

Lars Björklund
Ulf Eriksson

Torrhaltsbestämning på sönderdelat trädbränsle

2013-06-19

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	4
2	Bakgrund	5
2.1	Ny lagstiftning för virkesmätning - teknikutvecklingsbehov.....	5
2.2	Flödet av trädränslen från skog till förbrukare - mätplatser.....	6
2.3	Faktorer som påverkar torrhaltsvariationen i det material som ska mätas	7
2.4	Standarder och instruktioner för provtagning	9
2.4.1	Standarder - SIS, CEN och ISO	9
2.4.2	EU-projektet Bionorm	10
2.4.3	VMF-instruktioner	11
2.4.4	Torrhaltsprovtagning vid terminaler och värmeverk	12
3	Syfte och mål	13
3.1	Övergripande syfte och mål	13
3.2	Syfte och mål för ingående delstudier	13
4	Material och metoder	14
4.1	Delstudie "Torrhaltsprovtagning med sond vid värmeverk"	14
4.2	Delstudie "Torrhaltsprovtagning efter lossning vid värmeverk"	15
4.3	Delstudie "Provtagning efter lossning vid terminal"	17
4.4	SLUs och LNUs studie på grothlis i södra Sverige 2012	17
4.5	Beräkning av torrhaltsbestämningens noggrannhet	18
5	Resultat	20
5.1	Provtagningaspekter	20
5.1.1	Provstorlek.....	20
5.1.2	Nivå i skäppan	21
5.1.3	Variation mellan prov tagna nära varandra respektive variation för delprov ur generalprov.....	22
5.1.4	Chaufförsprovtagning jämfört med VMUs provtagning	22
5.2	Medeltorrhalt samt torrhaltsvariation mellan leveranser (bilar)	23
5.3	Torrhaltsvariation mellan leveranser från samma parti (samma virkesorder).....	25
5.4	Torrhaltsvariation inom skäppor respektive leveranser	26

5.5	Exempel på beräkning av torrhaltsbestämningens noggrannhet	27
5.5.1	Sammanfattning av kapitel 5.1 – 5.4	27
5.5.2	Exempel på mätnoggrannhet	28
5.5.3	Kommentarer angående uppfyllande av Skogsstyrelsens noggrannhetskrav	30
6	Diskussion	32
6.1	Kommentarer till resultaten	32
6.2	Jämförelser med andra studier	33
7	Litteratur	34

1 Sammanfattning

Syftet med detta arbete var att beskriva torrhaltsvariationen inom och mellan leveranser med sönderdelat trädbränsle och därvid belysa faktorer som sortiment, årstid och provtagningsmetod, för att med det som grund kunna beräkna noggrannheten i torrhaltsbestämning givet viss form av provtagning.

Data insamlades vid fyra olika delstudier vilka totalt omfattade ca 4900 prov från ca 190 bilar/leveranser. Resultaten visade att skillnaden i mätnoggrannhet för provstorlek mellan 0,75 liter och två liter var marginell. Någon systematisk torrhaltsvariation mellan olika nivåer i skäppan kunde ej påvisas. Standardavvikelsen mellan prov tagna nära varandra var kraftfullt lägre än för väl utspridda prov. Medeltorrhalten var för de flesta kombinationerna av sortiment, tid och plats mellan 50 och 60 %. Resultaten antyder att grothlis är torrast och stamvedsflis fuktigast, men skillnaderna mellan sortimenten var små. Variationsvidden mellan bilar var 20-30 %-enheter för de flesta delstudierna, dvs för alla aktuella sortiment och alla tider på året. Torrhaltsvariationen mellan bilar inom parti var avsevärt lägre jämfört med variationen för alla bilar inom samma datainsamlingsperiod, som riktvärde torde en halvering kunna användas. Torrhaltsvariationen inom bil var avsevärt lägre när hanteringen inkluderade tippning från en skäppa till en annan. För att beräkna medelfelet givet viss form av provtagning användes sedan följande standardavvikelser. Dessa avser grothlis, höst-vinter-vår samt att materialet flisats direkt i de skäppor som materialet transporteras till mätplats i.

<i>Torrhaltsvariation</i>	<i>Standardavvikelse %-enheter</i>
<i>Mellan bilar/leveranser inom parti</i>	3,5
<i>Mellan bilar/leveranser, olika partier</i>	7
<i>Mellan prov inom skäppa</i>	4
<i>Mellan prov inom bil/leverans</i>	5
<i>Mellan generalprov</i>	1

Med ledning av dessa standardavvikelser beräknades exempel på vilken provtagning som erfordras för att klara Skogsstyrelsens noggrannhetskrav (enligt föreskrifterna för virkesmätning) vid bestämning av partiets torrsvikt.

<i>Partistorlek</i>	<i>Erforderlig provtagning för att uppnå viss sannolikhet att klara Skogsstyrelsens noggrannhetskrav</i>	
	<i>95 % sannolikhet</i>	<i>99 % sannolikhet</i>
<i>En skäppa</i>	<i>Tre prov ok, dock gränsfall</i>	<i>Sex prov</i>
<i>En bil</i>	<i>Sex prov</i>	<i>Tio prov</i>
<i>Två bilar</i>	<i>Prov ur bägge bilarna. Tre prov per bil.</i>	<i>Prov ur bägge bilarna. Sex prov per bil.</i>
<i>Fem bilar</i>	<i>Prov ur varje bil. Tre prov per bil.</i>	<i>Prov ur varje bil. Sex prov per bil.</i>
<i>Tio bilar</i>	<i>Prov ur varannan bil. Sex prov per bil.</i>	<i>Prov ur varje bil. Tre prov per bil.</i>
<i>Tjugo bilar</i>	<i>Prov ur var fjärde bil. Tio prov per bil.</i>	<i>Prov ur varannan bil. Tre prov per bil.</i>

2 Bakgrund

2.1 Ny lagstiftning för virkesmätning - teknikutvecklingsbehov

Skogsstyrelsen inledde 2009 ett arbete med att revidera föreskrifterna för virkesmätning. Under arbetets gång framkom att önskvärda förändringar medför att även virkesmätningens lag behöver revideras. Enligt förslaget till ny virkesmätningens lag kommer den att utvidgas till att omfatta stam, stubbe och grenar av träd i ursprunglig eller sönderdelad form, vilket innebär att även mätning av trädbränslen kommer att omfattas (Skogsstyrelsen 2013). Lagstiftningen begränsas till att omfatta virkesaffärer i första affärsled, i texten kallat köpled 1. Vidare sägs att mätmetoder och mätutrustning måste vara dokumenterat välfungerande. Den nya lagstiftningen förväntas träda i kraft under 2014 eller 2015.

En under SDC och RMR (Rådet för Mätning och Redovisning) lydande arbetsgrupp för beskrivning av teknikutvecklingsbehov, som föranleds av den nya lagstiftningen, har listat och prioriterat nödvändiga utvecklingsaktiviteter. Gruppen fann att det viktigaste vad gäller mätning av trädbränslen var att finna teknik och metoder för de terminaler och värmeverk där mätningen ligger till grund för affärer i köpled 1. Leveranser till dessa mätplatser, uppskattningsvis 300-400 st, kan delas in i två kategorier:

- Icke sönderdelat material, i huvudsak rundved men även träddeklar, grot och stubbar.
- Sönderdelat material, främst grotflis och träddeklarflis.

Ton torrsvikt (TTV) för sönderdelade trädbränslen

I branschens leverantörsled råder enighet att man, åtminstone på sikt, bör gå över till vägning med torrhaltsbestämning, dvs måttslag TTV som vederlagsgrundande enhet till markägaren (köpled 1) för sortiment som levereras sönderdelade. Vad gäller bränsleveden önskar leverantörsledet att m³ kvarstår tills vidare. Icke sönderdelade stubbar, grot och träddeklar kan bara mätas i ton med de tekniker som finns idag eller i den närmaste framtiden förutsatt att man inte sönderdelar vid inmätning.

Såväl nuvarande som kommande lag/föreskrifter innehåller noggrannhetskrav på partinivå. Med virkesparti avses:

”Avgränsad virkeskvantitet för vilken virkessäljaren och virkesköparen avtalat om, och som mäts med samma mätmetod. Kraven på virkets egenskaper är lika för hela virkeskvantiteten. Leveransen av virket äger vanligen rum vid ett tillfälle eller under en begränsad tid.”

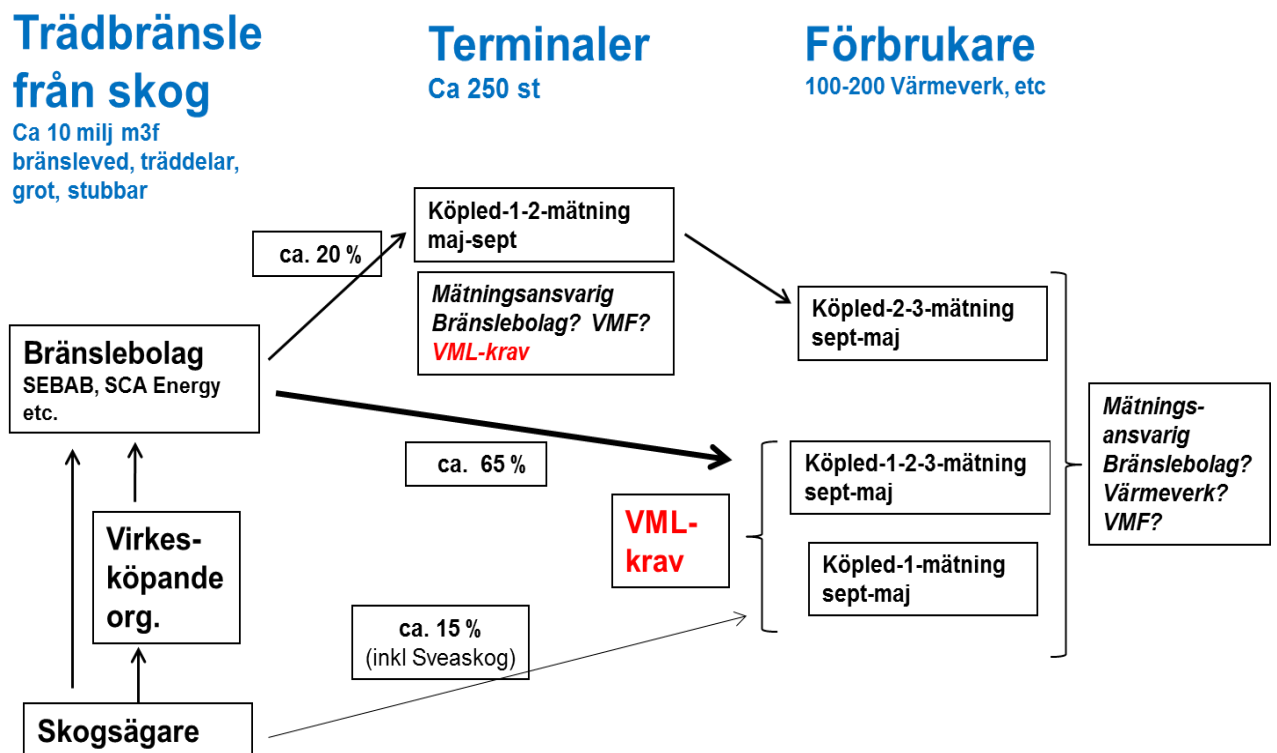
Tabell 1. Högst tillåtna partivisa avvikelser enligt Skogsstyrelsens föreskrifter (Skogsstyrelsen 1999).

Virkespartis torrsvikt i ton	Högst tillåtna partivisa avvikelse
≤ 50	9 %
> 50	6 %

2.2 Flödet av trädbränslen från skog till förbrukare - mätplatser

Den totala förbrukningen av trädbränslen uppskattas till ca 10 miljoner m³f. I figur 1 beskrivs de olika flödena från markägare till förbrukare. Den största delen av skogsbränslet antas gå via ett bränslebolag eller annan liknande resultatenheter och sedan endera direkt till förbrukare eller via terminal. I flödet längst ner i bilden avses inte bara material från den enskilde markägaren utan även exempelvis SCAs eller Sveaskogs leveranser direkt till förbrukare.

Beroende på flöde kommer materialet från köpled 1 att mätas på platser med vitt skilda förutsättningar. Texten ”VML-krav” i figur 1 markerar var i kedjan detta antas ske. I rutan ”Mättningsansvarig” står det frågetecken efter en rad olika alternativ. Detta i och med att i framtiden kommer mättningsansvaret att kunna ligga på olika aktörer beroende på hur man avtalat detta. En situation som sannolikt uppstår efter lagförändringen trätt i kraft är att endera leverantören eller mottagaren tar på sig rollen som mättningsansvarig och därmed måste se till att lagkraven uppfylls.



Figur 1. Schematisk bild av flöden för primära skogsbränslen och var mättningsansvaret för respektive flöde hamnar.

Under 2012 genomförde VMU inventeringar av mätningen vid bränsleterminaler (Eriksson 2012) och värmeverk (Björklund & Eriksson 2013). Enligt terminalinventeringen passerar ungefär 20 % av det primära skogsbränsle som förbrukas i landet en terminal. Det skulle innebära att 80 % går direkt till förbrukare från skogen. Flera andra rapporter anger ett liknande förhållande mellan terminaler och direktleveranser. Det innebär att merparten av den vederlagsgrundande mätningen för köpled 1 sker hos förbrukaren. Som framgår av tabell 2 skiljer sig förutsättningarna för mätning i ett flertal väsentliga avseenden mellan terminaler och värmeverk.

Tabell 2. Förutsättningar för mätning vid terminaler respektive värmeverk. Baserat på VMUs inventeringar 2011.

	Terminal	Värmeverk
Partsmätning	Hög andel	Hög andel
Sortiment	Mycket bränsleved	Mest sönderdelat
Vem mäter	Oftast en utförare, få chaufförer	Ofta flera utförare (VMF, egen personal, chaufförer), många chaufförer
Bemannning	Ofta obemannat	Bemannad arbetsplats
Utrustning	”Grusgrop”	Ofta våg, mätplats-system etc

2.3 Faktorer som påverkar torrhaltsvariationen i det material som ska mätas

Torrhaltsvariationen inom en skäppa eller ett parti är till stor del en effekt av hanteringen från avverkningen till sönderdelning och leverans samt av det väder som råder under den aktuella perioden.

Hanteringen kan delas upp i följande led;

- Tillredning och lagring på hygge (med tillredning avses skördarens produktion av grothögarna ute på hygget)
- Skotning och lagring i välta
- Sönderdelning och transport

Tillredning och lagring på hygge

Tillredningen, dvs skördarförarens arbete, påverkar högens storlek, packningsgrad och placering. En utspridd hög torkar snabbare men återfuktas också lättare. Vidare fastnar snö och is till större del längre in i en utspridd hög kontra en mera sammanhållen.

Vid grönrisskotning, dvs skotning i anslutning till avverkningen, har materialet inte hunnit torka och håller då en relativt jämn torrhalt, ca 50 %. Vid brunrisskotning har materialet normalt torkat en sommarsäsong. Torrhalten kan då vara mycket varierande beroende på väder, tillredning etc. Vid god torkning kan torrhalten närma sig 80 %. I botten av felaktigt placerade högar, och efter en regnig period, kan torrhalten vara lägre än i det nyavverkade materialet.

Skotning och lagring i välta

Vid skotning påverkas torrhaltsvariationen av när under året man väljer att samla ihop materialet och vilka vädermässiga förhållanden som då råder. Vältans konstruktion och placering avgör sedan möjligheten för hur mycket materialet torkar eller återfuktas. En hög, jämndragen välta med en slät täckpapps-försedd översida placerad på torr mark ger god torkning. Dåligt tillredd grot, till exempel högar som är solfjäderformade eller har stor längdförskjutning och/eller har många korslagda toppar kräver mer arbete för att bygga en bra välta. Täckpappens bredd och placering spelar också roll.

Sönderdelning och transport

Torrhaltsvariationen inom och mellan vältor följer sedan med till de skäppor det sönderdelade materialet transporteras i. I samma skäppa kan det varvas lager med material från vältans torra övre skikt med material från fuktig del vid marken. Samma parti kan komma från olika vältor med kraftigt skilda torkningsförhållanden. De senaste veckornas väder kan ha stor betydelse. Om materialet lastas om en eller flera gånger innan det transporteras till mätplats kan torrhaltsvariationen minska. Vidare påverkas materialets sammansättning av om man tippar, blåser eller skopar materialet i skäppan.



Figur 2. Den omrörning som skoplastning, eller tippning från en skäppa till en annan, innebär ger ett homogenare material. Foto: Skogforsk.



Figur 3. Exempel på skiktning i skäppa med bränsleflis (bild från finsk rapport)

2.4 Standarder och instruktioner för provtagning

2.4.1 Standarder - SIS, CEN och ISO

En standard är en handling upprättad för att beskriva gemensamt framkomna lösningar på problem som återkommer. I Sverige samordnas detta arbete av Swedish Standards Institute, (SIS). En svensk standard kallas SIS-standard. På Europeisk nivå finns Comité Européen de Normalisation (CEN) och globalt pratar vi om Internationella standardiseringsorganisationen (ISO). En standard är frivillig och blir tillämplig först när den åberopas, till exempel i ett avtal mellan beställare och entreprenör. Ordet "ska" i standardtexter innebär att det är ett krav som ska uppfyllas såvida man vill göra anspråk på att ha följt standarden.

Det finns ett antal SIS-standarder för hantering av biobränslen. Dessa har en tydlig koppling till Bionorm, ett EU-projekt som beskrivs i nästa kapitel. Beroende på ämnes- och användningsområde är standarderna framtagna med skiftande detaljnivå. I regel finns en grundnivå som sedan följs upp av en eller flera mer detaljerade standarder inom samma område.

För skogsbränslen finns SIS-standarder som beskriver allt från provtagning till analys av kemiska beståndsdelar, se www.sis.se. Vid arbetet med torrhaltsprovtagningen samt denna rapport's författande har SIS-standarderna "Fasta biobränslen – provtagning", SS-EN 14778:2011, setts som mest relevant att studera. Denna beskriver olika provtagningstekniker, hur och var man bör ta proven samt lämplig utrustning för provtagning. Liksom alla andra standarder ger den riktlinjer men inga absoluta värden, t ex avseende hur många prov som ska tas. I SIS-standarderna rekommenderas istället att nödvändigt antal prov för att erhålla viss mätnoggrannhet ska fastställas för varje provtagningssituation via empiriska studier.

SIS-standard rörande spade för provtagning

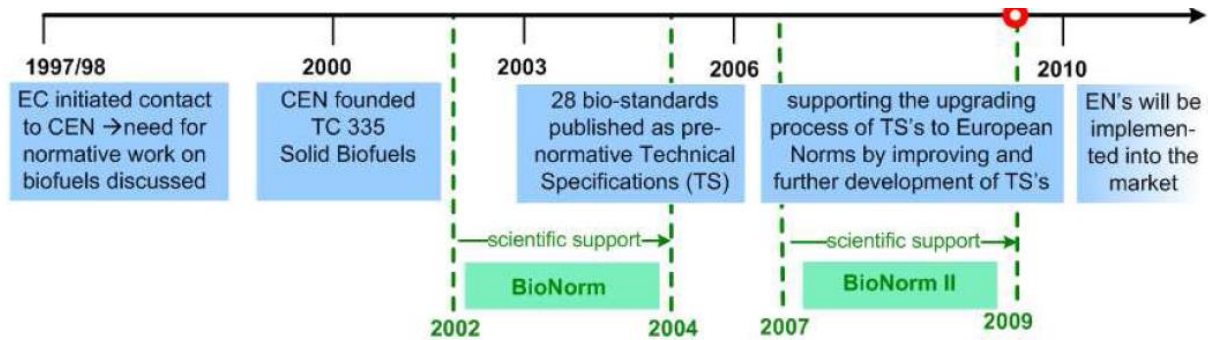
I SS-EN 14778:2011 skrivs att prov ska tas med en för materialstorleken anpassad spade, skopa eller sond. Minimistorleken på provtagningsanordningens öppning ska vara minst 2,5 ggr den maximala styckestorleken. Med maximal styckesstorlek avses att 95 % av materialet ska vara mindre. Dessutom ska enskilt prov omfatta en specificerad minimimängd. Anledningen till dessa regler är att storleksfördelning på partiklarna i provet ska bli representativ för det material som provas. Det ska särskilt beaktas att större partiklar i provet inte utesluts. Med ledning av SIS-standarderna kan de i tabell 3 angivna värdena härledas.

Tabell 3. Storleken på enskilt prov i relation till materialstorleken samt minimistorlek på provtagningsanordningens öppning. Baserat på SS-EN 14778:2011.

Största partikelstorlek - d_{95} (95 % av materialet har mindre storlek)	Minsta storlek på enskilt prov ($0,05 \times d_{95}$)	Minsta "öppning" på utrustning för provtagning
20 mm	1 liter	50 mm
50 mm	2,5 liter	125 mm
100 mm	5 liter	250 mm

2.4.2 EU-projektet Bionorm

Bionorm var ett EU-finansierat projekt med målet att bidra till den då pågående utvecklingen av en Europeisk standard för fasta biobränslen. Projektet hade två faser, Bionorm 1, 2002-2004 och Bionorm 2, 2007-2009. Resultaten från Bionorm fanns senare med när den tekniska kommittén CEN TS/335 "Solid Biofuels" skapade en rad standarder för biobränslen.



Figur 4. Det EU-finansierade projektet Bionorm.

Tyngdpunkten för arbetet med Bionorm låg i att identifiera och utvärdera metoder för provtagning, test och referensvärden för att bestämma specifika egenskaper hos ett antal bränslen. Med denna kunskap som grund tog man sedan fram metoder för "best practice". Totalt deltog 39 olika företag och forskningsinstitut i detta arbete. Sverige representerades av Skellefteå Kraft, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Termiska Processer AB samt Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP).

Slutrapporten från Bionorm 1 är uppdelad i kapitlen:

- provtagning och uppdelning av prov
- fysiska och mekaniska tester
- kemiska tester
- bränslekvalitet

I kapitlet "provtagning och uppdelning av prov" beskrivs metoder för provtagning från transportband samt prov taget från hög. Med hög avses en kvantitet motsvarande ett lastbilsladd. I tabellen nedan redovisas rekommendationer från Bionorm för bestämning av torrhalt, askhalt samt fraktionsfördelning utifrån dessa två provtagningssituationer för sortimenten grot och sågspån. Rekommendationen avser att ge "ett representativt prov". Däremot sägs inget om vilken mätnoggrannhet rekommendationen ska resultera i.

Tabell 3. Rekommendationer från Bionorm 1 avseende provtagning på grot respektive sågspån.

	Bestämning av	Provtagnings-situation	Provens storlek	Antal prov	Antal generalprov
Grot	Torrhalt	hög/transportband	1 liter	5	1
	Aska	hög/transportband	1 liter	10	4
	Fraktionsfördelning (mellan 64 mm och 2 mm)	hög/transportband	20 liter	5	4
Sågspån	Torrhalt	hög/transportband	0,2 liter	2	1
	Aska	hög/transportband	0,2 liter	5	2
	Fraktionsfördelning (mellan 5,6 mm och 0,5 mm)	hög/transportband	0,2 liter	5	2

Torrhaltsprovtagning på grot kräver enligt tabellen ovan ett uttag av minst fem prov som sedan blandas och delas ner till ett generalprov. Rekommendationen i Bionorm är att inte dela ner proven mindre än storleken för delproven. Om man har tagit ut ett delprov på en liter skall man alltså inte dela ned detta i en mindre volym utan torka hela delprovet.

2.4.3 VMF-instruktioner

Den torrhaltsprovtagning på trädbränslen som virkesmätningsföreningarna (VMF Syd, VMF Qbera och VMF Nord) har dokumentation och handledningar för sker från mätbrygga. Denna bygger på instruktioner för provtagning på sågverksflis samt Virkesmätningsrådets ”Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen” från 1998. I Virkesmätningsrådets bestämmelser kan man under punkten provtagning läsa att uttagen ska ske på ett sådant sätt att systematiska fel undviks och slumpmässiga fels inverkan begränsas. Vidare sägs att provet ska tas på ett sådant sätt att hela lasset är åtkomligt, och att storleken på provet är tillräcklig i förhållande till partikelstorleken. Man påpekar även att maskinell provtagning är att föredra.

I praktiken sker VMFs provtagning oftast genom att mätaren stående på mätbryggan medelst spade gräver sig ner mellan 20 och 50 cm på tre platser i lasset för att ta prov som blandas till ett generalprov. Ur generalprovet tar man ett prov á 1-2 liter vilket råvägs och torkas i torkskåp.

Det finns även några fall där VMFs provtagning sker efter lossning.

2.4.4 Torrhaltsprovtagning vid terminaler och värmeverk

Terminaler

Av VMUs terminalinventering framgår att torrhaltsprovtagning utfördes vid väldigt få terminaler. Istället var skäppmätning, alternativt vägning med fasta omräkningstal, dominerande mätmetoder.

Värmeverk

Av VMU-rapporten ”Virkesmätning vid värmeverk – resultat från inventering 2012”, vilken baserades på uppgifter från 38 värmeverk framgår att torrhaltsprover togs på samtliga platser där MWh eller TTV (ton torrsvikt) var måttslag. Vanligast var att proven togs efter lossning men i ca en tredjedel av fallen togs proven från mätbryggan. ”Skopsond” för provtagning fanns på ett par av mätplatserna, NIR-sond på en mätplats. Torrhaltsprovtagningen var oftast partsmätning och vanligast var att chauffören som lämnat materialet också utförde provtagningen. Vissa förbrukare av sönderdelade skogsbränslen använde sig av egen personal. Hur många prov som togs, hur man tog proven eller hur man hanterade proven efter insamling skiftade från plats till plats. Det finns inga samordnade instruktioner för denna partsmätning idag. Bionorm eller SIS-standarder utgjorde ibland grunden till lokala instruktioner för torrhaltsprovtagning. Andra anläggningar hade konstruerat egna instruktioner baserade på erfarenhetstal. Vid provtagning från mätbrygga följde de som hade partsmätning ofta VMFs instruktioner för provtagning.

Utöver VMU-rapporten ”Virkesmätning vid värmeverk – resultat från inventering 2012” finns nästan inga uppgifter på vilken fördelning de olika mätmetoderna har idag. Värmeforsk publicerade en rapport 1996 ”Utvärdering av mekanisk och manuell provtagning av biobränsle vid energiverk” som visade att även då var manuell provtagning efter lossning den vanligaste grunden för torrhaltsbestämning.

3 Syfte och mål

3.1 Övergripande syfte och mål

Syftet med detta arbete var att beskriva torrhaltsvariationen inom leveranser (bilar med 2-3 skäppor) med sönderdelat material, dvs mellan leveranser samt inom och mellan skäppor, och därvid belysa inverkan av faktorer som:

- *Sortiment*, med fokus på de för köplad 1 vanligaste sortimenten. Det vill säga grotfelis, träddefflis och stamvedsflis.
- *Årstid*. Under maj – september sker leveranser/inmätning främst vid terminaler, under oktober – april främst vid förbrukare (värmeverk, kraftvärmeverk).
- *Provtagningsmetod*. I första hand att jämföra manuell provtagning från mätbrygga, provtagning med sond och provtagning efter lossning.
- Inverkan av provstorlek, betydelser av representativ provtagning etc.

Med denna beskrivning som underlag ska exempel på noggrannhet i torrhaltsbestämningen kunna beräknas, givet ovan nämnda faktorer, visst antal prov etc. Dessa exempel ska hjälpa mätande företag dels att kunna följa SIS-standarderna för provtagning av biobränslen SS-EN 14778:2011, dels att kunna uppfylla Skogsstyrelsens noggrannhetskrav vid bestämning av ton torrsvikt.

3.2 Syfte och mål för ingående delstudier

Delstudie "Torrhaltsprovtagning med sond vid värmeverk"

Syftet med denna delstudie var att beskriva torrhaltsvariationen vid två värmeverk (Örebro och Karlstad) under höst-vinter samt att jämföra provtagning från mätbrygga med provtagning med sond. Provtagning med sond möjliggjorde att ta prov från bestämda positioner inom skäpporna och därvid belysa huruvida systematiska torrhaltsvariationer föreligger.

Delstudie "Torrhaltsprovtagning efter lossning vid värmeverk"

Syftet med denna delstudie var att beskriva torrhaltsvariationen vid ett värmeverk (Gävle) under vinter-vår. Provtagning gjordes efter lossning. Därvid jämfördes ordinarie mätning där provtagningen utfördes av chaufförer med provtagning utförd av VMU. Provtagningen utformades för att belysa:

- Variation mellan väl utspridda prov
- Variation mellan prov tagna nära varandra
- Variation inom generalprov

Delstudie "Provtagning efter lossning vid terminal"

Som föregående delstudie men utförd sommartid vid terminal. Dock ingen chaufförmätning.

SLUs och LNU:s studie på grotfelis

Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, och Linnéuniversitetet, LNU, genomförde 2012 en studie för att jämföra och utvärdera mätmetoder för volym, vikt och fukt/torrhalt. VMU kunde använda data från denna studie.

4 Material och metoder

4.1 Delstudie "Torrhaltsprovtagning med sond vid värmeverk"

Vid mätplatserna vid Eon Örebro, Heden Karlstad samt Söderenergi Södertälje används mekanisk provtagningsutrustning i form av en sond vilken sänks ner i skäpporna på de bilar som levererar sönderdelade sortiment. Tillverkaren för samtliga utrustningar var MK-mätsystem, ett företag som upphört, men patentet för skopsonden har sålts till Tomca AB. Sonden är monterad i ett traverssystem vid mätbryggan. När lastbilen stannat startar virkesmätaren sonden vilken är programmerad att ta tre prov om cirka två liter i varje lass. Proven tas slumpmässigt i x-, y- och z-led, dvs från slumpmässig position i skäppan. I änden av sonden sitter en behållare vilken drar med sig ca två liter ur skäppan varje gång. Materialet från behållaren samlas upp av mätaren. Efter omblandning tas ett prov som sedan torkas i torkskåp på konventionellt sätt. Vid behov kan sonden även köras manuellt.



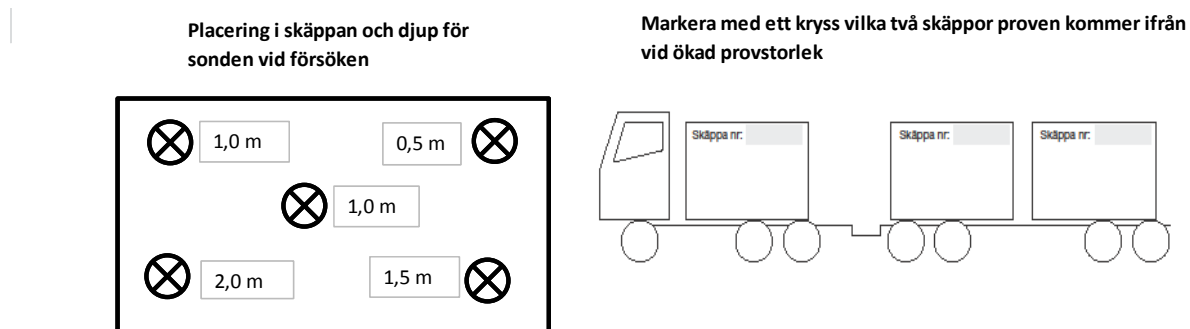
Figur 5. Provtagningssonderna vid Eon, Örebro respektive Heden, Karlstad.



Figur 6. Provtagning med spade från mätbrygga

I och med att sonden kan köras manuellt och på så vis kan ta prov från olika djup genomförde VMU en studie i samarbete med Heden i Karlstad och EON i Örebro för att åskådliggöra variationen inom lass. Totalt under tre försöksperioder, två i Örebro och en i Karlstad samlades prov in från sju olika sortiment där groftlis utgjorde huvuddelen.

I normalfallet tar sonden tre prov vilka samlas i en hink varpå mätaren blandar materialet och tar ut ett generalprov, i tabellen nedan kallat "Sond". Vid försöken ökades antalet till att även göra tio nedsänkningar på två av bilens skäppor fördelat på 0,5 m, 1 m (2 ggr), 1,5 m samt 2 meters djup. Dessa tio prov torrhhaltsbestämdes var för sig. Om en containerbil kom in till mätplatsen tog man första gången prov på första och andra containern och vid nästa passage container två och tre och så vidare.



Figur 7. Provpunkter samt vilken skäppa proven togs ur.

Slutligen tog även mätarna tre prov från bryggan enligt rådande VMF-instruktion. Även dessa torrhhaltsbestämdes var för sig. Totalt togs alltså 1 + 10 + 3 prov per lass och målet var att detta skulle ske på 20 bilar per försöksomgång. I Karlstad genomfördes en provomgång, i Örebro två. Den första genomfördes i Karlstad under november-december och i Örebro november-januari 2011-2012. Den andra omgången i Örebro skedde mars 2012. Totalt ingick 64 fordon vilket gav 896 prov.

Tabell 4. Antal bilar vid försöken i Örebro och Karlstad. Från varje bil togs 14 prov.

Plats	Period	Antal bilar				Summa	Antal prov
		Grot-flis	Träddels-flis	Stamveds-flis	Övrigt		
Karlstad	Nov-Dec 2011	7	5	6	2	20	280
Örebro	Nov-Jan 2011-2012	18	0	9	3	30	420
Örebro	Mars 2012	5	1	2	6	14	196
Summa		30	6	17	11	64	896

4.2 Delstudie "Torrhaltsprovtagning efter lossning vid värmeverk"

I samarbete med Gävle Energi genomförde VMU en studie av provtagning efter lossning. I Gävle tillämpades vägning med torrhhaltsbestämning med handelsmått MWh. Mätningen var partsmätning och torrhhaltsprovtagning gjordes efter lossning. Datainsamlingen avgränsades till grotflis och träddelsflis och genomfördes under mars-april 2012.

Chaufförerna tog torrhhaltsproven med händerna och lade dem i papperspåse för vidare hantering av värmeverkets personal.

VMUs provtagning utfördes så snart chauffören var klar med sitt arbete. Tio provtagningspunkter fördelades jämnt över högen så att varje punkt skulle representera lika

stor del av högens volym. Vid varje punkt togs ett A- och ett B-prov med cirka 20 cm avstånd från varandra. Dessa prov togs med en spade som uppfyllde SIS-standardens krav. Efter ungefär 2/3 av försöksperioden lades prov för generalprov till. Dessa togs mitt emellan A- och B-proven varefter de blandades i en plastback. Ur denna togs tre separata prov, så kallade generalprov. Från varje bil togs därmed 21 respektive 24 prov:

- Ett chaufförprov
- 20 (10 + 10) VMU-prov
- Tre generalprov (endast senare delen av försöksperioden)

Genom att ta proven på detta sätt får man först och främst en bild av torrhaltvariationen inom lasset. Vidare ser man även skillnaden mellan två punkter (A och B) som ligger relativt nära varandra. Totalt sett under detta försök togs prov på 26 bilar, på 15 av dessa tog man 21 prov och på resterande 11 togs även de generalprov vilka beskrivs ovan vilket gav totalt 24 prov per bil. Detta ger en summa på $315+264 = 579$ prov.

Tabell 5. Provtagning vid Gävle energi. Antal bilar per sortiment med provuttag och antalet prov.

Plats	Period	Antal bilar			Summa	Antal prov
		Grotflis	Träddelsflis	Övrigt		
Gävle	Mars-april 2012	16	9	1	26	579



Figur 8. Uppdelning av lossad flis. Exempel på provpunkter.



Figur 9. Generalprov innebär att material från ett antal provpunkter, 10 st i denna studie, samlas i en hink eller balja och blandas väl. Ur det blandade materialet tas sedan ett eller flera delprov. I denna studie togs tre delprov för att kunna analysera variationen inom generalprov.

4.3 Delstudie "Provtagning efter lossning vid terminal"

Studien i Gävle skedde under senvintern. Som komplement till denna genomfördes studien "provtagning efter lossning vid terminal" under sommaren 2012. Denna skedde i samarbete med Mellanskog och Stora Enso Bioenergi.

Provtagningen gjordes enligt samma förfarande som i Gävle, dvs den gjordes efter lossning vid tio provtagningspunkter. Vid varje punkt togs A- och B-prov samt material för generalprov. Dock halverades storleken på B-proven. Detta för att kunna analysera provstorlekens inverkan på variationen mellan prov. Torkning av prov skedde vid SLU i Uppsala.

Ordinarie mätning utgjordes av skäppmätning alternativt råvikt med fasta omräkningstal, dvs den inkluderade ej torrhaltsprovtagning.

Tabell 6. Antal bilar per sortiment från respektive terminal, delstudie "provtagning efter lossning vid terminal".

Plats	Period	Antal bilar			Summa	Antal prov
		Grotflis	Träddels-flis	Spån		
Litslena	Juni-juli 2012	19			19	460
Stingtorpet	Augusti 2012	20			20	437
Vasaterminalen	Juli 2012	2			2	46
Västerbytorp	Juli 2012		1	1	2	46
Västerås	Juli 2012	14	5		19	437
Summa		55	6	1	62	1426

4.4 SLUs och LNUs studie på grotflis i södra Sverige 2012

Under 2012 genomförde Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, och Linnéuniversitet, LNU, en studie för att jämföra och utvärdera mätmetoder för volym, vikt och fukt/torrhalt. Projektet initierades av Södra Skogägarna. I projektet deltog även VMF Syd. Arbetet finansierades genom Effektivare Skogsbränslesystem, ett utvecklingsprogram som drivs av Skogforsk.

Studien var uppdelad i två omgångar där den första genomfördes mellan januari och april 2012 och den andra under maj-juni 2012, totalt ingick 44 bilar, vardera med tre skäppor. Den första perioden räknas som vinterlevererad och den andra som sommarlevererad. Endast grotflis ingick i studien. Allt material hade lagrats i välta i skogen en längre tid innan flisning.

Torrhaltsprovtagningen skedde dels vid lossning då SLU/LNU tog tio prov á 1-2 liter från varje container som körts in. Vidare tog VMF Syds personal prov från mätbrygga enligt VMFs instruktion. Detta gällde för samtliga bilar utom de tio första i vinterdelen av studien eftersom de gick in till Växjö Energi där VMF-prov togs efter lossning. Totalt insamlades 1364 prov.

För fyra av bilarna var det olika virkesorder (partier) i olika skäppor. Dessa bilar uteslöts från analyserna rörande torrhaltsvariation inom bil. För de 29 bilarna under vinterperioden skilde en faktor avseende hanteringen. Tio av dem flisades först i en skäppa men tippades sedan över i en annan skäppa innan transport till mätstation. Materialet i dessa bilar fick alltså en extra omblandning innan de kom till mätstationen.

Tabell 7. Antal bilar och prov insamlade under SLUs/LNUs studie "Mätning av grothlis".

Plats	Period/hantering	Antal bilar
Södra Sverige	Jan-april 2012	
	Ej omlastat	19
	Tippat i ny skäppa	10
	Maj-juni 2012	15
	Summa	44

4.5 Beräkning av torrhaltsbestämningens noggrannhet

Syftet med föreliggande arbete var att ta fram underlag för att kunna beräkna noggrannheten i den torrhaltsbestämning, och därmed bestämning av den vederlagsgrundande kvantiteten uttryckt i ton torrsvikt, som utförs vid inmätning av sönderdelade trädbränslen. Nedanstående beskrivning av beräkningsförfarande, samt resultatpresentationen i kapitel 5.5, har granskats av Anders Ågren, statistiska institutionen, Uppsala universitet. Författarna riktar stort tack till honom.

Noggrannheten för en viss kvantitet, till exempel ett parti, blir en funktion av provtagningsförfarandet samt noggrannheten i torrhaltsbestämningen av det uttagna provet. Noggrannheten kan beräknas som torrhaltsbestämningens medelfel (vi bortser här från osäkerheten i bestämning av leveransens råsvikt som förväntas ske med fordonsvåg). Medelfelet är den genomsnittliga avvikelser man kan förväntas få om mätningen upprepas på ett stort antal partier/enheter.

Vid beräkning av de medelfel som redovisas i kapitel 5.5 ingår följande standardavvikelser:

ML = standardavvikelse mellan bilar/leveranser

MP = standardavvikelse mellan prov ur skäppa eller bil/leverans

GP = standardavvikelse mellan delprov ur generalprov

TM = standardavvikelse för torrhaltsbestämning med hjälp av torrhaltsmätare, när torkskåp används sätts denna till noll

Dessa standardavvikelser uttrycks i procentenheter. Standardavvikelserna samt antal prov i respektive led utgör grund för varianskomponenterna i medelfelsformeln. För att erhålla resultat i procent divideras med materialets medeltorrhalt.

I nedan beskrivna medelfelsformel ingår "ändlighetskorrigerings" dels för mellanleveransvariationen, dels för generalprovsvariationen. Vad gäller ändlighetskorrigerings för generalprovsvariationen är antagandet att provstorleken är lika i ursprungliga prov och delprov ur generalprov. När exempelvis tre prov tas från leveransen kommer ett generalprov

att omfatta en tredjedel av den ursprungliga provmängden. Förfarandet med generalprov görs en gång per bil/leverans, därav division med (n*a) i medelfelsformeln.

Om provtagningen vore så upplagd att den endast berörde en av fordonets skäppor skulle varianskomponenten ” mellan skäppor” tillkomma och ” mellan prov ur leverans” ersättas med ” mellan prov ur skäppa”. Även ” mellan skäppor” skulle då ändlighetskorrigeras i medelfelsformeln. Eftersom provtagningen i de flesta fall berör hela kvantiteten för en bil/leverans är dock detta inte aktuellt.

Formel 1

$$\text{Medelfel} = \sqrt{\frac{ML^2}{n} * \left(1 - \frac{n}{N}\right) + \frac{MP^2}{n * m} + \frac{GP^2}{n * a} * \left(1 - \frac{a}{m}\right) + \frac{TM^2}{n * a}} / \text{medeltorrhalt}$$

N = antal leveranser i partiet, eller under viss tid vid viss mätplats

n = antal leveranser som prov tas ur

m = antal prov ur leveransen

a = antal delprov ur generalprovet

Exempel:

- Uppmätt råvikt 40 ton och torrhalt 60 %. → 24 ton torrsvikt
- Uppskattat medelfel 5 %
- Inom +/- 2,0 gånger medelfelet hamnar 95 % av mätningarna
- Inom +/- 2,6 gånger medelfelet hamnar 99 % av mätningarna

Då kan vi säga:

- Att den aktuella leveransen med 95 % säkerhet hade 24 ton torrsvikt +/- 10 %, dvs i intervallet 21,6 -26,4 ton torrsvikt.
- För ett tänkt stort antal mätningar kommer 95 % av dem att ha ett mätfel < 10 %, och 99 % av dem att ha ett mätfel < 13 %.

5 Resultat

5.1 Provtagningsaspekter

5.1.1 Provstorlek

Vid provtagning tas ett antal prov av viss storlek. Provstorleken kan förväntas ha betydelse för mätnoggrannheten, större prov bör ge ökad mätnoggrannhet. I de aktuella undersökningarna togs prov med spade eller med mekanisk sond. Den i landet gängse metodiken vid provtagning med spade är att varje prov omfattar ca 1,5 liter motsvarande ca 500 gram torrt material. De två sonder som användes i undersökningarna tar något större prov, ca 2 liter.

För att belysa eventuell effekt av varierande provstorlek gjordes två jämförelser.

1. I två av försökserierna med provtagning efter lossning, Gävle respektive terminaler, jämfördes parallellprovtagning. I båda fallen togs tio A-prov och tio B-prov. I Gävle togs jämnstora prov, ca 500 g, motsvarande ca 1,5 liter. Vid terminalerna var B-provet hälften så stort som A-provet.
2. I de delstudier där sond användes, Karlstad och Örebro, jämfördes sondprovtagningen med prov tagna med spade från mätbrygga.

Som framgår av tabell 8 visade provtagningen på terminaler, som omfattade 54 bilar, en marginell förhöjning av standardavvikelsen för de mindre B-proven. Ett resultat som dock styrker antagandet att mätnoggrannheten försämras om provstorleken minskas. Att data från Gävle visade det motsatta förhållandet torde vara en tillfällighet, där var A- och B-prov lika stora. Jämförelsen mellan sond och spade visade en marginell skillnad.

Sammantaget tyder dessa resultat på att skillnaden i mätnoggrannhet för provstorlek mellan 0,75 liter och två liter är marginell. Om proven blandas till ett generalprov är det dock mycket viktigt att alla prov har samma storlek. Annars får olika provtagningspunkter olika inverkan på resultatet.

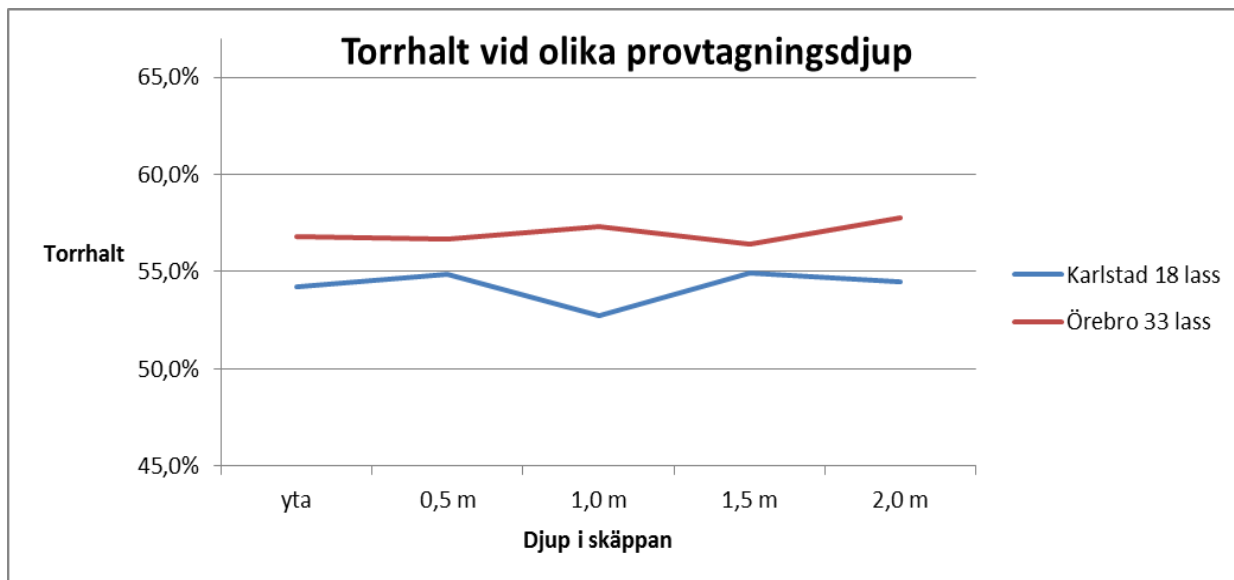
Tabell 8. Standardavvikelse mellan prov inom lass vid varierande provstorlek.

Material, plats, provtagning	Antal bilar	Standardavvikelse mellan prov inom lass	
		%-enh	%-enh
Grotflis, prov med spade efter lossning		<i>A-prov</i>	<i>B-prov</i>
Gävle, lika stora prov, ca 1,5 liter	16	4,9	4,0
Terminaler, B-prov hälften av A-prov	54	3,3	3,5
Grotflis, trädflis, stamvedsflis. Prov vid mätbrygga		<i>Sond (alla nivåer)</i>	<i>Spade (nära ytan)</i>
Karlstad	18	4,2	4,1
Örebro	33	4,5	4,1

5.1.2 Nivå i skäppan

Provtagning med sond i Örebro och Karlstad

För att kunna svara på frågan om det finns systematiska torrhaltsvariationer beroende på från vilket djup i skäppan provet tas, togs prov med sond från fyra olika djup; 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, och 2,0 m. Dessutom togs prov genom att gräva ett par dm ner från ytan. I figur 10 visas resultat från Örebro och Karlstad avseende sortimenten grothlis, trädelsflis och stamvedsflis. Som framgår av figuren kunde någon systematisk torrhaltsvariation ej påvisas.



Figur 10. Medeltorrhalt för olika djup i skäppan. Baserat på data för grothlis, trädelsflis och stamvedsflis.

SLUs och LNU:s studie på grothlis i södra Sverige 2012

I SLUs/LNU:s studie togs VMF prov (3 st) från mätbrygga för 34 av de 44 undersökta leveranserna. Som framgår av tabell 9 fanns en antydning till högre torrhalt för prov tagna nära ytan jämfört med de prov som togs efter lossning. En motsvarande antydning fanns dock även för de tio leveranser där VMF-proven togs efter lossning, dvs något annat än provtagningsdjupet kan ha påverkat resultatet.

Tabell 9. Medeltorrhalt för prov tagna nära skäppans yta respektive för prov tagna efter lossning.

	Antal bilar	Torrhalt %		
		Prov nära ytan	Prov efter lossning	rel. diff. yta vs efter lossning
Vinter (jan-april)	19	62,5	61,8	1,13 %
Sommar (maj-juni)	15	73,0	72,1	1,25 %

5.1.3 Variation mellan prov tagna nära varandra respektive variation för delprov ur generalprov

För att belysa betydelsen av att sprida proven på representativt sätt över hela lasset eller skäppan gjordes jämförelser mellan prov tagna nära varandra (någon dm mellan provtagningspunkterna) och väl utspridda prov. Som framgår av tabell 10 var standardavvikelsen mellan prov tagna nära varandra kraftfullt lägre än för väl utspridda prov. Detta visar att väl utspridd provtagning är mycket viktig.

I tabell 10 visas också standardavvikelsen för delprov från generalprov. Denna standardavvikelse var ca 1 %-enhet.

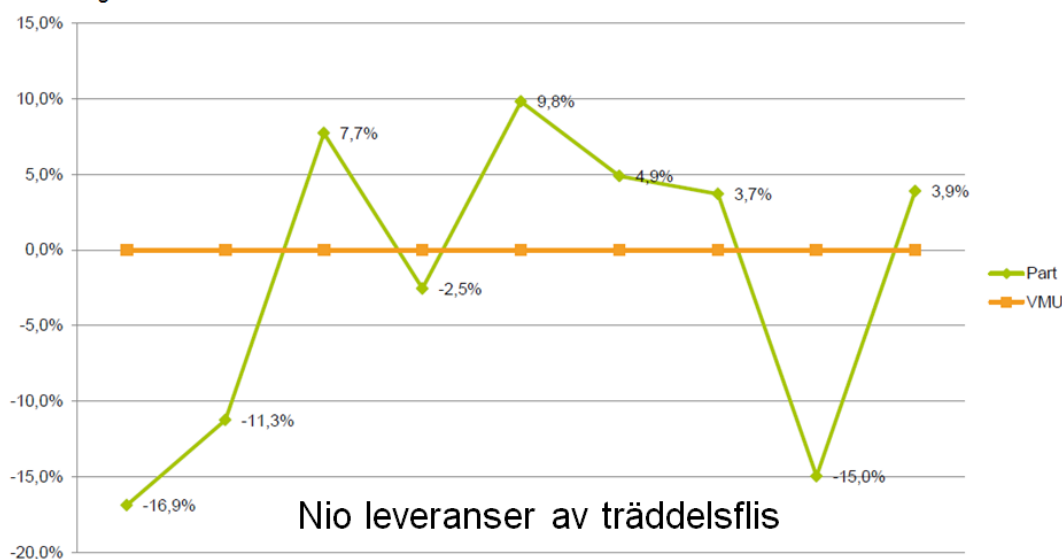
Tabell 10. Standardavvikelse mellan prov tagna från samma lass när proven är väl utspridda respektive när de tas nära varandra samt standardavvikelse för delprov från generalprov.

Material	Antal bilar	Standardavvikelse mellan torrhaltsprov		Standardavvikelse för delprov från generalprov
		Väl utspridda %-enh	Nära varandra %-enh	%-enh
Grotflis vid terminaler sommartid	54	3,4	1,3	0,9
Träddelsflis vid terminaler sommartid	5	3,7	1,4	0,5
Grotflis, Gävle värmeverk, vinter-vår	16	4,4	1,4	1,0
Träddelsflis, Gävle värmeverk, vinter-vår	9	4,1	1,2	1,1

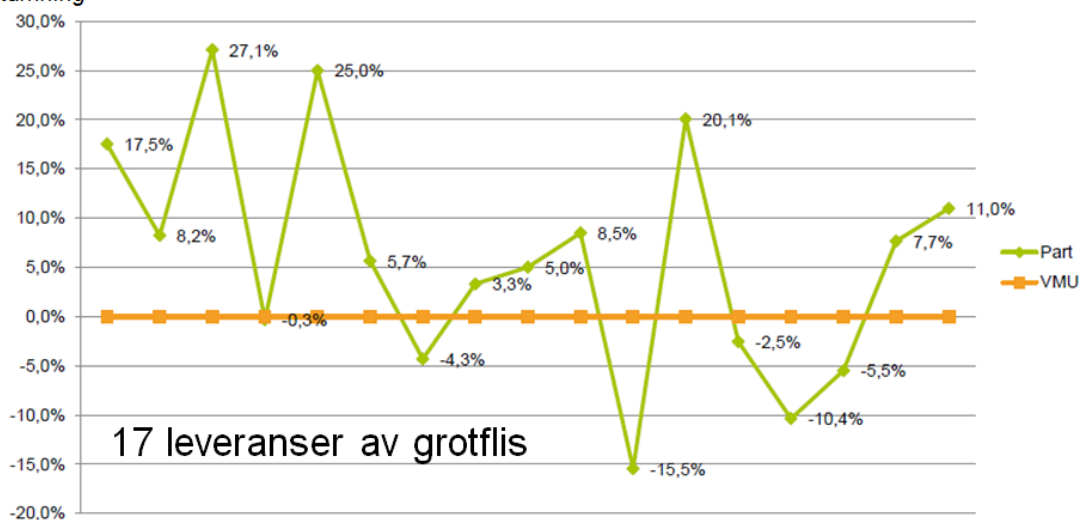
5.1.4 Chaufförsprovtagning jämfört med VMUs provtagning

I delstudien ”Torrhaltsprovtagning efter lossning vid värmeverk” utfördes vederlagsgrundande provtagning av chaufförerna. I figur 11 jämförs resultatet av denna provtagning med resultatet av VMUs provtagning. VMU tog 20 prov per leverans och medeltalet av dessa har i figuren betraktats som facit. Som framgår av figuren blev avvikelserna i kvantitetsbestämningen, i figuren uttryckta i procent, mycket stora. För nio leveranser med träddelsflis varierade avvikelserna mellan -17 % och +10 %. För 17 leveranser med grotflis varierade avvikelserna mellan -15 % och +27 %.

Avvikelse i kvantitetsbestämning



Avvikelse i kvantitetsbestämning



Figur 11. Exempel på bristfällig provtagning och därav följande skillnad i mätresultat mellan:

- VMU = 20 väl fördelade prover (kan ses som facit)
- Part = ordinarie mätning (chaufförens provtagning)

Figuren illustrerar nio leveranser av träddelsflis och 17 leveranser av grothlis.

5.2 Medeltorrhalt samt torrhaltsvariation mellan leveranser (bilar)

Materialets medeltorrhalt var för de flesta kombinationerna av sortiment, tid och plats mellan 50 och 60 %. Ett undantag var grothlis inmätt under sommaren i södra Sverige där medeltorrhalten för 15 undersökta bilar var så hög som 73 %. Resultaten antyder att grothlis är torrast och stamvedsflis fuktigast, men skillnaderna mellan sortimenten var små.

Torrhaltsvariationen mellan bilar belyser bland annat vilket fel i torrhaltsbestämningen som skulle bli resultatet om torrhaltsprover ej togs. Som framgår av tabell 11 var variationsvidden mellan bilar 20-30 %-enheter för de flesta delstudierna, dvs för alla aktuella sortiment och alla

tider på året. Störst var variationsvidden för bilar med grothlis i Gävle under senvinter-vår, 39 %-enheter. De lägsta variationsvidderna var för material med få observationer, dessa är därför troligen underskattade. Den stora variationen mellan bilar gör det svårt att tänka sig system utan provtagning

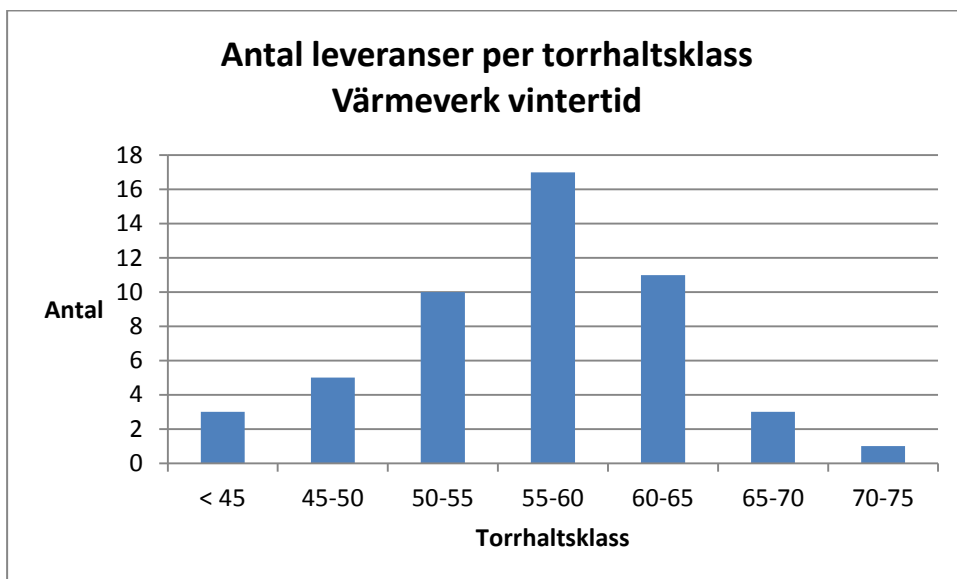
Tabell 11. Medeltorrhalt per bil och sortiment/tid/plats

Sortiment / tid / plats		Antal bilar	Medeltorrhalt per bil			
			Medel	Min	Max	var.vidd %-enh
Grothlis						
Karlstad	vinter (nov-jan)	7	57 %	46 %	62 %	15
Örebro	vinter (nov-dec)	18	57 %	38 %	73 %	34
Örebro	vinter (mars)	5	57 %	54 %	60 %	7
Gävle	vinter (mars-april)	16	59 %	40 %	79 %	39
Södra Sv. **	vinter (jan-april)	29	61 %	50 %	72 %	21
Mälardalen*	sommar (juni-aug)	54	59 %	43 %	76 %	33
Södra Sv. **	sommar (juni-juli)	15	73 %	58 %	85 %	27
Träddelsflis						
Karlstad	vinter (nov-jan)	5	48 %	41 %	53 %	12
Gävle	vinter (mars-april)	9	59 %	52 %	68 %	16
Mälardalen*	sommar (juni-aug)	5	64 %	47 %	75 %	28
Stamvedsflis						
Karlstad	vinter (nov-jan)	6	56 %	38 %	67 %	29
Örebro	vinter (nov-dec)	9	48 %	37 %	57 %	20

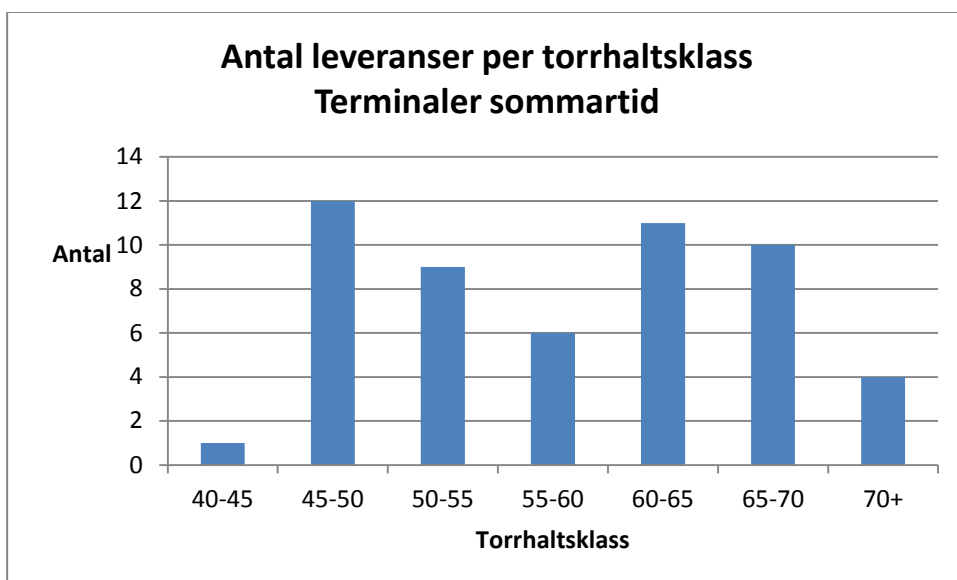
* Heby, Västerås, Arlanda, Enköping

** Kalmar, Växjö, Trollhättan, Vislanda

Som framgår av figur 12 uppvisade leveranser vintertid till värmeverk en normalfördelning avseende torrhaltsklasser med största antalet leveranser i klassen 55-60 % torrhalt. För leveranser sommartid till terminaler var det en jämnare fördelning inom intervallet 45 – 70 % torrhalt, figur 13. Dessa fördelningar styrker att den i kapitel 4.5 beskrivna medelfelsformeln kan tillämpas.



Figur 12. Medeltorrhalt per leverans (n=50) för grothflis, trädelsflis och stamvedsflis levererat till tre värmeverk vintern 2011-2012.



Figur 13. Medeltorrhalt per leverans (n=54) för grothflis levererat till terminaler i Mälardalen sommaren 2012.

5.3 Torrhaltsvariation mellan leveranser från samma parti (samma virkesorder)

För det datamaterial som insamlades i Södra Sverige vintern 2012 samt vid terminaler under sommaren 2012 noterades virkesordern för varje bil. Virkesorder motsvarar för det mesta parti. I ett relativt stort antal fall togs prov från flera bilar från samma virkesorder. Detta innebär att torrhaltsvariationen mellan bilar inom parti kunde bestämmas och jämföras med motsvarande variation för alla bilar. Som framgår av tabell 12 var torrhaltsvariationen mellan bilar inom parti avsevärt lägre jämfört med variationen för alla bilar inom samma datainsamlingsperiod. Ett resultat som får stor betydelse när partivis mät noggrannhet ska bestämmas.

Tabell 12. Torrhaltsvariation (standardavvikelse) mellan bilar inom parti respektive mellan alla bilar inom respektive material (datainsamlingsperiod). Standardavvikelsen avser materialets medeltorrhalt per bil.

Material	Antal bilar		Antal partier (virkesorder)		Standardavvikelse för materialets medeltorrhalt	
	totalt	"inom parti"	totalt	"inom parti"	Mellan alla bilar %-enh	Mellan bilar inom parti %-enh
Terminaler sommar 2012	54	36	31	13	8,4	3,0
Södra Sverige, vinter 2012	29	21	9	3	5,9	2,8

5.4 Torrhaltsvariation inom skäppor respektive leveranser

I tabell 13 visas resultat avseende torrhaltsvariation inom skäppor respektive inom leveranser (bilar). Nedan kommenteras resultaten utifrån olika aspekter.

Variation mellan torrhaltsprov inom leverans (bil med 2-3 skäppor)

Torrhaltsvariationen mellan prov inom leverans varierade för olika delstudier mellan 1,3 %-enheter (fem leveranser grothlis, sommar, Sydsverige, materialet omlastat efter flisning) till 5,3 %-enheter (sju leveranser grothlis, vinter, Karlstad). Som grovt medelvärde för alla delstudier kan intervallet 4-5 %-enheter användas.

Variationen inom skäppa jämfört med variationen inom leverans

För några av delmaterialen var datainsamlingen utformad så att det gick att jämföra variationen inom skäppa med variationen inom leverans (bil med 2-3 skäppor). Resultaten antyder att variationen mellan prov inom skäppa var i storleksordningen 0,5 – 1,5 %-enheter lägre jämfört med variationen mellan prov utspridda över hela leveransen.

Sortiment

Även om resultaten inte var entydiga så antyds att torrhaltsvariationen är något högre för grothlis jämfört med trädelsflis och stamvedsflis.

Årstid

Resultaten visar att torrhaltsvariationen var något lägre för material levererat under sommaren jämfört med det som levererades under vintern.

Hantering

För SLU-studien kunde data delas upp på två former av hantering, dels leveranser där skäpporna fyllts direkt av flisaren, dels leveranser där skäpporna tippats från en skyttel till skäppor på bil. Skillnaden i torrhaltsvariation mellan dessa två hanteringsformer var mycket stor. Torrhaltsvariationen var avsevärt lägre när hanteringen inkluderade tippning från en skäppa till en annan. Denna faktor tycks kunna överskugga effekten av sortiment och årstid. Ofta är dock hanteringen kring flisning och transport okänd när leveransen ankommer till mätstation.

Tabell 13. Torrhaltsvariation (standardavvikelse) mellan prov inom bil eller skäppa.

Plats provtagning hantering	Tid	Torrhaltsvariation mellan prov inom bil/skäppa						
		n	grotflis		träddelsflis		stamvedsflis	
	std skäppa %-enh		std bil %-enh	n	std bil %-enh	n	std bil %-enh	
Värmeverk, prov med sond								
Karlstad	vinter (nov-jan)	7	4,6	5,3	5	3,0	6	4,0
Örebro	vinter (nov-dec)	18	4,5	4,9	-	-	9	3,7
Örebro	vinter (mars)	5		4,2	-	-	-	-
Värmeverk, prov efter lossning								
Gävle	vinter (mars-april)	16	-	4,4	9	4,1	-	-
Terminaler, prov efter lossning								
Mälardalen*	sommar (juni-aug)	54	-	3,3	5	3,8	-	-
SLU-studie, prov efter lossning**								
Ej omlastat	vinter (jan-april)	19	3,0	4,1	-	-	-	-
tippat i ny skäppa	"-"	8	1,6	2,3	-	-	-	-
Ej omlastat	sommar (juni-juli)	9	2,6	4,1	-	-	-	-
tippat i ny skäppa	"-"	5	1,1	1,3	-	-	-	-

* Heby, Västerås, Arlanda, Enköping

** Kalmar, Växjö, Trollhättan, Vislanda

5.5 Exempel på beräkning av torrhaltsbestämningens noggrannhet

5.5.1 Sammanfattning av kapitel 5.1 – 5.4

Provstorlek

Skillnaden i mätnoggrannhet för provstorlek mellan 0,75 liter och två liter var marginell. Om proven blandas till ett generalprov är det dock mycket viktigt att alla prov har samma storlek. Annars får olika provtagningsspunkter olika inverkan på resultatet.

Nivå i skäppan

Delstudie ”provtagning med sond”. Någon systematisk torrhaltsvariation kunde ej påvisas. SLU/LNU: Antydning till högre torrhalt för prov tagna nära ytan.

Prov tagna nära varandra

Standardavvikelsen mellan prov tagna nära varandra kraftfullt lägre än för väl utspridda prov. Detta visar att väl utspridd provtagning är mycket viktig.

Medeltorrhalt – variationsvidd

Medeltorrhalten var för de flesta kombinationerna av sortiment, tid och plats mellan 50 och 60 %. Ett undantag var grotflis inmätt under sommaren i södra Sverige där medeltorrhalten var så hög som 73 %. Resultaten antyder att grotflis är torrast och stamvedsflis fuktigast, men skillnaderna mellan sortimenten var små. Variationsvidden mellan bilar var 20-30 %-enheter

för de flesta delstudierna, dvs för alla aktuella sortiment och alla tider på året. Den stora variationen mellan bilar gör det svårt att tänka sig system utan provtagning. Leveranser vintertid till värmeverk torde kunna approximeras med en normalfördelning avseende torrhaltsklasser med största antalet leveranser i klassen 55-60 % torrhalt. För leveranser sommartid till terminaler var det en jämnare fördelning inom intervallet 45 – 70 % torrhalt.

Variation mellan leveranser från samma virkesorder

Torrhaltsvariationen mellan bilar inom parti avsevärt lägre jämfört med variationen för alla bilar inom samma datainsamlingsperiod. Som riktvärde torde en halvering kunna användas.

Variation inom skäppor eller leveranser

- *Variation mellan torrhaltsprov inom leverans (bil med 2-3 skäppor):* Stor spridning mellan olika delstudier. Som grovt medelvärde för alla delstudier kan intervallet 4-5 %-enheter användas.
- *Variationen inom skäppa jämfört med variationen inom leverans:* Variationen mellan prov inom skäppa var i storleksordningen 0,5 – 1,5 %-enheter lägre jämfört med variationen mellan prov utspridda över hela leveransen.
- *Sortiment:* Torrhaltsvariationen var något högre för grotflis jämfört med trädelsflis och stamvedsflis.
- *Årstid:* Torrhaltsvariationen något lägre under sommaren jämfört med under vintern.
- *Hantering:* Torrhaltsvariationen var avsevärt lägre när hanteringen inkluderade tippning från en skäppa till en annan.

Variation mellan prov ur generalprov

Standardavvikelsen för delprov från generalprov var ca 1 %-enhet.

5.5.2 Exempel på mätnoggrannhet

Principer och matematisk formel för beräkning av partivis mätnoggrannhet givet viss form av provtagning beskrevs i kapitel 4.5. De resultat som framkommit tyder på att de populationer som provtagningen görs ur (partier, bilar) är någotsånär normalfördelade med avseende på den variabel som ska bestämmas (torrhalten). Formeln kan därmed tillämpas.

Tabell 15 visar medelfel för ett visst antal bilar från samma parti/virkesorder. Tabellen ger medelfelet baserat på hur många av bilarna som prov tas från och hur många prov som tas från respektive bil. När provtagningen berör alla bilar bortfaller effekten av variation mellan bilar.

Tabell 15 avser:

- Grotflis
- Höst-vinter-vår
- Material som flisats direkt i skäppa som används för transport till mätplats

Tabell 15 baseras på följande antaganden rörande provtagning och torrhaltsvariation:

- Proven väl fördelade över hela kvantiteten. Till exempel via provtagning efter lossning eller provtagning med sond. Även det vanligt förekommande förfarandet med prov tagna från mätbrygga kan anses uppfylla kriteriet ”väl fördelade”.
- Provstorlek 1-2 liter. Alla prov lika stora inom samma provtagningstillfälle.
- Proven samlade i hink/balja varefter materialet noga rörts om.

- Ett prov, benämnt ”generalprov” taget från det omrörda materialet.
- Generalprovet lika stort som de ursprungliga proven, dvs om tre prov insamlats utgör generalprovet en tredjedel av den totala provmängden.
- Uttaget prov torrhaltsbestäms med hjälp av torkskåp enligt SIS-standard xxxx. Varianskomponenten ”torrhaltsbestämning med hjälp av torrhaltsmätare”, sätts därmed till noll.
- Torrhaltsvariation och medeltorrhalt, se tabell 14.

Tabell 14. Antaganden rörande torrhaltsvariation och medeltorrhalt som legat till grund för tabell 15.

Antaganden som legat till grund för tabell 15	Standardavvikelse %-enheter
Torrhaltsvariation	
Mellan bilar/leveranser inom parti	3,5
Mellan bilar/leveranser, olika partier	7
Mellan prov inom skäppa	4
Mellan prov inom bil/leverans	5
Mellan generalprov	1
Torrhaltsbestämning (i torkskåp)	0
Materialets medeltorrhalt	55 %

I relation till de värden som anges i tabell 15 kan följande antaganden göras rörande faktorer som kan påverka mätnoggrannheten:

- För sortimenten trädelsflis och stamvedsflis kan medelfelen minska med 5-10 %.
- För material inmätt sommartid och som lagrats/torkats längre tid kan medelfelen minska med 10-20 %.
- För material som omlastats, dvs ej flisats direkt i den skäppa som används för transport till mätplats, kan medelfelen minska med 20-40 %.

Tabell 15. Medelfel för partier med groftflis givet viss provtagning. Tabellen avser höst-vinter-vår samt att materialet flisats direkt i de skäppor som materialet transporteras till mätplats i. Färgmarkeringarna kommenteras i kap 5.5.3.

Antal bilar som provtas från	Antal prov per bil	Antal bilar i partiet					
		skäppa	1	2	5	10	20
		Medelfel för partiet %					
1	3	● 4,5	● 5,5	● 7,1	● 7,9	● 8,1	● 8,3
	6	● 3,4	● 4,1	● 6,1	● 7,0	● 7,3	● 7,4
	10	● 2,9	● 3,4	● 5,6	● 6,6	● 6,9	● 7,1
2	3	-	-	● 3,9	● 5,2	● 5,6	● 5,8
	6	-	-	● 2,9	● 4,5	● 4,9	● 5,1
	10	-	-	● 2,4	● 4,2	● 4,7	● 4,9
5	3	-	-	-	● 2,4	● 3,2	● 3,5
	6	-	-	-	● 1,8	● 2,7	● 3,1
	10	-	-	-	● 1,5	● 2,5	● 2,9
10	3	-	-	-	-	● 1,7	● 2,2
	6	-	-	-	-	● 1,3	● 1,9
	10	-	-	-	-	● 1,1	● 1,8
20	3	-	-	-	-	-	● 1,2
	6	-	-	-	-	-	● 0,9
	10	-	-	-	-	-	● 0,7
		●	klarar ej Skogsstyrelsens noggrannhetskrav				
		●	klarar Skogsstyrelsen krav med 95 % sannolikhet				
		●	klarar Skogsstyrelsen krav med 99 % sannolikhet				

5.5.3 Kommentarer angående uppfyllande av Skogsstyrelsens noggrannhetskrav

Baserat på Skogsstyrelsens noggrannhetskrav för bestämning av virkespartis torrsvikt, och med förutsättningen att detta ska klaras i 95 eller 99 % av mätningarna erhålls i tabell 16 angivna högsta medelfel provtagningen får förväntas resultera i.

Vidare görs följande antaganden avseende relationen mellan antal bilar och partiets torrsvikt:

- Partier ≤ 2 bilar beräknas omfatta < 50 ton torrsvikt
- Partier ≥ 3 bilar beräknas omfatta > 50 ton torrsvikt

Tabell 16. Härledning av högsta medelfel mätningen får förväntas resultera i för att viss andel av dem, 95 % eller 99 %, ska uppfylla Skogsstyrelsens noggrannhetskrav.

Virkespartis torrsvikt	Högsta tillåtna partivisa avvikelse	Högsta medelfel för att uppnå viss andel laguppfyllande mätning	
		95 % godkända	99 % godkända
ton			
≤ 50	9 %	4,5 %	3,5 %
> 50	6 %	3 %	2,3 %

De i tabell 16 härledda medelfelen har översatts till färgmarkeringar i tabell 15.

Färgmarkeringarna avser:

- Provtagning som ej kan förväntas klara Skogsstyrelsens noggrannhetskrav med 95 % sannolikhet.
- Provtagning som med 95 % sannolikhet kan förväntas klara Skogsstyrelsens noggrannhetskrav.
- Provtagning som med 99 % sannolikhet kan förväntas klara Skogsstyrelsens noggrannhetskrav.

Av färgmarkeringarna i tabell 15 framgår till exempel följande:

Partistorlek	Erforderlig provtagning för att uppnå viss sannolikhet för godkänd mätnoggrannhet	
	95 % sannolikhet	99 % sannolikhet
En skäppa	Tre prov ok, dock gränsfall	Sex prov
En bil	Sex prov	Tio prov
Två bilar	Prov ur bägge bilarna. Tre prov per bil.	Prov ur bägge bilarna. Sex prov per bil.
Fem bilar	Prov ur varje bil. Tre prov per bil.	Prov ur varje bil. Sex prov per bil.
Tio bilar	Prov ur varannan bil. Sex prov per bil.	Prov ur varje bil. Tre prov per bil.
Tjugo bilar	Prov ur var fjärde bil. Tio prov per bil.	Prov ur varannan bil. Tre prov per bil.

6 Diskussion

6.1 Kommentarer till resultaten

Provstorlek

Standarder: Bionorm anger provstorlek 1 liter för grottflis. SS-EN 14778:2011 anger en relation till ”största” flisbitsstorleken (antal liter = $0,05 \times d_{95}$, mm). För $d_{95} = 20$ mm blir det 1 liter, För $d_{95} = 50$ mm blir det 2,5 liter. Standarderna anger alltså att ett prov bör vara minst 1-2 liter.

I föreliggande undersökning kunde provstorlekar mellan 0,75 och 2 liter jämföras. Inverkan av provstorleken var i dessa jämförelser marginell. Av detta kan slutsatsen dras att följer man givna standarder så erhålls en lämplig provstorlek. Rimligtvis bör dock spridningen mellan prov minska ju större provet är, även om denna effekt är svag när vi rör oss inom det aktuella provstorleksintervallet.

Manuell provtagning från mätbrygga

I föreliggande studie kunde det ej påvisas någon skillnad i torrhalt beroende på från vilket djup i skäppan provet hämtades. Denna fråga har främst bäring på om provtagning nära ytan är ok. Vad gäller sådan provtagning är det viktigt att gräva minst 10 cm innan provet tas för att undvika effekt av nederbörd eller uttorkning under transporten. När proven tas nära ytan blir det också viktigt att det finns en kontroll med lämplig frekvens där kontrollprov fördelas över hela kvantiteten, t ex efter lossning. Detta för att stävja eventuella funderingar på taktisk lassning.

Stor spridning i resultat rörande torrhaltsvariationer

Föreliggande rapport baseras på ca 4500 torrhaltsprov från ca 190 bilar med sönderdelat skogsbränsle (grotflis, trädelsflis och stamvedsflis). Sammantaget kan resultaten sägas påvisa stor variation inom och mellan bilar. Eftersom det råder viss tveksamhet huruvida populationerna ur vilka provtagning görs är normalfördelade kan det vara tillrådligt att tillämpa viss säkerhetsmarginal när tabeller över noggrannhet vid viss form av provtagning tas fram. Så gjordes när ingångsvärden för tabell 15 beräknades.

En konsekvens av det ovan sagda är att man vid framtagande av mätplatsvis underlag, rörande hur många prov som behöver tas, ska samla data från ett stort antal bilar. Denna slutsats har också inneburit att det i föreliggande rapport ej redovisas resultat från de enskilda mätplatser från vilka data samlats.

Betydelsen av adekvat provtagning

De resultat som visas i kapitel 5.1.3 understryker kraftfullt betydelsen av en väl genomförd provtagning. Den mätande personalen måste ha tillräcklig kompetens för att kunna utföra en laguppfyllande mätning. Samtidigt ska man beakta svårighetsgraden för mätningen. För torrhaltsprovtagning på sönderdelat material (flis) krävs ingen längre utbildning. Dock krävs att givna instruktioner rörande antal prov, fördelning av provtagningspunkter, provstorlek etc noggrant följs. För detta torde förståelse för betydelsen krävas, dvs berörd personal måste få utbildning i varför instruktionerna finns.

6.2 Jämförelser med andra studier

Bionorm 1

För att erhålla vad som beskrivs som "ett representativt prov" vid torrhaltsprovtagning på grothlis rekommenderar Bionorm ett uttag av minst fem prov som sedan blandas varefter ett generalprov tas. I Bionorm rekommenderas också att generalprov inte ska vara mindre än de ursprungliga delproven. Dessa Bionorm-rekommendationer är i nivå med vad som i föreliggande studie visats behövas för att med 95 % sannolikhet klara Skogsstyrelsens noggrannhetskrav.

Nylinder & Törnmarck 1986

I rapporten "Mätning av bränsleflis, spån och bark" (Nylinder och Törnmarck, 1986) ingår analyser baserade på 30-40 leveranser (bilar) per sortiment som mätts in vid Växjö energiverk vintern 1985. Av de resultat som presenteras kan tabell 17 härledas. Dessa resultat ligger väl i linje med resultaten i föreliggande studie.

Tabell 17. Resultat härledda från "Mätning av bränsleflis, spån och bark" (Nylinder & Törnmarck 1986). Resultaten avser grothlis och "skogsflis".

Antal leveranser (bilar)	Antal torrhaltsprov för att med 95 % sannolikhet få ett medelfel < 4 % (<i>materialet antas ha 50 % medeltorrhalt</i>)
1-3	Fem prov per bil
4-50	Två prov per bil

7 Litteratur

- Anon 2004. Bionorm project – Final technical report.
- Anon 2010. Bionorm 2, final report. Pre-normative research on solid biofuels for improved European standards
- Björklund L. & Eriksson U. 2013. Virkesmätning vid värmeverk – resultat från inventering utförd 2012. Intern rapport, SDC, Uppsala.
- Eriksson U. 2012. Inventering bränsleterminaler 2011. Intern rapport, SDC, Uppsala.
- Hägg K. 2008. Mätning av träddelar och flis på Dåvamyran, Umeå energi. Arbetsrapport 223, Inst f skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. ISSN 1401-1204.
- Nylinder M & Törnmarck J. 1986. Mätning av bränsleflis, spån och bark. Institutionen för virkeslära. Rapport nr 173. SLU, Uppsala.
- SIS 2011. SS-EN 14778:2011. Fasta biobränslen – Provtagning. Swedish Standards Institute.
- Skogsstyrelsen 1999. Skogsstyrelsens föreskrifter för virkesmätning. Skogsstyrelsens författningssamling 1999:1.
- Skogsstyrelsen 2013. Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning. Meddelande nr 2, 2013.