

Betalningsgrundande eller betalningsstödjande virkesmätning med skördare

Cut-To-Length harvester measurements for roundwood payment to forest owners or for supporting industrial pile measurements



FOTON: SKOGFORSK VIRKESVÄRDETEST 2016



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

©Skogforsk 2019 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport redovisar resultaten från projektet ”Betalningsgrundande och betalningsstödjande virkesmätning med skördare”. Projektet har finansierats med stöd av Brattås-stiftelsen och Rundvirkesstiftelsen baserat på stiftelsernas särskilda utlysning av medel för ”Forskning och utveckling inom området virkesmätning”. Det här projektet har drivits parallellt med projektet ”Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave” som också finansierats med medel från samma utlysning. En del av datainsamlingen har kunnat utnyttjas för båda projekten medan andra delar är specifika. Bl.a. har ett antal skogsföretag och skördarlag som arbetat på uppdrag av företagen bidragit med detaljerade mätdata liksom SDC/VMF Nord, Qbera och Syd sedan 1 januari 2019 fusionerade till Biometria. Författarna vill rikta vårt varma tack till de finansierande stiftelserna och alla som bidragit till tester, datainsamling och datasammanställningar, i dåvarande RMR/SDC och i projektreferensgruppen.

Vi vill också rikta ett speciellt tack till bildmätningssentralen i Östersund som ställt upp och gjort praktiska tester och till Biometria som sammanställt standardiserade skördarproduktionsdatafiler med inmättningsdata, liksom kvalitets- och kontrollmättningsdata från skördare.

I projektgruppen har Johan J Möller, John Arlinger och undertecknad deltagit. Dessutom har Ingemar Eriksson, Forbis, Jon Söderberg och Karin Ågren, Skogforsk bidragit genom sina delar i arbetet med att utveckla Skogforsks skördardatabas samt bidragit till arbetet med att kombinera skördardata och travmättningsdata från Biometria. Vidare har Gunnar Jansson och Maria Nordström, båda Skogforsk, samt Anders Bjurulf, Optima wood, bidragit med sammanställningar av data från Virkesmättningsföreningarnas trav- och kontrollmätningar samt värdefulla synpunkter och diskussioner för genomförandet av arbetet. Stort tack även till Lars Björklund Biometria (tidigare SDC/VMU), samt Håkan Rönnbäck och Jacob Edlund VMK (Virkesmättningskontroll), för värdefulla synpunkter på manuskriptet.

Utöver innehållet i den preliminära utgåvan av denna rapport har bilagorna 3 och 4 tillförts. Bilaga 3 med detaljer från analysen av travmätning med bild och skördarinformation i olika kombinationer, samt bilaga 4 med detaljer från utvecklingen av några nya modeller för betalningsstödjande skördarmätning.

Uppsala, november 2019

Lars Wilhelmsson
Projektledare

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Abstract	9
Bakgrund och syfte	11
Fördelar och möjligheter med skördarmätning och skördarinformation	13
Delprojekt 1. Betalningsgrundande skördarmätning	16
Mål	16
Effektmål	16
Material & metoder	17
Resultat & diskussion	17
Analys av mätnoggrannhet för skördarmätt stamvolym baserad på revisorsdata från topp-/rotmätning under bark	17
Resultat mätnoggrannhet för stockdata per objekt	21
Diskussion kontroll och mätnoggrannhet	24
Förslag till statistisk analys och funktion för löpande identifikation av kalibreringsbehov	24
Slutsatser för tillämpning av betalningsgrundande skördarmätning	25
Delprojekt 2. Skördardata som stöd för travmätning/ kollektivmätning av virke	27
Mål	27
Effektmål	27
Material och metoder – Inledning	27
Ingående moment	27
Delprojekt 2A. Framtagande av prototypprogram som stöd för bedömning av vedvolymprocent	28
Resultat	31
Delprojekt 2B. Praktiskt test och justering av programmet Virkesmätningsstöd	32
Resultat och diskussion - inledande praktiskt test	34
Vedvolymprocent	34
Medellängd för stockar	35
Delprojekt 2C. Fallstudie – Analys av mätprecision vid bildmätning med och utan skördardata – praktiskt test tillsammans med VMF Nord	36
Material och metoder	36
Resultat	36
Längd	36
Volym	39
Mätarnas synpunkter	39
Sammanfattning av travmätning i bild och skördarstöd	41
Delprojekt 2D. Övergripande analys av statistiska samband mellan skördardata och vedvolymprocenter för vidareutvecklat betalningsstöd	42
Resultat	45
Några viktiga begrepp och definitioner	48

Referenser.....	52
Ytterligare relevanta publikationer som inte refereras direkt i denna rapport.....	54
Bilaga 1. Beskrivning av kontroll av skördarnas mätning	55
M1 skördarmätta volymer	55
M2 Egenkontroll av skördarnas mätning.....	55
M3 Revisionsmätning av egenkontroll.....	56
Bilaga 2. Frågor att diskutera.....	58
Bilaga 3. Fördelningsplottar för effekter av olika beräknings- och bedömningsstöd från skördarinformation bearbetad enligt SDCs bedömningstabell för travmätning i bild	59
Bilaga 4. Statistisk analys av skördardata som betalningsstöd	62
Prediktion av vedvolymprocent per trave BarrMassaved.....	63
Prediktion av bruttovolym per trave BarrMassaved.....	67
Prediktion av vedvolymprocent per trave GranMassaved.....	79
Prediktion av bruttovolym per trave GranMassaved.....	83
Plottar BarrMassaved	89
Plottar GranMassaved	91

Sammanfattning

Engrepsskördare står idag för nästan all kommersiell skörd av virke i Sverige, i våra nordiska grannländer och på många andra håll i världen där kortvirkesmetoden tillämpas. Maskinernas mät- och produktionsstyrningssystem har utvecklats för att klara de allt mer detaljerade krav på dimensionsanpassat (diameter och längd) timmer som kommer från många sågverkskunder. Samtidigt har standardiseringen av informationsflöden från skördare vidareutvecklats och stöttats av standarden för kommunikation med skogsmaskiner (StanForD). Den inkluderar informationsstöd för att sköta underhåll och kalibrering av mätsystem, liksom stöd för kvalitetssäkrings- och certifieringsrutiner med egenkontroll och revision. Motiven för den här utvecklingen har främst varit ökade behov och möjligheter för produktionsstyrning i skogen och industrin, och informationsstöd till effektivare logistiklösningar. Med den noggrannhet och säkerhet som har byggts upp för moderna skördare och tillhörande informationssystem är det naturligt att intresset för att använda tekniken för betalningsgrundande eller betalningsstödjande virkesmätning har ökat. Till detta kommer att betalningsgrundande virkesmätning varit den helt dominerande mätmetoden för ersättning vid virkeshandel mellan privata skogsägare och köpande industri i Finland i mer än 20 år. Under de senaste åren har virkesmätning med skördare som betalningsgrund för det primära handelsledet mellan skogsägare och virkesköpande organisationer i Sverige ökat från ca 200 objekt/år 2013 till ca 1000 objekt 2016. Detta (2016) motsvarade ca 1,1 miljoner fastkubikmeter under bark ($m^3\text{fub}$) eller 1,5 procent av nettoårsavverkningen. Tillkommande statistik för andelen betalningsgrundande skördarmätning indikerar 2,1 procent 2017 och 1,9 procent 2018.

I Sverige rapporterar idag de flesta skördare sin detaljerade produktion (enskilda stammars och stockars dimensioner, uppdelning på sortiment efter automatiska och förarstyrda beslut) till Biometria (tidigare SDC) enligt standarden för kommunikation med skogsmaskiner (StanForD). Den nya versionen av standarden, StanForD 2010, införs nu i snabb takt. Hösten 2019 rapporterade ca 1300 skördare regelbundet kvalitetskontrolldata (ktr eller hcq) till Biometria. Av dessa hade 525 skördare certifierats och driftsats enligt kraven för betalningsgrundande skördarmätning som tagits fram av Skogforsk och skogsbruket på uppdrag av och i samarbete med Biometria. Systemet inkluderar regelbunden egenkontroll av diameter- och längdmätning.

Projektet ”Betalningsgrundande eller betalningsstödjande virkesmätning med skördare” har haft syftet att lyfta fram och analysera potentialen för att utnyttja skördarmätning med målet att kunna förbättra och effektivisera betalningsgrundande virkesmätning vid överlåtelser i det primära handelsledet (skogsägare till virkesköpande organisationer).

Resultaten visar att maskinmätt volym (M1-sektionsmätning, omräknat till under bark=ub) och referensmetoden topp/rotmätning (ub) har hög genomsnittlig överensstämmelse och ca 4 procent standardavvikelse för enskilda stammar. Skördare som certifierats och godkänts för betalningsgrundande skördarmätning med fungerande rotdelfunktion (SPP) och Skogforsks barkfunktioner uppvisade obetydliga systematiska fel. Den stora grupp undersökta skördare som inte arbetat med betalningsgrundande mätning uppvisade däremot i många fall ett negativt systematiskt fel på 1-3 procent i volym främst på grund av att de inte använt den rekommenderade rotdelfunktionen. Felen ökade även något för de maskiner som inte implementerat rätt barkfunktioner. Resultaten visar vidare att noggrannheten för diameter- och längdmätningen i meterssektioner var hög, där maskinens mått (M1-sektion på bark), egenkontrollen (M2-sektion, pb) och revisionskontroll (M3-sektion, pb) jämfördes. Standardavvikelsen för stockvolym (pb) var

3,4 – 4,4 procent beroende på träslag och skördarkategori. De lägsta avvikelserna beräknades från skördare som hade arbetat med betalningsgrundande skördarmätning. De systematiska felen var mellan 0 och -1,1 procent. Resultaten indikerar att betalningsgrundande mätning med kvalitetssäkrade och godkända skördare, rätt hanterade och underhållna, samt tredjepartsreviderade kan ge mycket bra och pålitlig betalningsgrundande mätning. Metoden håller avsevärt högre noggrannhet än travmätning och olika stickprovsmetoder för timmer, men inte lika hög som välskötta moderna röntgen- och 3D-mätningar vid sågverk.

I en systematiskt genomförd fallstudie med betalningsstödande skördarmätning jämfördes ordinarie mät rutin (a) för travmätning i bild, med att lägga till skördardataberäknad (Medelvärden per virkesorder) medellängd, medeldiameter, vedvolymprocent enligt ett utvecklat program "Virkesmättningsstöd" (Baserat på SDC:s hjälptabell) och avverkningsdatum som stöd för motsvarande bedömningar av travarna (a_s). Vidare jämfördes resultatet av att istället ersätta de bedömda värdena med beräknad medelstocklängd och vedvolymprocent på virkesordernivå (b) kombinerat med bildmätarnas bedömning av travhöjd och ev. avvikelser i lastbredd mellan stöttorna. Vid inbördes jämförelse mellan de undersökta mätmetodernas avvikelser från kontrollmätning av de totalt 42 ingående travarna i försöket gav mätarnas rutinmässiga travmätning (a) något lägre standardavvikelse, medan byte från bedömd till skördarberäknad stocklängd och vedvolymprocent (b) gav ett relativt sett något lägre systematiskt fel. Skördardata presenterat som ett rent bedömningsstöd (a_s), men där mätarna ändå bestämde stocklängd och vedvolymprocent, gav ingen påtaglig förbättring av mätresultatet för enskilda travar. Tre av de fyra mätarna som ingick i studien tyckte inte att skördarinformationen på virkesordernivå hjälpte dem eftersom de bedömer enskilda travar. Den fjärde mätaren tog dock hjälp av beräknad stocklängd och barktjocklek från skördardata och beskrev att det skulle vara intressant att sammanställa effekterna av arbetssättet genom att kontrollera inmätningens resultatet för ett antal hela virkesorder. Detta var dock inte möjligt inom ramarna för denna studie, men vi antar att en korrekt medelstocklängd kan ge underlag till minskat systematiskt fel på virkesordernivå. Ett medelvärde av mätarnas ordinarie volymskattning och skördarberäknad, medelstocklängd och vedvolymprocent $(a+b/2)$ multiplicerad med mätarnas höjdsfattning gav ett något bättre resultat vad avser både minskat systematiskt fel och lägre standardavvikelse än (a).

Som ett tredje steg i projektet genomfördes en analys och modellutveckling för beräkning av vedvolymprocent med stöd av skördardata utan koppling till SDC:s hjälptabell. Där analyserades statistiskt säkerställda samband mellan information från standardiserade skördarproduktionsfiler (hpr-filer, StanForD 2010) och vedvolymprocent i kombination med beräknad medelstocklängd bedömd medelhöjd och bredd mellan lastbilsstöttorna. Denna analys genomfördes baserat på VMF-Nords ordinarie trav och kontrollmättningsdata från olika mätplatser. Arbetet syftade till att pröva möjligheterna att prediktera vedvolymprocent och bruttovolym med nya linjära modeller baserat på bearbetade skördardata från ordinarie hpr-filer (StanFord 2010) och virkesmätarens eller ett kamerasystems bestämning av aktuell traves höjd, bredden mellan laststöttorna (tvärs traven) och bedömd travlängd alternativt skördarmedelvärde för vedens längd. Bäst prediktionsresultat uppnåddes med statistiska mått (varianser och/eller medelvärden) för stocklängd, stockvolym, stock nummer från rot, samt skördardatabestämd genomsnittlig brösthöjdsdiameter och övre höjd för aktuellt objekt. Modellerna reducerade medelfelet för enskild trave med 0,8 procentenhet för barmassaved och 2,8 procentenheter för granmassaved. Antalet travar där bestämningen av bruttovolymen avvek mer än 12,5 procent från kontrollmätningen minskade från 25 till 15 st av 200 studerade travar med

barrmassaved och från 3 till 1 av 38 studerade travar med gransmassaved då modellerna baserade på skördarinformation användes i jämförelse med ordinarie mätrutiner. Analysen visade att det var delvis andra egenskaper de som ingår i SDC hjälptabell som gav bäst resultat. Resultaten indikerar att denna typ av statistisk modell kan minska felet i travmätning och leda till en bättre och objektivare skattning av vedvolymprocent än vad mätarna i genomsnitt uppnått vid traditionell travmätning. Ytterligare analyser med utvidgade data behövs för att ta fram allmängiltiga modeller, men resultaten är lovande och kombinationer av skördardata och mätarskattningar kan vara en kostnadseffektiv väg till bättre noggrannhet vid travmätning.

Avsnitt 6 innehåller ”**Några viktiga begrepp och definitioner**” till hjälp för läsaren vid tolkning av rapporten.

Abstract

Single grip, cut-to-length (CTL) harvesters stand for almost all commercial timber harvesting in Sweden and most of them report their detailed production according to the standard for communication with forest machines StanForD 2010. The objectives of this project “Cut-To-Length harvester measurements for roundwood payment to forest owners or for supporting industrial pile measurements” are to analyse the potential for utilizing CTL-harvesters to gain improved accuracy and efficiency for payment-based wood measurements in the primary trade (forest owners who sells to roundwood purchasers). The roundwood measurement and production control systems in CTL-harvesters have been developed to meet higher demands on log specification concerning e.g. diameter and length combinations. The simultaneous improvement of standardized information flow from CTL-harvesting according to StanForD 2010 (The standard for communication with forest machines) and developed support for measurement system maintenance and quality assurance have strengthened reliability of harvester felling-head measurements furthermore. In contrast to the established Swedish practice and routines for payment-based measurement at industry CTL-harvester measurements for payment to forest owners have been the completely dominant method at the Finnish roundwood market since more than 20 years.

On a monthly basis during 2019, around 1300 Swedish CTL-harvesters reported quality control measurements by StanForD files (ktr or hqc) to Biometria. Out of these, 525 CTL-harvesters were certified and launched to perform their everyday production according to the quality assurance system developed by representatives from Skogforsk and the Swedish forestry in cooperation with Biometria. Accuracy of harvester measurements were analysed by large numbers of operator’s self-controlled measurements as well as auditor performed control measurements.

The results from these analyses showed that machine-measured volume (under bark) (from harvester felling head+algorithms) and the reference volume from auditor’s top/but measurements had a general standard deviation of 4 % at the single stem level and 3.4 – 4.4 % at log levels depending on tree species and harvester category. Harvesters certified for roundwood payment and operating with the prescribed SPP-function for “but part” volume and Skogforsk’s bark functions performed measurements with negligible systematic errors (bias), while harvesters not operating with measurements for payment to forest owners commonly showed negative biases of 1-3 %. These results indicate that quality assured and payment certified harvesters including frequent self-monitoring and third part audit can provide very good and reliable payment-based measurements with higher accuracy than the current practices for pile and sampling measurements used in Sweden, however not as good as modern, well maintained X-ray and 3D log scanners at sawmills.

Different series of delivered wood pile measurements (mainly pulpwood) according to standard manual measurement procedures at industry or camera and computer supported manual measurements by “Bildmätningcentralen” in Östersund were analysed. A tentative software “Virkesmätningssöd” was developed based on an earlier produced experience-based auxiliary table (“SDC:s hjälptabell” by empirically selected variables and weights) for assessing the share of solid wood percentage in wood piles (vedvolymprocent).

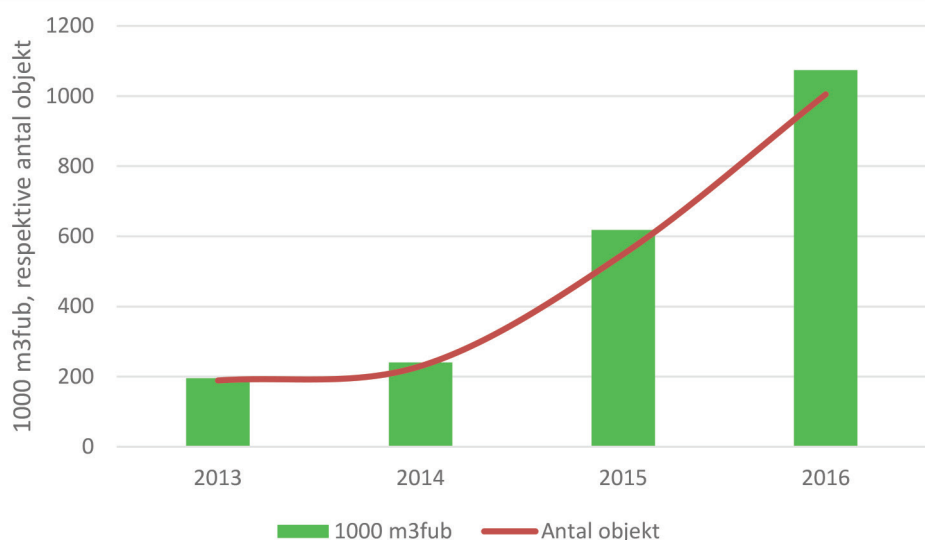
In a systematically performed case study, ordinary pile measurement routines based on image-assisted manual assessment of wood pile box-sizes (length x height x width), multiplied by (a) manually assessed solid wood percentage (vedvolymprocent) and (b) wood lot averages (“Virkesordernummer”) of log lengths (instead of image-based log length assessments) by harvester data multiplied by solid wood percentages calculated by harvester data as input to the tool “Virkesmätningstöd”.

The comparison of controlled pile volume measurements log by log of 42 different piles and each of the two assessing methods (a) and (b) respectively gave the following tendencies: (a) showed slightly lower standard deviations than (b) but (b) showed a relatively lower bias. Combining a+b by equal weights for determining the solid wood percentage and wood length resulted in a slight reduction of the standard deviation as well as the bias when compared with (a).

As a final part of the project independent analyses (without any connections to SDC:s experience-based auxiliary table) were performed. This work aimed at new models for predicting solid wood percentage and total pile volumes by linear mixed models utilizing felling head measurements recorded in ordinary StanForD 2010 production files (.hpr). The best fitting models were based on hpr-file based statistics of log lengths, log volumes and log number (butt log=1, second log=2..) respectively, and averages of tree breast height diameters and dominant height at the object level. The mixed linear models based on data from standard hpr-files reduced standard errors of single pile volumes by 0.8 (Kraft pulpwood) to 2.4 percentage units (Spruce pulpwood) as well as the frequency of volume errors above 12.5% from 25 to 15 out of 200 kraft pulp piles and from 3 to 1 out of 38 prime spruce pulp wood piles.

Bakgrund och syfte

Under de fem senaste åren har virkesmätning med skördare börjat användas som betalningsgrund för det primära handelsledet mellan skogsägare och virkesköpande organisationer i Sverige. I dag är det främst Södra Skogsägarna, men även Sveaskog och köpsågverk som Moelven och Sweden Trä som använder skördarmätt volym som grund för betalning och användningen av metoden har ökat succesivt. Inom Södra Skogsägarna introducerades handelsformen på medlemmarnas initiativ. Medlemmarna krävde en mer transparent betalningsform och snabbare affärsavslut (personligt meddelande Urban Olsson). I ett examensarbete av Nilsson (2014) undersöktes kundnöjdheten bland de skogsägare som sålt virke med skördarmätning som betalningsgrund. ”Överlag presterade Södra över skogsägarnas förväntningar för samtliga faktorer som undersöktes i studien. En majoritet av skogsägarna uppgav att de skulle teckna fler stamprisuppgångar och endast 7 procent uppgav att de inte skulle göra det”. Andelen betalningsgrundande skördarmätning är dock fortfarande marginell på den svenska virkesmarknaden som helhet (Figur 1).

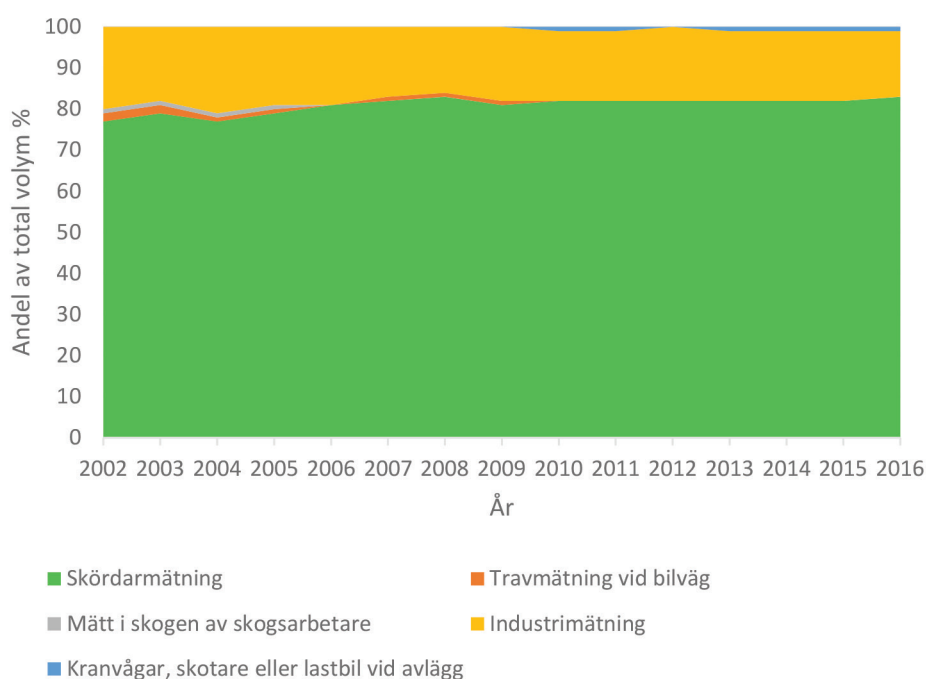


Figur 1. Mängden rundvirke och antal objekt där betalningsgrundande skördarmätning använts för virkesaffärer i Sverige under åren 2013-2016 (statistik från SDC/VMK, Edlund 2017). Mängden virke där skördarmätningen använts som betalningsgrund beräknas till 0,3 procent av nettoavverkningen 2013, respektive 1,5 procent 2016. (Nettoavverkningen från Sveriges officiella statistik 2017). Enligt en uppdaterad beräkning (Hyll, manuskript) var motsvarande andelar 2,1 procent för 2017 och 1,9 procent för 2018.

I Finland används skördarmätt volym som betalningsgrund till skogsägare sedan 1990. Enligt uppgifter från Metsäteho (Melkas 2017) betalas sedan 2002 en helt dominerande del av allt virke som överlåtes (98 procent av rotköpen från privatskogsbruket och 83,5 procent av alla rotköp) baserat på skördarmätt volym (Figur 2). De totala volymerna finska virkesöverlåtelser per överlåtelseform och inmätningsmetod redovisas i tabell 1. Främsta orsaken till att betalningsgrundande skördarmätning är så dominerande i Finland är att de privata skogsägarna har motsatt sig industrimätning. Detta eftersom de upplever att de förlorar kontrollen över partierna när volymerna transporteras före mätning och hanteras genom, en som de upplever, osäker kollektivhantering av t.ex. massaved (Melkas 2017). Baserat på både svenska och finska erfarenheter verkar betalningsgrundande skördarmätning (grundat på skördarnas mätsystem och produktionsfiler) både vara omtyckt i skogsägarledet och väl accepterad i det primära virkesköparledet.

Tabell 1. Totala mängder inmätt virke i primär handel med rundvirke i Finland 2016 (milj m³pb) fördelat på betalningsgrundande mätmetoder (Melkas 2017)

Metod	Total, 1000 m ³ pb			Total, %		
	Avverk- ningsrätter	Leverans - virke	Totalt	Avverk- ningsrätter	Leverans - virke	Totalt
Skördarmätning	33 433	2 036	35 469	83,5	30,6	75,9
Vägmätning	18	1 265	1 283	0,1	19,0	2,7
Industrimätning	6 200	1 270	7 469	15,5	19,1	16,0
Vägning i skogen	400	2 034	2 434	1,0	30,5	5,2
Annat	10	54	64	0,0	0,8	0,1
Totalt	40,061	6 659	46 719	100,0	100,0	100,0



Figur 2. Fördelning av inmätta rundvirkesvolymen på betalningsgrundande (m³pb) mätform avseende alla rotköp (standing sales) från privata skogsägare, industriägd och skog samt statsägd skog i Finland 2002-2016.

Den nya versionen av standarden, StanForD 2010, införs nu i snabb takt. Ca 700 skördare arbetade 2017 enligt det system för kvalitetssäkring som tagits fram av Skogforsk och skogsbruket på uppdrag av och i samarbete med SDC. Systemet inkluderar regelbunden egenkontroll av diameter och längdmätning. En betydande och ökande andel skördarlag är nu även certifierade vilket är ett krav för att de ska kunna arbeta med betalningsgrundande skördarmätning (SDC 2009; 2015a; uppdaterad av Biometria 2019). Hösten 2019 rapporterade ca 1300 skördare regelbundet någon form av kvalitetskontrolldata till Biometria, medan 525 skördare certifierats och driftsats enligt kraven för betalningsgrundande skördarmätning.

FÖRDELAR OCH MÖJLIGHETER MED SKÖRDARMÄTNING OCH SKÖRDARINFORMATION

Vi har genom samarbetsprojekt och dialog med personal från bl.a. Södra Skogsägarna och Sveaskog identifierat ett antal fördelar för skogsägare respektive virkesköpare med betalningsgrundande skördarmätning.

Fördelar för privata skogsägare genom att:

- 1) affären kan göras klar i samband med avverkning vilket eliminerar risken för att avverkade volymer aldrig mäts in p.g.a. hanteringsfel mellan avverkning och leverans till industrikunder.
- 2) mätnoggrannheten ökar för mätningen av betalningsgrundande volym jämfört med metoder som inte mäter varje enskild stock (jmfr. Björklund m.fl. 2009).
- 3) information om kopplingen mellan skördarförarens manuella kap och nedklassningar (stamfelsesved) och bedömda vrakandelar vid industrin kan ge skogsägaren en indikation på kvaliteten i utfört avverkningarbete.
- 4) ökat fokus på skördarnas mätsystem, kvalitetssäkring och objektiv informationshantering ger effektivare produktionsstyrning. Det skapar ökat förtroende för att utnyttja informationen även som betalningsgrund. Genom ökad kvalitet och objektiv uppföljning av skördarförarnas arbete ökar kundnyttan och därmed även industrins betalningsförmåga för den tillredda råvaran.
- 5) när skogsbränsle tas ut och ska ersättas kan trädpris utgöra en rationell och beräkningstekniskt objektiv grund för ersättning till skogsägaren. Den objektiva beräkningsgrunden baseras då i huvudsak på skördarens mätning av stammen och trädslaget. Med dessa indata kan bruttomängden av olika fraktioner grenar, toppar, barr och bark, som träden producerat beräknas. Utöver bruttomängden behövs information om andelen av bruttomängden som anpassats och kan tas ut som skogsbränslesortiment (Hannrup m.fl. 2009).

Fördelar för virkesköpande organisation genom att:

- 1) affären kan göras klar mot skogsägaren med hög noggrannhet då alla träd med timmerdimensioner mäts individuellt. Vid industrimätning kan sedan volymerna hanteras i kollektiv utan krav på noggrannhet på enskilda objekt. Detta innebär möjligheter att utveckla effektivare mätning vid industrin.
- 2) affären med skogsägaren kan i princip göras klar i samband med att sista stocken på objektet passerat genom skördaraggregatet. Detta innebär att tjänstemännens arbete med administration och uppföljning för skogsägarna förenklas (meddelande Södra Skogsägarna).
- 3) mätuppgifter från skördare har stor potential att kunna utvecklas till kostnads-effektiva stöd för höjd mätnoggrannhet och förbättrad kvalitetsbedömning vid olika former av ersättningsgrundande trav- och kollektivmätning. De skördare som kvalitetssäkrats enligt ”Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare” (SDC 2017-06-19) mäter det tillredda virkets diametrar och längder med en löpande beskriven, egen- och revisorskontrollerad noggrannhet. Dessa uppgifter ligger också till grund för objektiv beräkning av volymen på och, med hjälp av stambaserade barkfunktioner (Hannrup 2004; Hannrup & Lundgren 2012), även under bark. Till skillnad från industrimätning sker denna mätning på samma sätt för alla sortiment och dimensioner på stockarna. Även om skördarens mätning inte används för direkt bestämning av betalningslagsgrundande volym kan dessa uppgifter användas för att ge:
 - a. stöd för att ersätta eller stödja osäkra bedömningsmoment vid travmätning och kollektivmätning.
 - b. information om avverknings- och skotningstidpunkter som kan användas för att förbättra noggrannheten vid omräkning från vikt till volym.
 - c. underlag för analys av frekvensen s.k. stamfelsved (nedklassat av skördarföraren) och manuella kap för jämförelser med vrak-procenter och detekterade fel vid industri. Informationen kan öka mätnoggrannheten om den kopplas till volymmätning vid industri eller terminal även om skördarens volymsuppgifter inte används som betalningsgrund.
- 4) även stockmätning kan förbättras med stöd av skördar- och transportinformation bl.a. avseende avverkningstidpunkter, ledtider, nedklassningsprocenter, stocktyper/dimensionsfördelningar och barktjocklek.
- 5) såväl ersättningen till skogsägaren som produktionsstyrningen för avverkningsrester (GROT) kan göras mycket kostnadseffektiv och beräkningstekniskt objektiv baserad på redan framtagna metoder och beräkningsgrunder (Bhuiyan m.fl. 2013).

Betalningsgrundande skördarmätning är som beskrivits en etablerad och positivt mottagen metod inom svensk rundvirkeshandel. Trots detta har metoden hittills använts i mycket begränsad omfattning i Sverige, medan skördarmätning som betalningsgrund är huvudmetod för det primära rundvirkeshandelsledet i Finland. Med stöd av positiva erfarenheter från både svenska skogsägare och virkesköpande organisationer som Södra och Sveaskog samt omfattande positiva erfarenheter från mångårig tillämpning i Finland planerade vi detta projekt för att belysa och utveckla skördarnas möjligheter att på olika sätt bidra till utveckling av svensk virkesmätning.

Projektet omfattar uppföljning och vidareutveckling av skördarmätning för två olika tillämpningar ”betalningsgrundande” respektive ”betalningsstödjande”, anpassade till förutsättningar och krav på den svenska virkesmarknaden.

Arbetet med har genomförts som två delprojekt med två övergripande syften:

- **Delprojekt 1 Betalningsgrundande skördarmätning:**
 - analys och vidareutveckling av skördarmätning som metod för bestämning av virkesvolym som **direkt grund för betalning** (ersättning) för avverkat och skördartillrett virke och om så avtalas ev. även skogsbränsle. Skördarmätningen som betalningsgrund avser här endast det **primära handelsledet**, skogsägare – virkesköpande organisation.
- **Delprojekt 2 Skördardata som stöd för travmätning/kollektivmätning av virke**
 - utveckling av **skördarinformation som betalningsstöd** genom bedömningsstödjande information, korrektions- och beräkningsrutiner för betalningsgrundande volymbestämning med **olika trav- och kollektiv-mätningssmetoder** (normalt vid industri).

Delprojekt 1.

Betalningsgrundande skördarmätning

Frågan om vilka krav som ska ställas på noggrannhet och kvalitetssäkring för betalningsgrundande skördarmätning har diskuterats av representanter för säljande och köpande parter i det praktiska skogsbruket, bl.a. i SDC:s råd (nuvarande Biometria) för mätning och redovisning (RMR). En särskild arbetsgrupp har studerat de gällande instruktionerna, erfarenheter från praktisk tillämpning i fält och de resultat som redovisats från revision. Arbetsgruppens slutsatser är att vid tillämpning av SDC:s aktuella instruktioner för virkesmätning uppfyller metoden de krav som tillämpande parter ställt för att medge praktisk tillämpning. – ”Anvisningar för godkännande & kontroll av virkesmätning med skördare 2015-10-16” (SDC, 2015a), ”Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare 2017-06-19” (SDC, 2017), respektive – ”Ersättningsgrundande virkesmätning med skördare 2015-10-26” (SDC 2015b). Samtliga dessa instruktioner har uppdaterats i och med bildandet av Biometria, men innehållet är i huvudsak oförändrat. Se Biometria.se. Därmed kan betalningsgrundande skördarmätning betraktas som ett etablerat alternativ för bestämning av ersättning vid virkesöverlåtelser mellan köpare och säljare (skogsägare) i första ledet. Detta har varit en viktig grund för inriktningen på projektarbetet. Med stöd av skördarrapporterande skogsföretag, SDC och VMF, har Skogforsk de senaste åren samlat data för olika FoU-projekt däribland analys av både praktisk och potentiell mätnoggrannhet från ett stort antal skördare.

MÅL

- Att beskriva mätnoggrannheten för certifierade skördare vad avser betalningsgrundande virkesvolym per stam respektive per objekt. Vidare att på motsvarande sätt beskriva mätnoggrannheten vid sektionenkubering av stock- respektive stamvolym på bark enligt skördarnas mätsystem (M1), enligt förarnas egenkontroll (M2) och revisorernas revisionskontroll (M3) för alla skördare som skickat in hqc-data (Harvesting quality control) till SDC.
- Att analysera och diskutera kontrollmetod, Stickprovsuttag, samt eventuella kontrollkollektivsnivåer för skördarmätning för ev. korrigering av volymresultat (korrigering av bark- och rotdelsvolym) med syftet att ev. kunna öka mätnoggrannheten.

Effektmål

- 1) Ökad mätnoggrannhet och möjligheter till snabba affärsavslut för enskilda avverkningsobjekt
- 2) Förbättrad leveransbeskrivning som kan utnyttjas till rationellare industrimätning i sekundära affärsled – t.ex. logistikorganisations överlåtelse till industrikund – genom att utnyttja skördardata för att förenkla industrimottagningen av virket.

MATERIAL & METODER

Under tiden 2014 - 2015 har revisorer från VMF Syd, -Qbera och -Nord samlat in över 5200 skördarmätta- (M1), förarkontrollerade (M2) och revisorskontrollmätta (M3) stockar i samband med kvalitetsrevisioner. Stockarna kommer från totalt 195 skördare som alla certifierats för att kunna arbeta med betalningsgrundande skördarmätning. Detta material analyserades med avseende på den faktiska redovisade stamvolymen (ub=under bark) enligt skördarens sektionmätning (M1-sektionmätning) i jämförelse med revisorns topp-rotmätning (ub) utförd av revisor (M3).

Under tiden september 2015 till januari 2017 har ytterligare närmare 1 000 skördarmätta (M1), egenkontrollerade (M2) och revisorskontrollerade (M3) individuella stockvolymerna samlats in från närmare 250 stammar från 32 skördare som arbetat aktivt med betalningsgrundande skördarmätning. Dessutom har drygt 10 000 stockar från ca 2 700 stammar från 219 skördare som arbetat med systemet för kvalitetssäkrad, men inte betalningsgrundande skördarmätning samlats in. Dessa data har sammanställts för statistisk analys av uppnådd mätnoggrannhet vid sektionsskubering på bark (enligt modell för stympad kon, Arlinger m.fl. 2005) med hjälp av skördarnas mätsystem för stockdiameter och stocklängd (M1) och motsvarande mått från skördarförarnas egenkontroll (M2), respektive revisorns revisionskontroll (M3).

RESULTAT & DISKUSSION

Analys av mätnoggrannhet för skördarmätt stamvolym baserad på revisorsdata från topp-/rotmätning under bark

Kontrollstammar driftsatta maskiner

Den första analysen av revisorskontrollerade kontrollstammar från driftsatta skördare (Certifierade för betalningsgrundande skördarmätning) från perioden 2014-2015 visade en standardavvikelse (variationskoefficient) på 4-7 procent mellan maskinmätt volym (M1-sektionmätning), för hel enskild stam och motsvarande stamvolym enligt revisorns kontrollmätning (M3 Topp-Rot). Resultaten varierade mellan VMF-område och trädslag (Tabell 2.). Liknande beräkningar och motsvarande slutsatser avseende praktisk mätnoggrannhet för maskiner godkända för skördarmätning har sammanställts av SDC/VMK (Edlund 2017, pers. meddelande). En slutsats från båda analyserna är att mätnoggrannheten varit högre i södra Sverige där betalningsgrundande skördarmätning tillämpats i större omfattning än i norra Sverige och att mätnoggrannheten tenderat att öka något år för år. I VMK:s sammanställning gjordes en stockvis jämförelse vilket leder till högre standardavvikelser mellan enskilda stockar jämfört med de stamvisa jämförelserna enligt ovan. De här resultaten visade högre noggrannhet än volymbestämning genom travmätning och skördarmätt volym kan bestämmas objektivt, dvs. utan bedömningsmoment. Bark är dock en källa till volymavvikelser vid bestämning av volym under bark, oavsett mätmetod. *För att inte blanda ihop faktisk mätnoggrannhet på bark (t.ex. skördarmätt) med revisionsdata under bark föreslår vi att berörda parter bör överväga att ändra även revisionsenheten till volym på bark (m³fpb) som används vid egenkontroll av förarna.* Inom projektets analysdel och genom kompletterande undersökningar av noggrannheten hos olika funktioner för barktjocklek kan barkproblemet då renodlas och även det hanteras med objektiv metodik (barkfunktioner t.ex. Hannrup 2004). För definition och förtydligande av använda begrepp se ”*Några viktiga begrepp och definitioner*” längst bak i rapporten.

Tabell 2. Redovisad mätnoggrannhet för enskild stam. Analys av driftsatta (godkända) skördare 2014-2015 enligt SDC:s anvisningar för godkännande och kontroll av virkesmätning med skördare (Analys, Skogforsk). Skördare avser M1-sektionsmätt volym och Revisorkontroll (M3-T/R) är baserad på topp-rot mätning under bark, (m³fub).

VMF Syd Gran (driftsatta maskiner)				VMF Qbera Gran (driftsatta maskiner)				VMF Nord Gran (driftsatta maskiner)			
Stam- storlek	Kvot	Stdavv	Antal	Stam- storlek	Kvot	Stdavv	Antal	Stam- storlek	Kvot	Stdavv	Antal
fub dm ³	skördare/ Revisor	%	St	fub dm ³	skördare/ Revisor	%	St	fub dm ³	skördare/ Revisor	%	st
0-299	1,011	4,5	89	0-299	1,039	4,2	31	0-299	1,043	5,3	30
300-599	1,002	3,8	145	300-599	1,015	3,9	25	300-599	0,981	1,9	5
600-899	1,000	3,7	97	600-899	1,010	3,9	10	600-899			
900+	0,986	3,3	80	900+				900+			
Gran	0,996	4,2	411	Gran	1,012	4,6	65	Gran	1,021	6,6	35

VMF Syd Tall (driftsatta maskiner)				VMF Qbera Tall (driftsatta maskiner)				VMF Nord Tall (driftsatta maskiner)			
Stam- storlek	Kvot	Stdavv	Antal	Stam- storlek	Kvot	Stdavv	Antal	Stam- storlek	Kvot	Stdavv	Antal
fub dm ³	skördare/ Revisor	%	St	fub dm ³	skördare/ Revisor	%	st	fub dm ³	skördare/ Revisor	%	st
0-299	0,982	5,1	13	0-299	1,015	5,7	62	0-299	0,992	6,5	152
300-599	0,992	5,1	22	300-599	1,005	5,4	46	300-599	1,012	4,8	47
600-899	0,991	4,8	31	600-899	0,993	2,7	13	600-899	1,068	5,8	5
900+	0,994	3,8	18	900+				900+			
Tall	0,992	4,8	88	Tall	1,005	5,2	122	Tall	1,006	7,0	204
Alla	0,995	4,4	500	Alla	1,008	5,0	239	Alla	1,007	6,8	239

Stammar från objekt med betalningsgrundande skördarmätning

Nedan visas utfallet för kontrollstammar från avverkade och kontrollerade objekt där skördarmätning använts som betalningsgrund. Samtliga objekt var avverkade inom VMF Syds verksamhetsområde. Resultaten redovisas som kvoten: Skördarens mätvärden M1-sektionsmätt/Revisorns M3 T/R. Medelfel i procent av för skördarnas redovisade volym (ub) jämfört med revisorernas referensvolym Topp/Rot (ub) kan enkelt beräknas ur kvotkolumnen som: Medelfel (procent) = 100*(Kvot-1).

Tabell 3. Skördarmätta objekt (201409-201509). Volymsutfall skördarens m³fub-volym relativt revisorernas kontroll T/R-mätning (m³fub).

Stamstorlek	Kvot	Stdavv	Antal
fub dm ³	Skördare M1 Sektion/Revisor M3 T/R	%	St
0-299	0,973	4,5	15
300-599	1,001	3,7	37
600-899	1,004	3,7	20
900+	0,979	3,0	13
Totalt	0,997	4,1	85

Tabell 4. Skördarmätta objekt (201602-201612). Volymutfall skördarens m³fub-volym relativt revisorernas kontroll T/R-mätning (m³fub). Resultat från skördare både med och utan SPP-rotdelsfunktion.

Stamstorlek	Kvot	Stdavv	Antal
fub dm ³	Skördare M1 Sektion/Revisor M3 T/R	%	St
0-299	1,007	5,7	16
300-599	0,990	4,0	66
600-899	0,984	3,8	50
900+	0,979	3,9	30
Totalt	0,985	4,3	162

Resultatet i tabell 5 visar endast de stammar där den finska SPP-funktionen (Anon 2006) för rotdelsvolym upp till brösthöjd använts. Resultatet visar också att det systematiska felet då blev försumbart och standardavvikelsen sjönk till 4,0 procent. Den största effekten hade SPP-funktionen på resultatet för tall. För tall indikerades en skillnad i beräknad volym mellan skördare vars mätsystem räknade rotdelsvolym med SPP-funktionen och skördare vars mätsystem tillämpade andra varianter av volymberäkningar, på i storleksordningen 2-3 procent av hela stamvolymen.

Tabell 5. Skördarmätta objekt (201602-201612). Volymsutfall skördarens m³fub-volym relativt revisorernas kontroll T/R-mätning (m³fub). Endast skördare med SPP-rotdelsfunktion.

Stamstorlek	Kvot	Stdavv	Antal
fub dm ³	Skördare M1 Sektion/Revisor M3 T/R	%	St
0-299	0,997	5,3	11
300-599	1,005	3,6	37
600-899	0,996	3,8	28
900+	0,997	3,7	10
Totalt	0,999	4,0	86

Jämförelse mellan egenkontroll (M2) och revisorsdata (M3)

Resultatet i tabell 6 visar att förarnas egenkontroll gav mycket små skillnader jämfört med revisorns mätresultat vid revisionskontroll när jämförelsen gjordes för sektionmätt volym under bark (samma barkfunktion). Denna var då baserad på SPP rotfelsfunktion och Skogforsk barkfunktioner. Skillnaden i volym var 0,002 procent och standardavvikelsen på stamnivå var 1,2 procent.

Vid jämförelse mellan revisorernas m3fub-volym beräknad med topp-rot-mätning alternativt sektionskuberad volym enligt hqc var medelvärdet för kontrollstamsvolymerna på de skördarmätta objekten likvärdiga. Däremot ökade standardavvikelsen till 3,2 procent mellan enskilda stammar vilket låg nära skillnaden mellan skördarens mätnoggrannhet (m³fub) och kontrollerad M3 mätning som visade 4,0 procents standardavvikelse för samma material, (jämför tabell 5 och 6).

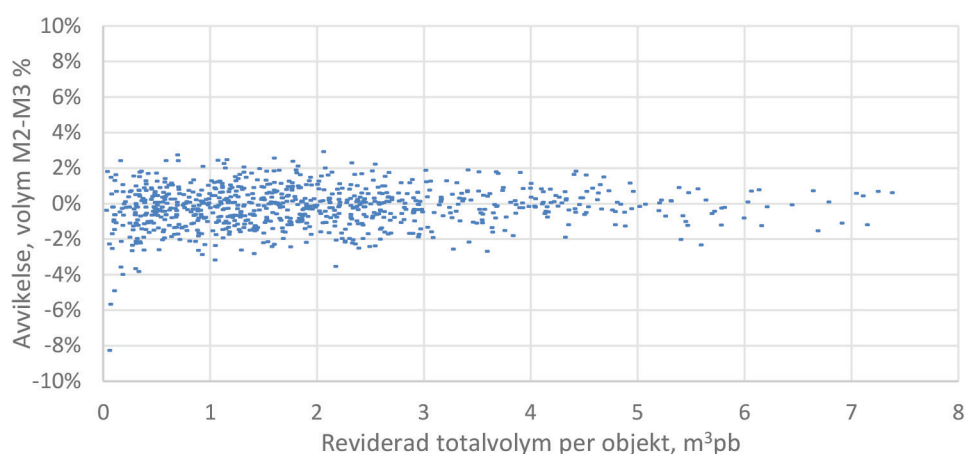
Stammar från objekt med betalningsgrundande skördarmätning

Nedan visas utfallet för kontrollstammar avverkade och kontrollerade på objekt med betalningsgrundande skördarmätning. Samtliga objekt är avverkade inom VMF Syds område.

Tabell 6. Volymjämförelser (m3fub) från egenkontroll (M2), revisionskontroll (M3) samt revisorskontrollerad volym enligt Topp-Rot (M3 -T/R). Jämförelsen, kolumn (2 och 3), (M2/M3) avser sektionskuberad¹ volym. Jämförelsen i kolumn 4 och 5 avser revisorns sektionskuberade volym jämfört med revisorns (M3-Topp-Rotmätning). Skördarmätta objekt (201602-201612), Standardavvikelser avser skillnad uppmätt volym mellan enskilda stammar (ub).

Trädslag	Kvot	Stdavv	Kvot	Stdavv	Antal stam
	M2 sektion ub/ M3 sektion ub	%	M3 sektion ub/ M3 T/R ub	%	st
Gran	0,999	1,3	0,999	3,1	125
Tall	0,996	1,1	1,013	3,4	26
Totalt	0,998	1,2	1,002	3,1	162

¹Sektionskuberad volym är baserad på en korsklavad diameter per meter stock(stam), samt längd sektionsvis volymberäknad(kuberad) med modell för stympad kon över 1,3m höjd och Skogforsk barkfunktioner samt SPP-funktion för beräkning av rotfelsens volym).



Figur 3. Procentuell avvikelse mellan sektionskuberad volym (pb) kontrollstammar per objekt enligt förarmätt egenkontroll (M2) och motsvarande volym (pb) enligt revisorkontroll (M3), plottad mot reviderad total stockvolym (m3fub, sektionskuberad) per objekt. Resultatet indikerar inga systematiska fel M2-M3 samt att få kontrollstockar (små volymer, färre stockar) ger lite större spridning i avvikelser än fler stockar/större volymer/objekt

Resultat mätnoggrannhet för stockdata per objekt

Betalningsgrundande skördarmätning bygger i dagens tillämpning på att volymen bestäms för enskilda stammar som sedan summeras per objekt/virkesorder. Med skördarproduktionsfilerna, (harvested production, hpr) och kvalitetskontrollfilerna (harvesting quality control, hqc) finns det dock möjligheter att räkna fram olika uppgifter till stöd för såväl ny utnyttjad utvecklingspotential som klargöranden om mättekniska begränsningar för dagens teknik och system för skördarmätning. I tabell 7 och 8 redovisas resultaten från stockvisa analyser av sammanställda hqc-filer från perioden 201509-201702.

Tabell 7. Medelfel och standardavvikelser för olika kategorier jämförelser av maskinmätt (M1-sektionskuberad) volym (pb) och revisorskontrollerad (M3-sektionskuberad) volym (pb). Data från hqc-filer (harvesting quality control 201509-201702).

Kategori	Trädslag	Maskinfel % (M1sektion (pb)) – M3sektion (pb)) / M3sektion(pb)	Standardavvikelse % av stockvolym (pb)	Antal stock Totalt st
173 skördare	Tall	-0,52 %	4,4% (Stock inom skördare)	3430
217 skördare	Gran	-0,20 %	3,7% (Stock inom skördare)	5215
14 Skördare OK för Betalningsgrundande mätning	Tall	-1,1 %	3,4% (Stock inom skördare)	175
31 Skördare OK för Betalningsgrundande mätning	Gran	0,01 %	3,4% (Stock inom skördare)	721
242 virkesorder	Tall	-0,59 %	4,3% (Stock inom virkesorder)	3430
319 virkesorder	Gran	-0,20 %	3,5% (Stock inom virkesorder)	5244

Notera: Statistiken för per virkesorder respektive per skördare är likartad. Det kan förstärkas av att revisionsdata från många skördare bara finns med från 1 och som mest 4 objekt i hqc-filerna.

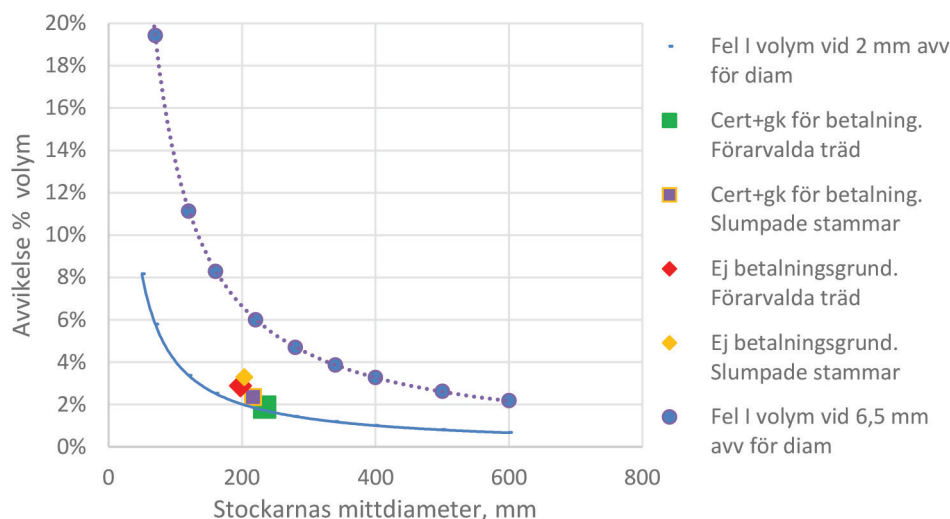
Vidare har vi tillämpat den funktion för indikation på systematiska fel (via hqc-data) som beskrivs i avsnittet **”Förslag till statistisk analys och funktion för löpande identifikation av kalibreringsbehov”** längre ned det här kapitlet. Från tabell 8 framgår att:

Nästan var fjärde (23 procent) av alla skördare som tillrett tallsortiment och var sjätte (16 procent) av alla skördare som tillrett gransortiment borde ha kalibrerats/justerats bättre baserat på maskinernas diameter- och längdmätning (indikationen beräknades på sektionskuberad volym). De systematiska felen för sektionskuberad volym (M1-M3) (pb) hos dessa skattades till som mest 6 procent systematisk avvikelse utanför konfidensintervallet. Felen var större för tall än för gran. Då analysen gjordes separat för maskiner som godkänts för betalningsgrundande skördarmätning hade 3 av 14 skördare som tillredde tall indikation på säkra men måttligare systematiska fel (maximalt -2,6 procent systematiskt fel utanför konfidensintervallet). Motsvarande siffror för gran var bättre, 2 av 31 maskiner hade indikation på ett systematiskt fel med motsvarande maximalt -2,3 procent (tabell 8).

Figurerna 4 och 5 visar genomsnittsvärden för mätnoggrannhet för olika skördarkategorier på objektsnivå enligt kontrollmättningsdata från hqc-filerna. Figur 5 visar konfidensintervallet för dessa skördarkategorier i relation till de krav på mätnoggrannhet som ställts upp för kvalitetssäkring av längd och diamettermätning (SDC 2017) och anvisningar för godkännande och kontroll av virkesmätning med skördare (SDC 2015a).

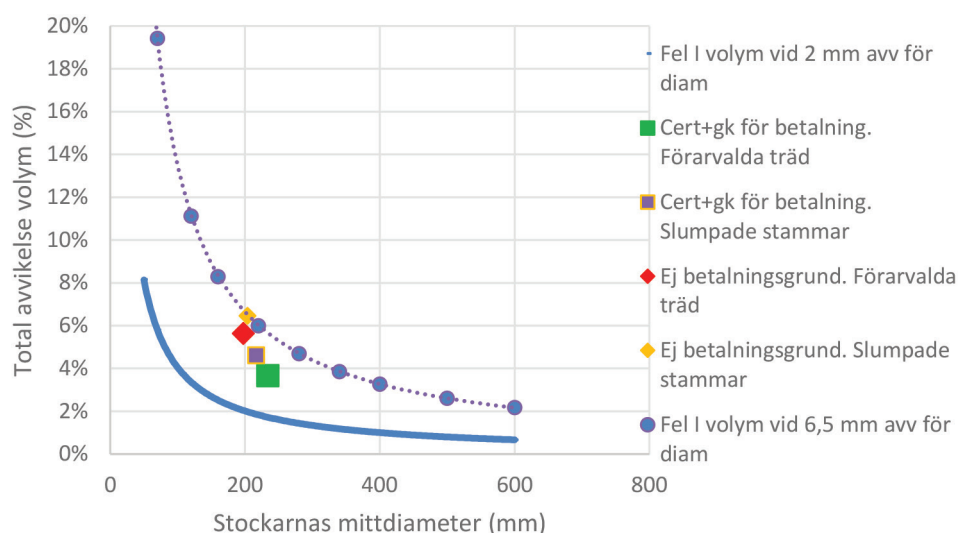
Tabell 8. Statistisk indikation på systematiska fel genom 99 procent konfidensintervall. Andelar per kategori (samtliga ingående virkesorder, respektive endast virkesorder från skördare som arbetat med betalningsgrundande skördarmätning) samt förekommande max-/minvärden baserat på analys av hqc-filer (harvesting quality control) från 201509-201702) för olika kategorier jämförelser M1-sektionskuberad volym (pb) och M3-sektions- kuberad volym (pb).

Kategori	Trädslag	Antal och andel av respektive kategori med indikerat systematiskt fel då medelvärdet ligger utanför 99% konfidensintervall P=0,01	Maximala avvikelser utanför angivet konfidensintervall	Antal kontrollmätta stockar Totalt st
242 virkesorder	Tall	57st = 24 %	+6,8 % - 6,8 %	3430
319 virkesorder	Gran	32st = 10 %	+2,4 % -1,9 %	5244
173 Skördare	Tall	40st = 23%	+1,3 % -6,0 %	3430
217 Skördare	Gran	34st = 16 %	+4,9% -3,2%	5215
14 skördare som arbetat med betalningsgrundande skördarmätning	Tall	3st = 21 %	-0,5 % -2,6 %	175
31 skördare som arbetat med betalningsgrundande skördarmätning	Gran	2st = 6 %	+0,1 % -2,3 %	721



Figur 4. Volymeffekter av noggrannhetskrav respektive realiserad noggrannhet i diametermätning. Avvikelse procent i volym beskrivs som effekt av 2 mm (nedre kurvan) respektive 6,5 mm (övre kurvan) mätfel i volymgrundande stockdiameter som funktion av olika mittdiameter. Inlagda punkter har beräknats som medelvärden från alla kontrollstammar (hqc-filer) enligt följande: Stockarnas mittdiameter (x-axeln) avser ett totalt medelvärde per skördar- och kontrollträdskategori. Punktsymbolerna avser olika skördar- och kontrollstamkategorier enligt förklaring ovan. Punkternas läge på y-axeln avser standardavvikelser i procent maskinmätt respektive egenkontrollerad volym (pb) per summerad kontrollstamkategori inom virkesorder. Resultat från perioden september 2015 till januari 2017. (Not: Varje cm fel i mätt stocklängd adderar ytterligare ca 0,22 procent fel i volym vid en medellängd på 450 cm).

När skördarnas mätresultat egenkontrollerad M2-sektionskubering istället jämfördes vid samma måttställen med revisorskontrollerad M3-sektionskubering blev resultaten mycket lika de som visas för M2 i figurerna 3-5 (diagram visas ej).



Figur 5. Beräknat 95 procentigt konfidensintervall (1,96 ggr standardavvikelserna) för punkterna med medelvolum per stock (m3pb) baserat på egenkontroll (M1 _M2). Inlagda punkter har beräknats som medelvärden från kontrollstammar (hqc-filer) enligt följande: Stockarnas mittdiameter (x-axeln) avser ett totalt medelvärde per skördar- och kontrollträdskategori. Punktsymbolerna avser olika skördar- och kontrollstamkategorier enligt förklaring ovan. Punkternas läge på y-axeln avser konfidensintervall standardavvikelser i procent maskinmätt respektive egenkontrollerad volym (pb) per summerad kontrollstamkategori inom virkesorder. Resultat från perioden september 2015 till januari 2017.

Diskussion kontroll och mätnoggrannhet

Volymutfall

Av de redovisade resultaten i materialen drar vi slutsatsen att de stora skillnaderna vad gäller mätt volym för skördare jämfört med kontroll med (T/R) mätt volym under bark i första hand berott på att många skördare saknat rotdelsfunktioner och rättvisande barkfunktioner (Skogforsk barkfunktioner, Hannrup 2004).

Resultatet visar att skördare med mätsystem som inte beräknat stamvolym enligt SDC:s instruktion (SDC 2015a) med SPP rotdelsfunktion (Anon 2006) redovisade ett systematiskt volymfel. Felet identifierades främst för tall men även för gran och resulterade i en underskattning av stammarnas totalvolym på 1-3 procent för berörda skördare. När korrekta barkfunktioner och SPP funktioner användes i skördarnas system för volymberäkning (ub) minimerades förekomsten av systematiska fel i materialet. Däremot hade den individuella spridningen i maskinmätt jämfört med kontrollerad (T/R) stamvolym fortfarande en standardavvikelse på 3,4 procent vilket indikerade en spridning i barktjocklek och rotavsmalning.

Egenkontroll

Resultatet ovan visar att rutinmässig egenkontroll (M2) genom korsklavade diametrar och längdmätning med måttband utförd av kvalitetssäkrade skördarlag ger i princip likvärdiga resultat som grund för sektionsskuberad volym som när kontrollen utförs av VMFs revisorer (M3). Spridningen mellan volymer (ub) enligt revisorernas topprotmätning M3 (T/R ub) av stockar och förarnas M2-sektionsskubering av stockar beror inte i huvudsak på skillnader i diameter- och längdmåtten. Huvudorsaken till redovisade skillnader är istället att jämförelsen görs för en blandning av olika mätmetoder och skillnader i mätt alternativt beräknad barktjocklek, samt i hög grad på skillnader i beräkning av rotdelsvolym/rotavsmalning (första 1,3 meter på rotstockens rotända).

FÖRSLAG TILL STATISTISK ANALYS OCH FUNKTION FÖR LÖPANDE IDENTIFIKATION AV KALIBRERINGSBEHOV

Löpande kontroll av mätsystemets funktion och ett bra system för att avgöra när kalibrerings- och kontrollstammar motiverar en justering av mätsystemet är viktiga frågor för skördarlagen. Som ett ytterligare steg i delprojektet "Betalningsgrundande skördarmätning" har vi därför tagit fram ett preliminärt förslag till ett utvecklat statistiskt stöd som även skulle kunna komplettera befintliga signalsystem för skördardatorer, skördarlag och revisorer. Det är grundläggande och av yttersta vikt att skördarlaget är väl utbildade i att använda och sköta sin utrustning för kontrollmätning och klavning (Nordström & Hemmingsson 2015). Våra analyser visar, som nämnts ovan, att välutbildade skördarförare korrekt utförda egenkontroll (M2) genom klavning ger resultat som är fullt jämförbara med motsvarande resultat från klavning utförd av auktoriserad revisor. Löpande revision är en annan grundläggande komponent för att kvalitetssäkra egenkontrollen och mätsystemets funktion.

Förslaget till statistiskt stöd baseras liksom i befintliga rutiner på löpande egenkontroll av diameter och längd (M2) jämfört med maskinens motsvarande mätvärden från såväl förarvalda som maskinens slumpade urval av kontrollstammar.

Utgående från detta bygger förslaget på en automatisk statistisk analys av de nya mätvärden som samlas från senast genomförda kalibrering med justering (nollställning) av diameter- respektive längdmätningssystemet. Från senaste justering görs sedan en

löpande beräkning av variationskoefficient och systematiskt fel för tillkommande mätvärden ($M_1 - M_2$) givet M_2 . Resultatet jämförs med ett löpande beräknat konfidensintervall utgående från senaste justeringstillfälle. Konfidensintervallet baseras på variationskoefficienten, antalet bakomliggande observationer och ett bestämt p-värde (t.ex. 0,05 eller 0,01) som avgör med vilken sannolikhet systemet ska larma för indikerad systematisk avvikelse (när medelvärde för avvikelser tenderar att löpande avvika från 0). Detta ska inträffa då det systematiska felet (sedan senaste justering) ligger utanför konfidensintervallet, dvs. är mycket större än förväntan för ett välkalibrerat/justerat system. På samma sätt ska systemet larma om standardavvikelsen $M_1 - M_2$ men för något av de aktuella måtten överskrider de gränsvärden som är uppställda i instruktionen för kvalitetssäkring (SDC 2017, tabell 3). Diameter respektive längdmått bör kunna hanteras med samma systemstöd, men oberoende av varandra (genomförd justering av diametermätningen ska inte innebära nollställning av ett ojusterat längdmätningssystem och vice versa). Vidareutvecklingen av effektiva och användarvänliga system för mätstöd och systemövervakning är ett viktigt utvecklingsområde för maskin- och mätsystems-tillverkare.

SLUTSATSER FÖR TILLÄMPNING AV BETALNINGSGRUNDANDE SKÖRDARMÄTNING

Tillämpning av SDC:s gällande instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare (SDC 2017-08-11; SDC 2017) utgör en väl beskriven grund för att i steg två kunna uppfylla SDC:s anvisningar för godkännande och kontroll av virkesmätning med skördare (f.n. SDC 2015a). Båda dessa dokument går i huvudsak hand i hand med möjligheter att utveckla skördarens tillredningsresultat och utvecklade krav på effektiv produktionsstyrning. Genom att kombinera olika nyttor och effektiviseringsmöjligheter för alla inblandade parter kan systemet snabbare förankras, tillämpas, kontrolleras effektivare och kombineras med annan utveckling av virkesmätning och produktionsstyrning. Våra resultat indikerar dock utvecklingsmöjligheter att rationalisera några moment vid skördarmätning samtidigt som vi bedömer att mätresultatet kan bli både bättre och i högre grad objektivt styrbart. Här följer några punkter att diskutera:

Dokumentet "Ersättningsgrundande virkesmätning med skördare" (2015-10-26) innehåller flera krav och begränsningar som kan diskuteras och eventuellt förändras om företrädare för virkesmarknadens parter anser det önskvärt. Exempel på detta kan vara:

- Statusen för förarens egenkontroll.
- Synen på förarvalda respektive slumpade kontrollstammar.
- Att övergå till enheten på bark (pb) för kontroll och revision av diamettermått (M1, M2, M3).
- Att använda sektionsskubering eller likande metoder som referensmetod istället för topp-rotmätning.
- Att undersöka mätnoggrannhet och därmed kopplade tillämpningar och möjligheter att använda kvalitetssäkringssystemet och nyttjande av skördarinformation och statistisk spårbarhet till industri. Genom att sammanlänka informationskedjorna blir det möjligt att bygga och utnyttja lärande system. Detta skulle t.ex. möjliggöra utvidgad användning av skördarmätning för fler trädslag, högre andel flerträdshantering och ersättning för skogsbränsle (grenar och toppar mm) genom objektiv beräkning av mängder utifrån funktioner som bygger på mätningen av stam.
- Finns det skäl att påtagligt öka användningen av betalningsgrundande skördarmätning i Sverige (jmf Finland)?
- Möjligheterna att koppla ihop betalningsgrundande skördarmätning för första affärsledet med smart mätning vid industri kan utvecklas så att värdeutnyttjandet ökas samtidigt som industrimätningen kan göras mer rationell/värdeskapande.

Delprojekt 2.

Skördardata som stöd för travmätning/kollektivmätning av virke

MÅL

- 1) Att utvärdera möjligheten att använda skördarnas mätinformation för effektivare betalningsgrundande trav- och kollektivmätning vid industrin. Användning av skördardata ska öka precisionen vid skattning av fastmassa och beräknad total virkesvolym. Skördardata ska även kunna förbättra uppgifterna om volymfördelningen på trädslag vid hantering av blandade trädslag på virkesordernivå (objekt).

Effektmål

- 1) Ökad mätnoggrannhet och grundläggande av möjligheterna till praktisk användning av skördarinformation som stöd för en säkrare betalningsgrund för virke från enskilda avverkningsobjekt
- 2) Förbättra precisionen och rationalisera industrimätningen (travmätning) genom att använda skördardata som stöd för viktiga bedömningsmoment.

MATERIAL OCH METODER – INLEDNING

Skogsforsks pågående arbete med att sammanställa skördarproduktionsfiler (hpr) från skogsföretag som rapporterat till SDC har kunnat kombineras med sammanställning från VMF:s trav- och kontrollmätningsdata. Dessa datakällor analyserades för att beskriva den variation och noggrannhet som kan förväntas om skördar nas mätuppgifter används för att stödja olika former av travmätning vid industrin.

Ingående moment

- A. Ta fram en modell/beslutsstöd som med hjälp av skördarinformation och befintliga bedömningsgrunder ska kunna stödja och förbättra mätningen vid industrin för volym på och under bark för betalning till skogsägare och ersättning till maskinägare.
- B. Testa den nya rutinen tillsammans med VMF (enklare studie, intervjuer).
- C. Förslag till rutin för travmätning med stöd av skördarinformation och beskriva skördarnas mätnoggrannhet vad gäller längd- och diameterfördelning per trädslag för användning vid travmätning av massaved och timmer vid industrin.
- D. Analys av statistiskt stöd för beskrivning/beräkning av befintliga bedömningsgrunder respektive möjligheter att identifiera nya beräkningsgrunder för ökad effektivitet vid betalningsstödande skördarmätning.

DELPROJEKT 2A. FRAMTAGANDE AV PROTOTYPPROGRAM SOM STÖD FÖR BEDÖMNING AV VEDVOLYMPROCENT

Inom delprojekt 2A-C tog vi utgångspunkt i SDC:s instruktioner för virkesmätning "Travmätning av rundvirke, 2016-08-01" (SDC 2016) med bilagan "Hjälptabell för bedömning av traves vedvolymprocent". Vår arbetshypotes var att skördardata kan ge en objektiv beskrivning/beräkning av ett flertal av de parametrar som dagens virkesmätare har att bedöma. I syfte att testa effekter av detta utvecklade vi programmet "Virkesmätningstöd" som opererar direkt på vanliga, skördarproduktionsfiler enligt standarden för kommunikation med skogsmaskiner (StanForD 2010). Figur 6 visar exempel på data som standardmässigt mäts, respektive registrerats och lagrats i produktionsfilen (hpr) för alla stockar och stammar som tillretts med skördaraggregatet. Hpr-filen ger en stam- och stockvis redovisning av skördarens diameter och längddata, kapställenas höjd i stammen och tilldelade sortiment för varje apterad stock.



Figur 6. Mät- och sortimentsdata registreras standardmässigt i skördarnas produktionsfiler (hpr-filer). Exemplet visar en liggande granstam med fyra tillredda stockar. Rutan till vänster visar registrerade stamdimensioner och volymer och rutan nedanför registrerade stockegenskaper. I produktionsfilen kopplas data från varje tillredd stock med identitetsuppgifter som sortiment, mottagningsplats och virkesorder. Trädens koordinater (vanligen maskinens koordinater under tillredningen) och avverkingstidpunkten kan också registreras i produktionsfilen.

Baserat på hpr-filstandarden (StanForD 2010) kan stockbaserade summeringar per sortiment och virkesorder göras på ett enkelt, kontrollerat och säkert sätt.

I tabell 9 beskrivs de påverkande variablerna vid bestämning av vedvolymprocent för en trave enligt den ovan refererade hjälptabellen (SDC 2016). I kolumnen Skördardata enligt StanForD 2010 beskrivs de standardiserade stockvariabler som kan utnyttjas som stöd för volymberäkning.

Tabell 9. Hantering av volympåverkande parametrar vid travmätning och hur dessa behandlats vid utvecklingen av programmet Virkesmätningstöd. SDC-tabell avser "hjälpstabell för bedömning av traves vedvolymprocent" (SDC 2016).

Parameter Enligt SDC:s hjälpstabell	Enhet	Beräknas med skördare	Används i ut- vecklat proto- typprogram	Skördardata enligt StanForD 2010	Kommentar
Trädslagsandel, T-G-L	%	Ja	Ja	SpeciesGroupName>Tall SpeciesGroupVersion>1 LogVolume">0.196 logVolumeCategory="m3sub"	Andel av sortiments- volym, se SDC tabell
Grundtevägd, längd	cm	Ja	Ja - Avdrag vid längd över 4,0 meter , 1 % annars 0.	LogLength>406	
Aritmetiskt beräknad mittdia pb	mm	Ja	Ja	LogDiameter logDiameterCategory= "Mid ob">255	Enligt SDC tabell
Aritmetisk medel för avsmalning	mm/m	Ja	Nej (endast fix inställning, ingen korrigering).	logDiameterCategory="Top ub">224</Log no 1 <LogDiameter logDiameterCategory="Top ub">193</Log no 2 <LogLength>406	0
Andel flerträd vol (kvistighet)	%	Ja	Påverkar bero- ende av andel flerträd. Över 10 % medför avdrag 1 %	ProcessingCategory> SingleTreeProcessing ProcessingCategory> </MultiTreeProcessedStem>	Flerträdsvolymen kan indikera sämre kvistning, över 10 % avdrag 1 procent
Barkandel	%	Ja	Fix avdrag 7 %	LogVolume logVolumeCategory="m3sob" logMeasurementCategory= "Machine">0.218 LogVolume logVolumeCategory="m3sub" logMeasurementCategory= "Machine">0.196	Volym bark kan beräknas med barkfunktion i skördaren
Månad (Vinter snö och is)	Datum	Ja	Ja avdrag base- rad på avverk- ningsmånad. 2 % på vintern.	<HarvestDate>2017-03- 26T05:22:18+02:00	Vinter om det är inmätt t.ex. från december till mars
Ren massaved (krokighet)	%	Nej	Nej, fix avdrag för massaved 2 %	<ProductName>Barrmav <ProductInfo>1000	Timmersortiment inget avdrag
Övrig justering (travning & avfall)	%	Nej	Nej, fix avdrag för massaved 2 %	<ProductName>Barrmav <ProductInfo>1000	Timmer-sortiment inget avdrag

I syfte att kunna simulera effekter av mindre volymer utformades programmet så att det går att dela upp den verkliga produktionen från skördare på ett användarvalt antal stammar motsvarande t.ex. en enskild lastbilstrave. Utifrån dessa data kan spridningen inom objekt beräknas.

I testprogrammet i den första demoversionen beräknades en traves vedvolymprocent (fastmasseandel) enligt följande (alla procent avser del av 100 dvs. procentenheter):

Utgångsvärde för **trädslag** exempelvis gran 68 procent och tall 70 procent. Om en trave innehöll 50 procent av respektive trädslag blev startvärdet 69 procent. För sågtimmer-sortiment ökades utgångsvärdet med 1 procent.

- 1) **Medellängd** – vid stocklängder över 4 meter gjordes ett avdrag på 2 procent.
- 2) **Medelmittdiameter** – brytpunkten för tillägg respektive avdrag för trav-virkets medelmittdiameter var 15 cm. Vid en medelmittdiameter under 15 cm minskades vedvolymprocenten och medan ett högre värde medförde en ökad vedvolymprocent. Exempelvis gav medelmittdiametern 13 cm ett avdrag på 3 procent, medan motsvarande på 17 cm gav en ökning med 2 procent.
- 3) **Avsmalning** – fix-värde satt till 0.
- 4) **Andel flerträdsavverkade stammar** (effekt av kvarsittande kvist).
5-10 procent flerträdsandel gav 1 procent avdrag, 10-25 procent flerträdsandel 2 procent avdrag och över 25 procent gav 3 procent avdrag.
- 5) **Bark** – Barkens inverkan på vedvolymprocenten. Normal bark ger enligt hjälptabellen ett volymavdrag på 6-8 procent. Med virkesvärdesprogrammet beräknades ett fixt avdrag på 7 procent.
- 6) **Månad** – Avverkning Mellan 1 december till 28 februari gav ett avdrag på 2 procent, övrig tid på året 0 procent.
- 7) **Ren massaved/ krokighet**. Förvalt avdrag satt till 2 procent för massaved (något krokig) och 0 procent för timmer.
- 8) **Övrig justering för travning**. Förvalt avdrag satt till 2 procent.

I figur 7 illustreras resultatet från beräkningen av vedvolymprocenten baserat på data insamlat från skördarnas hpr-filer. I detta exempel beräknades fastmassan till 51 procent. I kolumnen "Medel", från rad två och nedåt, visas beräknade ingångsdata baserat på skördarens produktionsfil (hpr) för aktuellt sortiment. I kolumnen "Fastmasseberäkn, procent (=Vedvolymprocent)" visas, rad för rad, resultatet av beräkningen baserat på de justeringstal som står angivna i SDC:s hjälptabell för bedömning av vedvolymprocent (SDC 2016). Längst upp i kolumnen "Medel" (orangemålad cell) redovisas den betalningsstödjande fastmassaprocenten som blir resultatet av de samlade korrigeringarna. I kolumn 3 visas spridningen (Standardavvikelsen) mellan simulerade "travar" utifrån stockarnas löpande avverkningsordning. I exemplet ger det en standardavvikelse för vedvolymprocent på 0,7 procentenheter och en standardavvikelse för medellängd på 20 cm.

Analys	Fil-information	Längd och diameterfördelning	Stockmatris	Rå-data	Fel-logg
	Medel	Fastmasseberäkn, %	Stdavv		
Fastmasseandel, %	51,0		0,7		
Trädslagsandel, T-G-L	100-0-0	68,0%			
Gyte-vägd längd, cm	426	-2%	20		
Aritm beräkn mittdia pb, mm	121	-4%	14		
Aritm avsmaln, mm/m (stamform)	13	0% (fix)	1,1		
Andel flerträd vol (kvistighet), %	0	0%	0,00		
Barkandel, %	11,1	-7% (fix)	1,2		
Månad (vintertid snö o is)	Ej vinter	0%			
Ren massaved (krokighet)	Något krokig	-2%			
Övr justering (travning & avfall)	Något gles	-2%, (fix)			
Total vol, mfub	1123,9				

Figur 7. Programmet Virkesmätningssöd ger beräkningsstöd för fastmasseandel (%) = vedvolymprocent per specifikt sortiment med hjälp av skördardata (hpr-filer) och manuellt satta parametrar utifrån SDCs "Hjälpatabell för bedömning av traves ved-volymprocent". Vid traditionell travmätning kan dessa parametrar annars endast bedömas enligt samma instruktion.

Figur 7 visar övriga inställningar som kan göras i "Virkesmätningssöd" innan beräkning som att:

- 1) välja virkesorder – en eller flera
- 2) välja trädslag – ett eller flera
- 3) välja sortiment – ett eller flera
- 4) dela en virkesorder i mindre volymer för att beräkna en spridning (denna inställning ska efterlikna en tänkt indelning av partiet i travar).

Med hjälp av programmet simulerade vi i nästa steg utfallet på travnivå från 21 olika avverkningsobjekt fördelade över Sverige. Detta test gjordes med den okalibrerade modellen i syfte att ge en bild av storleksordningen på variation mellan objekt.

RESULTAT

I figur 8 redovisas den beräknade vedvolymprocenten för 21 verkliga objekt med uttag av barmassaved (grundversionen av Virkesmätningssöd). Genom att nyttja den löpande registreringen i skördarproduktionsfilerna med programmet Virkesmätningssöd har vi även simulerat spridningen mellan volymer motsvarande ungefär en lastbilstrave.

Figur 7. Urvalsmöjligheter för analys för olika sortiment och eller trädslag. Det går även göra en uppdelning av resultatet efter volym baserat på avverkning per dygn eller visst stamantal.

Skördardata vid virkesmätning

Öppna hpr...

Selektera

Noll-ställ

Vo-nr:

☒ 01252003()
 ☒ 01252003()

Trslg:

☒ 1 (TALL, Barkfunkt OK)
 ☒ 2 (GRAN, Barkfunkt OK)
 ☐ 3 (LÖV, Barkfunkt OK)
 ☒ M (CONTORTA, Barkfunkt OK)

SST:

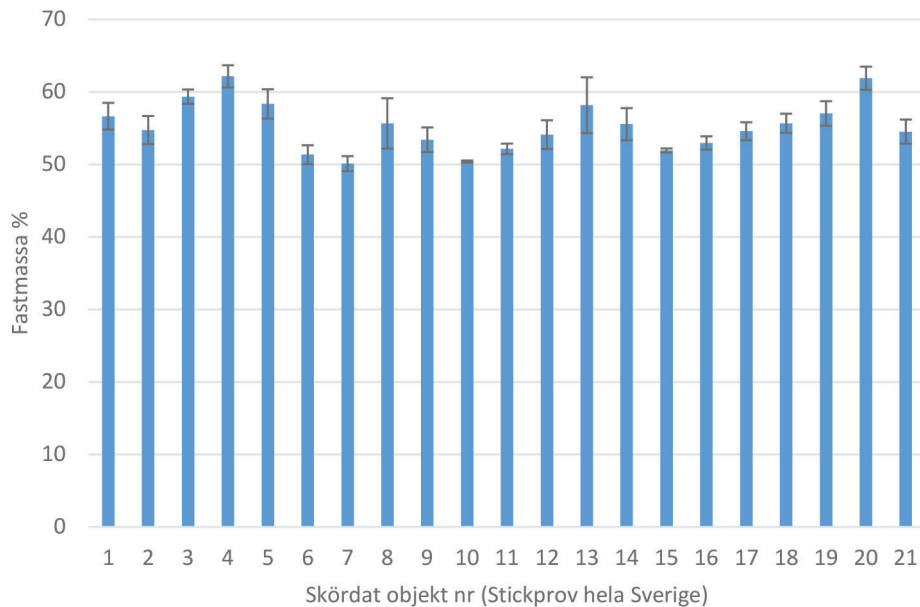
011(Munksund Rot)
011(Munksund Topp/Mellan)
011(IGGESUND)
011(LEVERANSTIMMER)
311(OCTO)
☒ 101(MASSA)
072(STAMBLOCK)
012(Gällö)
012(U126 Tunadal)
012(ÖSTAVALL)
012(RUNDVIK)
012(LEVERANSTIMMER)
152(FFG)
☒ 100(MASSA 2)
509(RÖTMASSA)
274(KUBB)
103(MASSA)
01M(TIMMER)

Avmarkera alla SST

Uppdelning av data

☒ Per dygn
 ☐ Per 500 stammar
 ☐ Per 100 stammar
 ☐ Per 750 stammar
 ☐ Per 200 stammar
 ☐ Per 1000 stammar
 ☐ Per 300 stammar
 ☐ Per 2000 stammar
 ☐ Per 400 stammar
 ☐ Per 3000 stammar

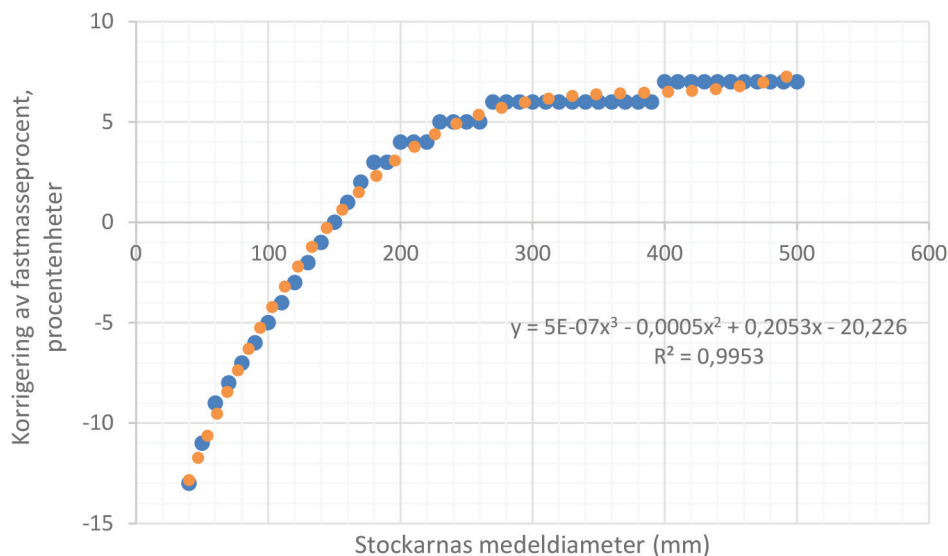
Figur 8. Resultat från simulerad volymbestämning för 21 olika avverkningsobjekt med hjälp av Skogforsks program "Virkesmätningssstöd". Felstaplarna (tunna linjerna) indikerar standardavvikelsen mellan simulerade travar inom vart och ett av de olika objekten. Skillnaderna i stapelhöjd visar beräkningsmetodens inverkan på genomsnittlig volym per objekt. Materialet bestod av mellan 2 och 83, i genomsnitt 22 simulerade travar per objekt=stapel



DELPROJEKT 2B. PRAKTISKT TEST OCH JUSTERING AV PROGRAMMET VIRKESMÄTNINGSSTÖD

Då flera variabler ska bedömas vid travmätning, t.ex. hur det är travat eller om det är krokigt gjordes en förenkling för genomförandet av det praktiska testet. Variablerna trädslag, medeldiameter, barkvolym och sortiment (timmer eller ej) användes för att beräkna en traves vedvolymprocent utifrån skördardata (se modell 1 nedan).

För beräkning av medeldiameterns inverkan på vedvolymprocenten enligt SDC:s hjälptabellbilaga skapades en funktion för att ta fram tabellvärden (se figur 9).



Figur 9. Grafisk illustration av SDCs kurva (blå) för korrigerad av vedvolymprocent baserat på medeldiameter för stockarna i traven och den utvecklade hjälpfunktionen för programmet Virkesmätningstöd (Gul kurva). Medeldiametern 150 mm ger 0 i korrektion. Vid diametern 150 mm blir det diameterkorrigerade beräknade utgångsläget vedvolymprocenten för gran 68 procent och för tall 70 procent.

I nästa steg utvecklades modell (1) i syfte att kunna använda skördardata som beräkningsstöd för vedvolymprocent vid travmätning:

$$\text{Vedvolymprocent}_{\text{skördare}} = \text{Trädslagsandel} - \text{Barkandel} - \text{Korrektion diameter} - \text{sortimentkorrektion (1)}$$

där:

$$\text{Trädslagsandel} = (\text{Granandel} * 0,70 + \text{Tallandel} * 0,68 + \text{Björkandel} * 0,66)$$

$$\text{Barkandel} = ((\text{Volym pb} - \text{Volym ub}) / \text{Volym pb}) * \text{Trädslagsandel} \quad (\text{Hannrup 2004})$$

$$\text{Korrektion diameter} = 5E-07x^3 - 0,0005x^2 + 0,2053x - 20,226 \quad (\text{se figur 3})$$

x = Medelmittdiameter för travens stockar pb

$\text{Sortiments-korrektion}$ = 0,02 avdrag för sortiment massaved och energi, 0 för timmer.

Vedvolymprocenten beräknades med modell (1) för 86 provtravar inmätta vid Östavalls virkesterminal. Totalt testades 44 timmertravar och 42 massavedstravar. För bestämning av travarnas volym användes de av virkesmätarna fastställda höjd- och breddvärdena för lastbilstraven. Eftersom stocklängd mäts med hög noggrannhet i skördaraggregaten ersattes bedömd medellängd för enskilda travar med sortimentets uträknade medellängdsuppgift från skördarnas produktionsrapportering på virkesordernivå (i dagsläget utgör sortiment per virkesorder normalt den fysiskt spårbara enheten vid virkesmätningen). Därefter beräknades travens virkesvolym (m^3fub) enligt modell (2).

$$\text{Volym} = \text{Vedvolymprocent}_{\text{skördare}} * \text{Travbruttovolym (2)}$$

där $\text{Travbruttovolym} = \text{Medellängd}_{\text{Sortiment skördare}} * \text{Travbredd}_{\text{Ordinarie mätare}} * \text{Travhöjd}_{\text{Ordinarie mätare}}$

I grundversionen av programmet underskattades vedvolymandelen med 4,5 procent för massaved och 5 procent för timmer. Efter ett inledande test togs därför schablonavdraget för längd och krokighet bort. Ett schablonavdrag för sämre travning av massaved på 2 procent behölls dock. Inga ytterligare anpassningar genomfördes inför fallstudien (2C).

RESULTAT OCH DISKUSSION – INLEDANDE PRAKTISKT TEST

Vedvolymprocent

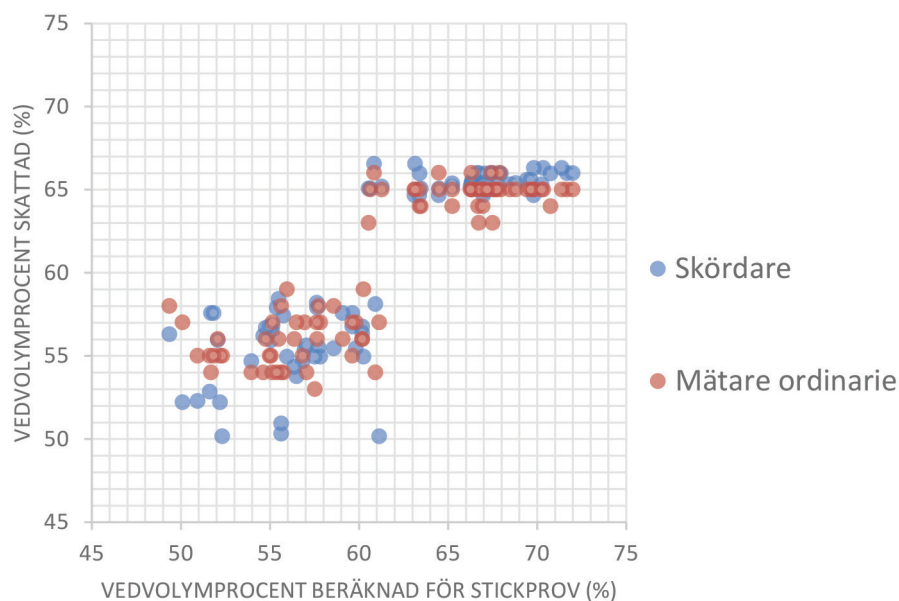
Tabell 10 visar resultat från bestämning av vedvolymprocent beräknat med skördardata enligt modell (1 och 2) och ordinarie travmätning jämfört med vedvolymprocent beräknat från kontrollmätning kombinerad med den ordinarie mätarens höjd, längd och breddmått=boxens bruttovolym. Resultaten visar att ordinarie mätning och beräkningar från skördardata gav jämförbara vedvolymprocenter. Kontrollmätningen resulterade i lite högre genomsnittliga vedvolymprocenter. Detta bedöms främst ha berott på differenser i de timmertravar som hade de högsta vedvolymandelarna (> 70 procent) enligt kontrollmätningen.

Tabell 10. Vedvolymprocent för 86 travar inmätta vid Östavalls terminal. Vedvolymprocent beräknat på stickprovstravarna, vedvolymprocent bedömd vid ordinarie mätning och vedvolymprocent beräknad från skördardata.

	Travar		Vedvolymprocent			
	Antal	Kontroll	Bildmätning		Skördare	
			Medel	Stdavv Bildmät -Kontroll		Stdavv Skördare -Kontroll
	(st)	(%)	(%)	(%-enheer)	(%)	(%)
Barrmassaved	27	56,0	56,4	6,0	54,4	6,2
Granmassaved	15	56,0	54,9	5,5	57,1	4,8
Talltimmer	44	66,7	64,8	4,6	65,5	4,3
Totalt	86	61,5	60,4	4,9	60,6	4,7

Av figur 10 framgår en betydande spridning i vedvolymprocent. I massavedssortimenten vedvolymprocenter upp till 60 procent så är skördarens värden och den manuella bedömningen spridd runt beräknad fastmassa från stickprovsdata.

För timmersortiment med vedvolymandel över 60 procent enligt kontrollmätningen ledde både mätarnas bedömning och beräkningen med skördarmodellen till betydande underskattning. En bidragande orsak kan vara att för kontrollmätning inom VMF Nords område användes (2016) toppdiameter och fasta omräkningstal för att räkna fram m^3 fub-volym. Resultatet indikerar att denna metod kan ha medfört systematiska fel.



Figur 10. Vedvolymprocent vid skattning av massaved och timmer. Samband mellan beräknat stickprovdata för stickprovstravar (x-axeln) och vedvolymprocent skattad av mätare och beräknat med skördardata (y-axeln). 86 travar från mellersta Norrland inom VMF Nords område. Observera att punkterna är orienterade till två separerade grupper och att avsaknaden av punkter i mellanområdet gör sambanden osäkrare.

Medellängd för stockar

Jämförelsen av längdutfall mellan kontrollmätning, ordinarie mätning och objektsmedelvärdet för skördarnas längdmätning för aktuell virkesorder, gav likartade resultat. För de 86 objekten i studien gav skördare främst bättre resultat än mätaren vid timmermätning. Detta kan bero på att längder styrs hårdare vid skörd av timmer och därigenom minskar variationen för längder mellan olika travar.

Medelvärde av skördare och manuell skattning gav lägre spridning än endast en mätkälla.

Tabell 11. Längdutfall för 86 travar inmätta vid Östavalls terminal. Längd mätt på stickprovstravarnas stockar, bedömd vid ordinarie inmätning och medelvärde av längd från den virkesorden som aktuell stickprovstrave tillhör.

Sortiment	Travar		Längd					
	Antal	Kontroll	Bildmätning			Skördare		
			Medelvärde av Bildmätning och skördare					
		Medelvärde	Medelvärde	Stdavv diff	Medelvärde	Stdavv diff	Medelvärde	stdavv diff
	(st)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Barrmassaved	27	459	457	18	462	16	460	10
Granmassaved	15	464	468	17	456	12	462	10
Talltimmer	46	477	467	18	473	11	470	12
Totalt	88	468	464	19	467	14	466	12

DELPROJEKT 2C. FALLSTUDIE – ANALYS AV MÄTPRECISION VID BILDMÄTNING MED OCH UTAN SKÖRDARDATA – PRAKTISKT TEST TILLSAMMANS MED VMF NORD

Nästa steg, delprojekt 2C för betalningsstödjande skördarmätning genomfördes i samarbete med VMF Nord och bildmätningcentralen i Östersund.

MATERIAL OCH METODER

I testet fick mätare dels bestämma vedvolymprocenten (fastmassan) för travar utan information från skördardata och dels bedöma vedvolymprocenten med information om sortimentens medelvärden inom aktuell virkesorder enligt nedan:

- 1) Medellängd
- 2) Medeldiameter
- 3) Barktjocklek
- 4) Beräknad vedvolymprocent
- 5) Avverkningsdatum

Totalt gjordes en utvärdering baserad på 42 bild- och kontrollmätta massavedstravar enligt nedan (Tabell 12). Fem upprepade volymbestämmningar genomfördes per trave. Först utfördes en ordinarie mätning enligt mätcentralens rutin för travmätning i bild. Detta genomfördes innan testet av stöd från skördarinformation startades. Därefter fastställde två oberoende mätare virkesvolymen för trave 1-21 med bedömningsstöd av skördarinformation och trave 22-42 utan bedömningsstödet. Ytterligare två, oberoende, mätare fastställde virkesvolymen för samma travar, 1-21 utan skördarinformation som bedömningsstöd och trave 22-42 med bedömningsstöd från skördarinformation.

Tabell 12. Sortiment, antal travar, antal mätomgångar för bildmätningförsöket med bedömnings- och beräkningsstöd från skördarinformation. Alla ingående travar har kontrollmätts.

Sortiment	Antal travar	Antal mätningar enligt ordinarie bildmätningrutin	Antal mätningar med skördarinformation som extra bedömningsstöd	Beräkning av genomsnittlig vedvolymprocent och vedlängd från virkesorder	Antal ytterligare volymbestämmningar med kombination av mätare och beräkningsstöd från skördarinformation
	(st)	Mätomgångar	Mätomgångar	Beräkningsomgångar	Kombinerade mät- & beräkningsomg.
Barrmassaved	27	3	2	1	5
Granmassaved	15	3	2	1	5
Totalt travar (st)	42	126	84	42	210

Efter mätningarna sammanställdes beräkningen av fastmasseandel för mätare med respektive utan stöd från skördarinformationen. Dessutom jämfördes travarnas stocklängder och beräknade volymer.

RESULTAT

Längd

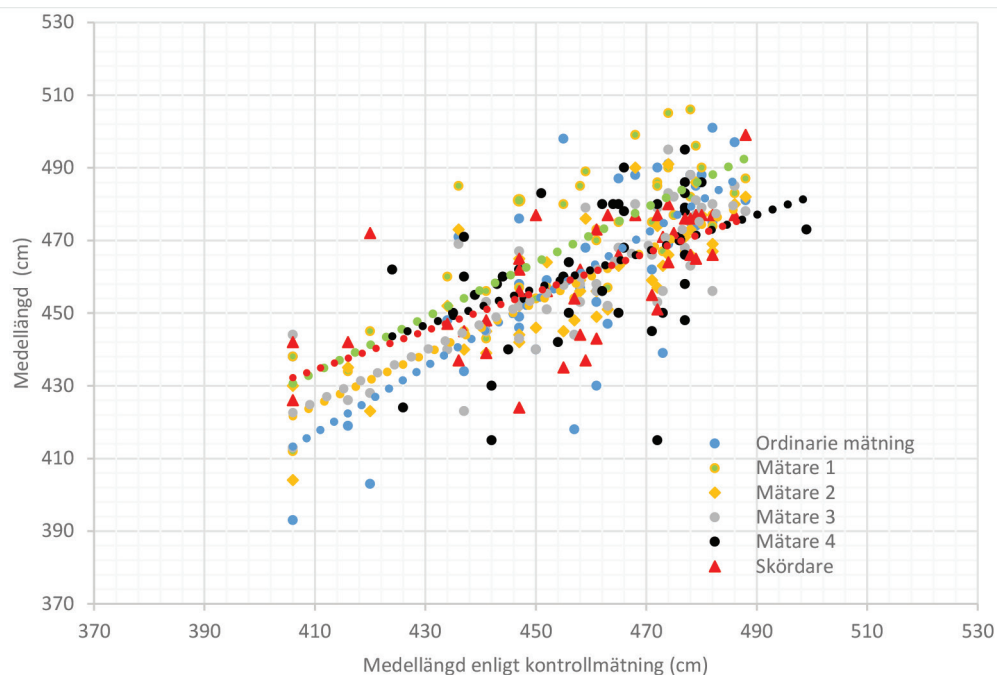
Den upprepade mätningen/skattningen av medelstocklängd per trave resulterade i ett totalt medelvärde på 463 cm för 5 mätare med en variation mellan 459-470 cm jämfört med kontrollmätningens 458 cm. För skördardata registrerades 460 cm. Standard-

avvikelsen mätare – kontroll var 14 cm (12-17 cm) och för skördardata-kontroll 16 cm. Vid en sammanvägning (enkel assimilering) av skördarnas och mätarnas längduppgifter hamnade medellängden på 461 cm med en standardavvikelse på 11 cm.

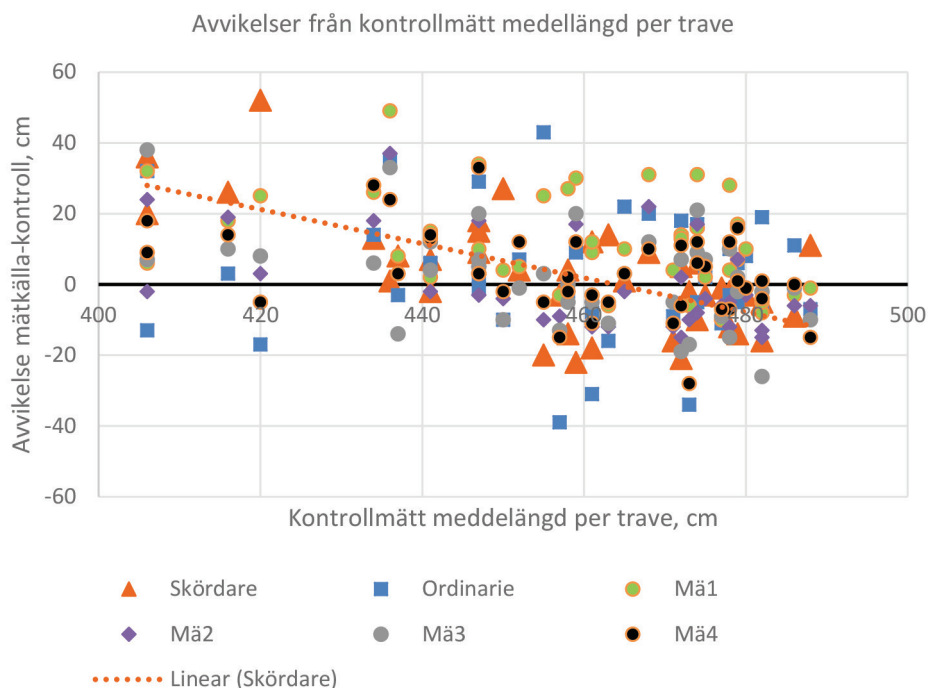
Resultatet visar att skördarnas och mätarnas längdmätningssuppgifter låg nära varandra. Skördaren gav lägst systematiskt fel, vilket kan förväntas på virkesordernivå då skördarens längdmätningssfel normalt har en standardavvikelse på 1-2 cm (figur 11 och 12). Resultatet visar också att lägst standardavvikelse erhöles genom att beräkna medelvärdet av både skördarnas och mätarnas längdresultat (Enkel dataassimilering).

Tabell 13. Resultat av längdmätning från 5 upprepade bildmätningar av 42 massavedstravar vid Östavalls mätterminal. I tabellen redovisas: Kontroll, Skördarens medellängd för den virkesorder som traven tillhör Mätarnas skattade genomsnittlig stocklängd vid bildmätning, samt medel av skördarens och mätarens medelstocklängder. Grön färg indikerar att mätaren har haft tillgång till skördarnas längd och stockdiameteruppgifter, orange innebär att mätare har mätt utan skördarinformation. Grå innebär medelvärde av skördarens mätning och mätarens bedömning.

Mätkällor och kombinationer	Trav 1-14; 36-42		Trav 15-35		Medel alla	
	Längd	Stdavv	Längd	Stdavv	Längd	Stdavv
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Medel enligt kontroll	454		462		458	
Skördare	461	19	460	12	460	16
Mätare ordinarie	455	15	467	20	461	17
Medel skördare & ordinarie	458	10	463	12	461	11
Mätare 1	468	15	472	12	470	14
Medel skördare & mätare 1	464	12	466	9	465	11
Mätare 2	459	13	459	10	459	12
Medel skördare & mätare 2	460	12	459	12	460	12
Mätare 3	457	12	463	14	460	13
Medel skördare & mätare 3	459	12	461	10	460	11
Mätare 4	460	12	465	12	462	12
Medel skördare & mätare 4	460	11	462	9	461	11
Medel skördarstödd	464	14	461	12	463	13
Medel mätare	457	13	468	15	463	13
Medel mätare & skördare	460	11	462	10	461	11
Medel Kontroll	454		462		458	
Skördare	461	19	460	12	460	16
Medel mätare Ordin +1-4	460	13	465	14	462	14



Figur 11. Resultat från upprepad travmätning av 42 massavedstravar (Östavall) med foto-stödd travmätning i fem olika omgångar vid. X-värdena avser resultatet av varje traves medellängd enligt kontrollmätning. Y-värdena avser resultatet för motsvarande travar efter 5 olika omgångar längdmätning via bild (Ordinarie, samt Mätare 1-4) samt enligt skördarens produktionsfil. Observera att en punkt för skördardata därmed visar medellängden för hela volymen av aktuellt massavedssortiment från en virkesorder.



Figur 12. Samma resultat som i figur 11 ovan, men här uttryckt som avvikelser mellan mätvärde och kontroll. Observera även effekten av att skördarberäknad medellängd ger sortimentsmedelvärde för hela objekt/virkesorder vilket drar mot mitten. Observera dock att detta medelvärde för hel virkesorder sannolikt inte har något systematiskt fel efter en summering av alla travar av sortimentet som producerats inom virkesordern. Tendenser till dragning mot mitten kan identifieras även för mätarna, dock med risk för systematiska fel. Resultatet för mätare 1 visar på systematisk överskattning av längderna.

Volym

I tabell 14 visas resultatet av utfallet från fem upprepningar med mätning av 42 massa-vedstravar. Resultatet visar att mätarnas skattningar av travvolymerna jämfört med kontrollen hade en genomsnittlig standardavvikelse på 5,9 procent (5,4-6,4 procent) och ett genomsnittligt systematiskt fel på 1,3 procent (0,3-2,9 procent). När medellängd och vedvolymprocent beräknades från skördardata blev motsvarande standardavvikelse för beräknad volym jämfört med kontroll 6,6 procent (6,5-6,7 procent) med ett systematiskt fel på -0,6 procent (-1,2 – 0,3 procent).

Vid användning av medelvärdet av mätarnas bedömning och skördardata sjönk standardavvikelsen till 5 procent (5,4-6,1 procent) och det systematiska felet blev -0,1 procent (-0,9 – 1,2 procent). Envägs variansanalys genomfördes för differenser mellan travvolym enligt de olika mätalternativen (Tabell 13) och kontrollmätningen. Jämförelser enligt Tukeys Studentized Range test liksom med Duncan's multiple range test gav dock inga statistiskt säkerställda skillnader mellan metoderna vid jämförelse med kontrollen.

Mätarnas synpunkter

Var och en av de fyra mätarna som deltog i försöket ombads skriva ett kort omdöme om hur de upplevde stödet av skördarinformation för att göra sina ordinarie bedömningar och mätningar. Resultatet visar att mätarna inte upplevde så stor nytta av bedömningsstödet. Mätarnas synpunkter på nyttan av att få stöd från skördarproduktionsfilerna ska ses utifrån deras uppgift att bedöma vedvolymprocent, vedlängd, travens höjd och lastbilens bredd mellan stöttorna (en variabel med mycket liten variation) för enskild trave.

- Mätare 1: "Kände inte att data från skördare hjälpte mig alls för att göra mina bedömningar"
- Mätare 2: "Det fanns egentligen bara två siffror från skördardata vi/jag skulle kunna ta hjälp av, stocklängd samt barktjocklek. Jag har tittat på de siffrorna när jag mätt. Vi får se på resultaten om det blir bättre eller ej?"
- Mätare 3: Tyckte inte att skördardatat var till någon större hjälp"
- Mätare 4: "Jag tycker inte att man har så mycket nytta av skördaruppgifterna eftersom de gäller hela virkesordern"

Mätare 1-4 mätte hälften av travarna (gröna fält i tabell 14) med tillgång till skördardata. Resultaten visar inte heller generellt att travmättningsresultaten blivit bättre i de fall mätarna tog hänsyn till skördarnas data. I studien var det en av fyra mätare, nr 2, som ansåg sig ha visst stöd av skördardata och också använde detta stöd. Vid analysen framgick detta genom att mätare 2:s längdskattningar hade starka samband ($R^2=0,83$) med beräknad medellängd från skördarinformationen, medan de andra mätarna inte uppvisade någon påvisbar effekt av den beräknade längden. Även om det inte är statistiskt säkerställt blev resultaten för mätare 2 något bättre med än utan skördarinformationen. Vid sammanvägning av längd och fastmassaprocent mellan skördardataberäknade data och mätarbedömning syns en viss förbättring, främst på lägre systematiskt fel vilket också kan förväntas. Resultaten redovisas som kvot mellan undersökta mätresultatskällor och kontrollmätning (100 procent). Medelfel i procent av kontrollmätt volym kan enkelt beräknas som: Medelfel (procent) = (Volymkvot-100).

Tabell 14. Resultat från upprepade bild- och skördarstödd travmätning av virkets fasta volym i 42 massavedstravar. Tabellen visar tre resultat för varje mätning: a) ordinarie travmätning i bild utförd av olika virkesmätare (Ordinarie, samt Mätare 1-4), Gula fält indikerar ordinarie mätmetod, gröna fält att mätarna har haft tillgång till skördarmedelvärde för längd och diameter som mätningssöd b) Vita fält är skördadata för bestämning av genomsnittlig vedlängd & vedvolymprocent i kombination med virkesmätarens höjd och bredd (medelavståndet mellan stötar är närmast konstant) på lastbilstraven. 3e varianten gråa fält (a+b)/2 är ett enkelt medelvärde av de två mätmetoderna (Grå fält). Försöket genomfört vid Östavalls mätterminal.

Antal 21 objekt per omgång	Omgång 1				Omgång 2				Totalt			
	Systematisk avv	Stdavv	%		Systematisk avv	Stdavv	%		Systematisk avv	Stdavv	%	
a) Ordinarie mätning	-0,1	6,8			0,5	6,3			0,2	6,4		
b) Skördare (Fastmassa + Längd) & Ordinarie Mätning (Höjd+Bredd)	-0,6	7,1			-1	6,1			-0,8			6,7
(a+b)/2, (Enkel dataassimilering)	-0,3	6,2			-0,3	5,1			-0,3			5,5
a) Mä1	3,7	5,9			2,3	5,7			2,9	5,7		5,7
b) Skördare(Fastmassa + Längd) & Mä1(Höjd+Bredd)	-0,4	6,9			-1,8	6,3			-1,2			6,5
Mä(a+b/2), (Enkel dataassimilering)	1,6	6,0			0,2	5,2			0,9			5,6
a) Mä2	1,6	6,5			-0,9	5,9			0,3	6,2		
b) Skördare(Fastmassa + Längd) & Mä2(Höjd+Bredd)	0,2	7			-1,9	6,3			-0,9			6,6
(a+b)/2, (Enkel dataassimilering)	0,9	6,4			-1,4	5,7			-0,3			6,1
a) Mä3	2,3	5,7			2	5,2			2,1	5,4		
b) Skördare(Fastmassa + Längd) & Mä3(Höjd+Bredd)	0,9	6,9			-0,3	6,2			0,3			6,5
(a+b/2), (Enkel dataassimilering)	1,6	6			0,8	5			1,2			5,4
a) Mä4	1,6	6,3			0,1	5,8			0,8	6,0		
b) Skördare(Fastmassa + Längd) & Mä4(Höjd+Bredd)	0	7,2			-1,6	6,3			-0,9			6,7
(a+b/2), (Enkel dataassimilering)	0,8	6,3			-0,8	5,3			0	5,8		
a) Medel (Ordinarie+Mä1+Mä2+Mä3+Mä4) (210 travar)	1,8	6,2			0,8	5,8			1,3	6,0		
b) Medel skördare (Vedvolymprocent+Längd) & Ord Mä1,2,3,4(Höjd+Bredd) (210 travar)	0,0	6,9			-1,3	6,2			-0,7			6,5
(a+b)/2 Medelvärde av volym enligt a) Mätarens bedömning (färgade fält) och b) Skördare (Vedvolymprocent+Längd) & Mätare (Höjd+Bredd)	0,9	6,1			-0,3	5,2			0,3	5,7		

Sammanfattning av travmätning i bild och skördarstöd

Medellängd

Resultatet indikerade att mätarnas mätning och bedömning av stockarnas medellängd i enskild trave hade något högre genomsnittlig precision för enskild trave än när den enskilda travens medellängd bestämdes med det objektsvisa medelvärde från sammankopplad skördarproduktionsfil. Bäst resultat (minsta avvikelse från 0 för medelvärdet och lägsta standardavvikelse) uppnåddes genom att beräkna ett medelvärde av skördarnas och mätarnas längdmätning (en enkel s.k. dataassimilering). Metodiken dämpar i princip både systematiska och tillfälliga fel som kan vara överdrivna för en enskild mätning/skattning. För ett helt parti kan det vara en fördel att använda skördarnas längder som mätts med hög noggrannhet och bör vara fria från större systematiska fel, om skördarens mätsystem är kvalitetssäkrat.

Som genomsnitt ger skördarna och mätarna likartad längdspridning. Detta skulle kunna innebära att mätarna i princip inte skulle behöva mäta längden. Införs ett stöd med kopplad skördarinformation så kan längden användas så att standardavvikelsen för sortimentets skördarmätta längd beräknas genom simulering av löpande volymer per sortiment uppdelat i ca 15 m³ fub travar (jmf figur 8 ovan). När detta värde ligger under X cm (t.ex. 20 cm) kan skördarmätt medellängd användas annars ska en kontroll/bedömning göras av mätaren.

Vad gäller skördardata och längd så kan den även användas för att följa upp mätarnas genomsnittliga skattningar av medellängd då skördarinformation från kvalitetssäkrade skördarmätsystem antas vara i princip fria från systematiska fel vid beräkning av ett stort antal (>100) travar.

Vedvolymprocent och volym

Vid beräkning av volymen ger modellen för skördardata baserat på SDCs hjälptabell modell för beräkning av vedvolymprocent något högre standardavvikelse mätning-kontroll än den manuella mätningen. Skillnaden är dock marginell. Vad gäller fastmassandel stämde den bäst överens med mätarnas skattning av vedvolymprocent för timmersortiment. Det kan bero på att fördelningarna av stockarnas längd och diameter var mer homogen för timmer än för t.ex. barrmassaved. Även för granmassaveden var standardavvikelsen för skördarberäknad vedvolymprocent lägre än för barrmassaveden. Detta kan ha likande orsaker som för timmersortimenten eftersom diameter och längd var mer homogen för granmassaved än för barrmassaved som i högre grad innehöll en blandning av trädslag och grova respektive klena stockar.

I skördardata finns en mängd ytterligare information som inte används i SDCs modell och som kan vara utvecklingsbart att använda för vidareutveckling. I delprojekt 2D tittade vi närmare på dessa möjligheter.

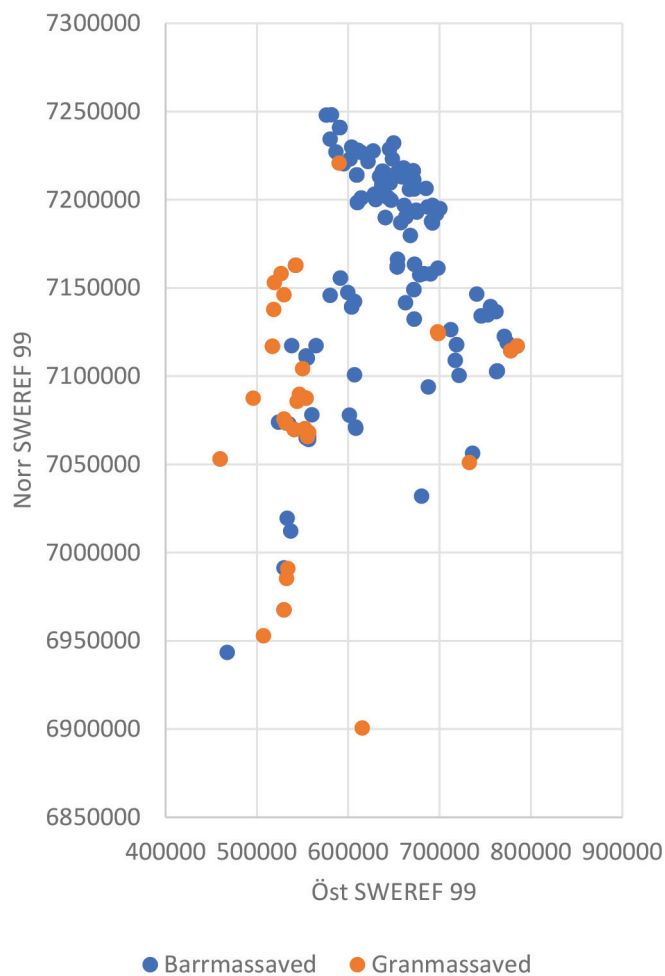
DELPROJEKT 2D. ÖVERGRIPANDE ANALYS AV STATISTISKA SAMBAND MELLAN SKÖRDARDATA OCH VEDVOLYMPROCENTER FÖR VIDAREUTVECKLAT BETALNINGSSTÖD.

Material och metoder

I ett sista delprojekt 2D genomförde vi en analys av statistiska samband (utan koppling till SDC:s hjälptabell) mellan data från skördarproduktionsfiler (hpr eller pri enligt StanForD) och kontrollmätt volym från travmätning. Genom att kombinera kontrollmätta massavedstravar från VMF Nord (en delmängd av de travmättningsdata som beskrivits av Bjurulf m.fl. 2017) med vår sammanställning av skördardata från olika företag inom samma område kunde vi ta fram 219 travar med massaved för en statistisk analys av sambanden mellan kontrollmätt vedvolymprocent och tillgänglig skördarinformation. Travarnas geografiska ursprung framgår av Figur 13 och 14.



Figur 13. Geografisk utbredning för de analyserade travarna i delprojekt 2D.



Figur 14. De ingående kontrolltravarnas geografiska ursprung och sortiment.

Den information som har sammanställts för den statistiska analysen av samband mellan standardiserade skördardata och betalningsstöd för virkesmätning sammanfattas i tabellerna 15 Objektsvariabler, 16 Trädvariabler och 17 Stockvariabler. Först genomfördes en allsidig analys av påvisbara statistiska samband. Baserat på detta utformades sedan blandade linjära modeller (SAS Proc Mixed) med fixa effekter av mätinformationen och slumpmässiga effekter av skördarlag, mätplats och mätlag (för detaljer om modelltesterna se bilaga 4).

Tabell 15. Förteckning över objektsvariabler som finns lagrade i Skogforsks skördardatabas och som bygger på ordinarie rapportering av skördarnas produktion genom hpr-filer (harvested production; StanForD 2010).

Objektsvariabler	Förklaring
Logging form	Slutavverkning, Klen slutavverkning, Övrig avverkning, Senaregallring, Övrig gallring, Sen förstagallring, Förstagallring, Blandad gallring, Skärmavveckling
Start Date, EndDate	Dag för påbörjande respektive avslutande av avverkningsobjekt
Area	Objektets areal, ha
Tallandel, granandel barrandel	Variabler som beskriver andelar av olika trädslag och trädslagsgrupper
Xkoordinat	SWEREF 99TM
Ykoordinat	SWEREF 99TM
Altitud	Höjd över havet, m

Tabell 16. Förteckning över trädvariabler som finns lagrade i Skogforsks skördardatabas och som bygger på ordinarie rapportering av skördarnas produktion, samt några variabler som beräknats med hjälp av hpr-filer och funktioner.

Trädvariabler	Förklaring
Treeheight	Trädets höjd (cm)
Dominant Height	Övre höjd i beståndet (m)
Height to Crown	Höjd till trädets grönkrona (cm)
relHTCrown	Relativ höjd från mark till trädets grönkrona (av trädets totalhöjd)
FormQuotient	Trädets Formkvot (D60/D20) enligt Edgren Nylinder,
D20ob	Diameter på 20 procent av trädets totalhöjd från mark, på bark (mm)
D60ob	Diameter på 60 procent av trädets totalhöjd från mark (på bark) (mm)
FormCrown	=D60ob*relHTCROWN
MinTopdiaub	Min diameter vid toppkap på trädet (ub) (mm)
DBH	Trädets diameter i brösthöjd ub (1,3m över mark) (mm)
Xkoordinat	SWEREF 99TM
Ykoordinat	SWEREF 99TM
Altitud	Höjd över havet, m

Tabell 17. Förteckning över variabler som finns lagrade i Skogforsks skördardatabas och som bygger på ordinarie rapportering av skördarnas produktion genom hpr-filer och några variabler som beräknats med hjälp av hpr-filer och funktioner som bygger på indata från skördarproduktionsfiler.

Stockvariabler	Förklaring
Logkey	Stock nr i stam räknat från rot. Rotstock=1, 2:a stock =2, o.s.v.
LogLength	Stocklängd (cm)
LogVolumeSUB	Stockvolym (m3) under bark
LogVolumeSOB	Stockvolym (m3) på bark
BarkVolume	Barkvolym (m3)
Barkavdragsprocent	Avdrag för barkvolym enligt funktion i skördarproduktionsfilen
LogDiameterTopOB	Stockens toppdiameter på bark (mm)
LogDiameterTopUB	Stockens toppdiameter under bark (mm)
LogDiameterMidOB	Stockens mittdiameter på bark (mm)
LogDiameterMidUB	Stockens mittdiameter under bark (mm)
LogDiameterButtOB	Stockens rotändediameter på bark (mm)
LogDiameterButtUB	Stockens rotändediameter under bark (mm)
CuttingReason	0 = Automatiskt kap (skördardatorns beslut) 9 = Manuellt kap, anledning ej specificerad

RESULTAT

Nedan presenteras några resultat från den förutsättningslösa statistiska analysen av att utnyttja tillgängliga skördarproduktionsfiler (hpr) som stöd för bättre travmätning vid industri. Analyserna har gjorts med blandade linjära modeller. För detaljinformation från de statistiska analyserna se Bilaga 4. De direkt beräkningsbara variabler ur vanliga skördarproduktionsfiler som visade statistiskt säkerställda samband med vedvolymprocent för massavedstravar framgår av tabell 18.

Tabell 18. Variabler som kan beräknas direkt från skördarnas hpr-filer (StanForD 2010) och som visade statistiskt säkerställda samband med vedvolymprocent.

BarrvolAndel	Andel barrvirke av den totala skördarregistrerade volymen från objektet/virkesorden
MLogVolumeSOB	Aritmetisk medelvärde för massavedsstockarnas volym (p.b.)
MDBH	Aritmetiskt medelvärde för alla skördade stammar inom objektet/virkesorden
MDominantHeight	Skördarberäknad övre höjd för träden på objektet (Beräknad utifrån höjden för 90:e percentilen i registrerad trädhöjdsfördelning (skördarmätta stammar + beräknade toppar)
SLogLength	Variansen för massavedsstockarnas längd
SLogKey	Variansen för stocknummer från rot

I det analyserade materialet fanns endast ett fåtal objekt som tillretts genom flerträds-hantering. Detta påverkar troligen kvistningsresultatet och därmed vedvolymprocenten negativt, vilket dock inte kunde beläggas statistiskt. En del av den förväntade effekten kan troligen samvariera med effekterna av standardavvikelse för stocklängd respektive stockvolym.

BarrMassaved, 200 travar

Kontrollmätt volym/trave barrmassaved 14,60 m³fub

MEDELFEL ENSKILD TRAVE

Modell
BarrMassaved



Stdavv m ³ fub	Medel	CV pred %	
1,00	14,70	7,0 %	15 av 200 travar avvek mer än 12,5 %

VMF
BarrMassaved



1,13	14,90	7,8 %	25 av 200 travar avvek mer än 12,5 %
------	-------	-------	--------------------------------------

Figur 15. BarrMassaved. Resultat från användning av modell för Betalningsstödjande skördarmätning genom **prediktion av vedvolymprocent** multiplicerad med mätarnas ordinarie s.k. boxvolym (yttre brutto), jämfört med ordinarie travmätning (VMF BarrMassaved) och kontrollmätt bruttovolym. Mer information om modellerna finns i bilaga 4.

GranMassaved, 38 travar

Kontrollmätt volym/trave granmassaved 15,82 m³fub

MEDELFEL ENSKILD TRAVE

Modell
GranMassaved



Stdavv m ³ fub	Medel	CV pred %	
0,83	15,93	5,3 %	1 av 38 travar avvek mer än 12,5 %

VMF
GranMassaved



1,22	15,89	7,7 %	3 av 38 travar avvek mer än 12,5 %
------	-------	-------	------------------------------------

Figur 16. GranMassaved. Resultat från användning av modell anpassad för Betalningsstödjande skördarmätning genom **prediktion av vedvolymprocent** multiplicerad med mätarnas ordinarie s.k. boxvolym (yttre brutto), jämfört med resultatet från ordinarie travmätning (VMF GranMassaved) och kontrollmätt bruttovolym. Mer information om modellerna finns i bilaga 4.

Betalningsstödjande skördarmätning

BarrMassaved, 200 travar Kontrollmätt volym/trave barrmassaved 14,60 m³fub

		MEDEL FEL ENSKILD TRAVE			
Modell & Mät BarrMassaved		RMSE		CV	
		m³fub	Medel	pred %	
		0,98	14,60	6,7 %	16 av 200 travar avvek mer än 12,5 %
VMF BarrMassaved		Stdavv			
		m³fub			
		1,13	14,90	7,8 %	25 av 200 travar avvek mer än 12,5 %

Figur 17. BarrMassaved. Resultat från användning av modell för Betalningsstödjande skördarmätning för **predikterad bruttovolym** som funktion av beräknad vedvolymprocent enligt modellen ovan och mätarnas mätning av travhöjd * avståndet mellan stöttorna multiplicerat med medelvärdet för mätt/bedömd respektive skördarberäknad vedlängd (virkesorderens aritmetiska medelvärde), jämfört med ordinarie travmätning. Mer information om modellerna finns i bilaga 4.

Betalningsstödjande skördarmätning

GranMassaved, 38 travar Kontrollmätt volym/trave granmassaved 15,82 m³fub

		MEDEL FEL ENSKILD TRAVE		
Modell & Mät GranMassaved		RMSE m ³ fub	Medel	CV pred %
		0,78	15,82	4,9 %
		0 av 38 travar avvek mer än 12,5 %		
VMF GranMassaved		Stdavv m ³ fub		
		1,22	15,89	7,7 %
		3 av 38 travar avvek mer än 12,5 %		

Figur 18. GranMassaved. Resultat från användning av modell för Betalningsstödjande skördarmätning för **predikterad bruttovolym** som funktion av beräknad vedvolymprocent enligt modellen för vedvolymprocent (ovan) och mätarnas mätning av travhöjd * avståndet mellan stöttorna multiplicerat med medelvärdet för mätt/bedömd respektive skördarberäknad vedlängd (virkesorderens aritmetiska medelvärde), jämfört med resultatet från ordinarie travmätning. Mer information om modellerna finns i bilaga 4.

Resultaten visade att skördarinformation från hpr-filer kunde förbättra noggrannheten vid travmätning av virkesvolym från både barrmassaved och granmassaved (Figur 15-16 för predikterad vedvolymprocent och Figur 17-18 för predikterad bruttovolym). Analyserna visade liknande resultat även för timmersortiment (visas ej här). En fortsatt analys med datainsamling av större och mer allmängiltiga material från fler olika delar av landet skulle kunna utvecklas till ett effektivt verktyg för att förbättra trav- och kollektivmätning av alla sortiment som producerats med skördare. Löpande analys av ev. förändringar av sambanden och motiv för uppdelning på kollektiv skulle också kunna identifieras genom ett sådant utvecklingsarbete. Några plottar från jämförelser mellan bedömd, respektive beräknad vedvolymprocent och resultaten från bestämning av vedvolym vid ordinarie mätning respektive med skördarstöd finns längst bak i bilaga 4.

Några viktiga begrepp och definitioner

Nedan beskrivs några viktiga begrepp/definitioner som används i dokumentet.

Aptering – betyder i **skogsbruket**, virkestillredning, kapning av en **stam** till **stockar**. Det är *var* apteringen sker, direkt i skogen eller först vid vägkanten eller **industrin**, som är den stora skillnaden mellan den nordiska **kortvirkesmetoden** och den typ av **helstamsskogsbruk** som bedrivs i Nordamerika. Länk till Wikipedia: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Aptering> Se även **produktionsstyrning**

Betalningsgrundande – I denna rapport använder vi begreppet betalningsgrundande som ekvivalent med ersättningsgrundande respektive vederlagsgrundande.

Betalningsgrundande skördarmätning – Mätning av stammar eller stockar baserat på skördarens automatiska och förarstyrda mät-, beräknings- och produktionssystem, som underlag för fastställande av **kvantitet virke** i som lagen förskriver ”det vederlagsgrundande måttslaget”. Med skördarmätt kvantitet som grund kan därmed avtalad likvid (betalning/ersättning) fastställas vid överlåtelse av virke och eventuellt även skogsbränsle. Enligt Virkesmätningsslagen ska kvantitet avses ”kvantitet i det vederlagsgrundande måttslaget”. Idag (2017) är enheten normalt kubikmeter fast volym under bark ($m^3\text{fub}$), men om marknadens parter är överens kan även andra enheter, t.ex. $m^3\text{fpb}$ komma att bli betalningsgrundande. Betalningsgrundande, vederlagsgrundande respektive ersättningsgrundande skördarmätning förekommer alla som i princip ekvivalenta begrepp.

Bruttovolym – Den bestämda virkesvolymen ($m^3\text{fub}$) inklusive vrakad (ej leveransgill) volym virke.

Boxvolym – är produkten av travens längd (avståndet mellan stöttorna tvärs lasset), travens höjd och bredd (= bedömd eller beräknad genomsnittlig vedlängd). I analyserna har mätarnas uppgifter (mätning/bedömning) eller/och virkesorderns genomsnittliga vedlängd för ett sortiment enligt skördardata jämförts. För att få travens Bruttovolym ska således Boxens (yttre brutto)volym multipliceras med Vedvolymprocenten.

DBH Diameter i de rotstående trädens brösthöjd dvs. 1,3 m över det horisontella markplanet. Om inget annat angivits avser DBH normalt diametern på bark, vanligen i mm eller i cm.

Kvalitetssäkrad mätning – avser längd- och diamettermätning med skördare. Krav och metoder för detta ansluter, där inte annat anges, till SDC:s Nationella instruktion för virkesmätning ”Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare 2017-08-11, (SDC 2017). Centrala begrepp i denna är hqc-filer (Harvesting quality control; StanForD 2010) innehållande maskinmätta mått (M1), maskinförarens egenkontrollerade mått av kalibrerings- (förarvalda stammar) och kontrollstammar (med skördardatorn slumpmässigt valda stammar) (M2), samt revisors mått vid revisorkontrollmätning (M3). M3 kan, förutom diameter- och längdmätning vid samma måttställen som M2 och M1, även avse s.k. **topp-rotmätning** (T/R) (se nedan) för bestämning av stockvolym, vilket då anges. M1 avser i denna rapport normalt samma typ av mått och på samma ställen som M2 och M3. M1, M2 och M3 har då använts för att räkna fram direkt jämförbara volymer genom **sektionskubering** (se nedan) av enskild stock, vilka sedan, där det förekommer summerats till volym för enskild stam. M1 kan också avse, vilket då framgår av texten, varje skördares i produktionsfilerna (hpr, harvested production, StanForD 2010) redovisade volym. Denna baseras normalt på maskinens

s.k. sektionsmätning (SDC 2015b), vilken bygger på summering av betydligt fler sektioner (diameter och längdsektioner) än vad som beskrivs för sektionskubering för egenkontroll och revision ovan. Utöver diameter och längdmätningen ingår dock för den maskinmätta volymen även implementering av funktion för hantering av rotdelens volym (under 1,3 m) (SPP-funktionen, Anon 2006) och definierad barkfunktion (normalt Skogforsks funktioner, Hannrup, 2004). Vid jämförelser mellan maskinmätt virkesvolym (ub) och topprotmätt volym (ub) kommer såväl rotfelsfunktion som barkfunktion och olika måttställen att påverka det jämförda resultatet utöver de skillnader som kan finnas i precisionen för ingående diameter och längdmått.

Kalibrering av skördarnas mätsystem – innebär att ett manuellt och/eller slumpmässigt urval av maskinmätta stammar tas ut för kontroll av mätsystemets löpande diameter (normalt ett värde per meter) och längdmått (ett per stock) (Nordström & Hemmingsson 2015; Skogforsks instruktionsfilm "Håll Måttet"). Kontrollen sker med anpassad kontrollmätutrustning (speciell dataklave och längdmåttband) samt maskinstöd som presenterar mätpunkter för jämförelser, men kan dölja maskinens lagrade mätvärden i syfte att göra maskinens mätning och kontrollmätningen oberoende. I dagligt tal brukar kalibrering användas som ett sammanfattande begrepp för både måttjämförelse och eventuell följande justering. Ytterligare information om utveckling och utvecklingsbehov för bättre **kalibrering, justering och kontroll** beskrivs bl.a. av Nordström & Möller (2013).

Kortvirkesmetoden är en skogsavverkningsteknik/systemlösning som innebär att trädstammarna fälls och upparbetas till stockar beroende av produktionsstyrning/aptering både stammens diameter, avsmalning och trädlängd, eventuellt förarbedömda skador och bedömning av virket vid avverkningsplatsen. Terrängtransporten av tillredda stockar till bilväg sker därefter genom s.k. skotning. Se även **aptering**. Länk till Wikipedia: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Kortvirkesmetoden>

Produktionsstyrning av skördare bygger normalt på olika industrikunders efterfrågan på tillredda sortiment/produkter (normalt dimensions- och kvalitetsanpassat timmer, några massavedssortiment, skogsbränslesortiment etc.). Detta matchas mot aktuellt skogstillstånd (planering/eventuellt utbytesberäkning), maskin- och mättekniska förutsättningar, drivnings- och transportförhållanden, olika hänsyn och restriktioner samt en affärssuppgörelse mellan köpare och säljare som normalt sätt samman till apteringsinstruktioner för skördarens apteringsdator. Mättekniken i skördaraggregat, skördardatorns beräknings- och beslutsalgoritmer, samt skördarförarens trädslagsbestämning, manuella kap- och omklassningsbeslut (på grund av t.ex. oacceptabla krökar och skador), kalibrerings, kvalitetssäkrings- och underhållsarbete är mycket viktiga delar i en väl fungerande produktionsstyrning. Såväl virkessäljare, köpare, efterkommande industrikunder som utföraren av en avverkningstjänst påverkas ekonomiskt, direkt eller indirekt, av att produktionsstyrningen fungerar väl i enlighet med gällande avtal, kvalitetssäkringsrutiner, och ev. certifiering. Med de produktionsförutsättningar som normalt gäller för föryngringsavverkning (slutskörd) i dagens svenska skogsbruk är kraven för en väl fungerande produktionsstyrning, rapportering och virkeskontroll, mättekniskt, informationstekniskt och produktionsekonomiskt högre än de Nationella rekommenderade kraven för kvalitetssäkrad, betalningsgrundande skördarmätning (SDC 2017). Se även aptering.

Objekt (avverkningsobjekt) – är i denna rapport en enhet där virkesuttaget administreras som **en virkesorder**. (Objekt=Virkesorder).

Sektionskubering – baserad på hqc-data. Jämförelser av sektionkuberade volymer baserade på kontrollstammar från hqc-filer (StanForD 2010) bygger på jämförbara diametermått, ett per meter utmed tillredd stam/stock (Skördarens mätvärde (pb) = M1) och motsvarande längdinmätta positioner på tillredda och markerade stockar (M2 = förarens korsklavade egenkontroll (pb), samt M3= motsvarande revisorkontrollerade mått). Vidare registreras skördarens (M1), förarens (M2) och revisorns (M3) mätning av enskilda stocklängder. Alla resultat för sektionkuberad volym från hqc-data i denna rapport bygger på dessa mått överförda till respektive sektionsvolymer enligt modellen för stympad kon:

$$Volym=(\pi*H/3)*(Diameter1^2+Diameter1*Diameter2+Diameter2^2)/4$$

där H=sektionslängd och Diameter1 respektive Diameter2 är sektionens två intilliggande diametermått (samma måttställen för M1, M2 och M3).

Om ett enda enskilt mätvärde saknas (noll-värde) beräknas detta med hjälp av linjär interpolation mellan de två omgivande mätvärdena, detta interpolerade värde används enbart vid volymberäkningen.

Diametervärden under DBH saknas i normalfallet för både M2 och M3. Därför beräknas alltid volymen under DBH med hjälp av den finska SPP-funktionen (Anon 2006) för såväl M1, M2 som M3. I Sverige är användningen av SPP funktionen starkt rekommenderad och ett absolut krav för certifiering och driftssättning för betalningsgrundande skördarmätning.

Första diameter på övriga stockar (över rotstock) antas vara identisk med toppdiameter på föregående stock. För ytterligare information om sektionkubering se Arlinger m.fl. (2005).

Topprotmätning (T/R) av volym – Topprotmätning innebär att stockens volym bestäms med hjälp av två diametermått; ett från rotändan och ett från toppändan. Diametermåtten tas 10 cm från respektive stockända med undantag för rotstocks rotända där måttet tas 50 cm från ändan. Stockens volym beräknas enligt formeln

$$\text{Topprotmätt volym: } V = \frac{\pi}{4} L [\alpha D_r^2 + (1 - \alpha) D_t^2]$$

där V betecknar stockens volym i m³fub, L betecknar stockens längd samt Dr och Dt dess rot- respektive toppdiameter (ub). För konstanten α i formeln gäller de värden som framgår nedan. Samma konstant gäller oberoende av trädslag.

Toppdiameter	Längdklass, cm		
mm	-349	350-449	450+
	α		
-149	0,485	0,485	0,485
150-249	0,465	0,460	0,455
250-	0,440	0,430	0,420

Vedvolymprocent= den andel vedvolym (**fastmassa**) som en traves bestämda längd*höjd*djup ska multipliceras med för att exkludera luftvolymen och bestämma volymen på det faktiska vedmaterialet (normalt under bark).

Övriga volymenheter som används i rapporten

Kubikmeter fast volym skrivs m^3f eller på engelska m^3so (s=solid)

Kubikmeter travad volym skrivs m^3t

Kubikmeter på bark skrivs pb eller på engelska ob (o=over)

Kubikmeter under (utan) bark skrivs ub , samma på engelska

Referenser

- Anon 2006. Om mätning av volymen hos virke som upparbetas med avverkningsmaskin med hjälp av maskinens mätton. Jord- och Skogsbruks-ministeriets Förordning Nr 15/06 (2006-04-18) Bilaga 1. Virkesmätning med skördare, 5s. Bilaga 2. Formel för rotprofilen vid virkesmätning med skördare, 1s. Bilaga 3-5. Koefficienten för rotprofilen, tall, gran, löv, 3s. Helsingfors.
- Arlinger, J., Möller J. & Johansson, J. 2005. Databearbetning i Ktr-Analys. Stencil 2005-04-16. Skogforsk, Uppsala. 7s.
- Arlinger, J., Nordström M. & Möller, J. 2012. StanForD 2010 Modern communication with forest machines. Arbetsrapport 785. Skogforsk, 18s.
- Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. Arbetsrapport 788. Skogforsk, Uppsala. 28s.
- Bjurulf, A., Jansson, G., Thierfelder, T. & Nordström, M. 2017. Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave – en statistisk och ekonomisk analys. Arbetsrapport 934. Skogforsk, Uppsala. 72s.
- Björklund, L., Hesselman, J., Lundgren, C. & Nylinder, M. 2009. Jämförelser mellan metoder för fastvolymbestämning av stockar. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 15. Institutionen för skogens produkter, Uppsala. 54s.
- Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport 575, Skogforsk, Uppsala. 33s.
- Hannrup, B., Möller, J., Larsson, W. & Malm, J. Wilhelmsson, L. 2009. Utvärdering av ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle. Arbetsrapport 694. Skogforsk, Uppsala. 41s.
- Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. Arbetsrapport 762. Skogforsk, Uppsala. 26s.
- Melkas, T. 2017. Wood measuring methods used in Finland 2016. Metsätehon tulosalvosarja 3b/2017. Metsäteho, Vantaa. In English. 13 p.
- Nilsson, R. 2014. Kundnöjdhet hos privata skogsägare som använt Södras uppdragsform ”skördarmätning med stampris”. Examensarbete 30hp, Jägmästarprogrammet. Arbetsrapport 418. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning. 48s.
- Nordström, M. & Möller, J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. Arbetsrapport 792. Skogforsk, Uppsala, 14s.
- Nordström, M. & Hemmingson, J. 2015. Håll måttet – En handlednings från Skogforsk, Uppsala, 22s.

- *) SDC 2009. SDCs instruktioner för virkesmätning. Instruktion för virkesmätning med skördare (Mätmetod avseende ej sortimentsfördelad volym). 2009-11-10. Sundsvall. 30s.
- *) SDC 2015a. Anvisningar för godkännande & kontroll av virkesmätning med skördare. SDCs instruktioner för virkesmätning. Sundsvall 2015-10-26. 10s.
- *) SDC 2015b. Ersättningsgrundande virkesmätning med skördare. SDC:s instruktioner för virkesmätning. Sundsvall 2015-10-26. 14s.
- *) SDC 2016. Travmätning av rundvirke. SDC Nationella instruktioner för virkesmätning beslutade av SDC:s styrelse efter rekommendation från Rådet för mätning och redovisning (RMR) i samverkan med landets tre virkesmätningsföreningar. Med bilaga: Hjälptabell för bedömning av traves vedvolymprocent”. Version 2016-08-01 SDC, Sundsvall. 12 s.
- *) SDC 2017. Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare. SDC Nationella instruktioner för virkesmätning. SDC efter rekommendation från Rådet för mätning och redovisning (RMR). Sundsvall 2017-08-11. 18s.

Biometrias Nationella instruktioner för virkesmätning beslutas av Biometrias styrelse efter rekommendation från Rådet för mätning och redovisning (RMR) (ersätter SDC-instruktioner med motsvarande titlar)

Biometria 2019. TRAVMÄTNING AV RUNDVIRKE. Version 2019-01-01. Nationella instruktioner för virkesmätning efter rekommendation från Rådet för mätning och redovisning (RMR). 13s.

Biometria 2019. Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare. Version 2019-11-05. Nationella instruktioner för virkesmätning efter rekommendation från Rådet för mätning och redovisning (RMR). 15s.

Biometria 2019. Ersättningsgrundande virkesmätning med skördare. Version 2019-04-04. Nationella instruktioner för virkesmätning efter rekommendation från Rådet för mätning och redovisning (RMR). 13s.

Biometria 2019. Anvisningar för godkännande och kontroll av ersättningsgrundande virkesmätning med skördare. Nationella instruktioner för virkesmätning. Biometrias anvisningar för kontroll av ersättningsgrundande virkesmätning med skördare. Version 2019-04-04, utgåva 4. 11s.

*) I och med organisationsförändringen av SDC till Biometria 2019 har samtliga här refererade SDC-dokument uppdaterats till nya versioner under Biometria. Med reservation för att all detaljer inte kontrollerats vid utgivningen av denna Arbetsrapport ska inte de nya versionerna av de tidigare SDC-dokumenten påverka föreliggande resultat eller slutsatser.

YTTERLIGARE RELEVANTA PUBLIKATIONER SOM INTE REFERERAS DIREKT I DENNA RAPPORT

- Amrhein, V., Greenland, S. & McShane, B. 2019. Retire statistical significance. Nature 567 Comments, pp 305-307.
- Bjurulf, A. & Nordström, M. 2016. Kartläggning av dagens metoder för mätning av rundved i trave. Delrapport 1 inom projektet ”Utvärdering av metoder för mätning av rundvirke i trave”. Skogforsk, Uppsala. 54s
- Hannrup, B., Möller J. & Wilhelmsson, L. 2011. MAS – mätnoggrannhet i praktisk drift. Beskrivning, uppföljning och åtgärdsförslag på uppdrag av VMF Qbera. Skogforsk, Uppsala. 34s.
- Möller, J., Arlinger, J., Moberg, L. & Wilhelmsson, L. 2005. Automatisk kvalitetsklassning och stampris – framtidens affärsform? Resultat 22, Skogforsk, Uppsala, 4s.
- Möller, J. & Arlinger, J. 2006. Kvalitetssäkring av skördarnas mätning. Resultat 20. Skogforsk, Uppsala, 4s.
- Nordström, M. & Möller J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. Arbetsrapport 792. Skogforsk, Uppsala. 14s.
- Wilhelmsson, L. & Moberg, L. 2004. Viktsutredning – Råvolymvikter - Prognos för medelvärden och spridningsmått med hjälp av beräkningsmodeller och vägning vid mätstationer. Arbetsrapport 569. Skogforsk, Uppsala. 36s.
- Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Fridh, L. & Möller J. 2013. Några synpunkter angående behov av FoU inom virkesmätningområdet. Stencil 2013-12-31, Skogforsk, Uppsala, 5s.

Bilaga 1. Beskrivning av kontroll av skördarnas mätning

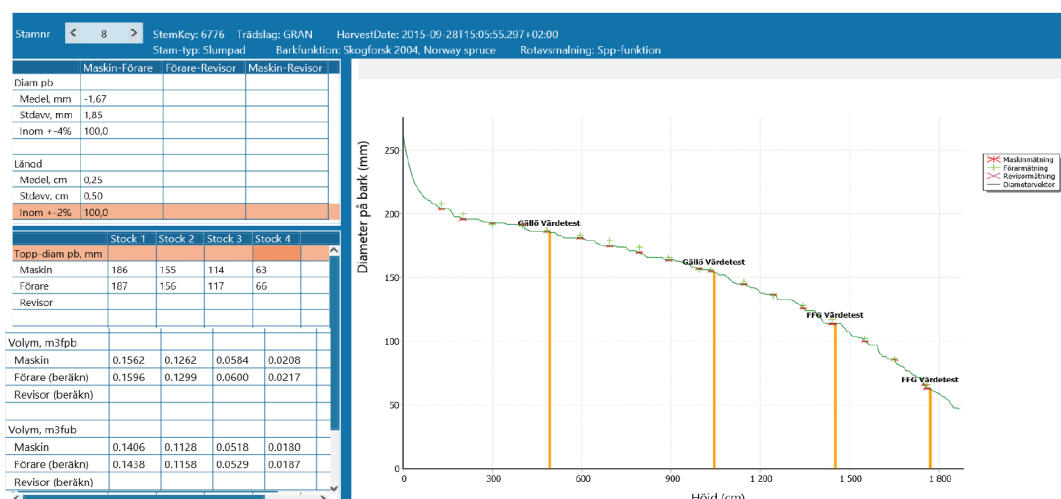
M1 SKÖRDARMÄTTA VOLYMER

Skördaren mäter längd och diameter för varje stam. Utifrån dimensionsvärden, SPP funktion (Finsk rotdelfunktion, från DBH och ner till rot; Anon 2006) och SF barkfunktion (Hannrup, 2004) kuberas respektive stocks volym på och under bark. För alla stockar som kapas ur ett enskilt träd summeras volymerna till total stamvolym. Data om varje stock lagras i skördarnas hpr-fil som dagligen skickas till SDC, numera automatiskt med ett intervall ner till 1 gång per timme. Information om använd rotdelfunktion och barkfunktion loggas i filerna.

M2 EGENKONTROLL AV SKÖRDARNAS MÄTNING

I kvalitetssäkrade maskiner som är driftsatta för skördarmätning ska minst 1 stam per skift slumpas ut för kontrollmätning (Anon 2017). Denna stam ska kontrollmätas av skördarförarna och efter avslutad mätning sänds mätdata till SDC för analys. Detta sker kontinuerligt och med automatik.

Figur 1 visar kontrolldata från en hqc fil (harvesting quality control) enligt StanForD 2010 standard (Arlinger m.fl 2012). Den gröna heldragna linjen visar trädets diametervektor (diameter var 10:e cm) enligt skördarens redovisning. Som jämförelse visas förarens kontrollmätta diametervärden (gröna plus) och maskinens registrerade mätvärden för motsvarande mätpunkter utmed stammen (röda dubbelkryss). Vidare visas apterade stockar (1-4), läget och längden i stammen, samt sortiment (t.ex. Gällö värdetest). Uppe till vänster visas statistiska mått för skillnaderna mellan maskinens registrerade diameter och längdvärden jämfört med de förarkontrollerade värdena. Nere till vänster visas även maskinens och förarens (egenkontrollerade) topp-diameter (p.b), maskinens sektionskuberade volymer p.b och u.b. samt motsvarande för förarens egenkontroll.

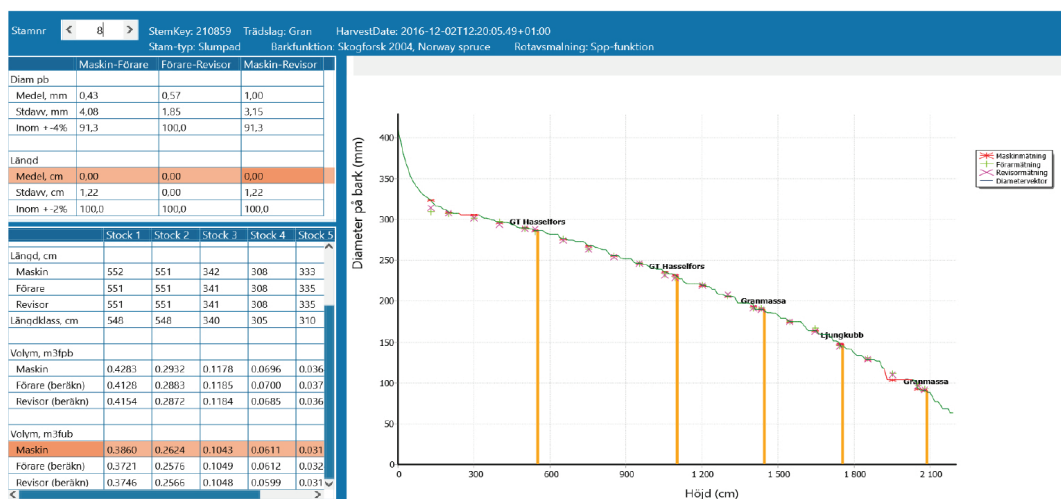


Figur 1. Presentation av kontrolldata från en hqc-fil (harvesting quality control) enligt StanForD 2010.

M3 REVISIONSMÄTNING AV EGENKONTROLL

I dagens skördarmätningssystem utförs den dagliga kontrollen av skördarförarna. VMF har utvecklat en revisionsfunktion med syftet för att säkerställa att denna egenkontroll sker på rätt sätt. I revisionsuppgiften ingår också analys av mätresultat från skördarlagets egenkontroller och jämförelse med revisionsdata för varje enskilt skördarlag innan laget och utrustningen kan godkännas som kontrollerande part. Detta görs som en driftsättning efter att skördarlagens samtliga förare har genomgått en utbildning, tillämpat systemet under en testperiod och godkänts vid ett slutligt test (Anon 2017).

I revisorns roll ingår förutom periodiserad kontroll av att skördarlagen utför egenkontrollen på korrekt sätt, även en årlig revision på plats hos skördarlagen vid 2-3 tillfällen. Vid dessa tillfällen görs en fältkontroll av att förarna har kontrollmätt slumpstammarna på ett korrekt sätt. Detta görs genom att revisorn mäter kontrollstammarna en tredje gång, M3-mätning. I figur 2 visas ett exempel på en reviderad stam med måttillfällena (M1; grön kurva och röda kryss), (M2; grönt kryss) respektive revisionsmätning (M3; violett kryss).



Figur 2. Reviderad stam med maskinens mätning (M1; små, röda dubbelkryss), förarens kontrollmätning (M2; gröna kryss) och VMFs revisionsmätning (M3; violetta kryss).

Exemplet visar att maskinens mätsystem redovisat 0,43 mm grövre diameter än motsvarande från förarens egenkontroll. På samma sätt visar resultatet att förarens egenkontrollvärden varit är 0,57 mm grövre än vad revisionen visar. I exemplet ovan finns skillnad i längdmätningen.

För m³fub-volymen visar resultatet att skördarens beräknade och redovisade volym var 0,845 m³fub, förarens kontrollerade volym var 0,828 m³fub, samt VMFs revisionsvolym 0,827 m³fub.

I detta exempel är revisorns-volymen sektionsskuberad volym (M3) baserad på samma måttställen som för maskin (M1) och egenkontroll (M2). I gällande praktisk tillämpning sker dock den avgörande revisionen med topp-rotmätning (T/R-mätning ub) genom att diametern under bark kontrollmäts i stockens rot och topp.

VMFs revision innebär att kontrollmättningsdata från M2 mätningen kontinuerligt granskas via SDCs funktion för kvalitetssäkring eller med en intervall av högst 2-3 veckor. Denna granskning innebär att uppsatta gränsvärden för diameter-, längd- och volymavvikelse mellan kontroll och revision inte får överstiga bestämda gränsvärden (Anon 2015; Anon 2017). Det finns även gränsvärden för max differens mellan kontrollmättningsdata M2 och revisorns uppmätta M3 värden, (samma referenser).

Bilaga 2. Frågor att diskutera

- 1) Är egenkontroll av såväl slumpade som förarvalda stammar en bra grund för löpande kontroll? OBS! Föraren ska i förväg inte få reda på stammarnas volym eller övriga mått.
- 2) Kan kontroll på bark accepteras som metod och att man sedan slår fast att Skogforsk barkfunktionerna gäller som "sann" eller avtalad barkvolym)?
- 3) Behöver barkdata- och ev systematiska fel kalibreras regionalt baserat på revisorernas mätningar i samband med revision (topp-rot under och på bark)? Hur ska i så fall kontrollkollektiven sättas samman? Och hur ska ev. korrigering tillämpas? Kan fortsatt analys av skördardata ge ett bra underlag för att avgöra nyttan/behovet av olika kollektiv och behov av korrigeringar? Kan tillämpningar av konfidensintervall för analys av medelavvikelser signalera behov av respektive minimera förekomst av "omotiverade korrigeringar", kalibreringar/justeringar av såväl mätutrustning som redovisade mätresultat?
- 4) Hur ska slumpade stammar på icke skördarmätta objekt vägas in i kontrolldata? Ett förslag är att de inkluderas då det är viktigt att maskinens mätsystem fungerar bra redan då den kommer till ett nytt objekt, inte först när den åker därifrån! De bör dock ej ingå i VMKs årliga sammanställningar av funktion och användning av betalningsgrundande skördarmätning.

Att svara på:

- 5) Hur ska vi bäst räkna ut och redovisa mätnoggrannheten för en stam respektive ett objekt baserat på kontrollen?
 - a. Volym på bark
 - b. Volym under bark
 - c. Partivis kontroll
- 6) Vilken mätnoggrannhet ger metoderna?
- 7) Vilken mätnoggrannhet krävs?
- 8) För vilka tidsintervall ska metoden gälla? År, månad, etc.(frekvens kontrollstammar)
- 9) Ska systemunderhåll och kontroll vara adaptiv så att en bra resultattrend med låga standardavvikelser och effektiv minimering av systematiska fel leda till en lägre frekvens slumpade kontrollstammar, medan det omvända snabbt skulle öka frekvensen slumpade kontrollstammar och/eller signal om kalibreringsbehov och förarstyrda val av lämpliga kalibreringsstammar.

Bilaga 3. Fördelningsplottar för effekter av olika beräknings- och bedömningsstöd från skördarinformation bearbetad enligt SDCs bedömningstabell för travmätning i bild

Förklaringar av beteckningar i analyserna nedan

a= Ordinarie mät rutin Bildmätning.

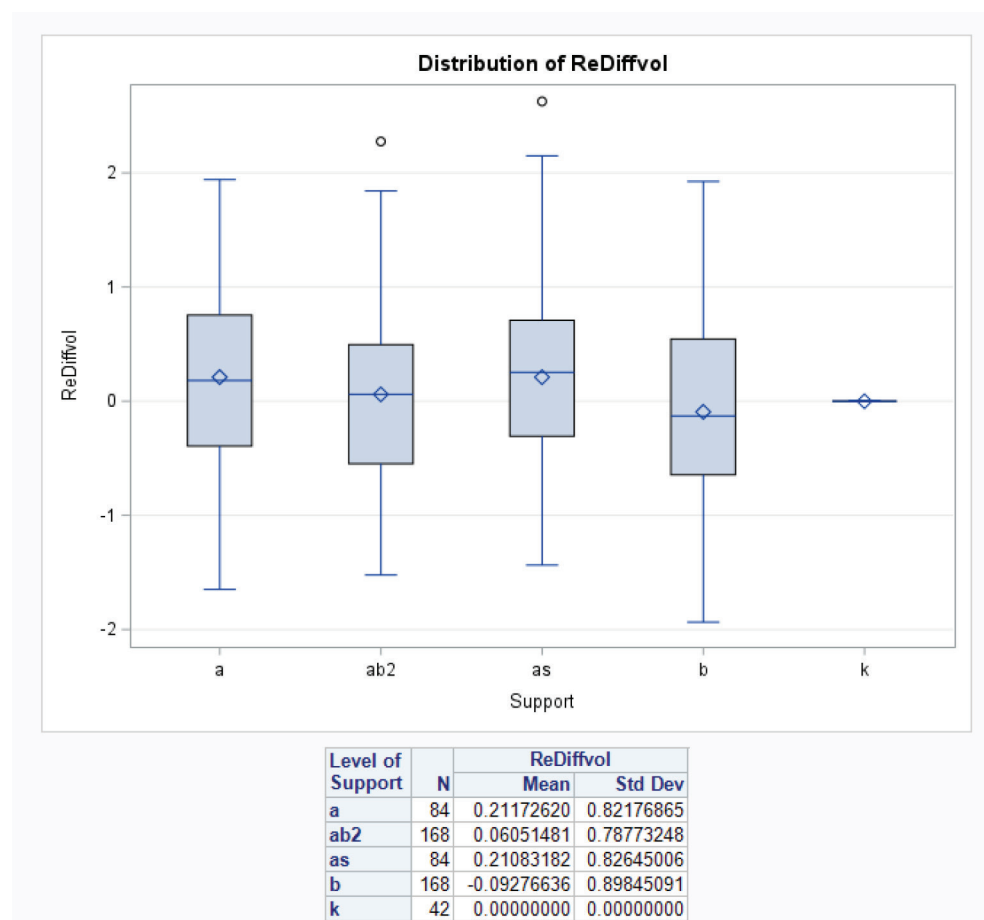
ab2= $(a+b)/2$ Enkelt medelvärde av resultaten från a och b.

as= Ordinarie bildmätning men med bedömningsstöd.

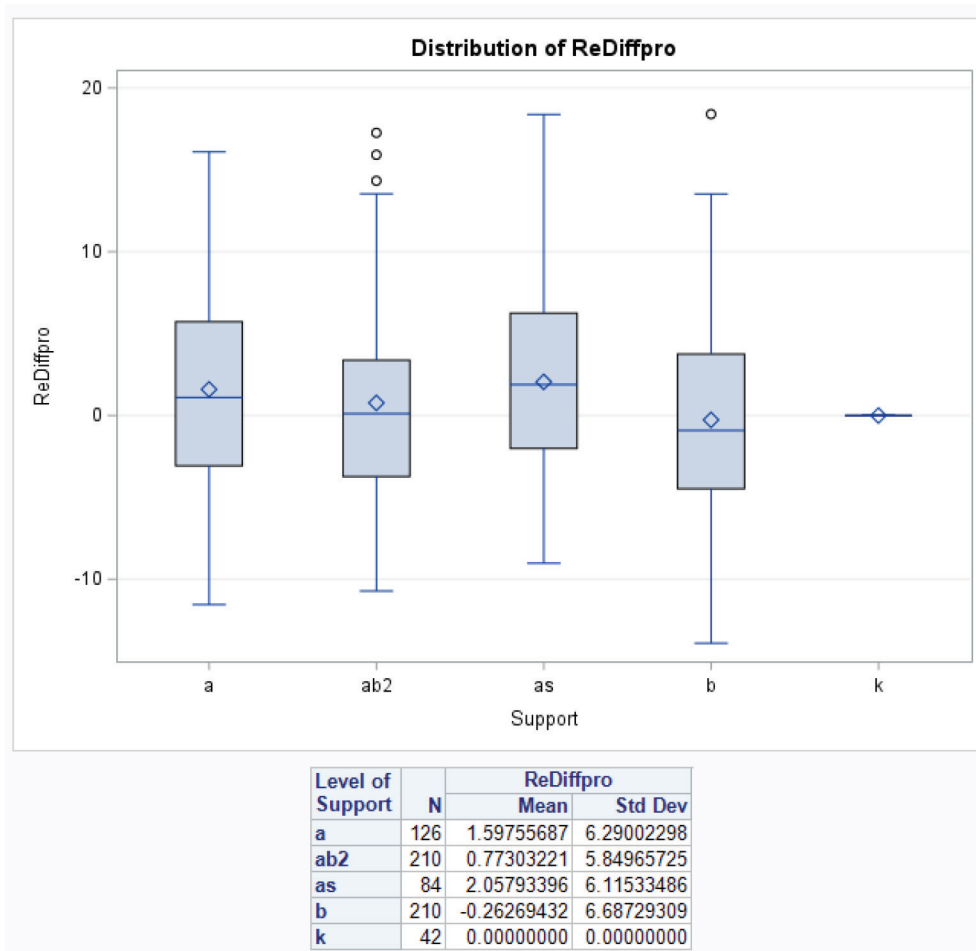
b= Bredd och höjd enligt ordinarie bildmätning. Längd från skördarmedel.
Observera att skördarens meddelängd (cm) avser alla travara från ett objekt, dvs. normalt betydligt fler travara än vad som ingått i försöket/kontrollmätningen. Vedvolymprocent beräknad från SDC tabell efter kalibrering.

k= kontroll, dvs. "sant" värde (dock som alltid beroende av mät noggrannheten i kontrollmätningen).

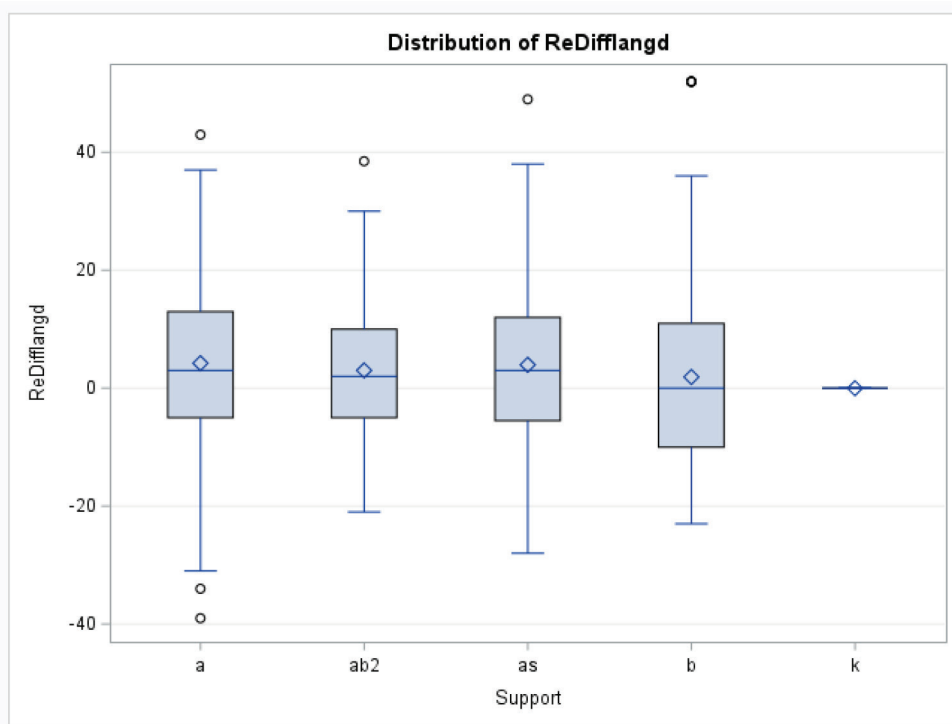
ReDiffvol = Avvikelse i m³fub från kontrollerad travvolym.



ReDiffpro = Resultat avvikelse från kontrollerad travvolym räknad i procent Utfallet blir i princip detsamma vid motsvarande analys av absoluta avvikelser. Dock utmärker sig några ”små” travar (< 10 m³fub) t.ex. för ab2 där det procentuella felen hamnar utanför beskrivet 95 procent konfidensintervall (°).



ReDiffångd = Resultat avvikelser från kontrollerad faktisk aritmetisk medelstocklängd (cm) för massavedsbitarna i trave.



Level of Support	N	ReDiffångd	
		Mean	Std Dev
a	126	4.23809524	14.2516966
ab2	210	3.01904762	11.1178816
as	84	3.97619048	14.2684893
b	210	1.90476190	15.9826603
k	42	0.00000000	0.0000000

Bilaga 4. Statistisk analys av skördardata som betalningsstöd

Denna bilaga innehåller kompletta resultatutskrifter från de statistiska analyserna av nya möjligheter att använda information från standardiserade skördarproduktionsfiler (.hpr) för att förbättra resultatet från travmätning (Delprojekt D4). De föreslagna modellerna för vedvolymprocent (KONTFVPROC) respektive travarnas Bruttovolym utgår från ett urval av statistiskt belagda fixa effekter som även valts utifrån bedömd kausalitet och för att undvika överanpassning (bl.a. undvika variabler som tillfälligt (i tiden) eller regionalt samvarierar med de som bedöms ha en mer kausal inverkan). Eventuella (slumpmässiga) effekter av olika skördarlag (MachineKey), mätplats (MPL) och mätlag (MLAG) har också analyserats genom att ta med dessa effekter i blandade modeller (SAS Proc Mixed), tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av variabler (alla värden avser *aktuellt sortiment* om inte annat anges). Hpr-fil avser harvested production file enligt StanForD 2010.

Variabelnamn	Beskrivning	Typ av variabel
KONTFVPROC	Kontrollmätt vedvolymprocent (%*100) per trave. Predikteras med modeller.	Beroende variabel dvs. målvariabel för modeller.
Bruttovolym	Kontrollmätt bruttovolum per trave. Bruttovolymen avser volym ink. ev. vrakning. Mäts och bedöms av VMF. Predikteras med modeller.	Beroende variabel dvs. målvariabel för modeller.
DominantHeightSpecies	Trädslag för objektets uträknade övre höjd.	Klass variabel (Fixed)
Sortimentgrp	Sortimentsgrupp	Klass variabel (Fixed)
MachineKey	Specifik skördare (anonym)	Klass variabel (Random)
MPL	Specifik mätplats (anonym)	Klass variabel (Random)
MLAG	Specifik mätlag (anonym)	Klass variabel (Random)
BarrvolAndel	Barrvolymandel, frekvens barrvirke <i>av total skörd</i> , beräknad från hpr-fil (> 0, max 1).	Oberoende variabel dvs. förklarande variabler.
MLogVolumeSOB	Medelvolum (aritmetisk) per stock beräknad från hpr-fil (m ³ pb).	Oberoende variabel
MDBH	Medeldiameter (bh) (aritmetisk) beräknad från hpr-fil (mm).	Oberoende variabel
MDominantHeight	Övre höjd beräknad från skördardata (övre 90:e percentil för objektets trädhöjder) från skördardata (m).	Oberoende variabel
SLogLength	Vars för stocklängd (cm) inom sortiment.	Oberoende variabel
SLogKey	Vars för stock nr från rot (1=rotstock, 2=andrestock 3=tredjestock osv.).	Oberoende variabel
PredFVP	Predikterad Vedvolymprocent (%*100).	Används som oberoende variabel vid prediktering av Bruttovolym.
PredBoxvol	Delvis predikterad och delvis VMF-mätt Boxvolym =LGD*HJD*(MLogLength/100); där LGD=Längd tvärs lastbil (m) och HJD=travhöjd (m) är "VMF-mätt" och MLogLength=Vedens aritmetiska medellängd (cm) från Skördarens hpr-fil.	Används som oberoende variabel vid prediktering av Bruttovolym.
PredoMatBoxvol	=LGD*HJD*((0.5*MLogLength/100)+0.5*BREDD); där LGD, HJD och BREDD är VMF-mätt, Breddmättet är alltså medelvärde av skördarmätt vedlängd och "VMF-mätt".	Används som oberoende variabel vid prediktering av Bruttovolym.

Prediktion av vedvolymprocent per trave Barrmassaved

Barrmassaved
Modell för Vedvolymprocent =KONTFVPROC

KONTFVPROC = 30,5027+11,3657* BarrvolAndel + 41,9061* MLogVolumeSOB -0,07264*MDBH + 1,5211* MDominantHeight – 0,00076*SLogLength -2,9465*SLogKey

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Model Information

Data Set	TAB.MCONTRBARRGRANMASSA
Dependent Variable	KONTFVPROC
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	43	4 5 6 7 8 42 43 44 169 178 184 186 195 197 198 199 200 201 202 210 216 234 246 315 332 343 346 358 360 380 408 468 469 476 480 482 498 528 536 537 541 557 569
MPL	15	23605 28082 28853 29108 29120 29130 29150 33802 33803 33808 33822 38010 38021 39604 39622
MLAG	53	009 040 050 056 079 099 357 359 363 370 405 408 410 413 419 438 464 483 503 504 507 515 533 534 536 537 546 548 565 575 576 578 579 583 588 592 595 596 597 611 626 675 680 688 690 691 694 697 713 720 722 786 872

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	7
Columns in Z	150
Subjects	1

Dimensions

Max Obs per Subject 200

Number of Observations

Number of Observations Read 200

Number of Observations Used 200

Number of Observations Not Used 0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	1110.99581324	
1	3	1103.86686488	0.00014474
2	1	1103.80632858	0.00000601
3	1	1103.80401326	0.00000001
4	1	1103.80400862	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0.1262
MPL	1.1498
MLAG(MPL)	0
Residual	13.7298

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	1103.8
AIC (Smaller is Better)	1109.8
AICC (Smaller is Better)	1109.9
BIC (Smaller is Better)	1115.1

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	30.5027	4.6204	129	6.60	<.0001

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
BarrvolAndel	11.3657	4.2790	138	2.66	0.0088
MLogVolumeSOB	41.9061	19.9182	64.5	2.10	0.0393
MDBH	-0.07264	0.02141	72.4	-3.39	0.0011
MDominantHeight	1.5211	0.2342	45.5	6.49	<.0001
SLogLength	-0.00076	0.000371	9.96	-2.04	0.0684
SLogKey	-2.9465	1.1478	51.1	-2.57	0.0132

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
BarrvolAndel	1	138	7.06	0.0088
MLogVolumeSOB	1	64.5	4.43	0.0393
MDBH	1	72.4	11.51	0.0011
MDominantHeight	1	45.5	42.17	<.0001
SLogLength	1	9.96	4.17	0.0684
SLogKey	1	51.1	6.59	0.0132

Barrmassaved
GLM-analys Vedvolymprocent (=KONTFVPROC)

The GLM Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
Sortimentgrp	1	BarrMassaved

Number of Observations Read 200

Number of Observations Used 200

The GLM Procedure

Dependent Variable: KONTFVPROC
Sortimentgrp=BarrMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	1358.412630	226.402105	15.20	<.0001
Error	193	2874.354611	14.893029		
Corrected Total	199	4232.767241			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	KONTFVPROC Mean
0.320928	7.034267	3.859149	54.86213

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BarrvolAndel	1	62.1925090	62.1925090	4.18	0.0424
MLogVolumeSOB	1	70.0485875	70.0485875	4.70	0.0313
MDBH	1	176.4562758	176.4562758	11.85	0.0007
MDominantHeight	1	704.5835340	704.5835340	47.31	<.0001
SLogLength	1	117.7034777	117.7034777	7.90	0.0054
SLogKey	1	76.8189839	76.8189839	5.16	0.0242

Prediktion av bruttovolym per trave Barrmassaved

Barrmassaved	
Bruttovolym = PredFVP*VMFBoxvol; där PredFVP= predikterad vedvolymprocent och VMFBoxvol =VMF-mätt LGD*HJD*BREDD) där LGD=Avstånd mellan lastbilens stöttor, HJD är travens ”mätta” höjd och BREDD är travens ”mätta” längd	

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Model Information

Data Set	TAB.RESIDBARRGRANKONTFVPROC
Dependent Variable	Bruttovolym
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	43	4 5 6 7 8 42 43 44 169 178 184 186 195 197 198 199 200 201 202 210 216 234 246 315 332 343 346 358 360 380 408 468 469 476 480 482 498 528 536 537 541 557 569
MPL	15	23605 28082 28853 29108 29120 29130 29150 33802 33803 33808 33822 38010 38021 39604 39622
MLAG	53	009 040 050 056 079 099 357 359 363 370 405 408 410 413 419 438 464 483 503 504 507 515 533 534 536 537 546 548 565 575 576 578 579 583 588 592 595 596 597 611 626 675 680 688 690 691 694 697 713 720 722 786 872

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	3
Columns in Z	150
Subjects	1

Dimensions

Max Obs per Subject 200

Number of Observations

Number of Observations Read 200

Number of Observations Used 200

Number of Observations Not Used 0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	578.26758362	
1	3	573.63574337	0.00101547
2	1	573.51183213	0.00008115
3	1	573.50277630	0.00000065
4	1	573.50270750	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0
MPL	0.05737
MLAG(MPL)	0
Residual	0.9419

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood 573.5

AIC (Smaller is Better) 577.5

AICC (Smaller is Better) 577.6

BIC (Smaller is Better) 581.0

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	-13.8722	1.7198	175	-8.07	<.0001
PredFVP	0.2723	0.02866	189	9.50	<.0001
VMFBoxvol	0.5074	0.02370	190	21.41	<.0001

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PredFVP	1	189	90.26	<.0001
VMFBoxvol	1	190	458.33	<.0001

The GLM Procedure

Dependent Variable: Bruttovolym
Sortimentgrp=BarrMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	544.4507005	272.2253503	273.23	<.0001
Error	197	196.2753007	0.9963213		
Corrected Total	199	740.7260012			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Bruttovolym Mean
0.735023	6.835039	0.998159	14.60356

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	98.8726715	98.8726715	99.24	<.0001
PredBoxvol	1	445.1507794	445.1507794	446.79	<.0001

Barrmassaved	
Bruttovolym = PredFVP * PredBoxvol	
där PredFVP= Predikterad vedvolymprocent och PredBoxvol= VMF(LGD*HJD)* (MLogLength/100)	
och där LGD är avståndet mellan lastbilens stöttor och HJD är VMF-"mätt" travhöjd samt	
MLogLength är aritmetisk medelstocklängd från skördaren	

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Model Information

Data Set	TAB.RESIDBARRGRANKONTFVPROC
Dependent Variable	Bruttovolym
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	43	4 5 6 7 8 42 43 44 169 178 184 186 195 197 198 199 200 201 202 210 216 234 246 315 332 343 346 358 360 380 408 468 469 476 480 482 498 528 536 537 541 557 569
MPL	15	23605 28082 28853 29108 29120 29130 29150 33802 33803 33808 33822 38010 38021 39604 39622
MLAG	53	009 040 050 056 079 099 357 359 363 370 405 408 410 413 419 438 464 483 503 504 507 515 533 534 536 537 546 548 565 575 576 578 579 583 588 592 595 596 597 611 626 675 680 688 690 691 694 697 713 720 722 786 872

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	3
Columns in Z	150
Subjects	1
Max Obs per Subject	200

Number of Observations

Number of Observations Read	200
Number of Observations Used	200
Number of Observations Not Used	0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	599.94949054	
1	2	599.43308299	0.00002136
2	1	599.43043431	0.00000011
3	1	599.43042147	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0
MPL	0.02836
MLAG(MPL)	0
Residual	1.0908

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	599.4
AIC (Smaller is Better)	603.4
AICC (Smaller is Better)	603.5
BIC (Smaller is Better)	607.0

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	-10.8186	1.7623	146	-6.14	<.0001
PredFVP	0.2253	0.03042	178	7.40	<.0001
PredBoxvol	0.4899	0.02518	185	19.45	<.0001

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PredFVP	1	178	54.81	<.0001
PredBoxvol	1	185	378.42	<.0001

Barrmassaved

GLM-analys för Bruttovolym = PredFVP * PredBoxvol
där PredBoxvol= VMF(LGD*HJD)* (MLogLength/100)
och där LGD är avståndet mellan lastbilens stöttor och HJD är VMF-"mätt" travhöjd samt
MLogLength är aritmetisk medelstocklängd från skördaren

The GLM Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T

Number of Observations Read 200

Number of Observations Used 200

The GLM Procedure

Dependent Variable: Bruttovolym
Sortimentgrp=BarrMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	521.5910104	260.7955052	234.45	<.0001
Error	197	219.1349909	1.1123604		
Corrected Total	199	740.7260012			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Bruttovolym Mean
0.704162	7.222109	1.054685	14.60356

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	63.6430612	63.6430612	57.21	<.0001
PredBoxvol	1	422.2910893	422.2910893	379.64	<.0001

Barrmassaved	
Bruttovolym = PredFVP * PredMatBoxvol, där PredFVP=Predikterad vedvolymprocent, PredMatBoxvol= VMF(LGD*HJD)* ((0,5*MLogLength/100)+0,5*BREDD) och där LGD är avståndet mellan lastbilens stöttor och HJD är VMF-"mätt" travhöjd, BREDD är VMF-"mätt" stocklängd, samt MLogLength är aritmetisk meddelstocklängd från skördaren	

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Model Information

Data Set	TAB.RESIDBARRGRANKONTFVPROC
Dependent Variable	Bruttovolym
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	43	4 5 6 7 8 42 43 44 169 178 184 186 195 197 198 199 200 201 202 210 216 234 246 315 332 343 346 358 360 380 408 468 469 476 480 482 498 528 536 537 541 557 569
MPL	15	23605 28082 28853 29108 29120 29130 29150 33802 33803 33808 33822 38010 38021 39604 39622
MLAG	53	009 040 050 056 079 099 357 359 363 370 405 408 410 413 419 438 464 483 503 504 507 515 533 534 536 537 546 548 565 575 576 578 579 583 588 592 595 596 597 611 626 675 680 688 690 691 694 697 713 720 722 786 872

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	3
Columns in Z	150
Subjects	1

Dimensions

Max Obs per Subject 200

Number of Observations

Number of Observations Read 200

Number of Observations Used 200

Number of Observations Not Used 0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	570.01018720	
1	3	567.54470499	0.00000528
2	1	567.54415314	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0
MPL	0.04243
MLAG(MPL)	0
Residual	0.9193

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	567.5
AIC (Smaller is Better)	571.5
AICC (Smaller is Better)	571.6
BIC (Smaller is Better)	575.1

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	-12.8888	1.6668	167	-7.73	<.0001
PredFVP	0.2478	0.02816	186	8.80	<.0001
PredoMatBoxvol	0.5210	0.02382	189	21.88	<.0001

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PredFVP	1	186	77.44	<.0001
PredoMatBoxvol	1	189	478.61	<.0001

Barrmassaved
Bruttovolym = PredFVP * PredMatBoxvol där PredMatBoxvol= VMF(LGD*HJD)* ((0.5*MLogLength/100)+0.5*BREDD) och där LGD är avståndet mellan lastbilens stöttor och HJD är VMF-"mätt" travhöjd, BREDD är VMF-"mätt" stocklängd, samt MLogLength är aritmetisk meddelstocklängd från skördaren

The GLM Procedure
Sortimentgrp=BarrMassaved

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	43	4 5 6 7 8 42 43 44 169 178 184 186 195 197 198 199 200 201 202 210 216 234 246 315 332 343 346 358 360 380 408 468 469 476 480 482 498 528 536 537 541 557 569
MPL	15	23605 28082 28853 29108 29120 29130 29150 33802 33803 33808 33822 38010 38021 39604 39622
MLAG	53	009 040 050 056 079 099 357 359 363 370 405 408 410 413 419 438 464 483 503 504 507 515 533 534 536 537 546 548 565 575 576 578 579 583 588 592 595 596 597 611 626 675 680 688 690 691 694 697 713 720 722 786 872

Number of Observations Read 200

Number of Observations Used 200

Barrmassaved Bruttovolym

The GLM Procedure

Dependent Variable: Bruttovolym
Sortimentgrp=BarrMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	552.4555145	276.2277572	289.04	<.0001
Error	197	188.2704868	0.9556878		
Corrected Total	199	740.7260012			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Bruttovolym Mean
0.745830	6.694210	0.977593	14.60356

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	79.4884240	79.4884240	83.17	<.0001
PredoMatBoxvol	1	453.1555934	453.1555934	474.17	<.0001

Prediktion av vedvolymprocent per trave Granmassaved

Granmassaved
Modell för Vedvolymprocent =KONTFVPROC

KONTFVPROC = 27,8694+32,4582* BarrvolAndel + 281,56* MLogVolumeSOB -0,1350*MDBH +
7,7175*SLogKey

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=GranMassaved

Model Information

Data Set	TAB.MCONTRBARRGRANMASSA
Dependent Variable	KONTFVPROC
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	17	4 5 6 7 8 42 43 90 198 203 239 243 315 343 358 359 482
MPL	7	28853 29571 33803 33808 33822 38010 39601
MLAG	22	001 408 411 439 464 480 503 504 515 533 534 536 543 546 575 576 588 592 595 596 720 722

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	5
Columns in Z	46
Subjects	1
Max Obs per Subject	38

Number of Observations

Number of Observations Read	38
Number of Observations Used	38

Number of Observations

Number of Observations Not Used 0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	174.77188348	
1	3	170.02796555	0.00325500
2	2	169.81898787	0.00035218
3	2	169.79836974	0.00000501
4	1	169.79809376	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0
MPL	0.7605
MLAG(MPL)	5.5701
Residual	4.3436

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	169.8
AIC (Smaller is Better)	175.8
AICC (Smaller is Better)	176.6
BIC (Smaller is Better)	178.3

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	27.8694	8.4050	26.1	3.32	0.0027
BarrvolAndel	32.4582	7.8154	20.7	4.15	0.0005
MLogVolumeSOB	281.56	56.7017	21.1	4.97	<.0001
MDBH	-0.1350	0.03868	23.4	-3.49	0.0019
SLogKey	7.7175	2.0571	20.2	3.75	0.0012

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
BarrvolAndel	1	20.7	17.25	0.0005
MLogVolumeSOB	1	21.1	24.66	<.0001
MDBH	1	23.4	12.18	0.0019
SLogKey	1	20.2	14.08	0.0012

Granmassaved Modell för Vedvolymprocent =KONTFVPROC

The GLM Procedure

Dependent Variable: KONTFVPROC
Sortimentgrp=GranMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	317.1017896	79.2754474	8.06	0.0001
Error	33	324.5415595	9.8345927		
Corrected Total	37	641.6433491			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	KONTFVPROC Mean
0.494203	5.631072	3.136015	55.69127

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BarrvolAndel	1	103.9662138	103.9662138	10.57	0.0026
MLogVolumeSOB	1	172.5664185	172.5664185	17.55	0.0002
MDBH	1	84.2834271	84.2834271	8.57	0.0061
SLogKey	1	86.8569098	86.8569098	8.83	0.0055

Prediktion av bruttovolym per trave Granmassaved

Granmassaved	
Bruttovolym = PredFVP*VMFBoxvol; (VMFBoxvol =VMF-mätt LGD*HJD*BREDD) där LGD=Avstånd mellan lastbilens stöttor, HJD är travens ”mätta” höjd och BREDD är travens ”mätta” längd	

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=GranMassaved

Model Information

Data Set	TAB.RESIDBARRGRANKONTFVPROC
Dependent Variable	Bruttovolym
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	17	4 5 6 7 8 42 43 90 198 203 239 243 315 343 358 359 482
MPL	7	28853 29571 33803 33808 33822 38010 39601
MLAG	22	001 408 411 439 464 480 503 504 515 533 534 536 543 546 575 576 588 592 595 596 720 722

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	3
Columns in Z	46
Subjects	1
Max Obs per Subject	38

Number of Observations

Number of Observations Read	38
Number of Observations Used	38

Number of Observations

Number of Observations Not Used 0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	98.62384507	
1	4	91.45820350	.
2	1	90.57635839	0.02081054
3	1	90.24645548	0.00384087
4	1	90.19075285	0.00017032
5	1	90.18847987	0.00000044
6	1	90.18847417	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0.4171
MPL	0.2554
MLAG(MPL)	0.06641
Residual	0.1893

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	90.2
AIC (Smaller is Better)	98.2
AICC (Smaller is Better)	99.5
BIC (Smaller is Better)	101.5

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	-9.3327	1.9512	17.9	-4.78	0.0002
PredFVP	0.2221	0.03165	14.5	7.02	<.0001
PredBoxvol	0.4615	0.04200	30	10.99	<.0001

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PredFVP	1	14.5	49.25	<.0001
PredBoxvol	1	30	120.75	<.0001

Barr o Granmassaved
Bruttovolym

The GLM Procedure
Sortimentgrp=GranMassaved

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T

Number of Observations Read 38

Number of Observations Used 38

The GLM Procedure

Dependent Variable: Bruttovolym
Sortimentgrp=GranMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	100.6377268	50.3188634	79.20	<.0001
Error	35	22.2377643	0.6353647		
Corrected Total	37	122.8754912			

R-Square Coeff Var Root MSE Bruttovolym Mean

0.819022 5.037002 0.797098 15.82484

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	16.50371878	16.50371878	25.98	<.0001
PredBoxvol	1	84.13400805	84.13400805	132.42	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	16.28247241	16.28247241	25.63	<.0001
PredBoxvol	1	84.13400805	84.13400805	132.42	<.0001

Granmassaved Bruttovolym

The Mixed Procedure
Sortimentgrp=GranMassaved

Model Information

Data Set	TAB.RESIDBARRGRANKONTFVPROC
Dependent Variable	Bruttovolym
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Satterthwaite

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	17	4 5 6 7 8 42 43 90 198 203 239 243 315 343 358 359 482
MPL	7	28853 29571 33803 33808 33822 38010 39601
MLAG	22	001 408 411 439 464 480 503 504 515 533 534 536 543 546 575 576 588 592 595 596 720 722

Dimensions

Covariance Parameters	4
Columns in X	3
Columns in Z	46
Subjects	1
Max Obs per Subject	38

Number of Observations

Number of Observations Read	38
Number of Observations Used	38
Number of Observations Not Used	0

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	96.69111104	
1	2	90.19940128	0.00890462
2	1	90.06706905	0.00072498
3	1	90.05711959	0.00000931
4	1	90.05699857	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
MachineKey	0
MPL	0.2510
MLAG(MPL)	0.2192
Residual	0.2732

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	90.1
AIC (Smaller is Better)	96.1
AICC (Smaller is Better)	96.8
BIC (Smaller is Better)	98.6

Solution for Fixed Effects

Effect	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Intercept	-11.5987	2.2159	19.9	-5.23	<.0001
PredFVP	0.2469	0.03610	21.3	6.84	<.0001
PredoMatBoxvol	0.4890	0.04009	25.8	12.20	<.0001

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
PredFVP	1	21.3	46.78	<.0001
PredoMatBoxvol	1	25.8	148.76	<.0001

Granmassaved Bruttovolym

The GLM Procedure
Sortimentgrp=GranMassaved

Class Level Information

Class	Levels	Values
DominantHeightSpecies	2	G T
MachineKey	17	4 5 6 7 8 42 43 90 198 203 239 243 315 343 358 359 482
MPL	7	28853 29571 33803 33808 33822 38010 39601
MLAG	22	001 408 411 439 464 480 503 504 515 533 534 536 543 546 575 576 588 592 595 596 720 722

Number of Observations Read 38

Number of Observations Used 38

Granmassaved Bruttovolym

The GLM Procedure

Dependent Variable: Bruttovolym
Sortimentgrp=GranMassaved

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	101.8191826	50.9095913	84.62	<.0001
Error	35	21.0563086	0.6016088		
Corrected Total	37	122.8754912			

R-Square Coeff Var Root MSE Bruttovolym Mean

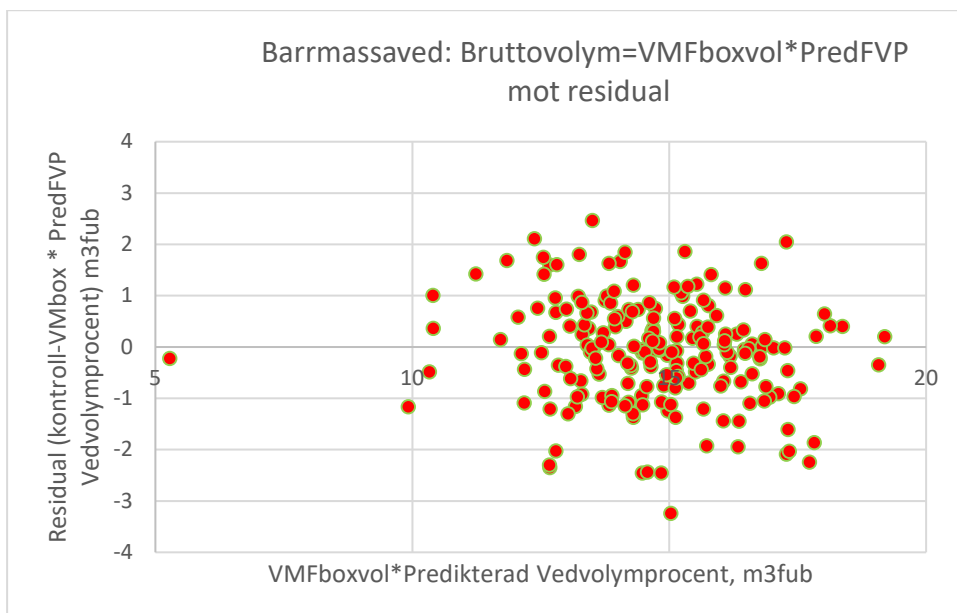
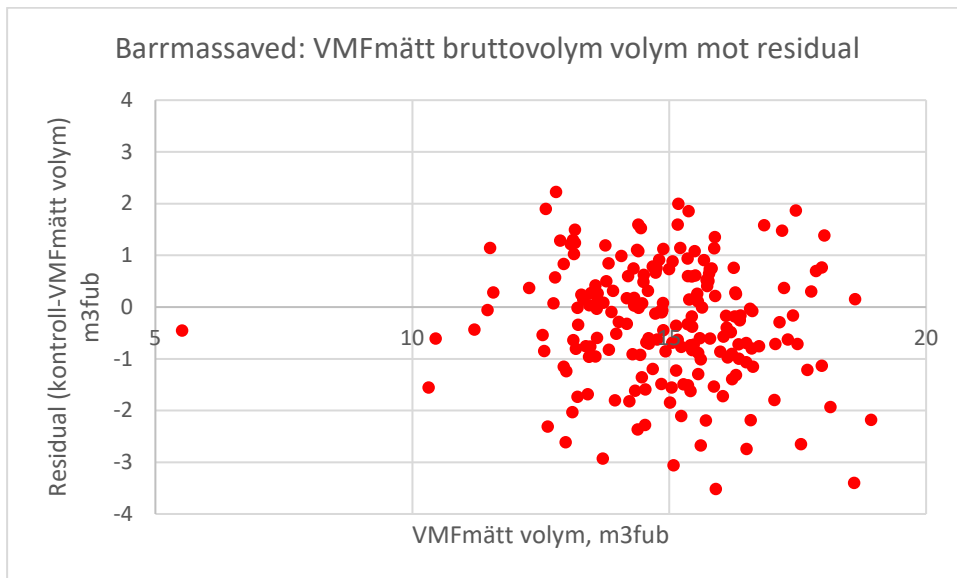
0.828637 4.901373 0.775634 15.82484

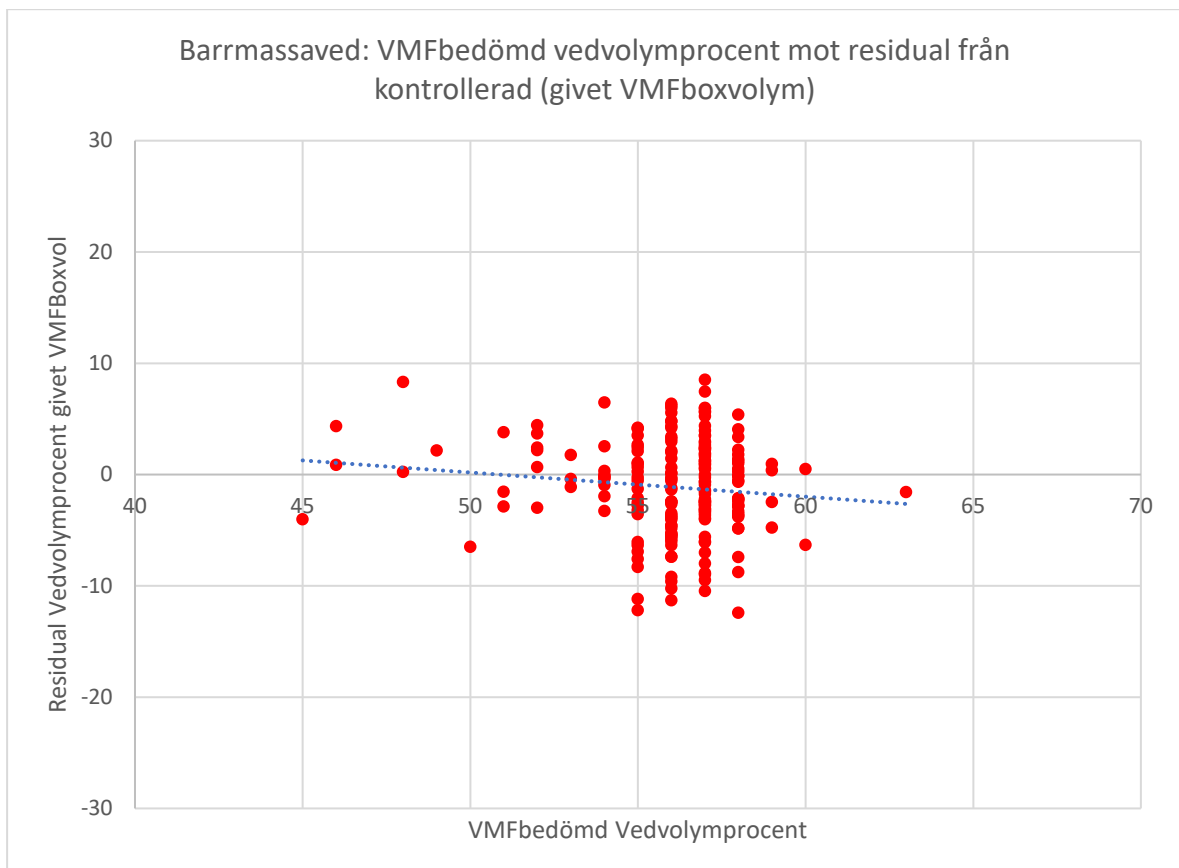
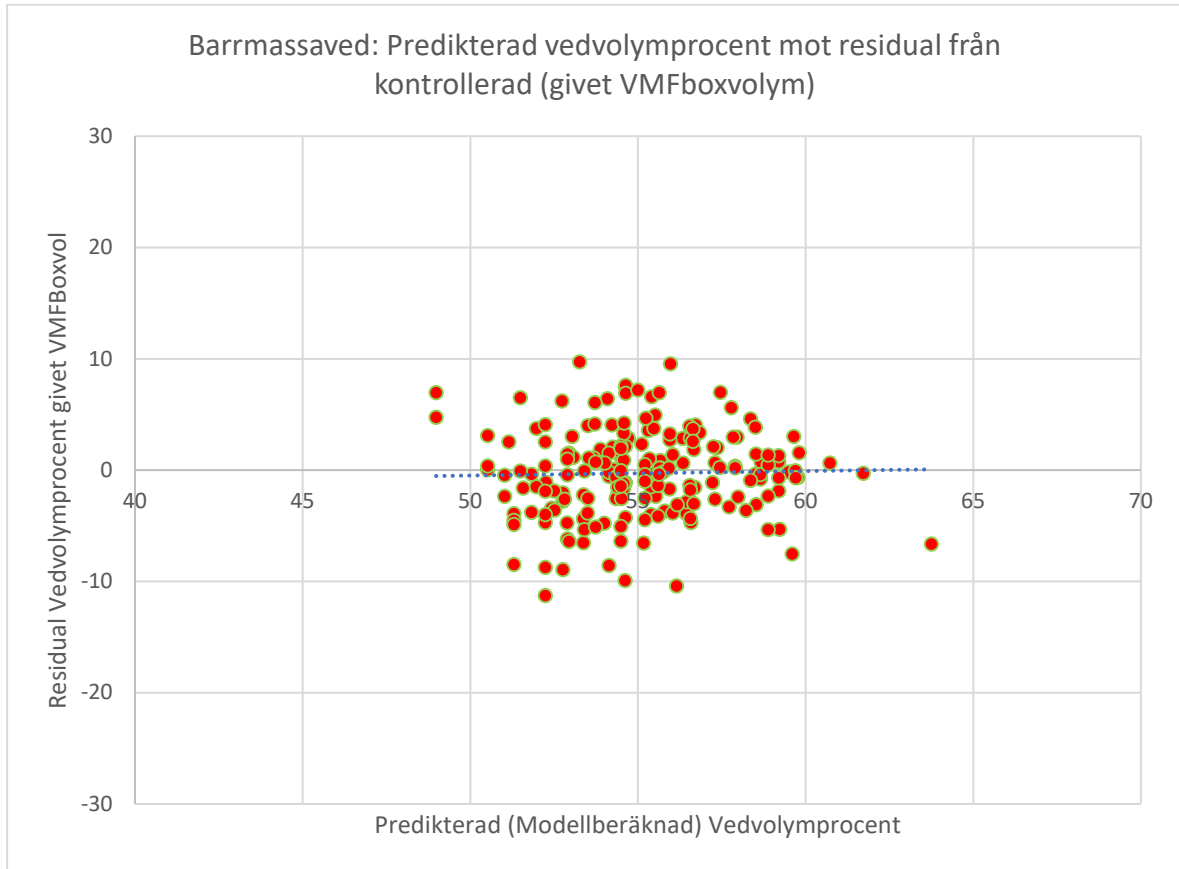
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	16.50371878	16.50371878	27.43	<.0001
PredoMatBoxvol	1	85.31546378	85.31546378	141.81	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
PredFVP	1	20.42090310	20.42090310	33.94	<.0001
PredoMatBoxvol	1	85.31546378	85.31546378	141.81	<.0001

Nedan följer ett antal plottar från jämförelser mellan modeller, kontrollmätning och ordinarie mätning.

Plottar Barrmassaved





Plottar Granmassaved

