

Datum

2016-04-21

Författare

Sven Gustafsson

Provtagning på sönderdelade trädbränslen - med jordborr



Innehåll

1	SAMMANFATTNING.....	3
2	BAKGRUND.....	4
3	SYFTE OCH MÅL.....	5
4	MATERIAL OCH METOD.....	5
4.1	BORREN.....	5
4.2	SKÄPPOR/MATERIAL.....	6
4.3	TORRHALT.....	7
4.4	FRAKTIONSFÖRDELNING.....	8
5	RESULTAT.....	9
5.1	TORRHALT.....	9
5.2	FRAKTIONSFÖRDELNING.....	10
6	DISKUSSION.....	12
6.1	BORRENS UTFORMNING.....	12
6.2	PROVTAGNING MED BORREN.....	13
6.3	TIDSÅTGÅNG OCH KOSTNADER.....	15
6.4	SLUTSATSER.....	16
7	LITTERATURFÖRTECKNING.....	16

1 Sammanfattning

Under hösten 2015 började Mölndal Energi använda en jordborr vid provtagning på sönderdelade trädbränslesortiment för att kunna ta prover från hela skäppans djup. Erfarenheterna från Mölndal Energi var positiva, varför VMU initierade studier på borren för att kunna göra en mer grundlig utvärdering. Data samlades in under vintern 15/16 av VMU, i samarbete med VMF Syd, och analyserades därefter av VMU.

Provtagning med jordborr är enkel att utföra och innebär att virkesmätarna kan ta prover från större delen av skäppan utan att lämna mätbryggan. Borren, som är monterad på en kran, kan borra sig ner i lasten till de djup och på den plats som önskas. Testerna visar att provtagningen med borren, om den görs rätt, ger resultat som kan jämföras med provtagning ur tippade skäppor. De tillfälliga avvikelserna är mycket lägre vid provtagning med borren än vid provtagning ur skäppans översta skikt.

Möjliga förbättringar av borren är att förlänga dess räckvidd något, speciellt i djupled, så att den kan nå hela skäppans djup. Det gäller dock att säkerställa att det inte är möjligt för operatören att borra sig igenom skäppans botten vid provtagning.

Slutligen ges rekommendationer för hur borren ska hanteras vid provtagning, hur många borrprov som bör tas per leverans samt hur kontroll av borren kan ske.

Ett stort tack riktas till Leif Viklund och Mölndal Energi, dels för att ha kommit på och genomfört idén om en provtagningsborr, men även för att ha ställt upp vid de tester som VMU genomfört på borren. Tack även till de virkesmätare vid VMF Syd som hjälpt till med att samla in prover och hantera borren vid testtillfällena.

2 Bakgrund

Vid mätning av sönderdelade trädbränslen i måttenheterna TTV (ton torrsvikt) eller MWh är provtagning viktig. Vid provtagningen tar man ut prov från leveransen som sedan analyseras avseende dess torrhalt (ibland även askhalt och effektivt värmevärde). Betalningen för olika trädbränslen baseras ofta på dess energiinnehåll, och den viktigaste faktorn för att avgöra en leverans energiinnehåll är, förutom leveransens vikt, dess torrhalt (Vikinge & Gustafsson, 2016). Att provtagningen sker på sådant sätt så att provet, som sedan analyseras, är representativt för lasten är därmed väldigt viktigt. Leveranser med sönderdelade trädbränslen har vanligtvis en stor variation i torrhalt inom leveransen, vilket komplicerar provtagningsförfarandet. Mängden prov/delprov som tas ut från leveransen, hur de fördelas samt hantering av leveransen som skett innan provtagning är därför alla viktiga faktorer att ta hänsyn till för att få ett representativt prov. Att allt material i leveransen har lika stor sannolikhet att ingå i provet är en av grunderna vid provtagning för att undvika systematiska avvikelser, och minimera tillfälliga avvikelser. I tidigare undersökningar har det dock inte kunnat påvisas någon systematisk torrhaltsvariation mellan olika djup i skäppor (Björklund & Eriksson, 2013), vilket isåfall innebär att allt material i skäppan inte behöver ha lika stor sannolikhet att komma med i ett prov för att man ska kunna undvika systematiska avvikelser.

Noggrannheten i torrhaltsbestämningen beror till största del av hur provtagningen sker, samt hur provet hanteras innan det analyseras (om och hur det delas ned till generalprov). Vilken noggrannhet som man önskar uppnå är avgörande för hur många prov som ska tas per leverans, samt hur proven ska hanteras. Olika företag har olika noggrannhetskrav på mätningen, men som grundnivå så finns virkesmätningens lagens krav. Mätning av sönderdelade trädbränslen omfattas, då de handlas i första affärsled, av virkesmätningens lagen (SKSFS, 2014). Detta innebär att endast obetydliga systematiska avvikelser får finnas, samt att tillåtna partivisa avvikelser beror på vilken storlek partiet har, samt vilken måttenhet som används. Lagen kräver dessutom en systematisk kontroll av den mätutrustning som används.

I Sverige finns flera olika lösningar på hur provtagningen ska kunna skötas så att det fungerar ur både ett kvalitetsperspektiv och ett arbetsmiljöperspektiv. En vanlig lösning är provtagning från mätbrygga, som då vanligtvis sker med skopa/spade på skaft från den övre delen av skäppan, minst 10 cm under ytan. Nackdelen med denna metod är att endast material från den övre delen av skäppan kan nås av provtagningen. Metoden förutsätter alltså att det inte föreligger några systematiska skillnader i torrhalt mellan olika djup i skäppan. En annan vanlig lösning är manuell provtagning direkt efter lossning/tippning av lasten. Med denna metod så blir det en omrörning av material vid tippning, vilket innebär att i princip hela leveransen är åtkomlig för provtagning, speciellt när tippning sker i långa utdragna limpor. Metoden leder dock till en osäkrare arbetsmiljö för den som utför provtagningen (stora maskiner som kör runt i närheten), samt kräver en del utrymme i anspråk om det skulle komma flera lastbilar samtidigt. Det finns även en del tekniska lösningar vid provtagning. Ett exempel är provtagningssonder, som kan ta prover från vilken del av skäppan som helst. Dessa sonder tar dock upp mycket utrymme, tar relativt lång tid att använda, samt fungerar inte riktigt bra för de grövsta fraktionerna. Det finns även lösningar med NIR-sonder som kan stickas ner på olika platser i leveransen och mäta torrhalten där. Detta är en mycket snabb metod att få fram torrhalten, men utrustningen kräver ett ganska omfattande kalibreringsunderlag samt löpande arbetet med kalibrering. Den borrh som används på Mölndal energi skulle kunna vara ett intressant komplement till de ovan nämnda sätten att utföra provtagning på sönderdelade trädbränslen. Borren styrs av virkesmätare från VMF Syd och borrar ner i skäpporna för att ta upp prov från olika djup.

Prover samlas sedan ihop från flera olika borrhningar och blandas samman innan det ur blandningen tas ut ett generalprov som torrhaltsbestäms. Denna metod innebär alltså att provtagning kan ske från mätbryggan, utan några stora arbetsmiljörisker, samt att prover kan tas från olika djup i skäppan. Borren som används vid provtagningen är ursprungligen en jordborr, vilket innebär att det aldrig är några problem att borra sig igenom hårt packade leveranser av sönderdelat trädbränsle.

3 Syfte och mål

Syftet med studien var att testa och utvärdera provtagning med jordborr, i jämförelse med både provtagning ur övre delen av skäppan, samt ur tippade skäppor. Målet var även att utvärdera nuvarande sätt att använda borren, samt föreslå eventuella förbättringar vid provtagning med borr.

4 Material och metod

4.1 Borren

Borren som används i Mölndal är ursprungligen en jordborr som har monterats på en kran. Kranen kan styras av virkesmätaren på mätbryggan (figur 1), och borren kan borrar ner till önskat djup för att sedan dras upp därifrån (utan rotation på borren) – då med material från det djupet kvar på borrskären.



Figur 1. Översiktlig bild över hur kranen är monterad vid mätbrygga, varifrån styrning sker, samt hur borren är designad för att kunna ta prover från inkommande leveranser.

Borren som används är en jordborr med en diameter på 30 cm. Jordborrar tillverkas med en mängd olika diametrar, men 30 cm är en av de grövre dimensionerna. Själva borren är 103 cm lång, och sedan är det en förlängning på 100 cm som har adderats på borret (figur 2). Detta innebär att den totala längden, och därmed det djup borren kan nå, är 203 cm. Borren styrs av virkesmätare från VMF Syd som borrar ner den i lasten och tar upp prover. Att borra sig ner, samt dra upp borren går snabbt, och även att styra borren över skäppan går snabbt. Materialet på borren töms av på ett stort bord på mätbryggan, genom ett snabbt ryck/snurr på borren. Då töms allt material på borren ner till

bordet, där det kan blandas och delas ned till ett generalprov som sedan torkas. Riktigt fuktigt material faller inte alltid av borren helt vid ryck/snurr på borren – då kan man använda sig av en borste för att få ner materialet till bordet på mätbryggan. Hela processen tar inte speciellt mycket längre tid än att ta ut prover med en spade, och är dessutom skonsammare för rygg och axlar. När provet väl är på bordet kan man utföra ytterligare borrhningar i lasten och tömma innehållet på borren ner till bordet på mätbryggan. När alla borrhprov tagits blandas materialet ihop ordentligt varefter ett generalprov tas ut från materialet på bordet. Resterande material kan knuffas tillbaka till leveransen.



Figur 2. Borrens dimensioner (vänster), resultatet av en borrhning i en skäppa (mitten), samt ett borrhprov över tömningsbordet, där redan ett borrhprov tömts (höger). I både mittenbilden och bilden till höger så har skäppans last bestått av en blandning av bark och stamvedsflis, där barken legat i botten av skäppan. Foto: Hans Fryk och Sven Gustafsson

4.2 Skäppor/material

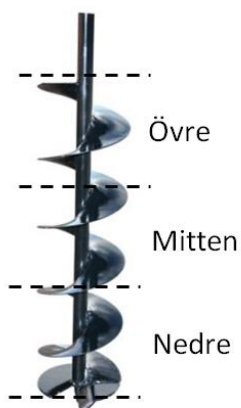
Provtagning ur skäppor, avseende både torrhaltsprov och sållningsprover utfördes vid två tillfällen (december 2015 och mars 2016). Fördelning av antalet insamlade prover per provtagningsmetod, antalet skäppor som prov insamlades ur, samt fördelning på sortiment kan ses i tabell 1. Av de testade skäpporna hade tre stycken väldigt tydliga skiktningar i torrhalt inom skäppan. Detta gällde de två skäpporna med en blandning av stamvedsflis och bark – där ett av sortimenten hade lastats ovanpå det andra sortimentet. Denna blandning av stamvedsflis och bark är ett leveransgilt sortiment till värmeverket, det handlar alltså inte om någon form av samlastning. Även en av de testade skäpporna med RT-flis uppvisade en kraftig skiktning i torrhalt inom skäppan.

Tabell 1. Antal insamlade prover och testade skäppor per sortiment, typ av prov, samt hur provet tagits.

		Grotflis	RT-flis	Bark (riven)	Blandning (bark + stamvedsflis)
Sållnings- prover	Antal testade skäppor	5	5	3	
	Spade/skopa	7	7	3	
	Borr	7	7	3	
Torrhalts- prover	Antal testade skäppor	4	4	6	2
	Borr	36	42	54	24
	Tippat	18	6	12	0
	Övre del av skäppa	8	8	12	4

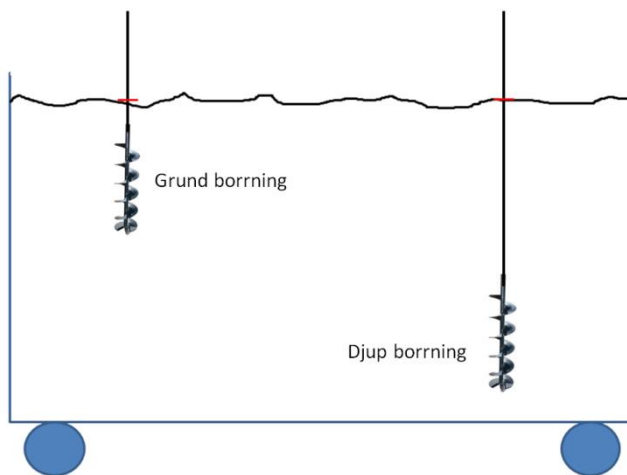
4.3 Torrhalt

Vid det första provtagningstillfället jämfördes prover tagna med borren, med prover som togs när skäppan tippats ut. Dessutom togs prover från övre delen av skäppan (10 cm under ytan). De skäppor som valdes ut för test borrades först två gånger av virkesmätare enligt gängse rutin (mätaren valde plats i skäppan och borrhjup), och tre separata torrhaltsprov insamlades per borring. Dessa prov fördelades över borren enligt figur 3. Borrhjupen vid de olika borringarna styrdes av virkesmätarna, dessa fördelades alltså inte systematiskt på olika djup. Proverna som togs från övre delen av skäppan var två stycken per skäppa, och dessa prov insamlades med spade på skaft 10 cm under skäppans yta. De testade skäpporna tippades ut efter provtagningen vid mätbryggan och sex prover från den tippade leveransen insamlades. På grund av det begränsade utrymmet vid värmeverket kunde inte tippning ske i en lång utdragen limpa, som är den vanliga rutinen när prover ska tas ur tippade leveranser. Tippningen skedde istället i en ganska kompakt hög, vilket innebar att allt material i den tippade leveransen inte var tillgängligt för provtagning. Med anledning av detta användes det aritmetiska medelvärdet av de totalt 14 torrhaltsprov per skäppa som facitvärde för skäppan torrhalt.



Figur 3. Fördelning av uttagna torrhaltsprover från borren vid varje enskild borring. Materialet delades upp i tre påsar enligt avgränsningarna i bilden och torkades separat.

I den andra undersökningen så borrades borren ner till två olika djup i skäppan; grunt och djupt (figur 4). Markeringar på borren användes för att samma djup skulle nås vid alla borrningar på de olika djupen. Varje testad skäppa borrades fyra gånger, två djupa borrstick och två grunda. Tanken var att se om några systematiska skillnader fanns i skäppornas torrhalt på olika djup. För att kunna se ännu lite noggrannare delades dessutom varje enskilt borrstick upp till tre olika torrhaltsprov, beroende på materialets placering på borren (figur 3). Utöver borrproven togs dessutom två prover från skäppans ytskikt (10 cm under ytan) på samma sätt som i den första undersökningen. Som varje skäppas facit torrhalt användes det aritmetiska medelvärdet av samtliga 14 torrhaltsprov från skäppan.



Figur 4. Uppdelning på olika djup vid borrningarna. Markeringar på borrskaftet var till hjälp för att nå samma djup vid varje borrning. För varje skäppa skedde en upprepning, alltså gjordes två grunda och två djupa borrningar per skäppa.

Torkning av prover har skett antingen på plats i Mölndal, då med hjälp av virkesmätarna där, eller i Uppsala. Proverna har torkats i enlighet med SDC:s instruktioner för bestämning av torrhalt.

4.4 Fraktionsfördelning

Insamling av sållningsprover har vid båda tillfällena tagits med borren, genom att samla allt material som fastnat på borren, vid en borrning, till en påse. Detta har sedan ställts i relation till sållningsprover som är uttagna enligt gängse rutin (spade/skopa av korrekt storlek), dels från tippad skäppa och dels från övre delen av skäppan vid mätbryggan. Sållningsprover har alltså både tagits med hjälp av borren och med skopa/spade från varje testad skäppa, för att kunna jämföra värdena.

Vid sållningen har hålstorlekarna 63 mm, 45 mm, 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 3,15 mm, samt en spånlåda i botten använts. Sållningstider för proverna har varit 10 minuter, innan de olika fraktionerna vägts var för sig. Vägningen har skett på våg med noggrannhet på 0,1 gram.

5 Resultat

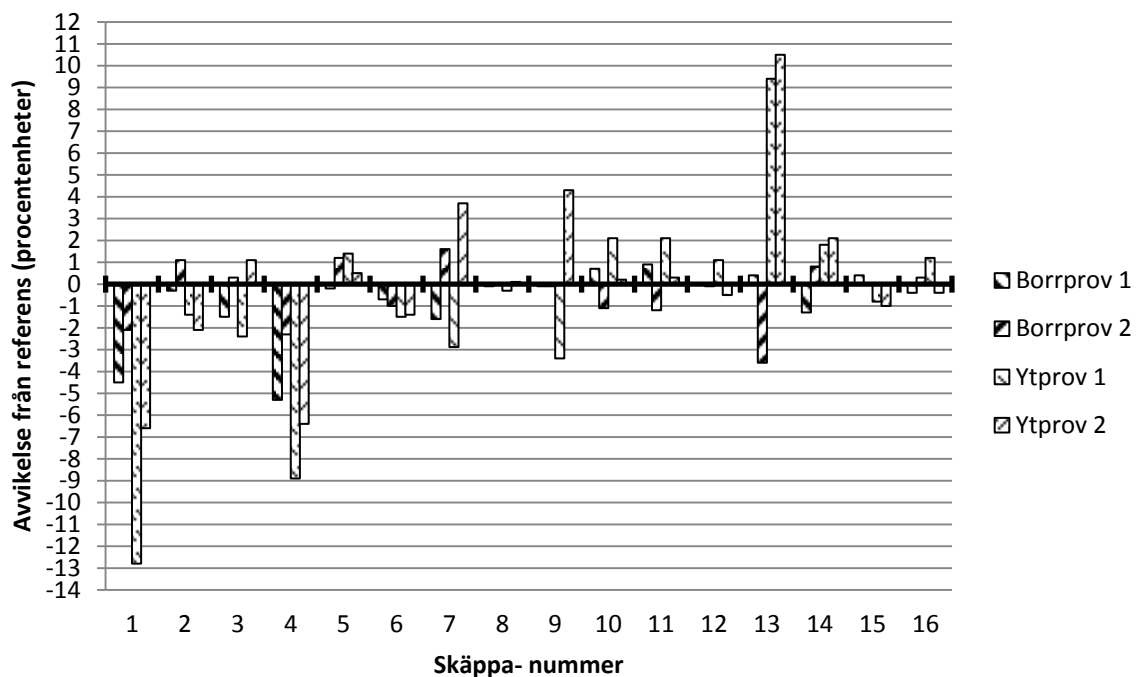
5.1 Torrhalt

Sammanställningen av resultatet visar på små systematiska avvikelser för både provtagning ur övre delen av skäppan samt provtagning med borren, vilket tyder på att det inte föreligger några systematiska skillnader i torrhalt i skäppornas höjded. Detta är framförallt tydligt när de kraftigt skiktade skäpporna sorteras bort ut materialet. De tillfälliga avvikelserna (uttryckt som standardavvikelse) skiljer sig dock kraftigt åt mellan provtagning ur övre delen av skäppan jämfört med provtagning med borr (figur 5 och tabell 2).

Resultaten tyder på att de tillfälliga felen kan slå mycket kraftigt på den enskilda leveransen, eller partiet, om provtagning endast sker från övre delen av skäppan. Detta är extra tydligt för de skiktade skäpporna. De tillfälliga avvikelserna vid provtagning med borr är mycket lägre än de tillfälliga avvikelserna vid provtagning ur övre delen av skäppan. Detta är tydligt oavsett vilken uppdelning av resultatet som studeras.

Tabell 2. Sammanställning av resultat vid provtagning av ett prov ur en skäppa, med två olika metoder, i förhållande till skäppans referenstorhalt. För de skiktade skäpporna har den genomsnittliga absolutavvikelsen använts istället för den genomsnittliga avvikelsen.

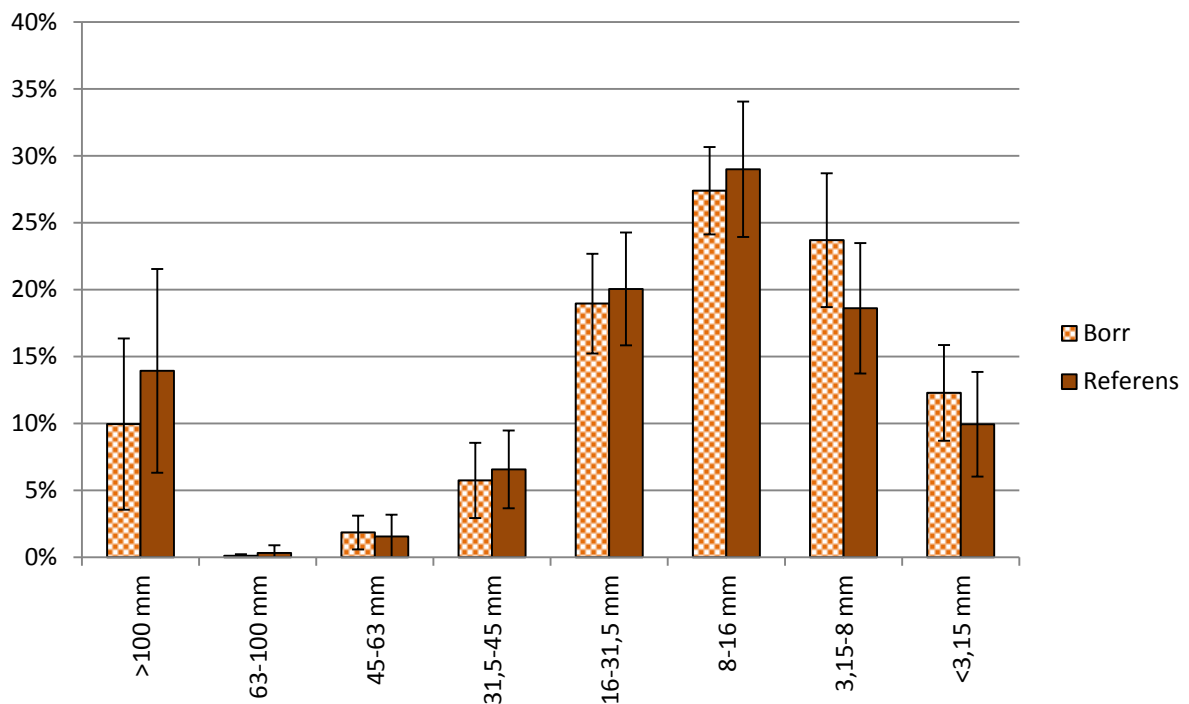
		Antal skäppor	Systematisk avvikelse (%-enheter)	Standardavvikelse (%-enheter)
Alla skäppor	Provtagning från ytan	16	-0,34	4,5
	Provtagning med borr		-0,61	1,6
Endast skiktade skäppor	Provtagning från ytan	3	9,1	9,9
	Provtagning med borr		3,0	2
Endast skäppor utan tydlig skiktning	Provtagning från ytan	13	0,15	1,9
	Provtagning med borr		-0,09	0,8



Figur 5. Avvikelse i torrhaltsbestämningen (procentenheter) för individuella borrprover och individuella prover tagna i ytan av skäppan i förhållande till referenstorhalten för skäppan. Skäppa nummer 1 ,4 och 13 var de med kraftiga skiktningar i torrhalt inom skäppan.

5.2 Fraktionsfördelning

Sållningen av de uttagna proverna från borren, jämfört med de som tagits ut med skopa/spade, visar inte på några signifikanta skillnader (95 % -ig konfidensnivå) för någon fraktionsstorlek vid jämförelse med hjälp av Students T-test. Tendensen (dock ej signifikant) är att grova fraktioner (över 100 mm) blir något underrepresenterade av borren, samt att mindre fraktioner blir något överrepresenterade (figur 6 och 7). För att undersöka detta noggrannare slogs de två fraktionsklasserna under 8 mm ihop till en klass och övriga fraktionsklasser (över 8 mm) slog ihop till en klass – för att se om denna indelning i två huvudklasser skulle leda till några signifikanta avvikelser. Jämförelse med students T-test visade dock inga signifikanta skillnader.



Figur 6. Medelvärde av fraktionsfördelningarna från samtliga 17 jämförelser mellan borr och referensmetod (skopa/spade med korrekt storlek). Felstaplarna visar ett 95 %- igt konfidensintervall för det skattade medelvärdet av respektive fraktionsstorlek.



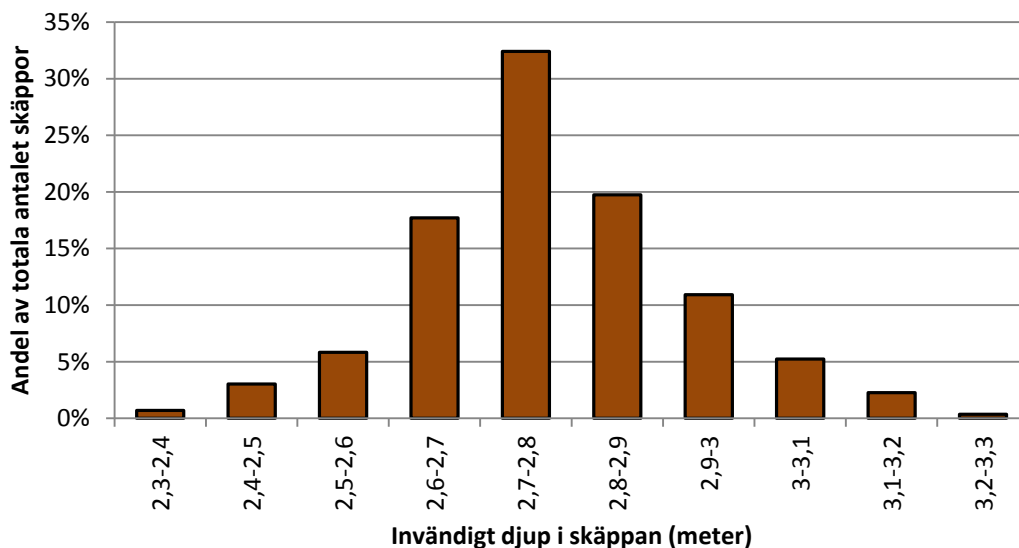
Figur 7. Andelen finfraktion och spån under 8 mm blev något högre för borrproven än för prov tagna med spade. Tendensen var dock ej signifikant. Foto: Lars Björklund.

6 Diskussion

6.1 Borrens utformning

Borren som används i Mölndal har en diameter på 30 cm och kan nå ett djup på cirka två meter i skäppan. Utifrån resultatet vid sållningen av prover tagna med borren jämfört med prover tagna med spade/skopa så verkar borren få med en korrekt representation av de olika fraktionsstorlekarna. Detta tyder på att borrens diameter på 30 cm är tillräckligt stor. En mindre diameter på borren skulle kunna leda till att grövre fraktioner inte följer med borren upp från lasten. Den diameter på borren som används i Mölndal (30 cm), eller grövre, kan därför rekommenderas vid borring i sönderdelade trädbränslen.

En jämförelse mot SDC:s skäpparegister över förekommande djup på skäppor visar att skäppornas medeldjup är 275 cm, alltså cirka 70 cm djupare än vad borren kan nå. Det finns dock skäppor som är ännu djupare (figur 8). Detta innebär att man inte kan anses nå hela lasten med borren i dess nuvarande konstruktion. Att kunna nå hela lasten vid provtagning är viktigt för att vara säker på att systematiska fel undviks och tillfälliga fel minimeras, men detta behov måste vägas mot risken att man borrar ner till skäppans botten och orsakar kostsamma skador. Det optimala vore en förlängning av borren, samt en teknisk lösning som innebär att man aldrig riskerar att borra ända ner till botten av skäppan. Någon form av gummispets som sticker ner någon decimeter nedanför nedersta borrskären skulle kanske kunna fungera? Det ska dock framhållas att borren möjliggör att mer än 2/3 av skäppans totala djup kan nås i de flesta fall – vilket är enorm förbättring gentemot att endast ta prover från skäppans ytskikt.



Figur 8. Frekvens av invändiga djup hos skäppor som är registrerade i SDC:s skäpparegister. Endast skäppor som är uppdaterade 2013 eller senare (totalt 3039 stycken) finns med i grafen. 55 skäppor har högre/lägre höjd än de som finns med i figuren ovan, dessa är bortplockade.

En annan begränsande faktor vid provtagning med borren är att inte hela leveransen kan nås ifrån mätbryggan med borren. Kranlängden är begränsad, och med nuvarande utformning kan borren nå

cirka 2/3 av leveransen, vilket innebär att man riskerar systematiska fel. Problemet går självklart att lösa genom att flytta lastbilarna under mätningen, men detta försämrar arbetsmiljö (buller och avgaser) och leder till långsammare hantering av varje enskild leverans. En möjlighet skulle kunna vara att använda en kran med större räckvidd som då kan nå hela leveransen, alternativt kan virkesmätarna slumpmässigt anvisa lastbilarna hur de ska placera sig, för att nå olika delar av leveransen på olika bilar varje gång. Skulle man genomföra något av detta så kan man anse att hela skäppans yta för tillgänglig för provtagning, och man riskerar inte några systematiska fel på grund av detta.

Sammanfattningsvis så är den nuvarande installationen av provtagningsborr i Mölndal överlag väl utformad. Den storlek på borr som används leder till att representativa prover avseende fraktionsfördelning kan tas. Utformningen innebär även att prover går att ta från en större del av leveransen. Hela leveransen kan dock inte nås med borren; begränsningar finns avseende det djup som borren kan nå, samt dess räckvidd.

6.2 Provtagning med borren

Ett av målen med studien var att analysera hur borren bör hanteras för att få så representativa prover som möjligt vid provtagning ur enskild leverans. Vid besök i Mölndal noterades att olika virkesmätare hanterar borren på lite olika sätt, vilket skulle kunna leda till systematiska skillnader. För att likrikta hanteringen av borren så föreslås vissa förändringar i metodiken. Vid tömning av borren föreslås att allt material på borren töms ner till bordet på mätbryggan. Detta upprepas på samtliga borringar i leveransen och hela det stora samlingsprovet blandas därefter om ordentligt på bordet innan generalprovet tas ut från detta samlingsprov. Generalprovet bör tas genom att använda spade/skopa av anpassad storlek för det aktuella materialet, alternativt med konings- och kvarteringsmetoden eller annan lämplig provneddelningsmetod.

Uttaget av borrprover bör spridas över leveranserna, både över dess yta, men även över dess djup. Ett systematiskt utlägg av borrproverna över leveransen rekommenderas, samtidigt som borrdjupet föreslås varieras mellan olika borringar. För att göra detta enklare föreslås att borren slumpas mellan tre olika djup; maximalt djup, medeldjup och grunt. För varje leverans ska minst en borring av respektive djup ske, men deras inbördes ordning slumpas mellan olika leveranser.

Varken testerna av borren, eller provtagning ur övre delen av skäppan, visade några tydliga systematiska avvikelser från skäppornas facittorrhalt. Testerna visade däremot att de tillfälliga avvikelserna är mycket större vid provtagning ur övre delen av skäppan jämfört med provtagning med borren. Detta var speciellt tydligt för de tre testade skäppor som hade en tydlig skiktning i torrhalt inom skäppan. Storleken på de tillfälliga felen vid provtagning ur övre delen av skäppan var, för de skiktade skäpporna, så stora att det är tveksamt om mätning på detta sätt kan anses uppfylla noggrannhetskraven i virkesmätningsslagen – om dessa leveranser betraktas som partier. För större partier kan dessa tillfälliga fel ta ut varandra, och här är det möjligt att lagkraven kan uppfyllas även vid provtagning ur övre delen av skäppan. Resultatet visar på vikten av att ta representativa prov för mätningens kvaliteten i den individuella skäppan/leveransen. För större partier, med flera leveranser, så tar dock vanligtvis de tillfälliga felen ut varandra och de partivisa felen minskar (se figur 9).

Vid varje borstick får borren med sig cirka 1-1,5 kg material upp. Materialet kommer från lite olika djup i skäppan, då borren är en meter lång. Detta innebär att man får större prover, från ett större

område än vad som vanligtvis tas från sönderdelade trädbränslen. Detta innebär i sin tur att varje enskilt prov fångar upp en större del av variationen inom leveransen än vad ett vanligt manuellt taget prov gör. I förlängningen innebär det att färre borrhov behöver tas per leverans för att uppnå samma noggrannhet som vid vanlig manuell provtagning. Ett rimligt antagande bör vara att ett borrhov motsvarar cirka två vanliga torrhaltsprover sett till den variation som det enskilda provet fångar upp.

På de testade skäpporna så är medelstandardavvikelsen mellan olika borrhov i samma skäppa cirka 30 % lägre än medelstandardavvikelsen mellan olika ytprov i samma skäppa. Den förväntade partivisa noggrannheten för borren kan därför, givet olika antal borringar och leveranser i partiet, beräknas enligt samma formel som Björklund & Eriksson (2013) använt. Om man gör antagandet att standardavvikelsen mellan prov inom leveransen och mellan leveranser inom partiet sjunker med 20 % när borren används vid provtagning (30 % enligt insamlat data, men minskat något för säkerhets skull) så kommer det förväntade medelfelet för leveranser och partier se ut på följande sätt (figur 9). Bilden förutsätter en medeltorrhalt på 50 %, vilket innebär att partier med lägre torrhalt förväntas uppvisa något större medelfel, samtidigt som partier med högre torrhalt kommer uppvisa något lägre medelfel. Bilden förutsätter även en normal torrhaltsvariation mellan prover inom leveranser. Partier där variationen mellan prover är större kommer uppvisa större medelfel.

Antal bilar som prov tas från	Antal borrhov per bil	Antal bilar i partiet					
		skäppa	1	2	5	10	20
		Medelfel för partiet %					
1	2	● 4,8	● 5,8	● 7,1	● 7,7	● 7,9	● 8,0
	3	● 4,1	● 4,9	● 6,3	● 7,0	● 7,2	● 7,3
	4	● 3,7	● 4,4	● 5,9	● 6,7	● 6,9	● 7,0
2	2	-	-	● 4,1	● 5,1	● 5,4	● 5,6
	3	-	-	● 3,5	● 4,6	● 5,0	● 5,1
	4	-	-	● 3,1	● 4,4	● 4,7	● 4,9
5	2	-	-	-	● 2,6	● 3,2	● 3,4
	3	-	-	-	● 2,2	● 2,8	● 3,1
	4	-	-	-	● 2,0	● 2,6	● 2,9
10	2	-	-	-	-	● 1,8	● 2,2
	3	-	-	-	-	● 1,6	● 2,0
	4	-	-	-	-	● 1,4	● 1,9
20	2	-	-	-	-	-	● 1,3
	3	-	-	-	-	-	● 1,1
	4	-	-	-	-	-	● 1,0

Figur 9. Förväntat medelfel (måttenheden TTV) för inmätta partier med en variation i torrhalt inom leveransen/mellan leveranser som motsvarar variationen i en genomsnittlig leverans med groftflis. Prickarna vid siffrorna är färgkodade utefter hur de förhåller sig till virkesmätningens krav. Grön prick indikerar att lagkraven klaras vid 99 % -ig konfidensnivå, gul att den klaras vid 95 % -ig konfidensnivå och röd att det inte klarar lagkraven vid 95 % -ig konfidensnivå. Observera dock att lagkraven är absoluta – inget parti får avvika mer än de procentsatser som nämns i virkesmätningens lagen. Det är därför viktigt att ha en viss säkerhetsmarginal till lagkraven vid sin mätning.

Baserat på exemplen ovan verkar det räcka med två borrhprov per leverans för att uppfylla virkesmätningens krav på partivis noggrannhet med 99 % -ig konfidensnivå. För den aktuella mätplatsen är det dock vanligt förekommande med fuktiga sortiment (såsom bark) och även sortiment med ännu större variation än grotfelis. Högsta tillåtna partivisa avvikelser i virkesmätningens lagen är dessutom absoluta – inget parti får avvika mer än vad lagen anger. Det är därför viktigt att ha en viss säkerhetsmarginal till lagkraven. Baserat på dessa anledningar rekommenderas att tre borrhprov per leverans tas (som delas ned till ett generalprov). För leveranser där virkesmätarna märker att variationen är onormalt stor, exempelvis leveranser med blandningar av stamvedsflis och bark, rekommenderas att antalet borrhprov ökas till fyra. För sortiment med extremt liten variation (exempelvis sågspån) är dock detta onödigt många, här rekommenderas istället två borrhprov (som delas ned till ett generalprov) per leverans. Sortiment av denna typ är dock inte vanligt förekommande vid mätplatsen.

Vid kontroll av mätning med borren så rekommenderas i första hand att kontrollprov tas efter lossning, där man vid lossning dragit ut leveransen/kontrollobjektet till en lång limpa. Detta för att alla delar av leveransen skall vara tillgängliga för provtagning. I andra hand, och främst när det inte är möjligt att utföra lossningen på det ovan beskrivna sättet, rekommenderas att borren används, men att antalet borrhningar dubblas jämfört med ordinarie mätning. Kontrollborrproven fördelas då jämnt över leveransen (hela leveransen, flytta lastbilen vid behov), och fördelas slumpmässigt mellan de tre olika djupen i skäppan. Borrhproven bör torkas separat, och om det behöver delas ned till mindre prover innan torkning bör konings- och kvarteringsmetoden användas för att dela ner de individuella borrhproven till lagom stora torrhaltsprov.

6.3 Tidsåtgång och kostnader

Tidsåtgången vid provtagning ur varje enskild leverans, inklusive sammanblandning och uttag av generalprov, råvägning av generalprovet och städning av blandningsbordet efteråt beräknas ta fem minuter ± en minut. Detta förutsätter att tre borrhprov tas per leverans då varje enskilt borrhstick tar cirka 45-60 sekunder. Nuvarande lösning vid Mölndal Energi är från början byggd för mätning med NIR-sond. Mölndal Energi har dock valt bort NIR-sonden och istället monterat en jordborr på samma utrustning (kran och fundament). Kostnaderna då hårdvaran (kran, fundament, plattformar) installerades vid Mölndal Energi landade på cirka 1,5 miljoner när detta byggdes 2009 i samband med uppförande av nytt kraftvärmeverk. Därför kan det till viss del vara svårt att separera exakta kostnader för endast provtagningsutrustningen. Ingen dokumentation av kostnader för projektering och projektledning finns.

Tabell 3. Kostnader för byggnation av provtagningsutrustningen i Mölndal.

Kostnadspost	Summa (kkr)
Mark, fundament	40
Stål, plattformar	80
Mekanik, kran, hydraulik (inklusive elarbete, styr/reglerarbeten och bod för hydraulpump)	1400
Summa	1520

6.4 Slutsatser

Provtagningsborren i Mölndal uppvisar resultat, vid uttag av torrhaltssprover, som är betydligt bättre än provtagning ur endast övre delen av skäppan. Sällningstester visar att det inte finns några signifikanta skillnader i hur de olika fraktionsstorlekarna blir representerade när prover tas med borren i jämförelse med spade/skopa, även om det finns små tendenser till att finare fraktioner blir överrepresenterade. Med anledning av dessa tendenser rekommenderas inte att smalare borr än den som används i Mölndal används vid provtagning med borr.

En möjlig förbättring vore att förlänga borren så att den kan nå hela skäppans djup – detta kräver dock någon form av skydd så att man inte riskerar borra igenom skäppornas botten. Ska liknande utrustning installeras på fler ställen bör detta vara en prioriterad åtgärd. Även en större kran med längre räckvidd, alternativt någon typ av travers vore positivt, då det skulle innebära att en större del av leveransens yta kan nås. Detta är dock inte nödvändigt, eftersom man faktiskt kan flytta lastbilen och på så sätt nå hela leveransens yta. Virkesmätarna skulle kunna anvisa hur de vill att lastbilarna ska placera sig när de ankommer till mätplatsen, för att nå olika delar av lasten på olika leveranser. Skulle virkesmätarna slumpmässigt ange var de vill att bilen ska placera sig så innebär det att man kan anse att hela lastbilens yta går att nå med provtagningsborren.

Provtagning med jordborr på sönderdelade träbränslen kan med denna bakgrund rekommenderas för fler mätplatser, då det blir en positiv effekt både avseende mätningens kvalitet, men även för virkesmätarnas arbetsmiljö. En prioriterad förbättring är att möjliggöra så att hela skäppans djup kan nås med borren, dock utan att man riskerar skador på skäpporna.

7 Litteraturförteckning

- Alakangas, E., & Impola, R. (2015). *Quality guidelines for wood fuels in Finland*. Jyväskylä: VTT.
- Björklund, L., & Eriksson, U. (2013). *Torrhaltsbestämning på sönderdelat träbränsle*. Sundsvall: SDC.
- SKSFS. (11 2014). *Skogsstyrelsens föreskrifter om virkesmätning*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Vikinge, B., & Gustafsson, S. (2016). *Uppskattning av mätosäkerhet vid bestämning av energiinnehåll i träbränsle*. Uppsala: Pågående arbete.