt av marknadsförda utrustningar. Skogforsk. Arbetsrapport 754.
- Virkesmättningsrådet. 1999. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. VMR. Internetupplaga.
- Volpé, S. 2011. Moisture meters for forest feedstocks. FPInnovations. Internal Report IR-2011.
- Svensk Standard. 2009. Fasta biobränslen – Bestämning av fukthalt – Torkning i ugn. Del 1: Total fukthalt – Referensmetod. Svensk Standard. SS-EN 14774–1:2009.
- Svensk Standard. 2009. Fasta biobränslen – Bestämning av fukthalt – Torkning i ugn. Del 1: Total fukthalt – Förenklad metod. Svensk Standard. SS-EN 14774–2:2009
- Svensk Standard. 2010. Fasta biobränslen – Specifikationer och klassificering. Del 1: Allmänna krav. Svensk Standard. SS-EN 14962–1:2010.



## Bilaga 1

### Sammanställning av mätresultat

Mätningar utförda på stamvedsflis							
Mätare	Referens-fukthalt	Relativ differens	Andel mätningar inom $\pm 5\%$	Andel underskattade mätningar	Relativ underskattning av fukthalt	Andel över-skattade mätningar	Relativ över-skattning av fukthalt
<b>BLL</b>	<35%	-2,2 %	10,0 %	<b>50 %</b>	13,4 %	<b>50 %</b>	9,0 %
<b>BM2</b>	<35%	-13,8 %	12,0 %	<b>88 %</b>	-16,4 %	<b>12 %</b>	5,4 %
<b>WILE</b>	<35%	-17,3 %	7,3 %	<b>87 %</b>	-21,6 %	<b>13 %</b>	12,3 %
<b>BLL</b>	samtliga	-0,8 %	15,3 %	<b>55 %</b>	-15,3 %	<b>45 %</b>	17,2 %
<b>BM2</b>	samtliga	-6,8 %	31,0 %	<b>73 %</b>	-13,0 %	<b>27 %</b>	9,5 %
<b>WILE</b>	samtliga	-14,5 %	13,3 %	<b>82 %</b>	-19,2 %	<b>18 %</b>	7,6 %
<b>BLL</b>	>35 %	-0,6 %	16,0 %	<b>56 %</b>	-15,5 %	<b>44 %</b>	18,4 %
<b>BM2</b>	>35 %	-0,5 %	33,0 %	<b>67 %</b>	-11,2 %	<b>33 %</b>	20,1 %
<b>WILE</b>	>35 %	-13,5 %	16,0 %	<b>81 %</b>	-18,3 %	<b>19 %</b>	6,5 %

Mätningar utförda på grofflis							
Mätare	Referens-fukthalt	Relativ differens	Andel mätningar inom $\pm 5\%$	Andel underskattade mätningar	Relativ underskattning av fukthalt	Andel över-skattade mätningar	Relativ över-skattning av fukthalt
<b>BLL</b>	<35%	11,2 %	24,0 %	<b>36 %</b>	-21,7 %	<b>64 %</b>	29,7 %
<b>BM2</b>	<35%	2,1 %	24,0 %	<b>38 %</b>	-9,4 %	<b>62 %</b>	9,2 %
<b>WILE</b>	<35%	40,4 %	2,9 %	<b>0</b>	0	<b>100 %</b>	40,4 %
<b>BLL</b>	samtliga	-1,8 %	26,7 %	<b>60 %</b>	-17,4 %	<b>40 %</b>	40 %
<b>BM2</b>	samtliga	0,7 %	31,0 %	<b>50 %</b>	-8,4 %	<b>50 %</b>	9,7 %
<b>WILE</b>	samtliga	19,3 %	20,0 %	<b>22 %</b>	-5,2 %	<b>78 %</b>	26,3 %
<b>BLL</b>	>35%	-11,1 %	28,6 %	<b>77 %</b>	-16,0 %	<b>23 %</b>	5,2 %
<b>BM2</b>	>35%	-0,5 %	27,0 %	<b>59 %</b>	-7,9 %	<b>41 %</b>	10,4 %
<b>WILE</b>	>35%	4,5 %	32,0 %	<b>38 %</b>	-5,2 %	<b>62 %</b>	10,4 %



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2011

2011

- Nr 733 Rytter, L., Johansson, T. Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.
- Nr 734 Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.
- Nr 735 Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.
- Nr 736 Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.
- Nr 737 Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.
- Nr 738 Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. s.
- Nr 739 Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.
- Nr 740 Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.
- Nr 741 Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.
- Nr 742 Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J. & Skog, J. 2011. Vinnova\_Slutrapport\_P34138-1\_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s.
- Nr 743 Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.
- Nr 744 Cheng, C. 2011. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort a Forwarder. 93 s.
- Nr 745 Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.
- Nr 746 Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.
- Nr 747 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträd shanterande skördaraggregat. 34 s.
- Nr 748 Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.
- Nr 749 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.
- Nr 750 Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.

- Nr 751 Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. Bättre planering av avverkning vägar med GIS. 39 p.
- Nr 752 Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridorer. 26 s.
- Nr 753 Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROT-sporreprojektet. 23 s.
- Nr 754 Sjöström, L. 2011. Fuktighetsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar. 25 s.
- Nr 755 Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 10 s.
- Nr 756 Möller, J. J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.
- Nr 757 Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J. J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördar baserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.

## 2012

- Nr 758 Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). 151 s. ETT – Modular system for timber transport One More Stack (ETT) and Bigger Stacks (ST). p. 156.
- Nr 759 von Hofsten, H., Johannesson, T. & Aneryd, E. 2012. Effekter på stubbskördens produktivitet beroende på klippningsgraden. Impact of stump splitting on harvest productivity 22 s.
- Nr 760 Jönsson, P. & Englund, M. 2012. Air-Hawk-luftkudde. Ergonomiskt hjälpmedel för skogs- och jordbruksmaskiner. Airhawk Seat Cushion – Ergonomic aid for forestry and agricultural machinery. 24 s.
- Nr 761 Rosvall, O. & Lindgren, D. 2012. Inbreeding depression in seedling seed orchards. Under bearbetning.
- Nr 762 Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. – Evaluation of Skogforsk's new bark equations for Scots pine and Norway spruce 26 s.
- Nr 763 Englund, M. 2012. LED-ljus i aggregatet – En pilotstudie. LED lighting on harvester head. A pilot study. 6 s.
- Nr 764 Bhuiyan, N., Arlinger J. & Möller, J. J. 2012. Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. – Map support for forwarding of logging residues through export of shape files. 22 s.
- Nr 765 Brunberg, T. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 70E hos Holmen Skog vintern 2012. – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1170E together with Holmen Skog in the winter of 2012. 7 s.
- Nr 766 Löfgren, B., Englund, M., Jönsson, P., Wästerlund, I. & Arvidsson, J. 2012. Spårdjup och marktryck för skotare med och utan band samt styrbar boggi. 15 s. – Rut depth and ground pressure for forwarder with and without tracks. 18 s.
- Nr 767 Eriksson, B. 2012. Utveckling i outsourcad skogsvård. Improving productivity and quality in out sourced silviculture 14 s.
- Nr 768 Fogdestam, N., Granlund, P. & Eliasson, L. 2012. Grovkrossning och sällning av stubbar på terminal. Coarse grinding of stumps and sieving of the produced hog fuel. 9.



- Nr 769 Hannerz, M. 2012. Vem besöker Kunskap Direkt och vad tycker de? – Who visits Knowledge Direct (Kunskap Direkt) and what do they think of it? 38 s.
- Nr 770 Barth, A., Sonesson, J., Thor, M., Larsson, H., Engström, P., Rydell, J., Holmgren, J., Olofsson, K. & Forsman, M. Beståndsmätning med mobila sensorer i skogsbruket. – Forest measurements with mobile sensors in forestry. 32 s.
- Nr 771 Skutin, S.-G. 2012. Lönsamhet för CTI på virkesfordon. Profitability for CTI on roundwood haulage vehicles. – Cost-benefit analysis of using CTI on roundwood haulage vehicles 25 s.
- Nr 772 Sonesson, J., Mohtashami, S., Bergkvist, I., Söderman, U., Barth, A., Jönsson, P., Mörk, A., Jonmeister, T. & Thor, M. 2012. Beslutsstöd och metod för att minimera markpåverkan vid drivning. – Slutrapport från projekt ID 0910/143-10. – Decision support and methods to minimise ground impact in logging – Final report of project ID 0910/143-10. 22 s.
- Nr 773 Barth, A., Sonesson, J., Larsson H., Engström, P., Rydell, J., Holmgren, J., Olofsson, K., Forsman, M. & Thor, M. 2012. Beståndsmätning med olika mobila sensorer i skogsbruket. – Use of mobile sensors in forestry to measure stand properties. 32 s.
- Nr 774 Brunberg, T. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1270E hos SCA Skog hösten 2012 – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1270E together with SCA Skog in the autumn of 2012. 10 s.
- Nr 775 Eliasson, L., Granlund, P., von Hofsten, H. & Björheden, R. 2012. Studie av en lastbils monterad kross-CBI 5800 – Study of a truck-mounted CBI 5800 grinder. 16 s.
- Nr 776 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T., von Hofsten, H. & Lundström, H. 2012. Flisstorlekens effekt på en stor skivhuggs bränsleförbrukning och prestation – Effect of target chip size on performance, fuel consumption and chip quality for a large disc chipper. 12 s.
- Nr 777 Eliasson, L., Granlund, P., Lundström, H. 2012. Effekter på bränsleförbrukning, prestation och fliskvalitet av klenträäd vs bränsleved som råvara vid flisning med en stor skivhugg. – Effects of raw material on performance, fuel consumption and chip quality for a large disc chipper. 12 s.
- Nr 778 Friberg, G. & Jönsson, P. 2012. Kontroll av noggrannheten av GPS-positionering hos skördare. – Measuring precision of GPS positioning on a harvester. 9 s.
- Nr 779 Bergkvist, I. & Lundström, H. 2012. Systemet ”Besten med virkeskurir” i praktisk drift – Erfarenheter och Utvecklingsmöjligheter – Slutrapport från utvecklingsprojekt i samarbete med Södra skog och Gremo.– The ‘Besten with forwarders’ unmanned logging system in practical operation – experiences and development potential. Final report from development project in collaboration with Södra skog and Gremo 25 s.
- Nr 780 Nordström, M. 2012. Validering av funktioner för beräkning av kvantitet skogsbränsle vid stubbskörd – en pilotstudie. – Validation of functions for calculating the quantity of forest fuel in stump harvest – a pilot study. 33.
- Nr 781 Fridh, L. 2012. Utvärdering portabla fukthaltsmätare – Evaluation of portable moisture meters. 28 s.
- Nr 782 Johannesson, T., Fogdestam, N., Eliasson, L. & Granlund, P. 2012. Effekter av olika inställningar av den eftersträvade flislängden på prestation och bränsleförbrukning för en Bruks 605 trumhugg. – Effects of chip-length settings on productivity and fuel consumption of a Bruks 605 drum chipper.
- Nr 783 Hofsten von, H. & Johannesson, T. 2012. Skörd av brutna eller frästa stubbar – en jämförande tidsstudie. – Harvesting split or ground stumps – a comparative time study.
- Nr 784 Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation med skogs maskiner. – StanForD 2010. – Modern communication with forest machines. 16 s.
- Nr 785 Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010. Modern kommunikation with forest machines StanForD 2010. – Modern kommunikation med skogsmaskiner. p. 16.

## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 781-2012



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)