

En jämförelse mellan två standardmetoder för sällning av bränsleflis

*A comparison between two standard methods for
sieving wood chips*



Anna-Frida Eriksson

**Arbetsrapport 17 2015
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Dan Bergström**

En jämförelse mellan två standardmetoder för sållning av bränsleflis

*A comparison between two standard methods for
sieving wood chips*

Anna-Frida Eriksson

Nyckelord: SS-EN 15149-1:2010, SCAN-CM 40:01, fraktionsindelning.

Arbetsrapport 17 2015

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30 hp
EX0772, A2E

Jägmästarprogrammet

Handledare: Dan Bergström, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Examinator: Sylvia Larsson, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2015

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Detta examensarbete är en del i Jägmästarprogrammet och omfattar 30 högskolepoäng. Arbetet har skrivits vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Uppdragsgivare för arbetet var Lars Björklund, chef på VMU (Virkesmätning utveckling) inom SDC (Skogsbrukets datacentral).

Jag vill börja med att tacka Lars Björklund för att jag åter har fått förtroendet att skriva ett examensarbete åt VMU. Lars har kommit med värdefulla synpunkter och har varit en stor hjälp med förmedlingen av kontaktpersoner.

På Sveriges Lantbruksuniversitet vill jag lyfta fram Robert Samuelsson som stått för god handledning och varit till stor hjälp vid beräkning av statistiska signifikanstester. Vidare vill jag tacka min handledare, Dan Bergström, för stort engagemang och för värdefulla synpunkter på arbetet.

Jag vill också tacka Valentin Göstasson, på Umeå Energi, som tillhandahållit provmaterial och assisterat vid provtagningstillfället. Slutligen vill jag tacka Gunnar Kalén och Markus Segerström på BTC (Biobränsletekniskt centrum) för ett gott bemötande och stor hjälp vid installering av maskinutrustning.

Sammanfattning

I Sverige har en ny lag om virkesmätning trätt i kraft där sortimentet trädbränsle numera ingår. Värmeverken som är stora förbrukare av trädbränsle ställer olika krav på trädbränslets kvalitet. Kvaliteten styrs av vilken förbränningsteknik som värmeverket använder. Generellt brukar kvalitetskraven för bränsleflis indelas i värmevärde, askhalt, homogenitet, fukthalt samt fraktionsfördelning. Fraktionsfördelningen har på senare tid visat sig vara av allt större betydelse för värmeverken men trots detta utgör den idag inte någon betalningsgrund. För att erhålla fraktionsfördelningen av trädbränsle krävs att provmaterial sållas. Enligt SDCs (Skogsbrukets datacentral) instruktion finns två godkända standardmetoder för att utföra sållning, SCAN-CM 40:01 samt SS-EN 15149-1:2010. Det som främst skiljer standardmetoderna åt är deras skakmönster samt hålstorlekar på såll. I den här studien har en jämförelse mellan dessa standardmetoder gjorts där samma hålstorlekar användes. Provmaterial av stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark sållades. Resultaten visade att det fanns en signifikant skillnad mellan standardmetoderna, framför allt för sålldimensionerna 8- och 16 mm. Detta tros bero på att för låg frekvens ställts in för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 vid försökstillfället. Långa sållningstider visade sig vidare ha en liten påverkan på mängden erhållen finmaterial (<3,15 mm) varför farhågan att materialet skulle nötas sönder vid sållning kunde avskrivas. Tidigare ämnesstudier bekräftade dessa teorier samtidigt som fler faktorer visat sig ha kunnat påverka fraktionsfördelningen:

- Andelen partiklar som tar sig igenom för små sållhål genom en vertikal orientering
- Materialets fukthalt vid sållning men som var konstant låg i denna studie
- Antalet såll vid sållning
- Provmängd i förhållande till sållarea

Slutligen bedöms arbetsmiljön vid sållning av bränsleflis vara av vikt att beakta. Detta för att båda standardmetoderna upplevdes förorsaka höga ljudnivåer vid sållning samtidigt som mycket damm vid hantering av bränsleflis uppstod.

Nyckelord: SS-EN 15149-1:2010, SCAN-CM 40:01, fraktionsindelning.

Abstract

A new law regarding timber measurement including wood fuel has been introduced in Sweden. The heating plants that use large amounts of wood fuel have varying requirements for the quality of wood fuel. The quality differs depending on what combustion technique the heating plants use. The quality is usually judged based on calorific values, ash contents, moisture content, homogeneity and fraction distribution. Lately fraction distribution has turned out to be of increasing importance for the heating plants but despite this it is currently not used as a base for determining the products value. In order to determine fraction distribution of wood fuels a sample material must be sieved. According to the SDC's instructions there are two approved standard methods for sieving, SCAN-CM 40:01 and SS-EN 15149-1:2010. The main differences between the two methods are the size of the holes on the sieves and the sieving pattern. This study has carried out a comparison between these two standard methods where sample material of stem wood chips, fresh residues from felling, stored residues and bark were sieved using the same sized sieving holes. The results showed a significant difference between the two standard methods especially regarding sieving dimensions 8- and 16 mm. This is believed to be due to setting the frequency to too low a setting for the standard method SS-EN 15149-1:2010 during testing. Long sieving times turned out to have little impact on the obtained amount of fine particles (<3,15 mm) which is likely explained by the low wear propensity of the tested material. Earlier studies confirmed these theories while a number of other factors were found that may have influenced fraction distribution:

- The number of particles that pass through too small sieving holes through vertical orientation
- The moisture content of the sample material, which was constantly low in this study
- The number of sieves in the sieving process
- Sample size relative to the sieving area

In closing the study suggests that the working environment while sieving wood chips should be considered. Both standard methods cause high levels of noise when sieving and there is a lot of dust occurring during the handling of the wood chips.

Keywords: SS-EN 15149-1:2010, SCAN-CM 40:01, fraction distribution.

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| 1. Inledning..... | 7 |
| 1.1 Svensk standard SS-EN 15149-1:2010..... | 7 |
| 1.2 SCAN-CM 40:01 | 8 |
| 1.3 Systematisk indelning av andra metoder vid fastställande av storleksfördelning och partikeldimensioner | 8 |
| 1.3.1 Roterande såll | 9 |
| 1.3.2 Aerodynamisk klassificering..... | 9 |
| 1.3.3 Statisk och dynamisk bildbehandling..... | 9 |
| 1.4 Fraktionsstorlekens påverkan vid olika förbränningstekniker..... | 10 |
| 1.5 Dagens mätning av sönderdelat trädbränsle | 10 |
| 1.6 VMFs verksamhet med avseende på sållning..... | 10 |
| 1.7 Arbetsmiljö | 11 |
| 1.8 Tidigare studier..... | 11 |
| 1.9 Syfte..... | 14 |
| 1.10 Delmål 1 | 14 |
| 1.11 Delmål 2 | 14 |
| 2. Material och metoder..... | 15 |
| 2.1 Sortiment | 15 |
| 2.2 Provinsamling..... | 16 |
| 2.3 Provberedning..... | 16 |
| 2.4 Inställningar för SS-EN 15149-1:2010..... | 17 |
| 2.5 Utförande | 18 |
| 2.6 Beräkning av resultat..... | 18 |
| 2.7 Kompletterande körningar för standardmetod SS-EN 15149-1:2010..... | 18 |
| 3. Resultat | 19 |
| 3.1 Skillnader mellan standardmetoderna | 21 |
| 3.2 Sållning med halverad provmängd..... | 24 |
| 3.3 Olika sålltider | 25 |
| 4. Diskussion | 26 |
| 4.1 Resultat..... | 26 |
| 4.2 Övriga observationer | 28 |
| 4.2.1 Arbetsmiljö | 29 |
| 4.2.2 Sållutrustning (Electromagnetic Sieve Shaker BA400N) | 29 |
| 4.2.3 Hantering av barr | 30 |
| 4.2.4 Övriga sållmetoder | 30 |

| | |
|---|----|
| 4.2.5 Fördelar och nackdelar med standardmetoderna - rekommendationer | 31 |
| 4.3 Behov av framtida studier..... | 32 |
| 4.4 Slutsats..... | 32 |
| Referenser..... | 33 |
| Personlig kommunikation..... | 34 |
| Figur | 35 |
| Bilaga 1..... | 35 |
| Bilaga 2..... | 39 |
| Bilaga 3..... | 43 |
| Bilaga 4..... | 47 |
| Bilaga 5..... | 48 |

1. Inledning

I Sverige finns idag tre regionindelade virkesmätningsföreningar: VMF Nord, VMF Qbera samt VMF Syd, som tillsammans utför den vederlagsgrundande virkesmätningen i landet. Skogsstyrelsen är tillsynsmyndighet för virkesmätningen och ansvarar för att utge virkesmätningsföreskrifter (VMF Qbera 2014). Den 1 mars 2015 trädde en ny lag om virkesmätning i kraft där trädbränslen omfattas av virkesmätningslagen (Skogsstyrelsen 2014). De sortiment som ingår i SDC:s (Skogsbrukets datacentral) instruktion för kvalitetsbestämning av trädbränslen är grot, bränsleved, spån, flis, bark, energiskog samt returträ (SDC 2014a). Dessa sortiment kan mätas i krossat, flisat eller osönderdelat material där flishuggar eller krossar används för att sönderdela materialet (SDC 2014b).

Skogsindustrin är den största förbrukaren och producenten av trädbränslen. Näst skogsindustrin är värmeverken stora förbrukare (Nilsson et al. 1999). Under år 2012 förbrukades 24 TWh trädbränsle inom fjärrvärmesektorn vilket motsvarar 58 % av den totala användningen för värmeproduktion (Skogsstatistisk årsbok 2013). Sammantaget kan sägas att trädbränslen är ett viktigt sortiment för dessa intressenter vilket gör att faktorer som påverkar trädbränslets kvalitet är av intresse. Parametrar som generellt används för att definiera trädbränslets kvalitet är fukthalt, värmevärde, askhalt, homogenitet samt fraktionsfördelning (Nilsson et al. 1999). Vilka kvalitetskrav som ställs på bränslet varierar beroende på anläggning, panna och förbränningsteknik (ibid). På senare tid har fraktionsstorleken för bränsleflis allt mer uppmärksamats som en viktig parameter men trots detta utgör den idag inte någon betalningsgrund.

För att bestämma fraktionsfördelningen hos bränsleflis kan prover sällas. VMF har lång erfarenhet av virkesmätning och skulle därför i praktiken kunna tillhandahålla tjänsten sällning av bränsleflis. Därför vore det av intresse om bränsleflis också kunde redovisas på liknande sätt som cellulosaflis då utrustning och erfarenheter av sällning redan finns. Enligt SDC:s instruktion för kvalitetsbestämning av trädbränslets fraktionsfördelning finns två godkända metoder: SCAN-CM 40:01 samt Svensk standard SS-EN 15149-1:2010 (SDC 2014a). Båda dessa sällmetoder kräver laboratorielokaler med specifik utrustning samt utrymme för lagring och hantering. Vidare behövs kompetent personal som kan utföra tester på ett kvalitetssäkrat sätt. Idag utförs dock sällning av trädbränslen i en mycket begränsad omfattning och jämförande studier av dessa standardmetoder saknas.

1.1 Svensk standard SS-EN 15149-1:2010

SS-EN 15149-1:2010 är en europeisk standard, som även gäller som svensk standard, där horisontellt oscillerande såll används för att bestämma partikelstorleksfördelningen för sönderdelade (flisade och krossade) biobränslen. Standarden är anpassad för sönderdelade bränslen där den nominella toppstorleken är 1 mm och större. Vidare kan nämnas att denna standard har ersatt tidigare standard SIS-CEN/TS 15149-1:2006, utgåva 1. Utrustningen består av ett antal cirkelformade lådor med tillhörande lock som staplas på varandra. Varje såll har en specifik hålstorlek som kan bytas ut och anpassas utifrån provmaterialet som testkörs. Vanliga hålstorlekar för standarden är 45-, 31,5-, 16-, 8-, samt 3,15 mm. Utöver dessa såll finns ett tillhörande lock samt en uppsamlingslåda som samlar upp finmaterial. Ett gemensamt krav för sållådorna är att minsta sållarean ska vara 1200 cm². Inför en sällning staplas valda såll på en skakanordning där inställningar som frekvens, amplitud och skakdimension ställs in. Dessa inställningar finns inte beskrivna i standarden utan anpassas utifrån provmaterialet. I standarden rekommenderas dock att ett för-test bör göras

innan sällningen påbörjas. Materialet som testkörs ska ha en fukthalt understigande 20% samt att provmängden ska vara 8-10 liter. Vidare hålls provmaterialet över sällan och efter 15 minuters oscillerande är sällningen klar. Efter körningen vägs varje sällfraktion och vikten beräknas om till procent av den totala massan. Vid säkerställande av resultat rekommenderas att reproducer- och repeterbarhetstester utförs (Svensk standard 2010).

1.2 SCAN-CM 40:01

SCAN-CM 40:01 är en skandinavisk metod som används för fraktionsbestämning av cellulosaflis. Utrustningen består av fem rektangulära sällådor med olika håldimensioner samt en bottenlåda där finmaterial uppsamlas. Måtten på lådorna är 650 mm x 400 mm (2600 cm²) och lådkanterna har vardera en höjd på 90 mm. Lådorna skjuts in i en skakanordning med fallande dimensionsstorlek. Den översta lådan har cirkulära hål med $45,0 \pm 0,1$ mm i diameter och hålen är utplacerade efter ett givet mönster. Den andra lådan har 5 cm breda spalter och en spaltbredd på $8,0 \pm 3,0$ mm. Den tredje, fjärde och femte lådan har cirkulära hål där diametrarna är $13,0 \pm 0,1$ mm, $7,0 \pm 0,1$ samt $3,0 \pm 0,1$ mm. Skakanordningen har en förbestämmd frekvens och slaglängd på 160 ± 10 respektive 120 ± 2 mm. Drygt 1 dm från marken omsluts skakanordningen av ett yttre plåthölje som består av två dörrar och en lucka. Dörrarna används då sällådor ska placeras i skakanordningen och luckan då prover skall hällas i. Vid genomförande av sällning hålls prover om 8-10 liter över sällan. Vidare skakar skakanordningen proverna fram och tillbaka i 10 minuter. Efter sällningen vägs varje sälllåda och vikterna noteras i gram med en decimal noggrannhet. Vikterna presenteras slutligen som procent av den totala massan (Scandinavian Pulp, Paper and Board, Testing Committee 2001).

1.3 Systematisk indelning av andra metoder vid fastställande av storleksfördelning och partikeldimensioner

Utöver SDCs instruktion för godkända sällmetoder (SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM40:01) finns andra metoder för att bestämma partikeldimensioner och storleksfördelning (Figur 1). De tre allmänna metodprinciperna vid fastställande av storleksfördelning för fasta biobränslen är stereometriska-, gravimetriska- och optiska metoder. Med stereometriska metoder används exempelvis linjal, skjutmått eller måttband. De gravimetriska metoderna innefattar sällning och aerodynamisk klassificering. Sällning utförs exempelvis med horisontella säll som tidigare beskrivits (SS-EN-15149-1:2010 och SCAN-CM40:01) eller med roterande säll som exempelvis CEN/TS 15149-3 (Bäfver & Renström 2013). Vidare används olika varianter av bildbehandling vid optiska metoder som exempelvis kan vara statiska eller dynamiska. För att erhålla ett absolut värde på partiklars mått med avseende på längd, bredd och tjocklek kan bara de stereometriska- och optiska metoderna användas. Genom värdet på partiklarnas mått kan både storleksfördelning samt partikeldimensioner fås. Vidare ger gravimetriska metoder inte ett direkt värde på partikeldimensionen. Istället används klassificeringsmetoder för att separera partiklar i fraktioner som sedan ligger till grund för en uppskattning som gör det möjligt att dra slutsatser om vissa dimensions- och formegenskaper hos bränslet (Böhm 2006).



Figur 1. Schematisk bild över olika metoder vid fastställande av storleksfördelning och partikeldimensioner för fasta biobränslen (Källa: Översatt och modifierad figur från Böhm (2006)).
Figure 1. Schematic representation of different methods for the determination of the size distribution and particle dimensions for solid biofuels (Source: Translated and modified figure from Böhm (2006)).

1.3.1 Roterande såll

Det första roterande sållet för bestämning av fraktionsfördelning för fasta biobränslen utvecklades i Danmark. Utrustningen består av fem ihopsatta cylindriska såll som tillsammans utgör en roterande trumma. Provmaterialet matas mekaniskt eller manuellt in i den roterande sålltrumman och fraktionsuppdelningen sker från minsta till största partikelstorlek. Vidare uppsamlas provmaterialet på brickor som ligger under respektive sålldimension. Denna sållutrustning används idag enbart vid olika forskningsförsök och i Sverige är den inte godkänd som svensk standard (Böhm et al. 2004; Bäfver & Rehnström 2013).

1.3.2 Aerodynamisk klassificering

Vid en aerodynamisk klassificering utnyttjas enskilda partiklars gravitation, tröghets- och motståndskraft. Materialet som skall fraktioneras hålls vertikalt ner i en sedimenteringskammare där partiklarna möts av en horisontell luftström. Mindre partiklar färdas längst med luftströmmen mot kammarens utlopp medan större partiklar faller vertikalt neråt. Uppsamlingen av partiklar sker sedan i uppsamlingstråg som ligger på botten av kammaren (Böhm et al. 2004).

1.3.3 Statisk och dynamisk bildbehandling

Vid optisk mätning finns olika varianter av statiska och dynamiska bildbehandlingsmetoder för att fastställa storleksfördelningen hos trädbränslen. Vid en dynamisk bildbehandling matas provmaterialet in i en container som matar vidare materialet till ett vibrerande band. Vid bandets ände finns en uppsamlingslåda och precis under bandet sitter en linjär ljuskälla vars ljus registreras av en kamera. Kameran är

kopplad till en dator där data registreras. Detta är grundmodellen för en dynamisk bildbehandling, men vissa varianter av denna metod kan förekomma. Exempelvis kan vissa metoder ha ett ytterligare, mer snabbgående, band i anslutning till det vibrerande bandet för att öka separeringen av partiklar. Den linjära ljuskällan kan även sitta ovanför bandets ände och då är kameran istället placerad under bandet (Böhm et al. 2004).

Vid en statisk bildbehandling placeras enskilda partiklar ut på en platta. Ovanför plattan sitter en digital kamera monterad på ett stativ och ansluten till en dator där samtliga data registreras. För att öka kontrasten mellan partiklarna och bakgrunden kan i vissa fall en upplyst platta användas. Vid statisk bildhantering är det viktigt att partiklarna inte är i kontakt med varandra. Detta för att programvaran inte skall uppfatta två partiklar som en vilket skulle leda till överskattningar av partikeldimensioner. Denna separering av partiklar görs manuellt och är således tidskrävande (Böhm et al. 2004).

1.4 Fraktionsstorlekens påverkan vid olika förbränningstekniker

Värmeverk har i huvudsak tre olika pann typer för att elda bibränsle; rosterpanna, panna med fluidiserande bädd samt pulverpanna. Dessa förbränningstekniker ställer olika krav på bränslets kvalitéer. Studier kring träbränslets kvalitet, med avseende på fraktionsfördelning, visar att överstort och fint material kan ställa till problem för panna och bränslehanteringssystem. Stora flisbitar hinner inte brännas ut och kan medföra problem vid kylning. För små flisbitar hinner inte förbrännas och följer med gasströmmar ut i pannan och kan där bilda emissioner. Fraktionsfördelningen har vidare konstaterats vara, i kombination med fukthalt, den mest varierande parametern vid jämförelse av olika bränsleleverantörer. Mot denna bakgrund finns anledning att börja elda mer optimal fraktionsfördelning (Bäfver & Renström 2013).

1.5 Dagens mätning av sönderdelat träbränsle

Idag sker den dominerande andelen av betalningsgrundande inmätning av träbränsle hos förbrukare eller vid terminaler. Sönderdelat träbränsle kan mätas genom en så kallad skäppmätning som är en vanlig metod i ett första köpled. Med skäppa avses material som ligger i en container på ett transporterande fordon (lastbil eller järnvägsvagn). Genom skäppmätning fås volym i kubikmeter stjälp (m³s) som produkten av skäppans längd och bredd samt materialets höjd (i skäppan). I SDCs instruktion för godkänd skäppa får inga metaller, stenar (>20 mm) eller tjälblock överstigande 30x30x30 cm ingå. Vidare får inga oorganiska föreningar överstigande 5 % av totalvikten förekomma (SDC 2014b). En annan metod för att mäta träbränslen är genom vägning (SDC 2014b). I samband med vägning fastställs vanligtvis torrhalten som tillsammans med erhållen vikt utgör betalningsgrunden för sortimenten (SDC 2014d). Hos värmeverk är denna metod vanlig och handelsmättet sker i Mwh (Megawattimmar).

1.6 VMFs verksamhet med avseende på sållning

VMF sållar idag cellulosafليس med standardmetod SCAN-CM 40:01 som en del i kvalitetsbestämningen till massaindustrin. Handelsmättet för cellulosafليس är TTV (ton torr vikt). TTV utgör kvantitetsmättet på flisen medan sållningen, där fraktionsstorleken erhålls, utgör kvalitetsmättet. Tillsammans utgör de betalningsgrunden för cellulosafليس. Vid sållning anses överstora- och små fraktioner ha sämre kvalitet medan mellanstora fraktioner anses ha bättre. Vidare innebär detta att ett högre pris för material med större andel mellanfraktioner erhålls. VMF Nord utför sållning av cellulosafليس på sju platser i

Sverige: Östrand Väja, Husum, Obbola, Kappa (Piteå), Munksund och Billerud (Karlsborg). Under år 2013 mättes 2,65 miljoner kubikmeter fast under bark (m^3 fub) cellulosafelis av VMF Nord, varav 3 % (80 000 m^3 fub) utfördes genom skäppmätning (Hans Weslien 2015, pers. komm.). På VMF Qbera sållas cellulosafelis på 14 mätplatser. Dessa platser är Aspa, Braviken, Bäckhammar, Fors/Kvarnsveden, Frövi/Rockhammar, Gruvön, Hallstavik, Iggesund, Karskär, Rottneros, Skoghall, Skutskär, Skärblacka och Vallvik. Vidare mättes under år 2014 5,07 miljoner m^3 fub cellulosafelis in av VMF Qbera (Magnus Happaniemi 2015, pers. komm.). På VMF Syd utförs sållning av cellulosafelis på fem platser: Värö, Mörrum, Mönsterås, Hylte och Nymölla. Under år 2014 mättes totalt 2,14 miljoner m^3 fub in av VMF Syd (Johan Adolfsson 2015, pers. komm.). Sammantaget kan sägas att cellulosafelis mäts på 26 mätplatser i Sverige och på ett år inmäts cirka 9,86 miljoner m^3 fub cellulosafelis av samtliga VMF.

1.7 Arbetsmiljö

Idag finns inga specifika bestämmelser eller gränsvärden från Arbetsmiljöverket rörande sållning av bränslefelis. Däremot finns ett allmänt gränsvärde för luftburet trädam som ligger på $2 \text{ mg}/m^3$ (Arbetsmiljöverket 2011). För att kontrollera halter av trädam finns en svensk standard, SS-EN 481, som vanligen används för att mäta halter av luftföroreningar (Svensk standard 1993). Ett flertal studier gällande trädam och dess påverkan på människors hälsa har gjorts (Eriksson & Liljelind 2000; Enarson & Chan-Yeung 2013; Whitehead 1982). Vid hantering av bränslefelis bildas finfraktioner av dam som blir luftburna. Detta dam påvisas kunna orsaka akuta och varaktiga besvär för hud och luftvägar. För träslag av tall och gran kan exponering av trädam vid $0,1\text{-}6,3 \text{ mg}/m^3$ orsaka irritation av ögon och övre luftvägar. Vidare kan långvarig exponering av trädam påverka lungfunktionen samtidigt som hudkontakt av trädam kan orsaka kontakteksem (Eriksson & Liljelind 2000; Enarson & Chan-Yeung 2013; Whitehead 1982). Studier har också visat att luftburet dam av lövträ kan vara cancerogent (Eriksson & Liljelind 2000; Arbetsmiljöverket 2011). Utöver trädam kan lagrat träbränsle även innehålla svampsporer. Dessa sporer kan utgöra en hälsorisk genom att de kan ge upphov till rethosta, hög feber, huvudvärk, ledvärk samt muskelsvärk. Vidare kan även mikrobiella angrepp orsaka substansförluster och nedbrytning av material (Lehtikangas 1999).

Idag har ett antal verksamma organisationer (Belab, Eurofins och Bränslelaboratoriet) egna riktlinjer kring vilka rutiner och vilken skyddsutrustning som bör används vid sållning av bränslefelis. Samtliga företag har tillgång till skyddsrockar, olika varianter av munskydd samt ett väl fungerande ventilationssystem. Bränslelaboratoriet har även andningsmasker som används vid enstaka tillfällen då kraftigt dammande material hanteras (Vivian Asplund; Rikard Kalén; Lars Rosengren 2014, pers. komm.).

1.8 Tidigare studier

I en studie av Strindberg (1985) framkom det att sönderdelningsmetoden för träbränsle är av avgörande betydelse för den erhållna mängden finfraktion. Vidare visade studien att mängden finmaterial var mindre för bränslefelis av rundved och färsk hyggesrester än för bränslekross av lagrad grot. Bränslekross av lagrad grot ansågs ha hög spridning på fraktioner samt att andelen finfraktion var hög, 25-30 %. Strindberg (1985) hävdar att ett genomgående krav för nya sållmetoder är att utrustningen måste vara enkel och billig eftersom kostnadsmarginalen för skogsbränslen är liten.

Strindberg (1984) gjorde en jämförande studie av olika sållmetoder för olika bränslesortiment. Sållmetoderna liknade en äldre variant av standardmetod SCAN-CM 40:01 fast med mindre slaglängd och med färre sålldimensioner. Sålldimensionerna för den äldre metoden var 45mm, 8 mm (spaltsåll), 7 mm samt 3 mm. Fukthaltens påverkan på sållningsresultatet studerades. Enligt Strindberg ska prover torka i minst 10 timmar innan sållning genomförs samt att fukthalten bör ligga på 10-20 % för att undvika vidhäftning av partiklar. Sker torkning i rumstemperatur (25 °C) kommer en fukthaltsminskning från 50 % till 15 % kräva 40 timmars torktid vilket Strindberg inte anser vara realistiskt under driftsförhållanden. Skulle torkning ske i 70 °C grader skulle torkningen uppgå till 7-8 h. Därför förespråkar Strindberg att torkning av bränsleprover bör ske med hjälp av torkskåp som gör att torkningen går 5 gånger snabbare än vid torkning i rumstemperatur. Strindberg konstaterade vidare att finfraktionsandelen vid sållning minskade med 2-3 % för bränsleflis vid fukthalter om 30-40 %. Detta för att vidhäftat finmaterial (<3mm) inte frigörs från större fraktioner (>12 mm) förrän vid medelfukthalter på 10-20%. Strindberg konstaterade också att provmaterial av bränsleflis förändrades relativt lite efter upprepande körningar vilket förklarades av att materialet hade en låg nötningsbenägenhet. Sållningstiden ansågs också vara av avgörande betydelse för fraktionsutfallet eftersom sålldimensionerna hade en benägenhet att strömma igenom materialet. Strindberg menar också att trädbränsels heterogenitet gör att det inte går att förvänta sig någon stor noggrannhet vid bestämning av fraktionsfördelning. Han menar att variationerna grundläggs redan vid provtagningen och accentueras ytterligare genom den mångfald av partikelformer som sammansätter provet. Detta ansågs främst beröra bränslekross från olika råvaror medan bränsleflis kunde förväntas ge mera likartade resultat från prov till prov. Slutligen hävdar Strindberg att det borde vara önskvärt att analysmässigt skilja på barr och normal finfraktion då barren är en naturlig beståndsdel i skogsbränslen och därför inte borde påverka kvalitetsbestämningen negativt. Detta för att barr har en lägre askhalt jämfört med finfraktion som ur en kvalitetsaspekt är sämre. Barrandelen hos skogsbränslen ligger generellt kring 5-10 % men kan variera beroende på sortiment och lagringsstatus.

I en studie av Hartmann et al. (2006) jämfördes olika metoder för att bestämma fraktionsfördelningen hos sortiment av bränslekross och bränsleflis. Partikelformerna för dessa sortiment varierade. Bränslekross hade mer långsmala partiklar medan sortimentet bränsleflis hade mer rundformade. För två av proverna handmättes varje partikel med ett skjutmått och färgades i olika färger utifrån en bestämd storleksklassindelning. Ett prov från varje sortiment med lika längdfördelning genomgick denna mätning och kom att benämnas som ”referensvärdet”. Genom denna handmätning möjliggjordes en noggrann jämförelse mellan olika sortiment och metoder för fraktionsindelning. Metoderna som användes var en dynamisk bildbehandling samt olika varianter av horisontella- och roterande såll. Totalt testades 13 olika utrustningar. Resultatet från studien visade att bäst mätnoggrannhet erhöles av den dynamiska bildbehandlingen. Vid jämförelser av referensvärdet för sållning med horisontella såll stämde enbart en tredjedel till hälften av medianvärdet för partiklarnas längdfördelning. Ett gemensamt problem som framkom för horisontella- och roterande såll var att långa och smala partiklar tenderade att passera håldimensioner i vertikal riktning. Detta föranledde att partiklar hamnade i felaktiga sållklasser. Vid dynamisk bildbehandling överkoms dessa problem men andra problem så som känslighet för partikelöverlappningar kunde konstateras. Vid partikelöverlappningar tenderade bildbehandlingen att överskatta partikelstorleken. En god separering av material visade sig därför vara av avgörande betydelse för att få en korrekt uppskattning av fraktionsfördelningen vid optiska mätmetoder. Överlag visade studien att fraktionsfördelningen för olika sållmetoder kraftigt skiljde sig åt. Horisontell sållning

överskattade andelen fina partiklar som ledde till en underskattning av materialets längdfördelning. Den dynamiska bildbehandlingen gav högst överensstämmelse med avseende på materialens längddistribution. Det framkom också att de roterande sållen gav bättre resultat än samtliga horisontella såll vid jämförelser med referensvärdet. Även fenomenet att partiklar vertikalt tar sig igenom sålldimensioner var mindre för de roterande sållen gentemot de horisontella. Detta förklarades genom att passeringstiden över varje håll minskas i ett roterande såll i förhållande till tiden en partikel är över sållhålet i en horisontell sållning.

I en studie av Böhm et al. (2004) jämfördes olika horisontella sållmetoder för fraktionsindelning av biobränsle. Studien visade att tredimensionell sållning fungerade bra för rundformade partiklar. För långa plattformade partiklar ledde den tredimensionella sållningen till att partiklarna hamnade i en vertikal riktning. Detta gjorde att partiklarna passerade en eller två sålldimensioner för mycket och därigenom klassificerades som mindre partiklar trots sin större storlek. Fenomenet med vertikal riktning av partiklar ansågs vara mindre i de en- och tvådimensionella sållmetoderna och rekommenderades därför att användas vid sållning av biobränslen. Vidare konstaterade Böhm et al. (2004) att den kritiska skakfrekvensen bör beaktas vid användande av sållmetoder där skakfrekvensen manuellt kan ställas in. Med kritiskt frekvensvärde menas det värde på frekvensinställningen som minst måste sättas för att en komplett sållning ska vara genomförd. Detta för att skakfrekvenser under denna gräns leder till en ofullständig sållning då partikelstorleksfördelningen blir kraftigt överskattad. Vidare leder en för låg skakfrekvens till att repeterbarheten för sållningen minskar. Är skakfrekvensen däremot överstigande det kritiska värdet påverkas inte resultatet och repeterbarheten och sållningen hamnar på en acceptabel nivå. Böhm et al. (2004) tar också upp hur en minsta sållningstid bör fastställas innan en sållning påbörjas. Ett mått på hur denna tid kan anpassas är att provmassan för två på varandra stående såll inte ska öka med mer än 0,3 % av den totala provmassan per minut. Dock anses en 15 minuters sållning vara en enklare metod och lämplig gräns att sätta för att få en bra överensstämmelse mellan sållningsresultat för olika sållutrustningar. Detta för att 15 minuters sållning hade visat ge lägre varianser och högre repeterbarhet än när minsta sålltider sattes efter procentuella förändringar mellan sålldimensioner. Slutligen nämnde Böhm et al. (2004) hur för stora provmängder bör hanteras. Vid för stora provmängder bör provet fördelas ner till två eller flera lika stora provmassor som sedan sållas var för sig. Vidare ska provmassorna adderas för varje sålldimension efter respektive sållning.

I en studie av Böhm et al. (2005) visas att höga fukthalter på stamvedsflis genererar en högre medelpartikelstorlek vid sållning med horisontella såll. Det rekommenderas att undvika fukthalter understigande 10 % på grund av att risken för att erhålla spröda och fragila prover ökar. Anledningen till att denna typ av prover inte rekommenderas är att dessa tenderar att slås sönder vid sållning. Vid sönderslagning ges en högre andel finmaterial som vidare ger en missvisande bild av provmaterialets fraktionsfördelning. Utöver fukthalten visas skakfrekvensen för horisontella sållmetoder ha en stor inverkan på sållningsresultatet. I studien testades att sålla ett 2 liters prov av björkflis i 15 minuter. Sållningen genomfördes med ett horisontellt såll där sålldimensioner om 63-,45-,16-,8- samt 3,15 mm användes. För detta försök varierades skakfrekvensen mellan 10 rpm (rotation per minut), 150 rpm och 320 rpm. Resultatet från testerna visar att en kritisk skakfrekvens uppnås vid 190 rpm. För att bekräfta denna gräns som kritiskt gränsvärde upprepades körningarna sex gånger. Vidare kunde det påvisas att frekvensvärden över 190 rpm inte påverkade sållningsresultaten vilket gjorde att frekvensvärdet för fortsatta

sållningsförsök vidare sattes till 210 rpm (eller alternativt 3,5 Hz vilket motsvarar samma frekvensvärde). Detta för att erhålla en marginal från det kritiska värdet (Böhm et al. 2005). Slutligen gjordes ett försök där olika provmängder för björkflis testades för att se om den hade någon inverkan på sållningsresultatet. Provmängderna varierade mellan 0,5-4 liter där 0,5 liter successivt adderades till provmängden som sållades. Sållningen genomfördes med en frekvensinställning på 210 rpm och sållningstiden var 15 minuter. Sållarean var 1256,6 cm² vilket följer standard för SS-EN 15149-1:2010. Resultatet visar att ökande provmängd inte signifikant påverkar sållningsresultatet. Dock ansåg Böhm et al. (2005) att försiktighet borde iaktas vid sållning av stora provmängder då ansamlingar av större partiklar torde kunna blockera mindre partiklar från att passera sållhål. Detta ansågs vidare vara särskilt viktigt att beakta vid homogena provmaterial där stora ansamlingar i ett fåtal såll skulle medföra en större blockering av finmaterial samtidigt som en överskattning av dessa sållfraktioner skulle erhållas (Böhm et al. 2005).

Enligt Holzforschung (ett skogligt forsknings- och tekniskt institut i Österrike) har frekvensinställningen för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 visat sig ha en stor påverkan på fraktionsresultatet. En för lågt inställd frekvens anses inte generera en fullständig sållning av material. Detta på grund av att större partiklar förhindrar att mindre partiklar passerar sållhålen. För att undkomma denna problematik utvecklade institutet en egen metod för att anpassa frekvensinställningen vid sållning av material. Denna metod inleds med att frekvensen ställs in på 200 rpm där provmaterialet får sållas i 1 minut åt vardera riktning. Därefter ökas frekvensen till 300 rpm och materialet får sållas i ytterligare 3 minuter. Denna stegvisa ökning av frekvens anses vara en förutsättning för att erhålla en fullständig sållning av material. En nackdel med denna frekvensökning anses dock vara att risken för att partiklar vertikalt tar sig igenom sållhål ökar. Trots denna tendens anses ändå en felaktig frekvensinställning generera en större felkälla vid fastställande av fraktionsfördelning. Den största felkällan i bestämning av fraktionsfördelning hos material tros komma från provtagningstillfället där svårigheter i att ta representativa prover från ett material upptäckts (Monika Steiner 2014, pers. komm.).

1.9 Syfte

Syftet med studien var att undersöka om två olika sållmetoder för bränsleflis skiljer sig åt med avseende på partikelstorleksfördelning samt om olika sålltider påverkar mängden finfraktion. Metoderna för jämförelsen är Svensk standard SS-EN 15149-1:2010 samt en modifierad version av SCAN-CM 40:01. Modifieringen innebär att sålldimensioner för standarden har bytts ut och anpassats för att mer efterlikna den för SS-EN 15149-1:2010.

1.10 Delmål 1

Kvantifiera eventuella skillnader i utfall på partikelstorleksfördelningen för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark.

1.11 Delmål 2

Kvantifiera huruvida olika sålltider påverkar mängden erhållen finfraktion.

2. Material och metoder

Vid genomförande av den jämförande studien för de två sållmetoderna användes utrustning för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 på BTC (Biobränsletekniskt Centrum) i Umeå. Gällande den andra standardmetoden SCAN-CM 40:01 användes utrustning i Obbola där VMF nord har sitt referenssäll. Det var önskvärt att ha båda standardmetoderna stående intill varandra vid försökstillfället för att underlätta och effektivisera arbetet men då detta inte var praktiskt genomförbart utfördes försök separat på BTC respektive i Obbola. Eftersom de två standardmetoderna inte har samma dimensionsstorlekar på säll beställdes tre nya säll för SCAN-CM 40:00. Skillnaden mellan sålldimensionerna blev därmed marginell för de båda standardmetoderna vid försöket (Tabell 1).

Tabell 1. Sålldimensioner för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 samt en modifierad version av SCAN-CM 40:01 som användes i försöket

Table 1. Sieving dimensions for the standard method SS-EN 15149-1:2010 and a modified version of SCAN-CM 40:01 used in the study

| SCAN-CM 40:01* | SS-EN 15149-1** |
|----------------|-----------------|
| 45 mm | 45 mm |
| 31,5 mm | 31,5 mm |
| 16 mm | 16 mm |
| 8 mm | 8 mm |
| 3 mm | 3,15 mm |

* Sällarea 2600 cm²

** Sällarea 1200 cm²

2.1 Sortiment

För att utvärdera om olika typer av bränslen ger olika resultat vid jämförelser mellan metoder valdes fyra olika sortiment ut; stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark (Tabell 2). Materialet insamlades vid Dåva kraftvärmeverk i Umeå. Sortimentet stamvedsflis användes som referensmaterial till övriga sortiment då detta anses vara mer slitstarkt än övriga sortiment. Grot anses ha stora variationer gällande partikelstorlek vid olika lagringstider och testades därför som två separata sortiment utifrån klassningen färsk och lagrad grot. Bark är ett stort bränslesortiment hos förbränningsanläggningar och skiljer sig mot både grot och stamved vad gäller fiberstruktur och var därför av intresse att ha med i försöket (Strömberg & Herstad-Svärd 2012).

Tabell 2. Sammanställning över vilka sortiment som ingick i försöken samt vilka leverantörer och lagringstider sortimenten hade vid provtagningstillfället

Table 2. Compilation of the selections that were part of the experiments, what suppliers and what storage time the selections had at the time of sampling

| Sortiment | Leverantör | Lagringstid* |
|------------------|------------------------|---------------------|
| Stamvedsflis | Sävar såg & hyvleri AB | 2 månader |
| Färsk grot | Norra skogsägarna | 2 veckor |
| Lagrad grot | Holmen | 1,5 år |
| Bark | Norra skogsägarna | 1 månad |

* Lagringstid på Däva kraftvärmeverk fram till tidpunkt för provinsamling av sortiment

2.2 Provinsamling

Vid provtagning är det viktigt att prover tas på ett systematiskt och korrekt sätt (SDC 2014d). För att erhålla representativa prover där hela innehållet från mätenheten ingick följdes värmeverkets egna anvisningar på hur de tar sina prover. Deras instruktioner och rutiner ansågs följa de anvisningar som fanns nämnda i respektive standardmetod för provtagning. Proverna insamlades sedan med skyfflar där provpunkter togs en bit ner och på spridda områden på sortimenthögen. Enligt de båda standarderna ska provmängden vara minst 8 liter för varje sortiment. I den här studien togs därför 9 liter per sortiment för att erhålla en marginal från minimigränsen. Proverna som insamlades hälldes sedan i storleksanpassade hinkar med tillhörande lock för att minimera risken för eventuella provförluster vid förvaring och transport. Totalt insamlades 54 liter per sortiment för att tre upprepningar á 9 liter skulle kunna testköras. Upprepningar av körningar var nödvändigt för att statistiskt kunna säkerställa resultat. Den totala provmängden för försöket uppgick till 216 liter (Tabell 3).

Tabell 3. Sammanställning över mängd prover som insamlades för försöket

Table 3. Compilation of sample volumes collected for the experiment

| Sortiment | SS-EN 15149-1:2010 | SCAN-CM 40:01 | Antal liter |
|------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Stamvedsflis | 9 x 3 = 27 liter | 9 x 3 = 27 liter | 54 liter |
| Färsk grot | 9 x 3 = 27 liter | 9 x 3 = 27 liter | 54 liter |
| Bark | 9 x 3 = 27 liter | 9 x 3 = 27 liter | 54 liter |
| Lagrad grot | 9 x 3 = 27 liter | 9 x 3 = 27 liter | 54 liter |
| | | | Totalt: 216 liter |

2.3 Provberedning

Innan sällningen kunde påbörjas behövde proverna beredas. Torkning och mätning av fukthalt (FH) på proverna noterades för att FH understigande 20 % skulle säkerställas. I både SS-EN 15149-1 samt SCAN-CM 40:01 finns krav på fukthaltsintervall som proverna måste erhålla för att vara godkända enligt standarderna. Proverna torkades i 25 °C grader i torkskåp tills en fukthalt understigande 20 % nåddes. För att kontrollera dessa fukthalter användes en torkvåg med halogenlampa av modell Mettler Toledo HB 43. Därefter lades proverna ut på presenningar för att fuktutjämnas. Tanken med fuktutjämningen var att samtliga prover skulle hålla samma fukthalt vid sällningen. Utrustning och lokaler för denna torkning av prover tillhandahölls av BTC.

Fukthalten för samtliga sortiment låg efter torkningen på 6-7 % (Tabell 4).

Tabell 4. Medelfukthalten för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark vid sållningstillfället

Table 4. Mean value of the moisture content for the selections stemwood chips, fresh residues from felling, stored residues from felling and bark

| | Fukthalt |
|--------------|-----------------|
| Stamvedsflis | 7,6 % |
| Bark | 7,4 % |
| Lagrad grot | 6,3 % |
| Färsk grot | 6,0 % |

Då provmängder om 54 liter per sortiment insamlades behövde varje sortimentsprov fördelas i ett antal delmängder innan proverna kunde hällas över sållen. Denna provneddelning skedde med hjälp av en så kallad ”riffle box” (Figur 2).



Figur 2. Bild av en riffelbox (Riffle Boxes 2015).

Figure 2. Picture of a riffle box. (Riffle Boxes 2015).

Riffelbox är en provdelare där prover slumpmässigt fördelas ner till mindre delprover (2-, 4-, 8 stycken). En förutsättning för att kunna använda metoden är att spaltbredden är 2,5 gånger större än den största partikelstorleken för varje sortiment. Bränslelaboratoriet i Umeå har en riffelbox med lämplig spaltbredd för försöket. Denna hade sex spalter med en bredd på drygt 1 dm. Denna användes för att fördela ner varje sortiment till åtta delprover. Eftersom försöket enbart krävde sex delprover (tre för SCAN 40:01 och tre för SS-EN 15149-1) sparades de två resterande delproverna till uppdragsgivare.

2.4 Inställningar för SS-EN 15149-1:2010

Då inga specificerade inställningar för skakanordningen fanns beskrivna för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 gjordes ett för-test för att ta fram lämpliga inställningar. Dessa inställningar anpassades utifrån de olika sortimentens egenskaper. Rotationshastigheten per minut (rpm) för körningar med stamvedsflis sattes till 1000 rpm medan övriga sortiment kördes på 90,9 rpm. Amplituden ställdes in till 2 mm och var densamma för samtliga sortiment. Den endimensionella inställningen, där prover slungas fram och tillbaka, stängdes av medan rotationsinställningen åt höger respektive vänster sattes till 60 sekunder vardera. Utgångspunkten för vilka inställningar som sattes utgick från de enskilda flisbitarnas rörelse vid olika inställningar för amplitud och rotationshastighet. Det som eftersträvades var att samtliga synliga flisbitar skulle ha en tydlig rörelse då sållningen startade. Detta för att undvika att stora flisbitar lägger sig som ett lock över sållhålen vilket

skulle förhindra mindre bitar att ta sig igenom. Därför ökades inställningarna för frekvens och amplitud gradvis tills dess att en tillfredsställande rörelse av flisbitarna identifierats.

2.5 Utförande

Inför varje sållning vägdes proverna. Detta för att vidare kunna jämföra om eventuella provförluster uppkommit. Fyra sålltider; 5, 10, 15 och 25 minuter testades för varje sortiment. Vid försöket stoppades sållningen vid de angivna tidpunkterna för att prover skulle vägas och vikter noteras. Noteringen gjordes i gram med en decimals noggrannhet. Totalvikten tarerades sedan med vikten av de tomma sållplåtarna och en summering av samtliga sållvikter sammanställdes.

Varje sortiment upprepades tre gånger och då samtliga körningar var klara lottades ett prov av varje sortiment ut för att köras ytterligare två gånger. Detta gjordes för att få en indikation på materialets nötningsbenägenhet. Då genomförandet av sållning och vägning av varje sållprov slutförts rengjordes sållen noggrant.

2.6 Beräkning av resultat

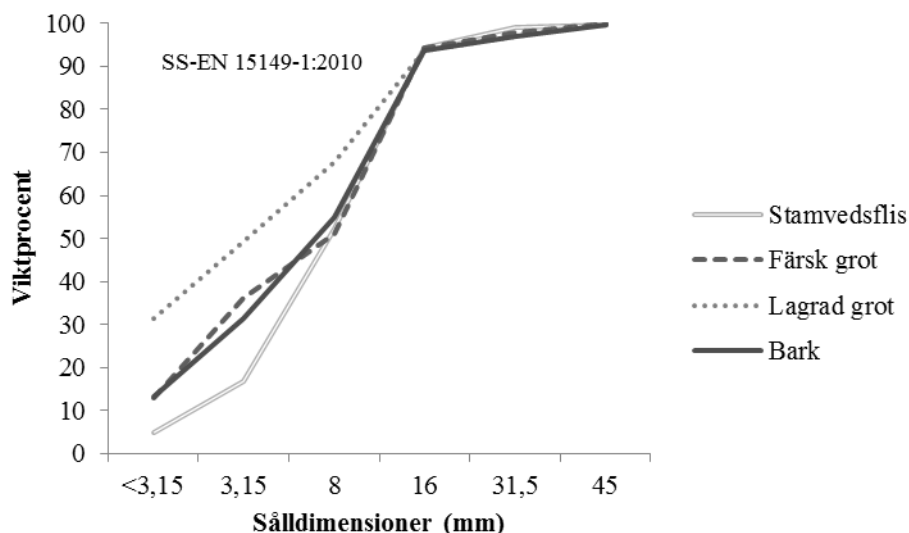
Efter sållningarna räknades samtliga vikter som noterats under körningarna om till procent av den totala massan. Utifrån dessa procentvikter beräknades sedan medelvärde och standardavvikelse. Ett Student's t-test samt F-test kunde därefter beräknas för varje sortiment och standardmetod. För både t-test och F-test beräknas ett tröskelvärde. Detta tröskelvärde jämförs sedan med det erhållna värdena för t- respektive F-testen. Om värdena för de båda testerna visade sig skilja mer än \pm gränsvärdet ansågs skillnaderna vara statistiskt signifikanta. Vidare gjordes signifikanstester (Student's t-test) för båda standardmetoderna för huruvida sållningstider om 10 respektive 15 minuter varit tillräckliga. Med tillräckliga menas huruvida provmaterialet hunnit passera samtliga såll vid de angivna tidpunkterna. Samtliga beräkningarna gjordes på en signifikansnivå på 5 %.

2.7 Kompletterande körningar för standardmetod SS-EN 15149-1:2010

Eftersom en systematisk ökning av fraktionsmängder för sålldimensionerna 16- och 8 mm för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 kunnat ses, väcktes en misstanke om att större fraktioner blockerat mindre fraktioner från att passera sållhålen. Därför gjordes ett ytterligare försök med halverad provmängd (4 liter) för standardmetod SS-EN 15149-1:2010. Materialet som användes var från tidigare testkörda provmängder där ett prov från varje sortiment valdes ut. Varje prov delades sedan upp till två delprover. Dessa delprover sållades sedan en gång vardera. Summan av viktprocenten för de två delproven (å 4 liter) jämfördes sedan med tidigare viktprocent för respektive sortiment (å 8 liter). Eftersom enbart en körning per sortiment genomfördes fanns det inte tillräckligt med dataunderlag för dessa körningar för att genomföra statistiska beräkningar.

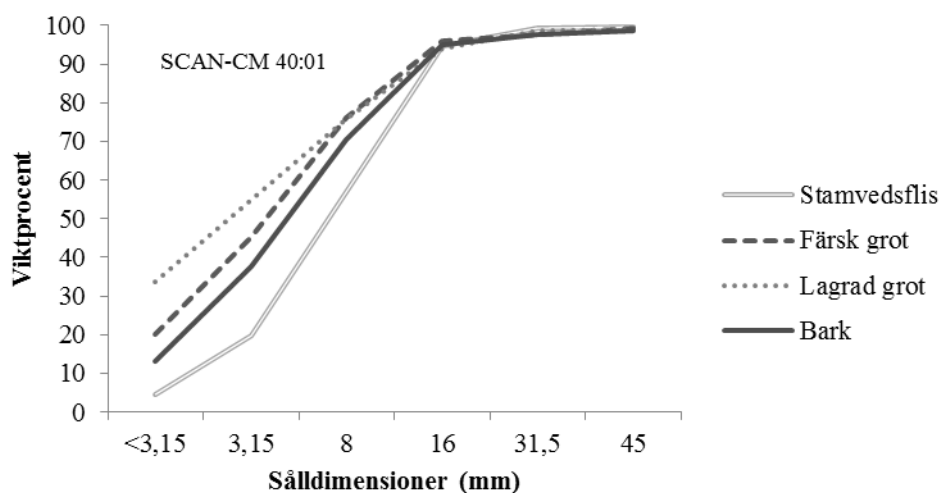
3. Resultat

Resultatet från sällningarna visar att det finns en tydlig skillnad mellan andelen finmaterial för respektive sortiment; stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark. Fördelningen av provmaterial vid olika sålldimensioner varierar också mellan standardmetoderna. Sortimentet färsk grot har störst variation jämfört med övriga sortiment (Figur 3-4).



Figur 3. En siktcurva för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 efter 15 minuters sällning.

Figure 3. A screening curve for the selections stemwood chips, fresh residues from felling, stored residues from felling and bark for the standard method SS-EN 15149-1: 2010 after 15 minutes of sieving.



Figur 4. En siktcurva för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark för standardmetod SCAN-CM 40:01 efter 15 minuters sällning.

Figure 4. A screening curve for the selections stemwood chips, fresh residues from felling, stored residues from felling and bark for the standard method SCAN-CM 40:1 after 15 minutes of sieving.

Lagrad grot har störst andel finfraktion på drygt 30 % medan stamvedsflis har minst, knappt 5 %, efter 15 minuters sållning (Tabell 5).

Tabell 5. Andel finfraktion (<3,15 mm) för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM 40:01 efter 15 minuters sållning för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark
Table 5. The amount of fine fraction (<3,15 mm) for the standard methods SS-EN 15149-1: 2010 and SCAN-CM 40:1 after 15 minutes of sieving for the selections stemwood chips, fresh residues from felling, stored residues from felling and bark

| Standardmetod: | SS-EN 15149-1:2010 | SCAN-CM 40:01 |
|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| Lagrad grot | 31,5 % | 33,8 % |
| Färsk grot | 12,9 % | 20,1 % |
| Bark | 13,3 % | 13,3 % |
| Stamvedsflis | 4,8 % | 4,5 % |

Medelvärde av provförluster, uttryckt i procent, var låg för samtliga sortiment och standardmetoder efter sållningarna (Tabell 6). Generellt är provförlusten för standardmetod SCAN-CM 40:01 marginellt högre än för standardmetod SS-EN 15149-1:2010.

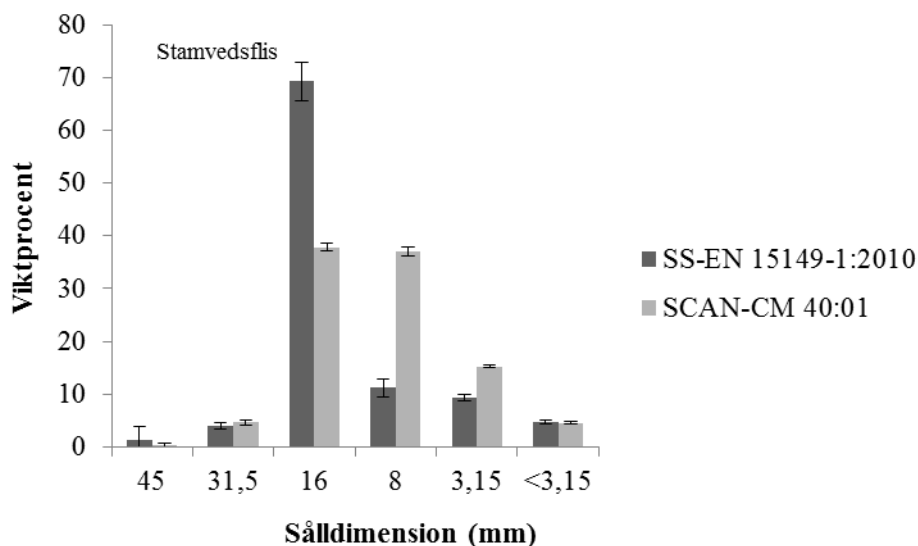
Tabell 6. Medelvärde av provförluster för samtliga sortiment och standardmetoder efter sållning
Table 6. Mean value of sample loss for all samples and standard methods after sieving

| Standardmetod: | SS-EN 15149-1:2010 | Stdv * | SCAN-CM 40:01 | Stdv* |
|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|--------------|
| Färsk grot | 0,04 % | 0,06 | 0,73 % | 0,38 |
| Lagrad grot | 0,07 % | 0,04 | 0,99 % | 0,38 |
| Stamvedsflis | 0,13 % | 0,06 | 0,47 % | 0,24 |
| Bark | 0,36 % | 0,31 | 1,82 % | 1,95 |

* standardavvikelse

3.1 Skillnader mellan standardmetoderna

Medelvärdet av skillnader för provvikter uttryckt i procent varierar för de båda standardmetoderna. Störst variation bland sortimenten finns vid sålldimensionerna 16-, 8- samt 3,15 mm (Figur 5-8). I bilaga 1 är medelvärden och standardavvikelser för samtliga sortiment redovisade.

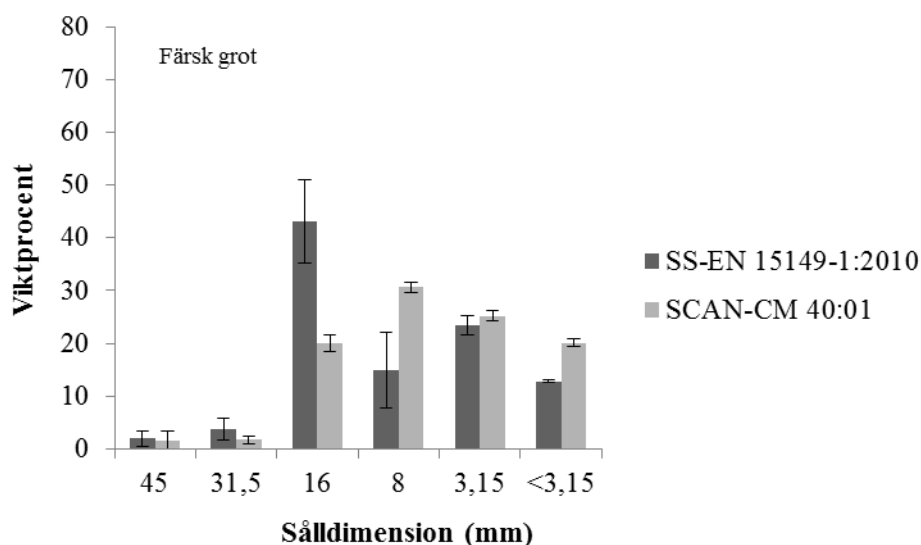


Figur 5. Medelvärde av viktprocentens fördelning över olika sålldimensioner samt dess standardavvikelse för sortimentet stamvedsflis. Värdena är tagna efter 15 minuters sållning med standardmetoderna SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM 40:01.

Figure 5. Mean value of the by weights distribution over different sieving dimensions and its standard deviation for the selection stemwood chips. Values recorded after 15 minutes sieving with the standard methods SS-EN 15149-1: 2010 and SCAN-CM 40:1.

Sortimentet stamvedsflis har störst skillnad i medelvärde av viktprocent mellan standardmetoderna jämfört med övriga sortiment. Skillnaden i procentenheter för sålldimensionerna 16-, 8-, samt 3,15 mm är 31,4 %, 25,9 % samt 5,8 % (Figur 5).

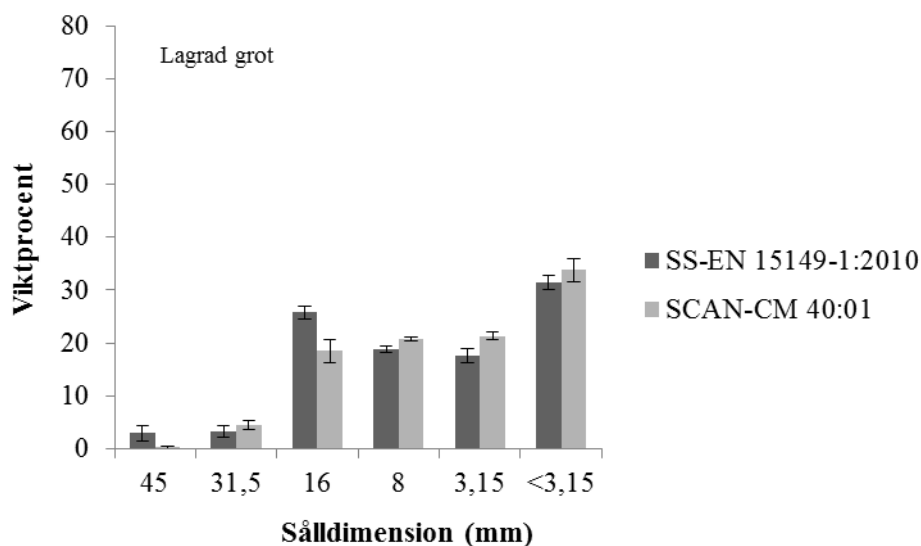
Sortimentet färsk grot har störst standardavvikelse i förhållande till övriga sortiment för standardmetod SS-EN 15149-1:2010. Standardavvikelsen för sålldimensionerna 16- samt 8 millimeter ligger på 7,94 respektive 7,16 procentenheter (Figur 6).



Figur 6. Medelvärde av viktprocentens fördelning över olika sålldimensioner samt dess standardavvikelse för sortimentet färsk grot. Värdena är tagna efter 15 minuters sållning med standardmetoderna SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM 40:01.

Figure 6. Mean value of the by weights distribution over different sieving dimensions and its standard deviation for the selection fresh residues from felling. Values recorded after 15 minutes sieving with the standard methods SS-EN 15149-1: 2010 and SCAN-CM 40:1.

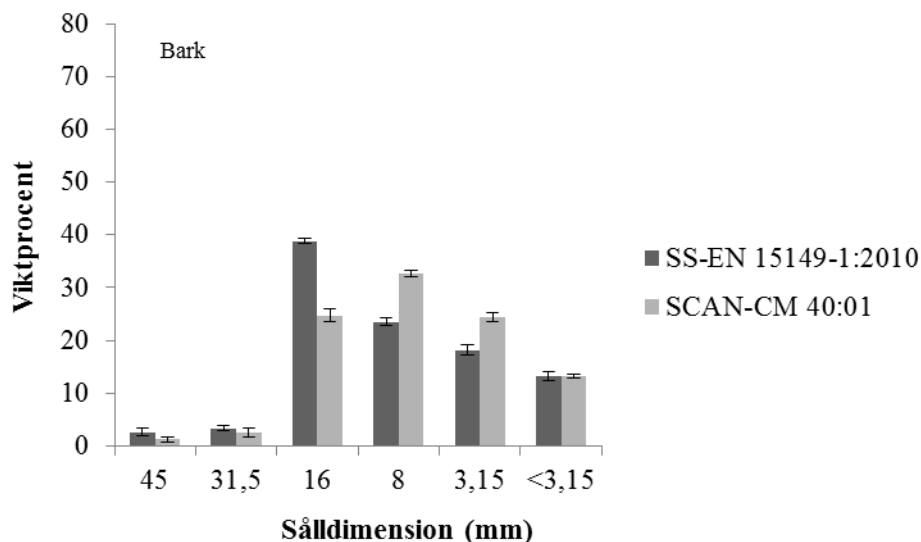
Sortimentet lagrad grot har lägst variation på standardavvikelse samt medelvärde av viktprocent. Störst variation på medelvärdets viktprocent är vid sålldimension 16 mm som är 23,1% för SCAN-CM 40:01. Standardavvikelsen för samma metod och sålldimension är 7,5 % (Figur 7).



Figur 7. Medelvärde av viktprocentens fördelning över olika sålldimensioner samt dess standardavvikelse för sortimentet lagrad grot. Värdena är tagna efter 15 minuters sållning med standardmetoderna SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM 40:01.

Figure 7. Mean value of the by weights distribution over different sieving dimensions and its standard deviation for the selection stored residues from felling. Values recorded after 15 minutes sieving with the standard methods SS-EN 15149-1: 2010 and SCAN-CM 40:1.

Sortimentet bark har genomgående lägst standardavvikelse gällande båda standardmetoderna och samtliga sålldimensioner. Den största standardavvikelsen är 1,25 % för sålldimension 16 mm med SCAN-CM 40:01 (Figur 8).



Figur 8. Medelvärde av viktprocentens fördelning över olika sålldimensioner samt dess standardavvikelse för sortimentet bark. Värdena är tagna efter 15 minuters sållning med standardmetoderna SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM 40:01.

Figure 8. Mean value of the by weights distribution over different sieving dimensions and its standard deviation for the selection bark. Values recorded after 15 minutes sieving with the standard methods SS-EN 15149-1: 2010 and SCAN-CM 40:1.

Beräkningar från ett statistiskt signifikantest (Student's t-test) visar att standardmetoderna signifikant skiljer sig åt efter 15 minuters sållning (Tabell 7). För samtliga sortiment är det en signifikant skillnad mellan standardmetoderna vid 16 mm sålldimension. För sålldimension 8 mm är det en signifikant skillnad för sortimenten stamvedsflis, färsk grot samt bark. I bilaga 2 finns samtliga resultat av beräkningarna från Student's t-test sammanställda.

Tabell 7. Ett statistiskt signifikantest (Student's t-test) för standardmetoderna SS-EN 15149-1:2010 samt SCAN-CM 40:01 för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark efter 15 minuters sållning.

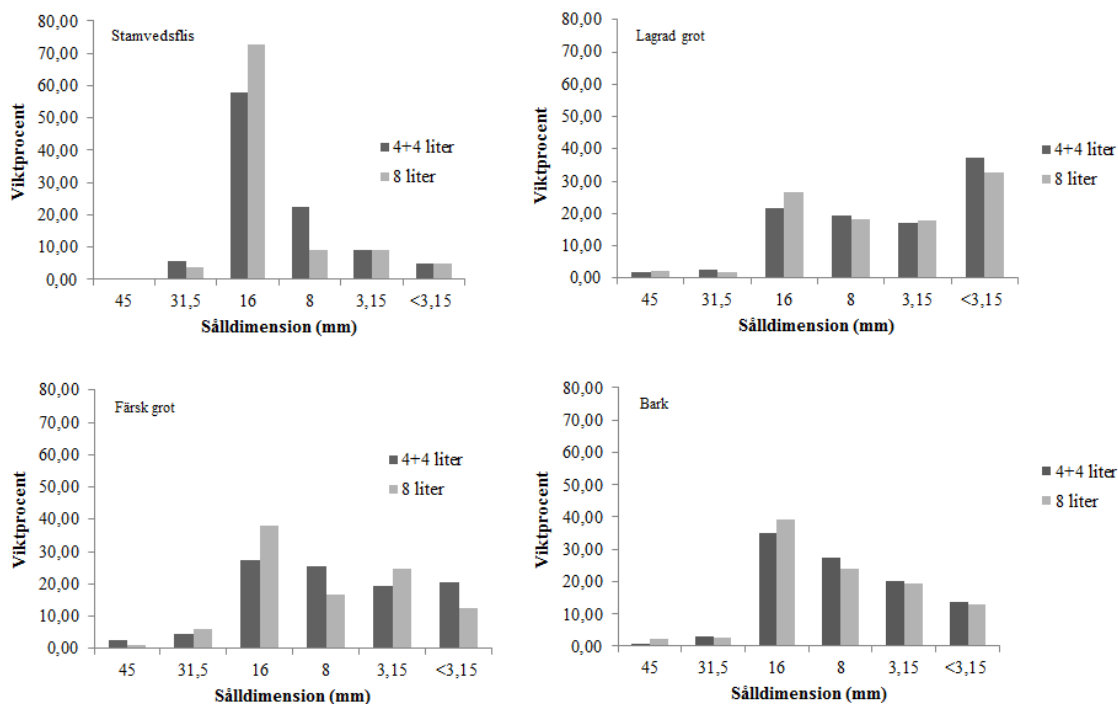
Table 7. A statistical significance test (Student's t-test) for the standard methods SS-EN 15149-1: 2010 and SCAN-CM 40:1 for the selections stemwood chips, fresh residues from felling, stored residues from felling and bark after 15 minutes of sieving.

| Sortiment | Stamvedsflis | | Färsk grot | | Lagrad grot | | Bark | |
|-----------|--------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----------|
| | t-test | t-kritisk | t-test | t-kritisk | t-test | t-kritisk | t-test | t-kritisk |
| Såll (mm) | | | | | | | | |
| 45 | 1,14 | 4,30 | 0,44 | 4,30 | 3,22 | 4,30 | 1,88 | 4,30 |
| 31,5 | -0,96 | 4,30 | 2,16 | 4,30 | -1,42 | 4,30 | 1,12 | 4,30 |
| 16 | 28,27 | 4,30 | 15,42 | 4,30 | 7,67 | 4,30 | 17,61 | 4,30 |
| 8 | -29,11 | 4,30 | -10,99 | 4,30 | -2,70 | 4,30 | -12,31 | 4,30 |
| 3,15 | -8,27 | 4,30 | -2,05 | 4,30 | -4,31 | 4,30 | -7,88 | 4,30 |
| <3,15 | 0,34 | 4,30 | -10,05 | 4,30 | -2,40 | 4,30 | 0,00 | 4,30 |

Vidare gav resultaten från variansberäkningarna av F-test vid jämförelse mellan standardmetoderna en signifikant skillnad för sålldimensionerna 45-, 16- samt 8 mm. Resultaten från beräkningar av signifikanstester (Student's t-test) vid jämförelse av 10 respektive 15 minuter, för samtliga sortiment, visade att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan tiderna för de båda standardmetoderna. Detta indikerar att sålldimensionerna, efter 10 minuters sållning, accepterat vad som kan ta sig igenom respektive sållhål. I bilaga 3 återfinns samtliga beräkningar för dessa signifikanstester.

3.2 Sållning med halverad provmängd

I Figur 9 redovisas resultat från en kompletterande sållning med samtliga sortiment för standardmetod SS-EN 15149-1:2010. Värdena är tagna efter 15 minuters sållning. Summan av de halverade provmängderna (4+4 liter) för varje sortiment jämförs med respektive sållning med full provmängd (8 liter). En tydlig trend är att andelen provmaterial minskar vid försök med halverad provmängd för sålldimensionerna 16 mm. Samtidigt ökar mängden provmaterial för sålldimensionerna 8 mm vid samma provmängd. I det kompletterande försöket för sortimentet stamvedsflis skiljer sig viktprocenten med 15,1 % för sålldimension 16 mm. Andelen finmaterial för sålldimensionerna 3,15 mm samt <3,15 mm har en liten skillnad på 0,23 % respektive 0,06 %.



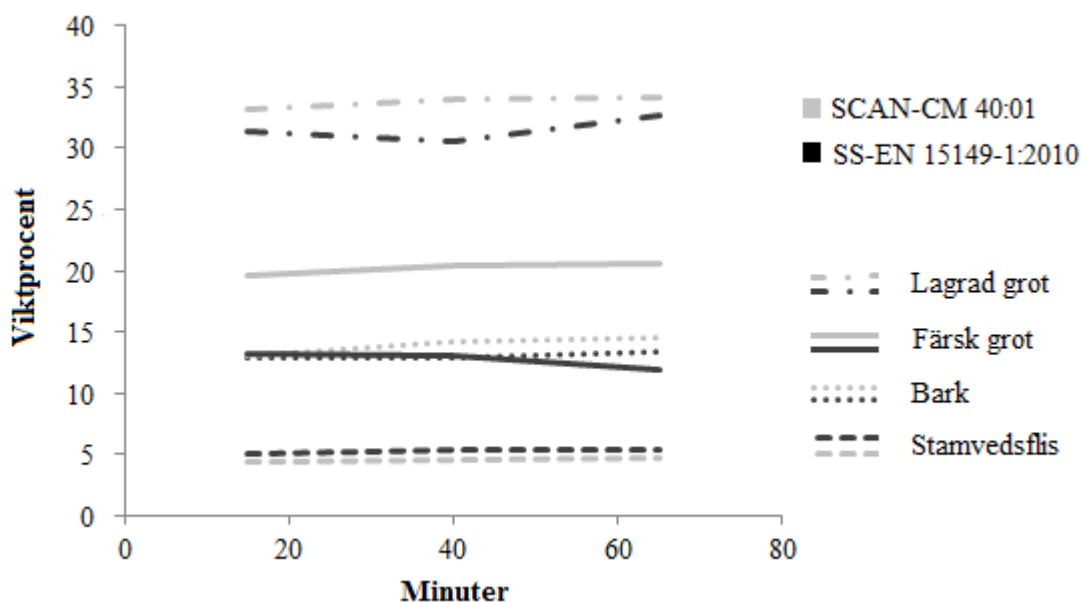
Figur 9. Jämförelse av sållningsresultat vid provstorlek på åtta respektive fyra liter för sortimenten stamvedsflis, bark, färsk grot samt lagrad grot för standardmetod SS-EN 15149-1:2010. Värdena är tagna efter 15 minuters sållning vid provmängder på 8- respektive 4 liter.

Figure 9. A comparison of sieving results with sample sizes of eight and four liters for the selections stemwood chips, bark, fresh residues from felling and stored residues from felling for standard method SS-EN 15149-1:2010. The values were taken after 15 minutes of sieving.

Störst variation av provviktsfördelning bland sålldimensionerna föreligger för sortimentet färsk grot. Vid försöket med halverad provmängd ökar provmängden för sålldimensionerna 8 mm och <3,15 mm med 8,8 % respektive 7,8 %. Vidare för sålldimension 3,15 mm minskar provmängden med 5,4 %. För sortimentet lagrad grot skiljer viktprocenten 4,9 % samt 4,6 % för sålldimension 16 mm respektive <3,15 mm. Utöver dessa avvikelser är fördelningen av provvikter jämnt fördelad över samtliga sålldimensioner. Trenden för provviktsfördelningen mellan sålldimensionerna skiljer sig åt för sortimentet bark i förhållande till övriga sortiment. För sålldimension 31,5 mm ökar andel provmaterial med 14,7 % för körning med halverad provmängd. Vidare minskar mängden provmaterial för sålldimension <3,15 mm med 7,1 % (Figur 9).

3.3 Olika sålltider

Generellt ökar mängden viktprocent av finfraktion (<3,15 mm) vid ökad sållningstid (15-65 minuter) för samtliga sortiment (Figur 10). Ökningen är dock enbart med någon procentenhet för samtliga sortiment. Undantag för ökning gäller för sortimentet färsk grot som minskar med 1,2 % med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 (Figur 10).



Figur 10. En graf över hur andelen viktprocent av finfraktion för sortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark förändras vid olika sålltider. Procentvikterna för de båda standardmetoderna (SCAN-CM 40:01 och SS-EN 15149-1:2010) är tagna för sålldimension <3.15 mm.

Figure 10. A graph of the amount of weight percent of fine fractions for the assortments stemwood, fresh residues from felling, stored residues from felling and bark change at different screening times. The percentage weights of the two standard methods (SCAN-CM 40:01 and EN 15149-1:2010) were taken for sieve size <3.15 mm.

4. Diskussion

4.1 Resultat

Fukthalten för samtliga sortiment vid sållningstillfället var 6-7 % vilka anses ha legat på en acceptabel nivå enligt de båda standarderna samt enligt ämneslitteraturen. Enligt de båda standarderna, SS-EN 15149-1:2010 och SCAN-CM 40:01, skall godkända prover hålla fukthalter understigande 20 %. Strindberg (1984) konstaterar i en studie att fukthalter på bränsleprov bör ligga mellan 10-20 % för att undvika felkällor vid sållning av bränsleflis. Fukthalter på 30-40 % visade sig vid sållning medföra en minskning av finpartiklar på 2-3 % som ett resultat av att mindre partiklar vidhäftades på större partiklar. Prover med fukthalter understigande 10 % ansågs vidare kunna vara mer fragila och riskera att lättare slås sönder vid sållning. Detta framkom även i en studie av Hartman et al. (2005) som också menade att sönderläggningen skulle generera en större mängd finmaterial vid sållning. I denna studie kan noteras att provmaterialen höll en fukthalt understigande 10 % vilket vidare kan innebära att mer finmaterial producerats. Det anses därför vara av vikt att kontrollera provmaterials fukthalt innan sållning påbörjas för att på så sätt kunna justera den till en rekommenderad fukthalt. Dock anses inte den låga fukthalten i den här studien ha varit ett bekymmer då mätningar av hur mängden finmaterial påverkats vid olika sållningstider gjorts. Resultaten från sållningarna av samtliga sortiment visade att andelen finmaterial (<3,15 mm) i genomsnitt ökade med 1,4 procentenheter efter 75 minuters sållning. Sortimenten kan utifrån det sägas ha haft en låg nötningsbenägenhet vilket i sin tur inte är utmärkande för ett fragilt sortiment. I studien av Strindberg (1984) framkom istället att ökad sållningstid genererar mer finmaterial vid sållning av grot och lövvedsflis men detta överensstämde följaktligen inte med denna studie.

Skulle sållning av bränsleflis påbörjas i stor skala rekommenderas att provmaterial torkas i torkskåp för att effektivisera torkningsprocessen. Enligt mätningar av Strindberg (1984) går torkningsprocessen fem gånger snabbare i ett torkskåp inställt på 70 °C än om prover torkas i rumstemperatur (25°C).

I en annan studie av Strindberg (1985) diskuteras hur andelen finpartiklar för ett träbränsle redan grundläggs vid sönderdelningsmetoden. För material som krossas erhålls mer finmaterial medan material som flisas erhåller en lägre andel. Bränslesortiment visade sig också vara av betydelse för mängden erhållen finfraktion vid sållning. Flis av rundved (stamvedsflis) samt färska hyggesrester (färsk grot) visade sig innehålla mindre finmaterial jämfört med sortimentet lagrad grot. I resultatet från denna studie erhöll sortimentet lagrad grot en finfraktionsandel (<3,15 mm) på drygt 30 % efter 15 minuters sållning. Denna erhållna mängd liknade den mängd som Strindberg (1985) erhöll i sitt försök med samma sortiment. Lagringstiden för sortiment har enligt Nilsson (1999) också visat sig påverka materialets finfraktionsandel. Längre lagringstider genererar mer finmaterial på grund av mikrobiell nedbrytning. Denna är i sin tur kopplad till väderförhållanden, där nedbrytningen går allt snabbare på sommarhalvåret jämfört med på vinterhalvåret (Nilsson 1999). Strindberg (1984) hävdade i sin studie att det inte går att förvänta sig någon större noggrannhet vid bestämning av fraktionsfördelning för träbränsle på grund av dess heterogenitet. Han menade vidare att variationerna redan grundlades vid provtagningen och accentuerades ytterligare genom den mångfald av partikelformer som sammansatte provet. Detta var dock inget problem för denna studie då försöket gick ut på att jämföra två

standardmetoder och inte på att fastställa ett materials fraktionsfördelning. I praktiken är dock Strindbergs åsikter av betydelse eftersom ett representativt prov då kommer att vara en grundförutsättning för att sällningen skall kunna generera en rättvisande bild av materialets fraktionsfördelning.

Resultatet från sällningarna visade att det för samtliga sortiment fanns en signifikant skillnad mellan standardmetoderna för sålldimensionerna 16- och 8 mm. En trolig förklaring till detta är att större partiklar blockerat mindre från att passera sållhålen. Ett sätt att minska denna effekt kan vara genom att installera ett ytterligare såll mellan sålldimensionerna 31,5 mm och 16 mm för att på så sätt minska blockerings-effekten av partiklar. Eventuellt skulle även ett ytterligare såll mellan 16 mm och 8 mm kunna installeras för att minska blockerings-effekten ännu mera. Dock bör då tidsinställningen vid sällning beaktas då längre sålltid kan tänkas behövas för att erhålla en komplett sällning. Ett annat sätt att minska blockerings-effekten kan vara genom att frekvensinställningen anpassas så att samtliga partiklar ständigt är i rörelse vid sällning. I denna studie var frekvensen inställd på 1000 rpm för sortimentet stamvedsflis medan sortimenten lagrad grot, färsk grot samt bark hade en frekvensinställning på 90,9 rpm. Enligt Böhm et al (2004) är det av vikt att den kritiska skakfrekvensen beaktas för att inte en ofullständig sällning skall erhållas. Vid en för lågt inställd skakfrekvens ansågs det kunna innebära att partikelstorleksfördelningen blir kraftigt överskattad. I en studie av Hartmann et al. (2005) fastställdes den kritiska skakfrekvensen till 190 rpm där frekvensen fastställdes genom försök med att sålla ett 2 liters björkflisprov i 15 minuter. I den här studien var det enbart sortimentet stamvedsflis som hade en frekvensinställning överstigande 190 rpm. Detta skulle kunna leda till att frekvensinställningen i denna studie varit för lågt inställd för att en fullständig sällning av övriga sortiment skall ha erhållits. Vidare användes en betydligt större provmängd i denna studie jämfört med studien av Hartmann et al. (2005), som gör att ytterligare tankar väcks om att en ofullständig sällning uppnåtts. Skakfrekvensen av Hartmann et al. (2005) var dessutom framtagen från försök med 2 liters prover vilket gör att den kritiska skakfrekvensen torde varit högre för denna studie då en 4,5 gånger så stor provmängd användes. Misstanken att skakfrekvensen i denna studie satts för lågt kan ytterligare förstärkas genom att jämförelser med rekommendationer rörande kritisk skakfrekvens från Holz Forschung i Österrike görs. Deras rekommendation var att frekvensen succesivt skulle ställas om och öka från 200-300 rpm allt eftersom sällningen pågick. Denna rekommendation om skakfrekvens var alltså dubbelt så hög som den som faktiskt användes i det här försöket.

Utifrån erhållna resultat har tankar väckts om hur en bättre försöksdesign för framtiden kan uppnås. I den här studien har det framkommit att sortimenten inte har en hög nötningsbenägenhet. Vidare har resultaten från den kompletterande sällningen indikerat att en ofullständig sällning varit rådande. Därför anses att en frekvensinställning för manuellt justerbara utrustningar bör ställas in till ett så högt värde på rpm som möjligt för att inte riskera att en ofullständig sällning erhålls. Ämnesstudierna har vidare visat att frekvensinställningar överstigande det ”kritiska värdet” inte påverkar sällningsresultatet vilket stärker motiveringen att ställa in ett högt rpm. Vidare anses en provmängd på 8-10 liter för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 vara för stor i förhållande till standardens sållarea. Detta gäller homogena provmaterial som stamvedsflis. Detta på grund av att skilda provmängder för sålldimensionerna erhöles då jämförelser av sällningar med full- och halverad provmängd gjordes. För dessa jämförelser var samma skakfrekvens (1000 rpm) inställd. Detta leder vidare till att provmängden varit den kritiska orsaken till de spridda fraktionsfördelningarna vid sällning. Enligt studien av Böhm et al. (2005) framkom

det att provmängden inte hade någon betydelse för sållningsresultatet. Dock framhölls att försiktighet bör iaktas vid sållning av större provmängder samt homogena provmaterial då ansamlingar av större partiklar torde kunna blockera mindre partiklar från att passera sållhål. Mot bakgrund av detta anses en mindre provmängd vara lämplig att använda vid sållning för att på så sätt erhålla en mer korrekt bild av fraktionsfördelningen.

Andra faktorer som i ämneslitteraturen framkom kunna påverka sållningsresultaten var fenomenet att partiklar ibland hamnar i en vertikal orientering och på så sätt lyckas passera för små sållhål. Denna tendens kunde vanligen ses då partiklar halvvägs, i vertikal orientering, hängde ut genom sållhålen vid tillfället för vägning av sållfraktioner. Enligt Hartmann et al. (2006) kan detta fenomen leda till problem vid kvalitetsbestämning utifrån önskvärda längdklasser då fraktionsfördelningen är missvisande. Enligt Hartmann et al. (2008) är långa, smala och platta partiklar mest benägna att i vertikal riktning ta sig igenom sållhål vid sållning. Detta kan bekräftas genom att en stor andel barr, som motsvarar den formbeskrivningen, ofta återfanns i bottensållet.

Slutligen kan något om sålltider nämnas. Enligt beräkningarna var det ingen signifikant skillnad mellan 10- och 15 minuters sållning för de båda standardmetoderna. Det innebär att sålldimensionerna accepterat vad som kan ta sig igenom respektive sållhål och inte att en fullständig sållning erhållits. Detta överensstämmer även med studien av Böhm et al. (2004) som kommit fram till att en 15 minuters sållning varit tillräcklig för sållning av biobränsle. Eftersom sortimenten i den här studien inte tenderade att nötas ned vid långa sållningstider samtidigt som en accepterad sållning erhållits efter 15 minuter kan därför sägas att sållningstiden inte visat sig vara en kritisk faktor för fraktionsindelning vid sållning.

4.2 Övriga observationer

Vid insamlandet av data för de båda standardmetoderna upptäcktes svårigheter i att inte förlora provmaterial. Det kritiska momentet för de båda standardmetoderna var i samband med vägning. För standardmetod SS-EN 15149-1:2010 förlorades mest provmaterial till golvet vid upplyftandet av enskilda såll. Detta trots att vågen stod i nära anslutning till sållutrustningen. För standardmetod SCAN-CM 40:01 låg den största svårigheten i att efter sållningen lyckas dra ut sållådorna från skakanordningen. En viss mängd partiklar tenderade att hänga ner genom sållhålen vilket gjorde att utdragandet av underliggande lådor försvårades. I bilaga 4 presenteras en bild för att illustrera denna problematik. Vidare föranledde detta att partiklar i största mån manuellt fick lyftas och flyttas på för att kunna dra ut lådorna. Detta arbete var både besvärligt och tidskrävande. I värsta fall slets partiklar sönder vid utdragandet av lådor vilket gjorde att mer finmaterial skapades samtidigt som en större provförlust erhöles. I Tabell 6 kan denna större provförlust återspeglas då samtliga standardavvikelser för SCAN-CM 40:01 är större än för SS-EN 15149-1:2010. För standardmetod SS-EN 15149-1:2010 undveks problematiken med att dra ut sållådor eftersom sållådorna där är staplade på varandra och kan lyftas ur. Det bör dock tilläggas att dessa felkällor inte utgör en avgörande betydelse för sållningsresultatet då provförlusten aldrig översteg 2 % för de båda standardmetoderna.

Svaga lutningar på maskinutrustningen visade sig vara av stor betydelse vid sållning med standardmetod SS-EN 15149-1:2010. Detta för att provmaterialet ansamlades vid sållkanternas sidor och därmed minskade möjligheten att passera sållhålen om utrustningen inte stod helt rakt. Denna tendens kan verka vara självklar men då fenomenet aldrig

omnämns i standarden kan det vara värt att uppmärksamma. Fenomenet upptäcktes under för-testet då sällning utan lock genomfördes. Vidare kan det också nämnas att den felinställda lutningen var svår att se med blotta ögat. Därför rekommenderas att ett vattenpass används för att regelbundet kontrollera lutningen på utrustningen för att undvika felaktiga sällningsresultat.

4.2.1 Arbetsmiljö

Vid hantering av bränslesortimenten stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark upplevdes ett behov av att använda skyddsutrustning i form av andningsskydd och skyddskläder. Samtliga material, utom stamvedsflis, dammade mycket vid hanteringen som gjorde att andningsvägarna besvärades samtidigt som både händer och kläder blev mycket smutsiga. Särskilt besvärande var det vid provneddelningstillfället då samtliga material hälldes över riffelboxen. Tyvärr gjordes igen mätning av luftburet trädamm under försöket men det hade varit av intresse att veta hur höga värden som uppnåddes. Detta för att enkelt att kunna jämföra värdet med det allmänna gränsvärdet på 2 mg/m^3 (Arbetsmiljöverket 2011) för att därigenom kunna dra slutsatser om användande av skyddsutrustning varit nödvändig eller ej. Det är ställt utom allt tvivel att allt för höga värden uppnåddes vid provneddelningen med riffelboxen samt vid sällningen med standardmetod SCAN-CM 40:01.

Standardmetod SCAN-CM 40:01 visade sig ha en stor nackdel jämfört med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 sett ur en arbetsmiljösynpunkt. Detta för att utrustningen inte utgjorde ett slutet system vid sällning av bränsleflis. Skakanordningen för standardmetod SCAN-CM 40:01 omsluts av ett yttre hölje som vidare inte sluter systemet helt. En glipa på $>1 \text{ dm}$ mellan golvnivån och höljet räcker för att stora mängder trädamm ska hinna bildas vid sällning. Standardmetod SS-EN-15149-1:2010 har istället ett slutet system tack vare att sällådorna staplas på varandra och har ett tillhörande lock. Detta gör att mycket mindre damm bildas vid sällning med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 som därför kan sägas vara bättre ur arbetsmiljösynpunkt. Dessutom blir arbetsbördan mindre vid sällning med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 då mindre tid behöver läggas ner på städning efter varje sällning.

Ett annat gemensamt problem för de båda standardmetoderna är att de förorsakar höga ljudnivåer. Detta föranleder en rekommendation att sällutrustningen antingen bör vara placerad i ett separat rum med god ljudisolering eller att någon form av hörselskydd bör användas. I det här försöket mättes inga ljudnivåer men enligt Arbetsmiljöverket ska ingen ljudstyrkenivå överskridande 85 decibel (dB) uppnås vid en 8 timmars arbetsdag utan att åtgärder skall vidtas (Arbetsmiljöverket 2005). Därför anses att någon form av hörselskydd bör användas i förebyggande syfte då ljudnivåerna upplevdes vara väldigt höga och påfrestande vid sällningarna.

4.2.2 Sällutrustning (Electromagnetic Sieve Shaker BA400N)

Under sällningen med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 uppmärksammades att en del förbättringar med avseende på sällutrustningen (Electromagnetic Sieve Shaker BA400N) kan åstadkommas (Bilaga 5). Till att börja med finns det ingen ram på skakanordningen som sällan kan placeras i för att hållas på plats under själva sällningen. Detta medför att sällan som står staplade på varandra enbart hålls kvar på skakanordningen genom att två muttrar dras åt. Därför skulle en ram som sällan kan ställas i vara ett lämpligt tillägg på utrustningen för att minimera risken att sällan ramlar av vid sällning. Muttrarna är vidare

svåra att skruva fast då ansträngade mycket kraft krävs för att lyckas dra åt dem ordentligt. Detsamma gäller det omvända, att det är svårt att få lös muttrarna bara med handkraft eftersom de sitter så hårt efter sållningen. Ytterligare en brist med muttrarna är att de behöver skruvas upp hela vägen för att både lock och stabilitetsskydd (som sitter ovanpå locket) ska kunna tas av. Detta skruvande av muttrar är sålunda tidsödande. Därför skulle en lättare spännanordning än skruvmuttrar vara att föredra på en sållutrustning. I Böhm et al. (2004) visas en variant till att ha muttrar som liknar en automatisk klämma som förefaller lämpligare (Bilaga 5). Eftersom frekvensinställningen för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 inte är fastställd i standarden kan det vara av fördel om sållocket är tillverkat av ett genomskinligt material istället för av rostfritt stål. Detta skulle medföra att en bättre kvalitetssäkring under sållningen skulle kunna åstadkommas då frekvens- och amplitudinställning löpande skulle kunna justeras utifrån hur provmaterialet ter sig i sållen. Slutligen skulle hela sållutrustningen kunna ställas på en justerbar ställning för att skapa en mer ergonomisk arbetsställning för den som sållar. Står utrustningen direkt på marken resulterar det i många framåtböjningar och lyft från marknivå vilket i längden kan vara en belastning för ryggen. En annan fördel som en justerbar ställning skulle medföra är att denna lättare kunde anpassas efter markens lutningar än om justeringarna görs direkt på utrustningen.

4.2.3 Hantering av barr

Eftersom barr får anses vara en naturlig beståndsdel hos trädbränsle bör barrandelen inte påverka kvalitetsbestämningen negativt vid sållning av bränsleflis. Fria barr tenderar att hamna i bottensållet vid sållning som vidare skulle klassificeras som finfraktion (<3,15mm). Denna klassning anses dock vara felaktig eftersom barr har andra kvalitetsegenskaper som skiljer sig från övrig finfraktion. Exempelvis konstaterades av Strindberg (1984) att askhalten för barr ligger på 6 % medan askhalten på pulverfraktion av trädbränsle ligger kring 16-17 %. Höga askhalter på bränsle är vidare ingen egenskap som eftertraktas av värmeverk. I praktiken bör därför finfraktion separeras från den fria barrandelen för att på så sätt erhålla en bättre relation till den rådande askhalten hos bränslet. En sådan separering beskriver Strindberg (1984) kan erhållas genom att använda en så kallad ”triör”. En triör består av en lutande roterande trumma där det i manteln sitter halvklotformiga instansningar. Konstruktionen gör att finfraktionen följer med trummans rörelse uppåt och vid en viss vinkel kastas ut i en ränna medan de fria barren fortsätter glida utefter trumbotten för att sedan matas ut i trummantelns ända.

4.2.4 Övriga sållmetoder

I ämnesstudier av Hartmann et al. (2006) och Böhm et al. (2004) har jämförelser mellan olika metoder för fraktionsfördelning av biobränslen gjorts. Enligt Böhm et al. (2004) ansågs en- och tvådimensionella sållmetoder vara bättre lämpade för sållning av biobränsle jämfört med tredimensionella då dessa visat sig ge en sämre överrensstämmelse med den faktiska fraktionsfördelningen av provmaterial. I studien av Hartmann et al. (2006) jämfördes 13 olika sållutrustningar där det framkom att bäst mätnoggrannhet erhöles av dynamiska bildbehandlingar. Horisontella sållningsmetoder genererade enbart en tredjedel till hälften av medianvärdet för partiklarnas längdfördelning vilket kan anses vara en väldigt låg överrensstämmelse. Det gemensamma problemet för horisontella- och roterande såll var den vertikala passeringen av partiklar genom sållhål som gjorde att partiklar hamnade i fel sållklasser. Dock ansågs det roterande sållet vara mindre benäget att släppa igenom vertikalt passerande fraktioner. För dynamisk bildbehandling undviks dessa problem men andra problem som känslighet för partikelöverlappningar identifierades. Denna överlappning gjorde vidare att partikelstorleken överskattades.

Mot bakgrund av vad tidigare ämnesstudier kommit fram till anses det både vara aktuellt och av intresse att en standard för optiska mätmetoder godkänns och införs som en svensk standard. Detta för att optiska mätmetoder visat sig ge goda och bättre resultat än traditionella sållmetoder vid fraktionsfördelning av biobränsle.

4.2.5 Fördelar och nackdelar med standardmetoderna - rekommendationer

För standardmetoderna SCAN-CM 40:01 samt SS-EN 15149-1:2010 har en rad för- och nackdelar med respektive sållmetod framkommit då sållning av olika bränslesortiment sker. Skulle en investering i någon av följande standardmetoder bli aktuell kan följande sammanställning av tankar kring respektive sållutrustning beaktas (Tabell 8).

Tabell 8. Sammanställning av för- och nackdelar vid sållning av bränsleflis med standardmetoderna SCAN-CM 40:01 samt SS-EN 15149-1:2010

Table 8. Summary of advantages and disadvantages when sieving wood chips with standard methods SCAN-CM 40:01 and SS-EN 15149-1:2010

| | SCAN-CM 40:01 | SS-EN 15149-1:2010 |
|------------------|---|--|
| Fördelar | <ul style="list-style-type: none"> • Given skakfrekvens³ | <ul style="list-style-type: none"> • Smidig, lätt och mobil¹ • Sållådor lyfts ur² • Slutet system⁴ |
| Nackdelar | <ul style="list-style-type: none"> • Stor, tung och stationär¹ • Sållådor dras ur² • Ej slutet system⁴ • Höga ljudnivåer | <ul style="list-style-type: none"> • Höga ljudnivåer • Ej given skakfrekvens³ • För stora provmängder • Homogena material • Ej genomskinligt sållock • Opraktisk spännanordning |

¹ Finns ett behov av att enkelt kunna flytta på sållutrustningen kan utrustningen för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 vara att föredra. Dock bör lutningen på sållutrustningen löpande kontrolleras, särskilt då sållutrustningen förflyttas, för att undvika fenomenet att prover ansamlas vid kanter längs sållsidorna

² Problem upplevdes med att dra ut sållådor efter varje sållning med standardmetod SCAN-CM 40:01. Detta på grund av att partiklar vertikalt hängde ner genom sållhålen efter avslutad sållning. Problemet undveks med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 då sållen i denna konstruktion lyftes ur, inte drogs. Ur synvinkeln att minska tidsåtgången samt arbetsbördan i samband med sållning kan därför utrustningen för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 vara att föredra.

³ Reproducerbarheten anses vara bättre för standardmetod SCAN-CM 40:01 då en given slaglängd och frekvensinställning finns angivna. För standardmetod SS-EN 15149-1:2010 saknas dessa angivelser vilket gör att ingen garanti finns för att samma inställningar används vid sållningar. Detta skapar vidare en stor osäkerhet kring fraktionsfördelningen vid sållning med standardmetod SS-EN 15149-1:2010. Därför bör samtliga inställningar (frekvens, amplitud, provmängd, rpm, sållningstid etc.) alltid noggrant redovisas för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 för att vidare kunna jämföra olika sållningsresultat. Alternativt skulle en kritisk skakfrekvens för samtliga bränslesortiment för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 kunna fastställas i syfte att minska osäkerheten vid sållning.

⁴ Sett ur en arbetsmiljösynpunkt är standardmetod SS-EN 15149-1:2010 att föredra. Detta på grund av att sållningen sker i ett slutet system. Vid sållning med standardmetod SCAN-CM 40:01 bildas stora dammoln. Dessa moln är ohälsosamma och anstängande att arbeta i då luftvägarna irriteras vid inandning. Dock anses standardmetod SCAN-CM 40:01 kunna modifieras till att bli ett slutet system vilket då skulle innebära att standardmetoderna i det avseendet skulle bli likvärdiga.

Sammantaget kan sägas att ingen av standardmetoderna i dagsläget är optimal för sållning av bränsleflis. Standardmetod SCAN-CM 40:01 anses dock vara en tryggare metod att

använda vid fraktionsfördelning då färre felkällor med avseende på inställningar av utrustning förekommer. Dock måste arbetsmiljön ses över samtidigt som standardmetod SS-EN 15149-1:2010 anses ha potential till att bli en bra sållmetod bara mer preciserade inställningar av utrustningen tillämpas och framtas.

4.3 Behov av framtida studier

För framtiden skulle ett antal områden inom ramen för denna studie kunna fördjupas vidare:

- Utredda behov av förbättrad arbetsmiljö vid sållning av bränsleflis. Detta skulle lämpligen kunna göras genom att jämföra erhållna värden för luftburet trädamm och mäta ljudnivån vid sållning för att sedan jämföra dessa med arbetsmiljöverkets satta gränsvärden.
- Utredda vilka de kritiska skakfrekvensvärdena är för olika bränslesortiment för att erhålla en bättre kvalitetssäkring vid sållning.
- Utredda vilken/vilka faktorer som påverkar benägenheten att partiklar vertikalt passera sållhål som resulterar i en missvisande fraktionsfördelning.
- Utredda hur införandet av ett eller två såll ytterligare påverkar fraktionsutfallet vid sållning med standardmetoderna för att se om skillnaderna mellan metoderna är fortsatt signifikanta eller ej.
- Utredda olika bildbehandlingsmetoder för fraktionsindelning som vidare kan ligga till grund för ett framtagande av en ny svensk standard.

4.4 Slutsats

Studien har visat att sållning med standardmetod SS-EN 15149-1:2010 samt en modifierad version av SCAN-CM 40:01 signifikant skiljer sig åt. Den största skillnaden uppstår i sålldimensionerna 16- och 8 mm för samtliga sortiment (stamvedsflis, färsk grot, lagrad grot samt bark). Den största anledningen till detta tros vara att en för lågt inställd skakfrekvens sattes vid sållningen med SS-EN 15149-1:2010. En annan tänkbar orsak kan vara att för få såll användes vid sållningen som gjorde att partiklarna blockerades på grund av de stora flisansamlingar som bildades i sålldimensionerna 16- och 8 mm. Vidare har studien indikerat att en minskad provmängd i förhållande till sållarea för standardmetod SS-EN 15149-1:2010 gav mer överrensstämmande sållningsresultat jämfört med den modifierade versionen av SCAN-CM 40:01. Långa sållningstider visade sig också ha en minimal påverkan på mängden erhållen finfraktion (<3,15 mm) för samtliga sortiment. Slutligen kan studien, med stöd från ämneslitteraturen, visa fler faktorer som påverkar fraktionsfördelningen vid sållning av bränsleflis:

- Andelen partiklar i vertikal orientering vid sållning
- Materialets fukthalt
- Materialets nötningsbenägenhet
- Provmaterialets homogenitet

Referenser

- Arbetsmiljöverket. (2005). *BULLER: Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Stockholm. (AFS 2005:16).
- Arbetsmiljöverket. (2011). *Hygieniska gränsvärden: Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden*. Stockholm: Anna Maddelman (ISBN 978-91-7939-559-8. ISSN 1650-3163). [Broschyr].
- Bäfver, L. & Renström, C. (2013). *Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv* [Elektronisk] Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport Nr: 805-2013.
- Böhm, T., Hartmann H., Herzog, P., Rabier, F. & Daugbjerg-Jensen, P. (2004). *Report on equipment for size classification and determination of particle dimensions*. BioNorm Task II.3. Contract No.: ENK6-CT-2001-00556. Project No.: NNE5-2001-00158.
- Böhm, T., Hartmann, H. & Haslauer, R. (2005). *Report on sensitivity of size distribution testing to influencing factors – Part 1. Influence of device adjustments, procedures of determination and sample properties*. BioNorm Task II.3. Contract No.: ENK6-CT-2001-00556. Project No.: NNE5-2001-00158.
- Böhm, T. (2006). *Verfahren zur Bestimmung physikalischer Qualitätsmerkmale und des Wassergehaltes biogener Festbrennstoffe. [Metod för bestämning av fysikaliska kvalitetsegenskaper och vatteninnehållet av biogena fasta bränslen]* Diss. München: Technischen Universität.
- Enarson, D.A. & Chan-Yeung, M. (2013). *Characterization of Health Effects of Wood Dust Exposures*. American Journal of Industrial Medicine. Volume 17, Issue 1.
- Eriksson, K. & Liljelind, I. (2000). *Consensus report for wood dust*. In: Scientific basis for Swedish occupational standards XXI, Arbete och Hälsa 2000:22. Stockholm: National Institute of Working Life. pp. 51–71.
- Hartmann, H., Böhm, T., Daugbjerg-Jensen, P., Temmerman, M., Rabier, F. & Golser, M. (2006). *Methods for size classification of wood chips*. Biomass and Bioenergy 30: 944-953.
- Holz Forschung. (2015). *About us*. <http://www.holzforschung.at/ueber-uns-hfa.html?&L=1>[Nerladdad: 2015-03-06].
- Lehtikangas, P. (1999). *Lagringshandbok för trädbränslen*. 2:a upplagan. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. ISBN 91-576-5564-2. Kista snabbtryck AB, Kista.
- Nilsson, P-O. red. (1999). *Energi från skogen*. Sveriges lantbruksuniversitet. SLU Kontakt nr 9. Uppsala. ISBN: 91 576-5692-4
- Scandinavian Pulp, Paper and Board, Testing Committee (2001). *SCAN-CM 40:01*. Stockholm: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee.

- SDC. (2012). Virkesmätning vid värmeverk – resultat från inventering utförd 2012. [Broschyr].
- SDC. (2014a). *SDC:s instruktioner för virkesmätning. Kvalitetsbestämning av trädbränslen.* [Broschyr].
- SDC. (2014b). Mätning av trädbränslen. Uppsala. SDC. [Broschyr].
- SDC. (2014c). Kvalitetsbestämning av cellulosafelis. [Broschyr].
- Skogsstatistisk årsbok. (2013). *11 Trädbränsle.* Skogsstyrelsen. [Broschyr].
- Skogsstyrelsen (2014). *Virkesmätningenslagen.* <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen/Virkesmatningslagen/> [2014-08-15].
- Strindberg, S. (1984). *Bestämning av fraktionsfördelning hos trädbränslen: Analysmetodik.* Stockholm: Sveriges Mekanstandardisering. SMS-rapport 13.
- Strindberg, S. (1985). *Utveckling av befintlig och ny teknik för fraktionering och rensning av skogsbränslen.* Stockholm: Statens energiverk. (SB-86/27).
- Strömberg, B. & Herstad-Svärd, S. (2012). *Anläggnings- och förbränningsteknik 1234: Bränslehandboken 2012.* Stockholm: Värmeforsk (A08-819). [Broschyr].
- Svensk standard. (1993). *Arbetsluft – Partiklar i aerosoler – Bestämning av storleksfördelning.* Utgåva 1. (STD-13782). [Broschyr].
- Svensk standard. (2010). *Solid biofuels – Determination of particle size distribution – Part 1: Oscillating screen method using sieve apertures of 1 mm and above.* Utgåva 1. STD-75921. [Broschyr].
- VMFQbera (2014). *Så funkar det.* <http://www.vmfqbera.se/default.asp?id=4745&ptid=4683&refid=4735> [2014-08-15].
- Whitehead, L.W. (1982). *Health effects of wood dust – relevance for an occupational standard.* Dept. Of Environmental and Industrial Health. The University of Michigan, School of public Health, Ann Arbor, MI 48109. American Industrial Hygiene Association Journal. Volume 43(9):674-8.

Personlig kommunikation

- Hans Weslien (2015). Utvecklingsledare, VMF nord. E-post: Hans.Weslien@vmfnord.se
Tel. 090-778221 [2015-02-03].
- Johan Adolfsson (2015). Utvecklingschef, VMF syd. E-post: Johan.Adolfsson@vmfsyd.se
Tel. 036-341716 [2015-03-17].
- Lars Rosengren (2014). Teknisk support bränsle, Eurofins. E-post: larsrosengren@eurofins.se Tel. +46 (0)104908152 [2014-09-16].

Magnus Haapaniemi (2015). Kontroll och kvalitet, VMF qbera. Epost: magnus.haapaniemi@vmfqbera.se Tel. 023-45685 [2015-03-16].

Monika Steiner (2014). Holz Forschung, Austria. E-post: m.steiner@holzforschung.at Tel. +43-1-7982623-912 [2014-11-06].

Rikard Kalén (2014). Laboratorieingenjör, Belab. E-post: rikard.kalen@belab.nu Tel. 011-157370[2014-09-15].

Vivian Asplund (2014). Laboratoriechef, Bränslelaboratoriet. E-post: vivian.asplund@branslelaboratoriet.se Tel. 090-7868771 [2014-09-12].

Figur

Riffle Boxes (2015) Stainless Steel Riffle Boxes. <http://www.impact-test.com/products/riffles.html#top>). [2015-03-09].

Bilaga 1

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|---------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 5 min | 5 min | 5 min | 5 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Stamvedsflis | 45 mm | 1,47 | 2,46 | 6,07 | 0,58 | 0,12 | 0,01 |
| | 31,5 mm | 4,93 | 0,57 | 0,33 | 4,99 | 1,06 | 1,12 |
| | 16 mm | 72,83 | 2,55 | 6,49 | 41,98 | 1,10 | 1,22 |
| | 8 mm | 8,43 | 0,77 | 0,59 | 35,32 | 0,47 | 0,22 |
| | 3,15 mm | 7,81 | 1,07 | 1,14 | 13,23 | 0,24 | 0,06 |
| | botten | 4,47 | 0,51 | 0,26 | 3,67 | 0,20 | 0,04 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|---------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 10 min | 10 min | 10 min | 10 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Stamvedsflis | 45 mm | 1,40 | 2,34 | 5,49 | 0,32 | 0,34 | 0,12 |
| | 31,5 mm | 4,17 | 0,35 | 0,13 | 4,68 | 0,87 | 0,76 |
| | 16 mm | 70,32 | 2,83 | 7,98 | 39,15 | 0,97 | 0,94 |
| | 8 mm | 10,45 | 1,04 | 1,07 | 36,61 | 0,56 | 0,31 |
| | 3,15 mm | 8,89 | 0,77 | 0,60 | 14,53 | 0,26 | 0,07 |
| | botten | 4,67 | 0,43 | 0,18 | 4,16 | 0,21 | 0,04 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|---------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 15 min | 15 min | 15 min | 15 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Stamvedsflis | 45 mm | 1,40 | 2,34 | 5,49 | 0,32 | 0,34 | 0,11 |
| | 31,5 mm | 3,92 | 0,60 | 0,36 | 4,61 | 0,47 | 0,22 |
| | 16 mm | 69,23 | 3,72 | 13,83 | 37,87 | 0,80 | 0,65 |
| | 8 mm | 11,16 | 1,75 | 3,07 | 37,01 | 0,81 | 0,66 |
| | 3,15 mm | 9,40 | 0,62 | 0,38 | 15,20 | 0,26 | 0,07 |
| | botten | 4,75 | 0,37 | 0,13 | 4,52 | 0,21 | 0,04 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|---------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 25 min | 25 min | 25 min | 25 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Stamvedsflis | 45 mm | 1,39 | 2,34 | 5,47 | 0,32 | 0,34 | 0,12 |
| | 31,5 mm | 3,77 | 0,47 | 0,22 | 4,41 | 0,63 | 0,40 |
| | 16 mm | 64,84 | 4,16 | 17,28 | 36,63 | 0,80 | 0,65 |
| | 8 mm | 14,58 | 2,47 | 6,10 | 37,05 | 0,70 | 0,49 |
| | 3,15 mm | 10,35 | 0,54 | 0,30 | 15,93 | 0,35 | 0,12 |
| | botten | 4,88 | 0,36 | 0,13 | 4,99 | 0,19 | 0,04 |

| | Tid | SS-EN | | | SCAN | | |
|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | | 5 min | 5 min | | 5 min | 5 min | |
| | | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Färsk GROT | 45 mm | 2,46 | 1,18 | 1,40 | 1,66 | 1,57 | 2,46 |
| | 31,5 mm | 4,52 | 2,66 | 7,07 | 2,18 | 0,27 | 0,08 |
| | 16 mm | 49,00 | 7,87 | 62,00 | 22,14 | 1,30 | 1,68 |
| | 8 mm | 11,58 | 5,59 | 31,24 | 31,37 | 0,80 | 0,64 |
| | 3,15 mm | 21,96 | 2,33 | 5,44 | 26,32 | 0,77 | 0,59 |
| | botten | 10,48 | 0,75 | 0,56 | 16,00 | 0,53 | 0,29 |

| | Tid | SS-EN | | | SCAN | | |
|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | | 10 min | 10 min | | 10 min | 10 min | |
| | | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Färsk GROT | 45 mm | 2,07 | 1,48 | 2,19 | 1,52 | 1,73 | 3,00 |
| | 31,5 mm | 3,91 | 2,25 | 5,07 | 1,90 | 0,51 | 0,26 |
| | 16 mm | 45,65 | 8,39 | 70,38 | 20,70 | 1,24 | 1,54 |
| | 8 mm | 13,67 | 6,75 | 45,50 | 30,85 | 0,73 | 0,53 |
| | 3,15 mm | 22,88 | 2,19 | 4,81 | 25,62 | 0,98 | 0,97 |
| | botten | 11,78 | 0,31 | 0,10 | 18,77 | 0,71 | 0,50 |

| | Tid | SS-EN | | | SCAN | | |
|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | | 15 min | 15 min | | 15 min | 15 min | |
| | | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Färsk GROT | 45 mm | 1,94 | 1,41 | 2,00 | 1,53 | 1,74 | 3,01 |
| | 31,5 mm | 3,73 | 2,16 | 4,64 | 1,72 | 0,76 | 0,58 |
| | 16 mm | 43,09 | 7,94 | 63,09 | 20,02 | 1,53 | 2,33 |
| | 8 mm | 14,97 | 7,16 | 51,33 | 30,66 | 0,95 | 0,90 |
| | 3,15 mm | 23,37 | 1,79 | 3,21 | 25,22 | 0,97 | 0,94 |
| | botten | 12,85 | 0,25 | 0,06 | 20,13 | 0,77 | 0,60 |

| | Tid | SS-EN | | | SCAN | | |
|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | | 25 min | 25 min | | 25 min | 25 min | |
| | | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Färsk GROT | 45 mm | 1,79 | 1,18 | 1,39 | 0,89 | 0,76 | 0,58 |
| | 31,5 mm | 3,70 | 2,10 | 4,39 | 1,78 | 1,46 | 2,13 |
| | 16 mm | 39,23 | 7,87 | 62,01 | 19,30 | 0,92 | 0,84 |
| | 8 mm | 17,52 | 7,55 | 57,04 | 29,99 | 0,89 | 0,80 |
| | 3,15 mm | 23,72 | 1,14 | 1,30 | 25,18 | 0,92 | 0,85 |
| | botten | 13,98 | 0,25 | 0,06 | 21,65 | 1,09 | 1,20 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|--------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 5 min | 5 min | 5 min | 5 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Lagrad GROT | 45 mm | 3,60 | 0,95 | 0,91 | 0,40 | 0,11 | 0,01 |
| | 31,5 mm | 3,75 | 0,80 | 0,65 | 4,96 | 1,23 | 1,52 |
| | 16 mm | 27,30 | 1,77 | 3,13 | 20,51 | 2,22 | 4,93 |
| | 8 mm | 18,35 | 0,88 | 0,77 | 20,91 | 0,58 | 0,34 |
| | 3,15 mm | 22,31 | 3,06 | 9,36 | 23,08 | 1,04 | 1,08 |
| | botten | 24,63 | 0,88 | 0,78 | 29,59 | 1,98 | 3,92 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|--------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 10 min | 10 min | 10 min | 10 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Lagrad GROT | 45 mm | 2,96 | 1,50 | 2,26 | 0,28 | 0,27 | 0,07 |
| | 31,5 mm | 3,51 | 1,32 | 1,74 | 4,62 | 0,97 | 0,94 |
| | 16 mm | 26,33 | 1,21 | 1,46 | 18,91 | 2,40 | 5,77 |
| | 8 mm | 19,13 | 0,89 | 0,79 | 20,97 | 0,11 | 0,01 |
| | 3,15 mm | 18,59 | 2,15 | 4,60 | 21,93 | 0,72 | 0,52 |
| | botten | 29,42 | 0,87 | 0,76 | 32,45 | 2,15 | 4,64 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|--------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 15 min | 15 min | 15 min | 15 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Lagrad GROT | 45 mm | 2,96 | 1,50 | 2,25 | 0,28 | 0,27 | 0,07 |
| | 31,5 mm | 3,27 | 1,16 | 1,34 | 4,44 | 0,90 | 0,80 |
| | 16 mm | 25,79 | 1,20 | 1,44 | 18,44 | 2,16 | 4,67 |
| | 8 mm | 18,77 | 0,56 | 0,31 | 20,65 | 0,35 | 0,12 |
| | 3,15 mm | 17,67 | 1,36 | 1,86 | 21,26 | 0,71 | 0,51 |
| | botten | 31,47 | 1,31 | 1,72 | 33,79 | 2,20 | 4,84 |

| | SS-EN | | | SCAN | | | |
|--------------------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| | Tid | 25 min | 25 min | 25 min | 25 min | | |
| | Såll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| Lagrad GROT | 45 mm | 2,44 | 0,66 | 0,44 | 0,28 | 0,27 | 0,07 |
| | 31,5 mm | 3,29 | 1,28 | 1,64 | 3,96 | 1,12 | 1,26 |
| | 16 mm | 25,09 | 1,52 | 2,30 | 18,09 | 2,49 | 6,21 |
| | 8 mm | 18,61 | 0,63 | 0,40 | 20,52 | 0,22 | 0,05 |
| | 3,15 mm | 17,17 | 0,91 | 0,83 | 20,58 | 0,74 | 0,55 |
| | botten | 33,31 | 2,18 | 4,77 | 35,15 | 2,18 | 4,74 |

| | | SS-EN | | | SCAN | | |
|------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| Bark | Tid | 5 min | 5 min | | 5 min | 5 min | |
| | Säll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| | 45 mm | 4,05 | 0,70 | 0,48 | 2,09 | 0,47 | 0,22 |
| | 31,5 mm | 4,72 | 1,87 | 3,51 | 3,78 | 0,58 | 0,34 |
| | 16 mm | 37,06 | 1,72 | 2,96 | 24,70 | 5,25 | 27,54 |
| | 8 mm | 25,60 | 0,22 | 0,05 | 32,44 | 1,14 | 1,30 |
| | 3,15 mm | 15,92 | 1,45 | 2,10 | 23,21 | 0,79 | 0,63 |
| | botten | 12,37 | 0,67 | 0,45 | 11,10 | 0,27 | 0,07 |

| | | SS-EN | | | SCAN | | |
|------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| Bark | Tid | 10 min | 10 min | | 10 min | 10 min | |
| | Säll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| | 45 mm | 3,06 | 0,57 | 0,32 | 1,13 | 0,71 | 0,50 |
| | 31,5 mm | 3,46 | 0,41 | 0,17 | 3,04 | 0,73 | 0,54 |
| | 16 mm | 38,75 | 0,14 | 0,02 | 25,23 | 0,57 | 0,32 |
| | 8 mm | 24,57 | 0,37 | 0,14 | 32,77 | 0,34 | 0,12 |
| | 3,15 mm | 16,98 | 1,76 | 3,10 | 24,05 | 0,80 | 0,63 |
| | botten | 12,93 | 0,82 | 0,67 | 12,43 | 0,36 | 0,13 |

| | | SS-EN | | | SCAN | | |
|------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| Bark | Tid | 15 min | 15 min | | 15 min | 15 min | |
| | Säll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| | 45 mm | 2,64 | 0,77 | 0,59 | 1,24 | 0,52 | 0,28 |
| | 31,5 mm | 3,27 | 0,48 | 0,23 | 2,43 | 0,88 | 0,77 |
| | 16 mm | 38,81 | 0,41 | 0,17 | 24,68 | 1,25 | 1,56 |
| | 8 mm | 23,49 | 0,75 | 0,57 | 32,70 | 0,60 | 0,36 |
| | 3,15 mm | 18,19 | 0,95 | 0,90 | 24,44 | 0,82 | 0,67 |
| | botten | 13,28 | 0,87 | 0,76 | 13,28 | 0,39 | 0,15 |

| | | SS-EN | | | SCAN | | |
|------|---------|------------|-------------------|---------|------------|-------------------|---------|
| Bark | Tid | 25 min | 25 min | | 25 min | 25 min | |
| | Säll | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians | Medelvärde | Standardavvikelse | Varians |
| | 45 mm | 1,86 | 0,85 | 0,72 | 1,06 | 0,43 | 0,19 |
| | 31,5 mm | 3,26 | 0,06 | 0,00 | 2,09 | 0,30 | 0,09 |
| | 16 mm | 38,97 | 0,45 | 0,20 | 23,23 | 1,06 | 1,12 |
| | 8 mm | 22,93 | 0,55 | 0,30 | 32,59 | 0,53 | 0,28 |
| | 3,15 mm | 18,82 | 1,07 | 1,13 | 24,72 | 0,79 | 0,63 |
| | botten | 13,59 | 0,71 | 0,51 | 14,31 | 0,35 | 0,12 |

Bilaga 2

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 5 min | 5 min | 5 min | 5 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,47 | 2,46 | 0,58 | 0,12 | 448,14 | 19,00 | 0,93 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,93 | 0,57 | 4,99 | 1,06 | 3,43 | 19,00 | -0,07 | 4,30 |
| 16 mm | 72,83 | 2,55 | 41,98 | 1,10 | 5,33 | 19,00 | 31,04 | 4,30 |
| 8 mm | 8,43 | 0,77 | 35,32 | 0,47 | 2,73 | 19,00 | -36,43 | 4,30 |
| 3,15 mm | 7,81 | 1,07 | 13,23 | 0,24 | 20,68 | 19,00 | -7,06 | 4,30 |
| botten | 4,47 | 0,51 | 3,67 | 0,20 | 6,18 | 19,00 | 1,17 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 10 min | 10 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,40 | 2,34 | 0,32 | 0,34 | 47,65 | 19,00 | 1,14 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,17 | 0,35 | 4,68 | 0,87 | 6,08 | 19,00 | -0,70 | 4,30 |
| 16 mm | 70,32 | 2,83 | 39,15 | 0,97 | 8,50 | 19,00 | 30,61 | 4,30 |
| 8 mm | 10,45 | 1,04 | 36,61 | 0,56 | 3,47 | 19,00 | -33,48 | 4,30 |
| 3,15 mm | 8,89 | 0,77 | 14,53 | 0,26 | 8,90 | 19,00 | -7,79 | 4,30 |
| botten | 4,67 | 0,43 | 4,16 | 0,21 | 4,26 | 19,00 | 0,75 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,40 | 2,34 | 0,32 | 0,34 | 47,75 | 19,00 | 1,14 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,92 | 0,60 | 4,61 | 0,47 | 1,63 | 19,00 | -0,96 | 4,30 |
| 16 mm | 69,23 | 3,72 | 37,87 | 0,80 | 21,36 | 19,00 | 28,27 | 4,30 |
| 8 mm | 11,16 | 1,75 | 37,01 | 0,81 | 4,64 | 19,00 | -29,11 | 4,30 |
| 3,15 mm | 9,40 | 0,62 | 15,20 | 0,26 | 5,62 | 19,00 | -8,27 | 4,30 |
| botten | 4,75 | 0,37 | 4,52 | 0,21 | 3,02 | 19,00 | 0,34 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 25 min | 25 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,39 | 2,34 | 0,32 | 0,34 | 47,49 | 19,00 | 1,14 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,77 | 0,47 | 4,41 | 0,63 | 1,79 | 19,00 | -0,88 | 4,30 |
| 16 mm | 64,84 | 4,16 | 36,63 | 0,80 | 26,71 | 19,00 | 24,45 | 4,30 |
| 8 mm | 14,58 | 2,47 | 37,05 | 0,70 | 12,55 | 19,00 | -23,20 | 4,30 |
| 3,15 mm | 10,35 | 0,54 | 15,93 | 0,35 | 2,46 | 19,00 | -8,01 | 4,30 |
| botten | 4,88 | 0,36 | 4,99 | 0,19 | 3,55 | 19,00 | -0,17 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 5 min | 5 min | 5 min | 5 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,46 | 1,18 | 1,66 | 1,57 | 1,76 | 19,00 | 0,89 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,52 | 2,66 | 2,18 | 0,27 | 93,50 | 19,00 | 2,38 | 4,30 |
| 16 mm | 49,00 | 7,87 | 22,14 | 1,30 | 36,83 | 19,00 | 18,05 | 4,30 |
| 8 mm | 11,58 | 5,59 | 31,37 | 0,80 | 48,64 | 19,00 | -15,34 | 4,30 |
| 3,15 mm | 21,96 | 2,33 | 26,32 | 0,77 | 9,18 | 19,00 | -4,57 | 4,30 |
| botten | 10,48 | 0,75 | 16,00 | 0,53 | 1,95 | 19,00 | -7,45 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 10 min | 10 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,07 | 1,48 | 1,52 | 1,73 | 1,37 | 19,00 | 0,59 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,91 | 2,25 | 1,90 | 0,51 | 19,47 | 19,00 | 2,15 | 4,30 |
| 16 mm | 45,65 | 8,39 | 20,70 | 1,24 | 45,68 | 19,00 | 16,34 | 4,30 |
| 8 mm | 13,67 | 6,75 | 30,85 | 0,73 | 86,51 | 19,00 | -12,36 | 4,30 |
| 3,15 mm | 22,88 | 2,19 | 25,62 | 0,98 | 4,97 | 19,00 | -2,89 | 4,30 |
| botten | 11,78 | 0,31 | 18,77 | 0,71 | 5,12 | 19,00 | -9,72 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,94 | 1,41 | 1,53 | 1,74 | 1,51 | 19,00 | 0,44 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,73 | 2,16 | 1,72 | 0,76 | 7,98 | 19,00 | 2,16 | 4,30 |
| 16 mm | 43,09 | 7,94 | 20,02 | 1,53 | 27,04 | 19,00 | 15,42 | 4,30 |
| 8 mm | 14,97 | 7,16 | 30,66 | 0,95 | 57,16 | 19,00 | -10,99 | 4,30 |
| 3,15 mm | 23,37 | 1,79 | 25,22 | 0,97 | 3,40 | 19,00 | -2,05 | 4,30 |
| botten | 12,85 | 0,25 | 20,13 | 0,77 | 9,37 | 19,00 | -10,05 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 25 min | 25 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,79 | 1,18 | 0,89 | 0,76 | 2,42 | 19,00 | 1,10 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,70 | 2,10 | 1,78 | 1,46 | 2,06 | 19,00 | 1,99 | 4,30 |
| 16 mm | 39,23 | 7,87 | 19,30 | 0,92 | 73,56 | 19,00 | 13,43 | 4,30 |
| 8 mm | 17,52 | 7,55 | 29,99 | 0,89 | 71,69 | 19,00 | -8,55 | 4,30 |
| 3,15 mm | 23,72 | 1,14 | 25,18 | 0,92 | 1,53 | 19,00 | -1,78 | 4,30 |
| botten | 13,98 | 0,25 | 21,65 | 1,09 | 19,84 | 19,00 | -9,93 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 5 min | 5 min | 5 min | 5 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 3,60 | 0,95 | 0,40 | 0,11 | 71,08 | 19,00 | 4,28 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,75 | 0,80 | 4,96 | 1,23 | 2,35 | 19,00 | -1,46 | 4,30 |
| 16 mm | 27,30 | 1,77 | 20,51 | 2,22 | 1,58 | 19,00 | 6,79 | 4,30 |
| 8 mm | 18,35 | 0,88 | 20,91 | 0,58 | 2,28 | 19,00 | -3,36 | 4,30 |
| 3,15 mm | 22,31 | 3,06 | 23,08 | 1,04 | 8,64 | 19,00 | -0,74 | 4,30 |
| botten | 24,63 | 0,88 | 29,59 | 1,98 | 5,02 | 19,00 | -5,40 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 10 min | 10 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,96 | 1,50 | 0,28 | 0,27 | 32,06 | 19,00 | 3,22 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,51 | 1,32 | 4,62 | 0,97 | 1,85 | 19,00 | -1,30 | 4,30 |
| 16 mm | 26,33 | 1,21 | 18,91 | 2,40 | 3,94 | 19,00 | 7,55 | 4,30 |
| 8 mm | 19,13 | 0,89 | 20,97 | 0,11 | 67,66 | 19,00 | -2,50 | 4,30 |
| 3,15 mm | 18,59 | 2,15 | 21,93 | 0,72 | 8,90 | 19,00 | -3,59 | 4,30 |
| botten | 29,42 | 0,87 | 32,45 | 2,15 | 6,14 | 19,00 | -3,23 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,96 | 1,50 | 0,28 | 0,27 | 32,02 | 19,00 | 3,22 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,27 | 1,16 | 4,44 | 0,90 | 1,67 | 19,00 | -1,42 | 4,30 |
| 16 mm | 25,79 | 1,20 | 18,44 | 2,16 | 3,25 | 19,00 | 7,67 | 4,30 |
| 8 mm | 18,77 | 0,56 | 20,65 | 0,35 | 2,58 | 19,00 | -2,70 | 4,30 |
| 3,15 mm | 17,67 | 1,36 | 21,26 | 0,71 | 3,64 | 19,00 | -4,30 | 4,30 |
| botten | 31,47 | 1,31 | 33,79 | 2,20 | 2,80 | 19,00 | -2,40 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 25 min | 25 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,44 | 0,66 | 0,28 | 0,27 | 6,22 | 19,00 | 3,06 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,29 | 1,28 | 3,96 | 1,12 | 1,30 | 19,00 | -0,79 | 4,30 |
| 16 mm | 25,09 | 1,52 | 18,09 | 2,49 | 2,70 | 19,00 | 6,93 | 4,30 |
| 8 mm | 18,61 | 0,63 | 20,52 | 0,22 | 8,14 | 19,00 | -2,72 | 4,30 |
| 3,15 mm | 17,17 | 0,91 | 20,58 | 0,74 | 1,49 | 19,00 | -4,37 | 4,30 |
| botten | 33,31 | 2,18 | 35,15 | 2,18 | 1,01 | 19,00 | -1,79 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Bark | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 5 min | 5 min | 5 min | 5 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 4,05 | 0,70 | 2,09 | 0,47 | 2,16 | 19,00 | 2,68 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,72 | 1,87 | 3,78 | 0,58 | 10,41 | 19,00 | 1,04 | 4,30 |
| 16 mm | 37,06 | 1,72 | 24,70 | 5,25 | 9,30 | 19,00 | 9,67 | 4,30 |
| 8 mm | 25,60 | 0,22 | 32,44 | 1,14 | 25,81 | 19,00 | -8,77 | 4,30 |
| 3,15 mm | 15,92 | 1,45 | 23,21 | 0,79 | 3,35 | 19,00 | -8,57 | 4,30 |
| botten | 12,37 | 0,67 | 11,10 | 0,27 | 6,05 | 19,00 | 1,79 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Bark | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 10 min | 10 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 3,06 | 0,57 | 1,13 | 0,71 | 1,56 | 19,00 | 2,61 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,46 | 0,41 | 3,04 | 0,73 | 3,25 | 19,00 | 0,58 | 4,30 |
| 16 mm | 38,75 | 0,14 | 25,23 | 0,57 | 16,73 | 19,00 | 19,69 | 4,30 |
| 8 mm | 24,57 | 0,37 | 32,77 | 0,34 | 1,15 | 19,00 | -12,19 | 4,30 |
| 3,15 mm | 16,98 | 1,76 | 24,05 | 0,80 | 4,90 | 19,00 | -7,96 | 4,30 |
| botten | 12,93 | 0,82 | 12,43 | 0,36 | 5,23 | 19,00 | 0,69 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Bark | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,64 | 0,77 | 1,24 | 0,52 | 2,14 | 19,00 | 1,88 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,27 | 0,48 | 2,43 | 0,88 | 3,39 | 19,00 | 1,12 | 4,30 |
| 16 mm | 38,81 | 0,41 | 24,68 | 1,25 | 9,36 | 19,00 | 17,61 | 4,30 |
| 8 mm | 23,49 | 0,75 | 32,70 | 0,60 | 1,59 | 19,00 | -12,31 | 4,30 |
| 3,15 mm | 18,19 | 0,95 | 24,44 | 0,82 | 1,34 | 19,00 | -7,88 | 4,30 |
| botten | 13,28 | 0,87 | 13,28 | 0,39 | 4,99 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |

| Standard | SS-EN | | SCAN | | Sortiment: Bark | | | |
|----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 25 min | 25 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,86 | 0,85 | 1,06 | 0,43 | 3,87 | 19,00 | 1,07 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,26 | 0,06 | 2,09 | 0,30 | 27,33 | 19,00 | 1,83 | 4,30 |
| 16 mm | 38,97 | 0,45 | 23,23 | 1,06 | 5,53 | 19,00 | 20,25 | 4,30 |
| 8 mm | 22,93 | 0,55 | 32,59 | 0,53 | 1,09 | 19,00 | -13,48 | 4,30 |
| 3,15 mm | 18,82 | 1,07 | 24,72 | 0,79 | 1,80 | 19,00 | -7,35 | 4,30 |
| botten | 13,59 | 0,71 | 14,31 | 0,35 | 4,13 | 19,00 | -1,00 | 4,30 |

Bilaga 3

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,40 | 2,34 | 1,40 | 2,34 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,17 | 0,35 | 3,92 | 0,60 | 2,87 | 19,00 | 0,34 | 4,30 |
| 16 mm | 70,32 | 2,83 | 69,23 | 3,72 | 1,73 | 19,00 | 0,92 | 4,30 |
| 8 mm | 10,45 | 1,04 | 11,16 | 1,75 | 2,87 | 19,00 | -0,78 | 4,30 |
| 3,15 mm | 8,89 | 0,77 | 9,40 | 0,62 | 1,57 | 19,00 | -0,68 | 4,30 |
| botten | 4,67 | 0,43 | 4,75 | 0,37 | 1,37 | 19,00 | -0,12 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,40 | 2,34 | 1,39 | 2,34 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,92 | 0,60 | 3,77 | 0,47 | 1,60 | 19,00 | 0,21 | 4,30 |
| 16 mm | 69,23 | 3,72 | 64,84 | 4,16 | 1,25 | 19,00 | 3,41 | 4,30 |
| 8 mm | 11,16 | 1,75 | 14,58 | 2,47 | 1,98 | 19,00 | -3,34 | 4,30 |
| 3,15 mm | 9,40 | 0,62 | 10,35 | 0,54 | 1,28 | 19,00 | -1,30 | 4,30 |
| botten | 4,75 | 0,37 | 4,88 | 0,36 | 1,01 | 19,00 | -0,20 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 0,32 | 0,34 | 0,32 | 0,34 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,68 | 0,87 | 4,61 | 0,47 | 3,45 | 19,00 | 0,10 | 4,30 |
| 16 mm | 39,15 | 0,97 | 37,87 | 0,80 | 1,45 | 19,00 | 1,61 | 4,30 |
| 8 mm | 36,61 | 0,56 | 37,01 | 0,81 | 2,14 | 19,00 | -0,53 | 4,30 |
| 3,15 mm | 14,53 | 0,26 | 15,20 | 0,26 | 1,01 | 19,00 | -1,03 | 4,30 |
| botten | 4,16 | 0,21 | 4,52 | 0,21 | 1,03 | 19,00 | -0,56 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: stamvedsflis | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|--------------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 0,32 | 0,34 | 0,32 | 0,34 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,61 | 0,47 | 4,41 | 0,63 | 1,82 | 19,00 | 0,28 | 4,30 |
| 16 mm | 37,87 | 0,80 | 36,63 | 0,80 | 1,00 | 19,00 | 1,60 | 4,30 |
| 8 mm | 37,01 | 0,81 | 37,05 | 0,70 | 1,36 | 19,00 | -0,05 | 4,30 |
| 3,15 mm | 15,20 | 0,26 | 15,93 | 0,35 | 1,79 | 19,00 | -1,10 | 4,30 |
| botten | 4,52 | 0,21 | 4,99 | 0,19 | 1,19 | 19,00 | -0,74 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,07 | 1,48 | 1,94 | 1,41 | 1,10 | 19,00 | 0,15 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,91 | 2,25 | 3,73 | 2,16 | 1,09 | 19,00 | 0,17 | 4,30 |
| 16 mm | 45,65 | 8,39 | 43,09 | 7,94 | 1,12 | 19,00 | 1,46 | 4,30 |
| 8 mm | 13,67 | 6,75 | 14,97 | 7,16 | 1,13 | 19,00 | -0,80 | 4,30 |
| 3,15 mm | 22,88 | 2,19 | 23,37 | 1,79 | 1,50 | 19,00 | -0,49 | 4,30 |
| botten | 11,78 | 0,31 | 12,85 | 0,25 | 1,54 | 19,00 | -1,62 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,94 | 1,41 | 1,79 | 1,18 | 1,44 | 19,00 | 0,17 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,73 | 2,16 | 3,70 | 2,10 | 1,06 | 19,00 | 0,03 | 4,30 |
| 16 mm | 43,09 | 7,94 | 39,23 | 7,87 | 1,02 | 19,00 | 2,24 | 4,30 |
| 8 mm | 14,97 | 7,16 | 17,52 | 7,55 | 1,11 | 19,00 | -1,52 | 4,30 |
| 3,15 mm | 23,37 | 1,79 | 23,72 | 1,14 | 2,47 | 19,00 | -0,38 | 4,30 |
| botten | 12,85 | 0,25 | 13,98 | 0,25 | 1,06 | 19,00 | -1,75 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,52 | 1,73 | 1,53 | 1,74 | 1,00 | 19,00 | -0,01 | 4,30 |
| 31,5 mm | 1,90 | 0,51 | 1,72 | 0,76 | 2,24 | 19,00 | 0,24 | 4,30 |
| 16 mm | 20,70 | 1,24 | 20,02 | 1,53 | 1,51 | 19,00 | 0,76 | 4,30 |
| 8 mm | 30,85 | 0,73 | 30,66 | 0,95 | 1,71 | 19,00 | 0,24 | 4,30 |
| 3,15 mm | 25,62 | 0,98 | 25,22 | 0,97 | 1,03 | 19,00 | 0,49 | 4,30 |
| botten | 18,77 | 0,71 | 20,13 | 0,77 | 1,19 | 19,00 | -1,78 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: Färsk grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|-----------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Säll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,53 | 1,74 | 0,89 | 0,76 | 5,23 | 19,00 | 0,73 | 4,30 |
| 31,5 mm | 1,72 | 0,76 | 1,78 | 1,46 | 3,66 | 19,00 | -0,07 | 4,30 |
| 16 mm | 20,02 | 1,53 | 19,30 | 0,92 | 2,77 | 19,00 | 0,82 | 4,30 |
| 8 mm | 30,66 | 0,95 | 29,99 | 0,89 | 1,13 | 19,00 | 0,84 | 4,30 |
| 3,15 mm | 25,22 | 0,97 | 25,18 | 0,92 | 1,11 | 19,00 | 0,05 | 4,30 |
| botten | 20,13 | 0,77 | 21,65 | 1,09 | 2,00 | 19,00 | -1,89 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,96 | 1,50 | 2,96 | 1,50 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,51 | 1,32 | 3,27 | 1,16 | 1,30 | 19,00 | 0,28 | 4,30 |
| 16 mm | 26,33 | 1,21 | 25,79 | 1,20 | 1,02 | 19,00 | 0,64 | 4,30 |
| 8 mm | 19,13 | 0,89 | 18,77 | 0,56 | 2,52 | 19,00 | 0,48 | 4,30 |
| 3,15 mm | 18,59 | 2,15 | 17,67 | 1,36 | 2,48 | 19,00 | 0,95 | 4,30 |
| botten | 29,42 | 0,87 | 31,47 | 1,31 | 2,28 | 19,00 | -2,45 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,96 | 1,50 | 2,44 | 0,66 | 5,13 | 19,00 | 0,60 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,27 | 1,16 | 3,29 | 1,28 | 1,22 | 19,00 | -0,01 | 4,30 |
| 16 mm | 25,79 | 1,20 | 25,09 | 1,52 | 1,60 | 19,00 | 0,79 | 4,30 |
| 8 mm | 18,77 | 0,56 | 18,61 | 0,63 | 1,27 | 19,00 | 0,22 | 4,30 |
| 3,15 mm | 17,67 | 1,36 | 17,17 | 0,91 | 2,25 | 19,00 | 0,60 | 4,30 |
| botten | 31,47 | 1,31 | 33,31 | 2,18 | 2,77 | 19,00 | -1,90 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 0,28 | 0,27 | 0,28 | 0,27 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,62 | 0,97 | 4,44 | 0,90 | 1,18 | 19,00 | 0,22 | 4,30 |
| 16 mm | 18,91 | 2,40 | 18,44 | 2,16 | 1,23 | 19,00 | 0,45 | 4,30 |
| 8 mm | 20,97 | 0,11 | 20,65 | 0,35 | 10,41 | 19,00 | 0,49 | 4,30 |
| 3,15 mm | 21,93 | 0,72 | 21,26 | 0,71 | 1,01 | 19,00 | 0,88 | 4,30 |
| botten | 32,45 | 2,15 | 33,79 | 2,20 | 1,04 | 19,00 | -1,31 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: Lagrad grot | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 0,28 | 0,27 | 0,28 | 0,27 | 1,00 | 19,00 | 0,00 | 4,30 |
| 31,5 mm | 4,44 | 0,90 | 3,96 | 1,12 | 1,57 | 19,00 | 0,58 | 4,30 |
| 16 mm | 18,44 | 2,16 | 18,09 | 2,49 | 1,33 | 19,00 | 0,33 | 4,30 |
| 8 mm | 20,65 | 0,35 | 20,52 | 0,22 | 2,48 | 19,00 | 0,21 | 4,30 |
| 3,15 mm | 21,26 | 0,71 | 20,58 | 0,74 | 1,08 | 19,00 | 0,90 | 4,30 |
| botten | 33,79 | 2,20 | 35,15 | 2,18 | 1,02 | 19,00 | -1,32 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: Bark | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 3,06 | 0,57 | 2,64 | 0,77 | 1,83 | 19,00 | 0,56 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,46 | 0,41 | 3,27 | 0,48 | 1,38 | 19,00 | 0,27 | 4,30 |
| 16 mm | 38,75 | 0,14 | 38,81 | 0,41 | 8,65 | 19,00 | -0,09 | 4,30 |
| 8 mm | 24,57 | 0,37 | 23,49 | 0,75 | 4,16 | 19,00 | 1,48 | 4,30 |
| 3,15 mm | 16,98 | 1,76 | 18,19 | 0,95 | 3,45 | 19,00 | -1,35 | 4,30 |
| botten | 12,93 | 0,82 | 13,28 | 0,87 | 1,13 | 19,00 | -0,44 | 4,30 |

| Standard: | SS-EN | | SS-EN | | Sortiment: Bark | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 2,64 | 0,77 | 1,86 | 0,85 | 1,22 | 19,00 | 1,01 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,27 | 0,48 | 3,26 | 0,06 | 69,25 | 19,00 | 0,03 | 4,30 |
| 16 mm | 38,81 | 0,41 | 38,97 | 0,45 | 1,21 | 19,00 | -0,23 | 4,30 |
| 8 mm | 23,49 | 0,75 | 22,93 | 0,55 | 1,87 | 19,00 | 0,75 | 4,30 |
| 3,15 mm | 18,19 | 0,95 | 18,82 | 1,07 | 1,26 | 19,00 | -0,77 | 4,30 |
| botten | 13,28 | 0,87 | 13,59 | 0,71 | 1,49 | 19,00 | -0,40 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: Bark | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 10 min | 10 min | 15 min | 15 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,13 | 0,71 | 1,24 | 0,52 | 1,83 | 19,00 | -0,15 | 4,30 |
| 31,5 mm | 3,04 | 0,73 | 2,43 | 0,88 | 1,44 | 19,00 | 0,78 | 4,30 |
| 16 mm | 25,23 | 0,57 | 24,68 | 1,25 | 4,84 | 19,00 | 0,68 | 4,30 |
| 8 mm | 32,77 | 0,34 | 32,70 | 0,60 | 3,00 | 19,00 | 0,09 | 4,30 |
| 3,15 mm | 24,05 | 0,80 | 24,44 | 0,82 | 1,06 | 19,00 | -0,49 | 4,30 |
| botten | 12,43 | 0,36 | 13,28 | 0,39 | 1,19 | 19,00 | -1,25 | 4,30 |

| Standard: | SCAN | | SCAN | | Sortiment: Bark | | | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|------------------------|-----------|--------|------------|
| Tid | 15 min | 15 min | 25 min | 25 min | | | | |
| Såll | Medelv.* | Stdv.** | Medelv.* | Stdv.** | F-test | F-kritisk | t-test | t-kristisk |
| 45 mm | 1,24 | 0,52 | 1,06 | 0,43 | 1,48 | 19,00 | 0,26 | 4,30 |
| 31,5 mm | 2,43 | 0,88 | 2,09 | 0,30 | 8,60 | 19,00 | 0,46 | 4,30 |
| 16 mm | 24,68 | 1,25 | 23,23 | 1,06 | 1,40 | 19,00 | 1,72 | 4,30 |
| 8 mm | 32,70 | 0,60 | 32,59 | 0,53 | 1,27 | 19,00 | 0,16 | 4,30 |
| 3,15 mm | 24,44 | 0,82 | 24,72 | 0,79 | 1,06 | 19,00 | -0,37 | 4,30 |
| botten | 13,28 | 0,39 | 14,31 | 0,35 | 1,24 | 19,00 | -1,53 | 4,30 |

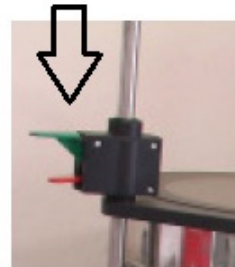
Bilaga 4



Bilaga 5



Automatisk klämma



Figur: Böhm et al. (2004)

Mutter som är svår
att vrida fast och
vrida lös

Botten på
skakutrusningen som
saknar en ram som
sållen kan ställas i