

## MÄTNING AV BRÄNSLEVED VID ENA ENERGI AB I ENKÖPING

Mats Nylinder och Hans Fryk

### Bakgrund och syfte

Idag mäts bränsleved (stamved för energi) oftast i m<sup>3</sup>fub. Vid mätningen följer man i stort de mätinstruktioner som gäller för massaved. Man mäter travens ramvolym, m<sup>3</sup>t, och skattar sedan en fastvolymandel under bark. Endast m<sup>3</sup>fub redovisas och barkens volym ingår således ej. Mot bakgrund av att råvarans värde i hög grad är kopplad till virkets fuktighet och att barken i torrsvikt har samma värde som veden är det önskvärt att utvärdera en mätmetod som bygger på vägning och torrhaltsbestämning. Handelsmättet kan då bli torrsvikt, men via omräkningstal kan m<sup>3</sup>fub erhållas.

Institutionen för skogens produkter har gjort studier i samarbete med VMF Qbera och Fortum i Brista där en förenklad form av torrhaltsbestämning genom spån-samling med motorsåg ingått. Dessa studier redovisas i rapporten "Mätning av bränsleved - Fastvolym, torrhalt eller vägning?", Rapport nr 18, institutionen för skogens produkter, SLU. Mot bakgrund av resultaten, och det faktum att provtagning med motorsåg är en allmänt accepterad mätmetod i bland annat Österrike, finns det behov av mer kunskap kring provtagning med motorsåg och möjligheten att tillämpa denna metod för bränsleved.

Målsättningen är att jämföra en metod för vägning med och utan torrhaltsbestämning av bränsleved med nuvarande volymmätning under bark.

*Nyckelord:* Bränsleved, fastvolym, torrhalt.

### Försöksplan ENA Energi

Studierna har inledningsvis koncentrerats till ENA Energi i Enköping beroende på närheten till Uppsala samt det praktiska upplägg som ENA Energi och VMF Qbera kan erbjuda.

Fältarbetet utfördes vid tre försökstillfällen:

1. Oktober
2. December
3. Februari

### Material och metod

#### Försöksvirke, mätning och bedömning

Studiens provmätningar utfördes vid tre tillfällen, 25-26 oktober, 5-6 december 2011 samt 8-9 februari 2012. Vid varje provmätningstillfälle eftersträvades att få in sex biltravar nyavverkat virke med följande trädslagsblandning:

- tre travar med hög andel barrved
- två travar med blandved barr/löv
- en ren lövtrave
- tre travar virke som lagrats minst en sommar vid ENA Energis virkesterrin vid Stenvreten i Enköping

Det färska försöksvirket hämtades vid pågående eller nyligen avslutade avverkningar i Uppland. Det kördes in till ENA Energi AB i Enköping, mättes och vägdes enligt ordinarie rutiner av VMF Qbera varvid m<sup>3</sup>fub och vikt erhöles (Figur 1). Därefter gjorde VMF:s personal bedömningar av virkets olika egenskaper enligt en bedömningsmall för denna studie.

De virkesegenskaper som bedömdes var:

- *Färskhet* i tre klasser - torrt, rått och fuktigt.
- *Sprickbildning* p.g.a. torkning i ändytan i tre klasser - inga sprickor, mellanklass samt stora sprickor
- *Barkavskav* (vid avverkning) i tre klasser - inget avskav, mellanklass samt mycket avskav.
- *Medeldiameter*
- *Volym travat, m<sup>3</sup>t*
- *Fastmasseprocent*
- *Barrvedsandel*
- *Torrträdsandel* (torra på rot)

Färskhetens tre klasser definierades enligt följande:

*Torrt:* Tydliga torksprickor i ändytorna, lös bark.

*Rått:* Färska snitt i ändytorna, frisk bark.

*Fuktigt:* Inga sprickor i ändytorna, blånad.



Figur 1. Inmätning, vägning och bedömning av provlass vid ENA Energi AB.



### Uttag av spånprov

Efter mätning och bedömning vid mätstationen transporterades virket till en virkesmätningsbrygga med lastbilsvåg på virkesterrinalen Stenvreten där varje trave numrerades och antalet stockar per trave bedömdes. Därefter markerades samtliga fem provtagningsställen, sågsnitten, med sprayfärg på respektive traves långsida (Figur 2). Snitt 1 och 2 placerades så nära första virkesstöta som möjligt och så högt som möjligt på trassidan. Snitt 3 och 4 längst ner på trassidan men nära sista virkesstötan.

Avståndet mellan snitten i paret 1 och 2 respektive 3 och 4 var ca 30 cm och längden för varje snitt 1 m. Djupet på samtliga snitt var ca halva diametern av de stockar som berördes.



Figur 2. Märkning av provtravarnas sågsnitt för uttag av spånprover.

Ett femte snitt uttogs också, uppe på traven mitt emellan de båda snittparen och så långt in på travens över sida som längden på sågsvärdet tillät, ca 40 cm.

Provtagningen utfördes med en motorsåg, Husqvarna 346 XPG, som utrustats med en anordning som med hjälp av en papperspåse samlade upp sågspånet från

varje enskilt provtagningsnitt (Figur 3). Andelen spån som uppfångades bedömdes vara mellan 90-95%



Figur 3. Motorsåg för uttag av spånprover.

Efter uttag av de fem spånproverna för en trave vägdes varje prov omgående på en våg installerad i en personbil intill mätbryggan där provtagningen genomfördes. När samtliga torrhaltsprover från ekipagets tre travar var uttagna lastades travarna av och hölls separerade vid flisningsaggregatet (Figur 4). Efter varje travlossning vägdes ekipaget så att en vikt per trave erhöles.



Figur 4. Virkestravarna lossas var och en för sig inför flisningen.



### Uttag av flisprover

Virket flisades med en mobil skivhugg för rundvirkesflisning, en Mobark modell 30 RXL, som gör flis i storlekarna 15-35 mm av stamved. Varje trave flisades för sig och 10 flisprover uttogs slumpmässigt utspridda över hela flishögen för omgående vägning och torrhaltsbestämning (Figur 5 och 6).



Figur 5. Travvis flisning.



Figur 6. Uttagna flisprover för torrhaltsbestämning.

Efter uttag av flisproverna lastades all flis i en flisbil (Figur 7) och transporterades till ENAs mätstation där VMF Qbera vägde och tog torrhaltsprover, ett flisprov per lass/trave.



Figur 7. Lastning av flis efter uttagning av de 10 torrhaltsproverna.

Efter avslutad provtagning transporterades samtliga prover till institutionen för skogens produkter vid SLU för analys av provernas torrhalt.

### Resultat

#### Torrhalt

Vid beräkning av den genomsnittliga torrhalten framräknades ett aritmetiskt medelvärde då syftet var att de enskilda proven skulle beskriva olika delar av lasset. I den följande bearbetningen har vi betraktat det aritmetiska medelvärdet av de 10 flisproven per försöks-trave som det värde som bäst bör spegla den ”sanna” torrhalten. Standardavvikelsen mellan tio delprov blev i genomsnitt 2,9 %-enheter. Den största standardavvikelsen uppmättes till 11,0 %-enheter och den minsta till 0,4 %-enheter.

För att öka kunskapen kring uttag av spånprov med motorsåg togs två parallella spånprov på olika höjd i traven (se försöksplan). Standardavvikelsen för differensen, kvotspridningen, var 2,5 % för de övre proven och 1,1 % för de nedre proven. Om ett övre och ett undre spånprov utnyttjas för att beräkna variationen mellan oberoende spånprov i en trave blir standardavvikelsen 4,2 till 4,6 %-enheter. Variationen mellan spånprov är således större än mellan flisprov.

I Tabell 1 redovisas uppmätta torrhalter för de olika provserierna.

Tabell 1. Uppmätta torrhalter

Trave nr	Torrhalt, %			
	A	B	C	D
1	56,1	55,1	55,7	57,9
2	60,5	56,3	72,0	67,3
3	57,7	67,0	54,1	64,7
4	68,4	65,7	51,9	66,7
5	60,3	67,5	58,8	65,9
6	63,7	58,1	61,3	66,5
7	52,2	54,3	59,1	53,8
8	53,2	50,7	49,3	51,5
9	51,7	50,2	45,8	53,2
10	48,7	47,4	50,4	61,6
11	57,9	58,6	43,8	61,7
12	61,2	54,1	65,2	61,4
13	55,4	53,7	54,5	53,4
14	62,2	56,6	56,8	54,6
15	64,8	61,5	66,0	62,7
16	54,2	53,7	54,0	54,9
17	53,3	54,7	55,5	54,0
18	54,5	54,2	51,7	54,3
19	53,8	56,8	60,6	54,5
20	53,5	53,8	54,4	52,6
21	55,6	56,3	44,5	54,6
22	61,0	57,3	63,2	60,1
23	61,0	59,8	64,4	60,6
24	55,1	46,3	66,3	52,9
25	54,7	56,8	58,2	56,5
26	55,2	55,6	42,7	55,7
27	55,4	57,6	50,9	54,3
Medel	57,1	56,3	56,0	58,1
Std	4,6	5,1	7,5	5,1

A: Aritmetisk medelvärde av 10 flisprov

B: Aritmetiskt medelvärde av spån från fyra sågsnitt

C: Spån från ett mindre sågsnitt överst på traven

D: Flisprov från VMF:s mätning

En mindre överskattning av torrhalten fås vid flisprovtagning av VMF men skillnaden mellan de olika metodernas aritmetiska genomsnitt får betraktas som liten. Med 10 flisprov som ”facit” erhålls följande kvoter och kvotspridningar (Tabell 2).

Tabell 2. Kvoter och kvotspridningar

	Kvot	Kvotspridning
Aritmetiskt medelvärde av spån från fyra sågsnitt	0,988	0,067
Spån från ett mindre sågsnitt överst på traven	0,982	0,119
Flisprov från VMF:s mätning	1,019	0,070

Flisproven är således genomgående torrare än spånproverna men VMF:s flisprov, ett per container, har varit torrare än medelvärdet av de 10 flisproverna. Kvotspridningen är i stort densamma för fyra spånprov och VMF:s mätning, det vill säga avvikelser från en konstant differens är ungefär densamma. Spånprovtagning överst på traven ger en betydligt osäkrare mätning.

### Bedömning av torrhalt

I Tabell 3 har för bedömning av torrhalt, sprickbildning och barkavskav den genomsnittliga torrhalten utifrån 10 flisprov beräknats.

Tabell 3. Beräknad torrhalt för bedömd torrhalt, sprickbildning och barkavskav

Torrhaltsklass	Antal travar	Med. 10 flisprov
1	15	55,4 %
2	7	57,8 %
3	5	60,9 %
Sprickbildningsklass		
1	23	56,4 %
2	2	59,1 %
3	2	63,5 %
Barkavskavsklass		
1	15	55,3 %
2	10	58,7 %
3	2	61,0 %

Bedömning av torrhalt, sprickbildning och barkavskav ger trots ett begränsat antal travar ett visst samband till uppmätt torrhalt från 10 flisprov. För övriga variabler som bedömts, barrandel, medeldiameter, andel torrträd har inte något samband till uppmätt torrhalt kunnat konstateras.

### Beräkning av energivärde

För beräkning av energivärde har det effektiva värmevärdet för askfri ved antagits till 19,4 MJ/kg TS, askhalten till 2 % och ångbildningsvärdet till 2,44 MJ/kg TS. Beräkningen grundar sig på den basformel och det kalkylprogram som finns redovisat på institutionens hemsida ([www.slu.se/omrakningstal](http://www.slu.se/omrakningstal)). Resultatet redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Beräknat energivärde per trave för olika mätmetoder

Trave nr	Energivärde, MVh						
	A	B	C	D	E	F	G
1	31,5	31,1	25,8	32,7	26,8	31,5	32,7
2	43,3	42,2	44,2	40,5	41,3	52,0	47,7
3	39,8	37,5	41,9	38,5	40,5	34,4	44,0
4	39,8	38,3	39,4	31,9	31,6	27,3	37,5
5	37,7	38,2	37,9	35,2	35,4	35,2	41,5
6	36,9	34,2	32,1	32,3	28,1	34,6	38,0
7	27,2	33,4	33,1	30,5	37,2	30,5	27,2
8	36,1	41,5	39,6	40,5	44,4	33,2	34,6
9	32,2	32,6	38,2	36,1	42,9	27,0	32,2
10	25,9	27,5	28,8	31,6	35,1	25,9	33,8
11	40,5	37,7	43,5	39,1	42,1	27,9	41,9
12	39,1	38,0	42,4	36,5	39,7	41,7	39,1
13	32,5	34,3	30,9	33,7	32,1	31,3	30,1
14	40,9	40,2	38,4	37,0	34,7	35,6	34,3
15	41,5	38,9	35,8	35,3	30,4	41,5	39,0
16	29,8	24,7	21,8	32,1	23,5	28,7	29,8
17	37,1	38,6	39,0	41,4	43,7	39,9	37,0
18	37,7	33,2	32,9	39,1	34,2	33,5	34,9
19	31,9	34,4	29,1	33,1	30,2	35,5	30,7
20	40,9	42,9	37,9	44,1	40,9	39,3	39,3
21	32,3	35,9	29,8	33,5	31,0	23,9	31,1
22	32,6	33,5	38,0	30,5	35,5	33,7	31,6
23	38,6	39,2	40,2	36,1	37,7	39,9	38,6
24	33,3	37,1	40,8	34,6	42,3	40,7	30,8
25	31,8	30,9	36,2	33,0	37,6	33,0	31,8
26	35,9	35,0	39,7	37,2	41,2	25,2	35,9
27	40,1	38,3	42,0	41,7	43,6	35,7	37,2
<b>Medel</b>	35,8	35,9	36,3	35,9	36,4	34,0	35,6
<b>Std</b>	4,6	4,3	5,7	3,8	5,8	6,3	4,8

- A:** Energivärde beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov.
- B:** Energivärde beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov och det genomsnittliga energivärdet per m<sup>3</sup>t, 1,306 MWh/m<sup>3</sup>t.
- C:** Energivärde beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov och det genomsnittliga energivärdet per m<sup>3</sup>fub, 2,354 MWh/fub.
- D:** Energivärdet beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov och det genomsnittliga energivärdet per ton rått, 2,804 MWh/ton rått.
- E:** Energivärdet beräknat efter aritmetiskt medelvärde av spån från fyra sågsnitt.
- F:** Energivärdet beräknat efter aritmetiskt medelvärde av spån från ett mindre sågsnitt överst i traven.
- G:** Energivärdet beräknat efter VMF:s torrhaltsprov av flis.

Med ”facit”, 10 flisprov i nämnaren, har en kvot bildats för de olika metoderna att uppskatta energivärdet.

B	C	D	E	F	G
1,007	1,016	1,009	0,956	0,954	0,998
0,084	0,126	0,0962	0,0790	0,142	0,085

Kvotspridningen blir således störst för metoden då ett spånprov tas mitt på traven höst upp, 14 %. Näst största kvotspridning 13 % erhöles för metoden som bygger på en skattning av fastvolymen under bark. För övriga metoder är kvotspridningen på ungefär samma nivå, 8-10 %. Utgår man från mätarnas ”allmänna” bedömning av torrhalten blir de genomsnittliga omräkningstalen följande:

Klass	Torrhalt	MWh/ton
1	55	2,6
2	58	2,8
3	61	3,0

Energivärdet har efter denna klassning beräknats för varje trave och på samma sätt som tidigare har en kvot bildats mellan dessa energivärden och facit värdet. Den genomsnittliga kvoten blir 0,979 och kvotspridningen 8,8 %.

Delas travarna upp på barrvirke och lagrat virke, 8 av vardera, fås följande kvotspridningar:

	B	C	D	E	F	G
Barrvirke	0,039	0,052	0,094	0,141	0,170	0,109
Lagrat virke	0,059	0,123	0,079	0,173	0,144	0,074

På färskt rent barrvirke ger en volymmätning i m<sup>3</sup>t eller m<sup>3</sup>fub den lägsta spridningen. Antal travar, observationer, är dock för få men resultatet ger vid hand att en "sortimentsindelning" med t.ex. barr, löv, lagrat kan förenkla mätningen.

## Diskussion

Variationen mellan 10 flisprov gav en standardavvikelse på mellan 0,4 och 5,7 %, i genomsnitt 2,9 %-enheter. I liknade studier utförda vid Brista uppmättes standardavvikelsen till 1,7 %-enheter (Larsson, F. 2011). Standardavvikelsen speglar variationen i materialets torrhalt och hur mycket det har sönderdelats och blandats.

Variationen mellan spånprov är större än mellan flisprov. I denna studie uppmättes variationen mellan enskilda spånprov tagna från travarnas sida till mellan 4,2 och 4,6 %-enheter. Även i studierna i Brista togs spånprov med motorsåg, tre stycken prov per travsida. Standardavvikelsen för dessa prov uppmättes till 4,1 %-enheter (Larsson, F. 2011).

Vilken variation mellan prov man bör räkna med vid utformning av provtagning i flis eller provtagning med motorsåg för att uppnå en flis precision beror i mycket på råvaran. För en homogen råvara torde man för flisprov kunna räkna med 1-3 % i standardavvikelse och 3-5 % för spånuttag med motorsåg. Spridningen i torrhaltsprov för sågverksflis är i nivån 1-2 %-enheter och under den nivån torde det vara svårt att hamna för flis av bränslesortiment (Nylinder, M. 1982). Variationen i torrhalt för spånuttag i bränsleved kan vara mycket stor. De högsta värdena i denna studie uppmättes till 11 %-enheter.

Eventuella systematiska skillnader mellan de olika provtagningsmetoderna visade sig vara mycket små, +/- 1 %-enhet. Att motorsågen skulle innebära en uttorkning av spånet jämfört med flis kan inte påvisas. Denna studie torde dock vara i minsta laget för att kunna uttala sig om systematiska skillnader. Uppmäta kvotspridningar mellan torrhalten beräknat utifrån 10

flisprov visar att provtagningen baserat på ett mindre spånprov högst upp på traven ger den största kvotspridningen jämfört med 10 flisprov, 12 %. Övriga metoder ger en kvotspridning på 7 % vilket även det är högt.

En medelfelsberäkning ger att 95 gånger av 100 skulle värdet hamna mellan

$$\pm 1,96 \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

där  $s$  är lika med standardavvikelsen och  $n$  lika med antal prov. För flis med  $s$  lika med 3 och  $n$  lika med 10 blir intervallet 1,9 %-enheter. För att uppnå detta osäkerhetsintervall med spånprov krävs drygt 20 spånprov enligt provad modell.

Den här studien omfattar vidare en orienterande del vad gäller möjligheten för virkesmätare att bedöma virkets torrhalt och egenskaper som kan ha ett samband till torrhalten. Bedömning av torrhalt, sprickbildning och barkavskav ger trots ett begränsat antal travar ett visst samband till uppmätt torrhalt från 10 flisprov. För övriga variabler som bedömts, barrandel, medeldiameter, andel torrträd har inte något samband till uppmätt torrhalt kunnat konstateras. För att få ett uppfattning om bedömningar av dessa slag kan användas inom virkesmätningen fodras mycket långa mätserier som bygger på ett "feed back" till de personer som visuellt skall göra dessa bedömningar.

För beräkning av energivärde har det effektiva värmevärdet för askfri ved antagits till 19,4 MJ/kg TS, askhalten till 2 % och ångbildningsvärdet till 2,44 MJ/kg TS.

- Energivärde beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov.
- Energivärde beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov och det genomsnittliga energivärdet per m<sup>3</sup>t, 1,306 MWh/m<sup>3</sup>t.
- Energivärde beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov och det genomsnittliga energivärdet per m<sup>3</sup>fub, 2,354 MWh/fub.
- Energivärdet beräknat efter aritmetiskt medelvärde av torrhalt för 10 flisprov och det genomsnittliga energivärdet per ton rått, 2,804 MWh/ton rått.
- Energivärdet beräknat efter aritmetiskt medelvärde av spån från fyra sågsnitt.
- Energivärdet beräknat efter aritmetiskt medelvärde av spån från ett mindre sågsnitt överst i traven.
- Energivärdet beräknat efter VMF:s torrhaltsprov av flis.

Med Metod A som "facit" i nämnaren beräknades kvoten för de olika metoderna.



Metod B, C och D skall teoretiskt inte ge någon genomsnittlig avvikelse då de är baserade på samma torrhalter. Kvotspridningen för dessa metoder ger en bild hur dessa metoder skulle fungera för ett fast omräkningstal för MWh/m<sup>3</sup>t, MWh/m<sup>3</sup>fub resp. MWH/ton rått. Den osäkraste metoden visar sig vara en bedömning av m<sup>3</sup>fub som ger en kvotspridning på 13 % medan övriga två metoder får en kvotstridning på 8-9 %. Att en bedömning av travad volym i jämförelse med en uppskattning av fast volym under bark ger en lägre kvotspridning är svårt att förklara. En orsak kan vara barkens inverkan. Den metod som ger stort kvotspridning är den då endast ett spånprov tas mitt på traven högst upp, 14 %. Tanken med detta prov var att testa en provtagning som eventuellt kan ske från dagens mätbryggor. Metoderna med fyra spånprov per trave eller VMF:s provtagning av flis gav en kvotspridning på cirka 8 %.

Om vi tänker oss en metod där mätarna klassar virket i tre klasser utifrån ett allmänt helhetsintryck och beräknar energivärdet fås den genomsnittliga kvoten blir 0,979 och kvotspridningen 8,8 %. Detta är i nivån med övriga metoder vilket talar för att ett sätt att förenkla mätningen för bränsleved kan vara att utveckla en mätning som bygger på visuell bedömning av torrhalten.

I studien uppmätta kvotspridningar är höga i jämförelse med massavedsmätning av fast volym under bark som på travnivå har en kvotspridning på 6-7 för fallande längder % (muntligt L. Björklund).

Den här genomförda studien omfattar ett begränsat antal travar och för att föreslå nya mätmetoder för bränsleved bör längre försöksserier ingå.

## Referenser

### Litteratur

- Larsson, F. 2011. Mätning av bränsleved - Fastvolym, torrhalt eller vägning? Rapport nr 18. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens produkter, Uppsala
- Nylinder, M. 1982. Sågverksflis, del 1. Försöksuppläggning, vedegenskaper och flisfraktioner. Rapport nr 128. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära, Uppsala
- Ringman, M. 1996. Trädbränslesortiment. Definitioner och egenskaper. Rapport nr 250. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära, Uppsala

### Internet

- Omräkningstal och värmevärdesberäkningar för skogsbränslen på dagens svenska marknad (<http://www.slu.se/omrakningstal>)

