



Skördarens produktivitet vid varierande diameterspridning

Single-grip harvester's productivity at varying diameter distributions



Foto: Holmen Skog

Jesper Pettersson

**Arbetsrapport 7 2017
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Tomas Nordfjell**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Skördarens produktivitet vid varierande diameterspridning

Single-grip harvester's productivity at varying diameter distributions

Jesper Pettersson

Nyckelord: tidsåtgång, slutavverkning, gallring, regressionsanalys, produktivitetsmodell.

Arbetsrapport 7 2017
Jägmästarprogrammet
EX0772, A2E

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30hp
Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2017
Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Förord

Detta examensarbete på 30 hp, har gjorts på uppdrag av Holmen Skog på Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill tacka Holmen Skog för förtroendet, mina handledare Robin Collin Karlsson, Holmen Skog och Tomas Nordfjell, Sveriges lantbruksuniversitet för stöd och hjälp under arbetets gång. Björn Edlund, Sveriges lantbruksuniversitet ska också ha tack för hjälpen med att programmera Excel makrot.

Umeå februari 2017

Jesper Pettersson

Sammanfattning

Avverkning och upparbetning av skog i Sverige sker huvudsakligen med skördare. Skördarens produktivitet påverkas positivt av ökande medelstamsvolym upp till skördarens tekniska begränsning. Ytterligare faktorer som påverkar skördarens produktivitet är bland annat ytstruktur, lutning och förarens skicklighet. En faktor som inte studerats är hur diameterspridningen påverkar skördarens produktivitet. Därför var den här studiens syfte att undersöka om det finns en skillnad i produktivitet vid avverkning av bestånd med olika diameterspridning vid samma medelstamsvolym. Datamaterialet kom från Holmen Skog, och utgjordes av 383 slutavverkningar fördelat på tio skördare och en totalvolym av 669 777 m³fub, och 112 gallringar, fördelat på åtta skördare och en totalvolym av 82 100 m³fub. Analysmetoden i den här studien var multipel regressionsanalys där skördarens produktivitet ställdes mot medelstamsvolymen och diameterspridningens varianskoeficient. Diameterspridningen var statistiskt signifikant samt bidrog till ökad förklaringsgrad i slutavverkningen. I gallringen var diameterspridningen inte statistiskt signifikant. Stor diameterspridning i slutavverkning gav 5–9 % lägre produktivitet än liten diameterspridning vid samma medelstamsvolym. Utöver huvudresultatet testades om bestånd med större diameterspridning hade fler träd som flerträdshanterades, vilket inte stämde för vare sig gallring eller slutavverkning. Dessutom testades om det föll ut fler sortiment ur bestånd med större diameterspridning, vilket inte heller var fallet. Resultatet av denna studie möjliggör att nya bortsättningsmallar för skördare i slutavverkning kan tas fram som även innefattar diameterspridningen.

Nyckelord: Tidsåtgång, Slutavverkning, Gallring, Regressionsanalys, Produktivitetsmodell.

Abstract

Harvesting in Sweden is predominantly done by use of single-grip harvester. A harvester's productivity is positively correlated with the average stem volume, up to its technical limitation. Other factors influencing the harvester's productivity are for instance, slope, terrain roughness and the operator's skill. One factor that has not been studied is how the diameter distribution effects the harvester's productivity. The aim of this study was to see if there is a difference in productivity when harvesting stands with different diameter distributions at the same average tree volume. The datasets came from Holmen Skog and consisted of 383 final fellings done by ten harvesters with a total volume of 669 777 m³fub and 112 thinnings done by eight harvesters with a total volume of 82 100 m³fub. The data were analysed with a multiple regression analysis, in which the productivity was matched against the average tree volume and the coefficient of variation for the diameter distributions. In final felling the diameter distribution was significant and contributed to a higher R²-value. In thinning the diameter distribution was not significant and did not contribute to a higher R²-value. Big diameter distribution will have a negative effect on the productivity up to 5-9 % compared to small diameter distribution at the same average stem volume. Apart from the main objective of this study, a test was conducted to see if the percentage of trees that were multi tree handled would increase with higher diameter distribution, which were not true in neither final felling nor thinning. Another test was conducted to see if a stand with high diameter distribution would have a higher number of assortments than a stand with low diameter distribution, which was not true for neither final felling nor thinning. The results of this study can be used for new productivity models that include a stand's diameter distribution.

Key words: Time consumption, Final felling, Thinning, Regression analysis, Productivity model.

Innehåll

1. Bakgrund	1
1.1 Allmänt	1
1.2 Tidsåtgång och produktivitet	1
1.3 Holmen skog	1
1.4 Diameterspridning hos skog	2
1.5 Tidigare studier	3
1.6 Syfte	3
2. Material och metoder	4
2.1 Generellt.....	4
2.2 Databehandling	4
2.3 Filtrering av data.....	4
2.4 Skördare	5
2.5 Statistiska analyser.....	6
3. Resultat.....	8
3.1 Slutavverkning	8
3.2 Gallring	12
4. Diskussion	15
4.1 Resultatdiskussion	15
4.2 Felkällor	18
4.3 Praktisk tillämpning	18
Referenser.....	19

1. Bakgrund

1.1 Allmänt

Trakthyggesbruket är det dominerande skogsskötselsystemet i Sverige. I trakthyggesbruket ingår markberedning, plantering, röjning, gallring och slutavverkning (Lundqvist, et al., 2014). Slutavverkning är det sista skötselgreppet som utförs i ett bestånd, innan det markbereds och återbeskogas. Enligt Riksskogstaxeringens mätningar från 2015 slutavverkades 224 000 hektar skogsmark vilket motsvarar 61,2 miljoner m³sk (Anon., 2016a). Samma år gallrades 316 000 hektar vilket motsvarar 24,8 miljoner m³sk. Även om gallring är den åtgärd som har störst arealpåverkan kommer 58 % av virkesvolymen från slutavverkning. Bruttovärdet för avverkningen i Sverige uppgår till 28,3 miljarder kronor. Avverkningskostnaderna uppgår till 9,4 miljarder kronor (Anon., 2014a). Detta motsvarar 85 kr per m³fpb för slutavverkningen och 180 kr per m³fpb för gallringen.

1.2 Tidsåtgång och produktivitet

Omkring 1980 slog skördarna igenom inom det svenska skogsbruket. Tidigare hade avverkning utförts med ett tre-maskinsystem med fällare, processor och skotare samt motormanuell upparbetning (Nordansjö, 1992). Skördarens intåg möjliggjorde en bortrationalisering av en maskin, då skördaren kunde utföra både fällarens och processorns arbete. Tidigare användes också tvågreppsskördare men i dagsläget är det endast engreppsskördare som används i professionellt bruk. Sedan mekaniseringen av skogsbruket började har produktiviteten per dagsverke ökat (Brunberg, 2010). År 1950 låg produktiviteten på omkring 2 m³ per dagsverke till 24 m³ i början av det nya seklet (Thor & Thorsén, 2014).

En skogsmaskins produktivitet mäts i hur många kubikmeter som produceras per tidsenhet. Tidsenheten kan mätas i G₁₅-timmar vilket omfattar all produktiv tid inklusive alla avbrott från produktion som är kortare än 15 minuter, eller G₀-timmar som inte omfattar avbrott utan är enbart produktiv driftstid (Petersson, 1987). G₅-timmar inkluderar avbrott från produktion upp till 5 minuter. Produktiviteten hos en skördare är till största delen beroende på trädets storlek då en skördare upparbetar ett träd på ungefär samma tid oavsett storlek på trädet (Nurminen, et al., 2006).

Produktiviteten i avverkning kan mätas enligt två tillvägagångssätt (Eriksson & Lindroos, 2014). Antingen tidsstudie, som följer upp produktiviteten under en begränsad tid, men resultaten kan vara begränsade då man bara får en ”ögonblicksbild” av arbetet. Om man använder sig av uppföljningsdata kan man få ett större dataunderlag med stabila medelvärden, då faktorer som kan påverka produktiviteten kan missas i tidsstudier. Men detaljer fångas inte upp i uppföljningsdatat.

1.3 Holmen Skog

Holmen Skog är en del i Holmen-koncernen som består av affärsområdena Holmen Paper, Holmen Timber, Iggesund Paperboard, Holmen Energi och Holmen Skog (Normark, 2015). Holmen Skog förvaltar cirka 1,3 miljoner hektar varav 1 miljon är produktiv skogsmark. Verksamheten är koncentrerad till de tre regionerna Nord, Mitt och Syd, som i sin tur är uppdelade i distrikt. Virkesfångsten sker med avverkningar på egen skog, köp

från privata skogsägare samt import från dotterbolaget Holmen Mets i Estland. Virkesfångsten är i genomsnitt 3,2 miljoner m³f årligen (Anon., 2016b).

Den instruktion som Holmen använder sig av i dagsläget för hur företagets skogar ska skötas heter "Konsten att odla skog" och behandlar i stora drag allt från markberedning till slutavverkning (Normark, 2015). Holmens mål med sin skogsskötsel är liknande övriga storskogsbruket. Instruktionen beskriver hur och när skogsskötselåtgärderna ska göras, för att få till den slutprodukt som Holmen vill ha i slutavverkningen. Undantag finns från denna instruktion, exempelvis kan bestånd glömmas bort eller älg- och stormskador gör att bestånden inte blir skötta efter Holmens instruktioner.

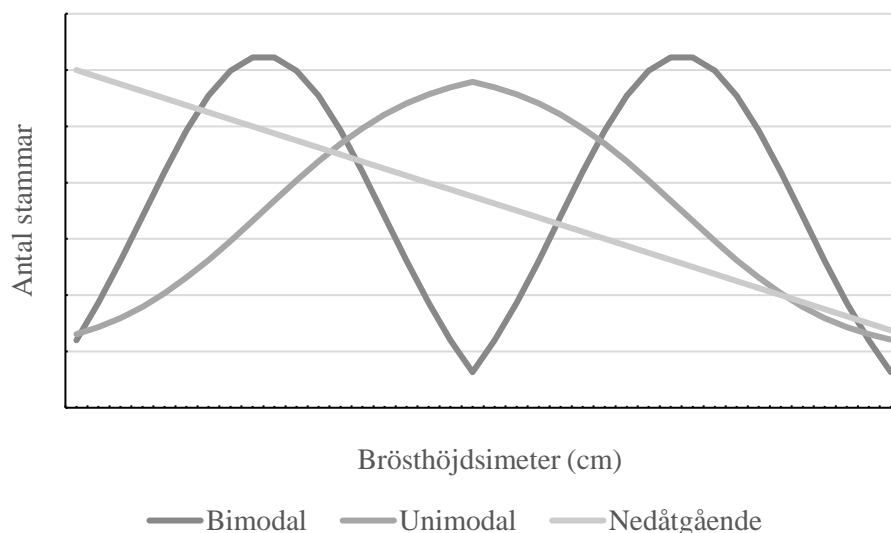
Holmen upplever att de kommer in i annan typ av skog som avverkas nu, skog som har varit bättre skött och skött under mycket längre tid än förut och således har mindre diameterspridning.

1.4 Diameterspridning hos skog

Hos en enskiktad skog är diametrarna i ett bestånd normalfördelade (Lundqvist, 2012). Rouvinen och Kuuluvainen (2005) utförde en studie där man jämförde talldominerade skogar som var skötta respektive naturskogar. De fann att spridningen i brösthöjdsdiameter var större i den oskötta skogen än i den skötta och att den skötta skogen oftast uppvisade en unimodal diameterfördelning medan den oskötta antingen hade en nedåtgående kurva eller en bimodal fördelning (figur 1).

I dagsläget har det rådande skogsskötselssystemet i Sverige gjort att trädslagsblandningen samt diameterspridningen i skogen minskat (Östlund, et al., 1997).

För gallring medför den föregående åtgärden röjning att färre stammar blir kvar i beståndet och medelstammens diameter blir högre efter röjning (Pettersson, et al., 2012).



Figur 1. Principskiss för de olika diameterfördelningarna som förekommer i naturskog och brukad skog.
Figure 1. Principle sketch of the different diameter distributions in natural and managed forests.

1.5 Tidigare studier

Att produktiviteten ökar med ökande medelstamsvolym upp till skördarens tekniska begränsning är väl fastslaget. (Heinimann, 2001; Gerasimov, et al., 2012; Nurminen, et al., 2006; Eriksson & Lindroos, 2014; Nordfjell, et al., 2010). Sambandet är inte linjärt, utan ökar upp till maskinens optimala trädvolym (McNeel & Rutherford, 1994; Ryyänen & Rönkkö, 2001; Kärhä, et al., 2004). Övriga faktorer som påverkar skördarens arbete är exempelvis förarens skicklighet, lutning, ytstruktur, bärighet och maskinens kapacitet (Nurminen, et al., 2006). Vad som händer med skördarens produktivitet när diameterspridningen varierar är svårare att finna i litteraturen. Det som går att finna är resultaten från Gerasimov et al. (2012) som undersökte produktiviteten i den norra europeiska delen av Ryssland på produktionsdata från 38 st. John Deere 1270D skördare. Skogen i Ryssland är för det mesta huvudsakligen ogallrad och oröjd vilket borde medföra en hög diameterspridning. I den studien producerade skördarna mellan 4,3 till 14,9 m³ub per produktiv maskintimme i slutavverkning, vilket är lägre än i de flesta andra studier (Brunberg, 2007; Eriksson & Lindroos, 2014).

Det som har hittats om hur maskinellavverkning påverkas av diameterspridning finns i en bortsättningsmall för stor kvistare-kapare som har använts av Domänverket Falu region, som fanns med i kompendiet Arbetsstudier av Rolf Björnheden (1995). I den bortsättningen medför diameterspridningen en sänkning av produktiviteten med 2 respektive 4 procent om andelen träd som är mindre än 12 cm eller större än 40 cm uppgår till 15 till 25 % respektive över 25 %.

1.6 Syfte

Syftet var att undersöka om det finns någon skillnad i tidsåtgång och produktivitet när skördaren avverkar skog med liten respektive stor diameterspridning vid lika medelstamsvolym.

Syftet var också att undersöka om det finns någon skillnad i andel flerträdshanterade träd och antal sortiment vid avverkning av skog med liten respektive stor diameterspridning.

Hypotesen var att produktiviteten är högre vid liten diameterspridning än vid stor diameterspridning. Andelen flerträdshanterade träd antas vara högre i skog med stor diameterspridning, och det antas falla ut fler sortiment ur skogar med stor diameterspridning.

2. Material och metoder

2.1 Generellt

Det här arbetet har genomförts på befintligt driftsdata för skördare som Holmen äger på samtliga Holmens regioner. Trakterna avverkades från och med april 2014 till och med oktober 2016. Avverkningarna var utförda på både bolagets mark och privata skogsägares mark. Driftsdata kompletterades med virkesordernummer för varje avverkning för att kunna sammanföra antal träd och diametrar med rätt avverkning. Datat analyserades tillsammans med diameterspridningens variationskoefficient i en multipel regressionsanalys. Tidsenheten i denna studie är G₅-timmar. För varje trakt räknades antalet sortiment och andelen träd som var flerträdshanterade ut. Regionerna anonymiserades och benämns A, B och C.

2.2 Databehandling

Stamnotor hämtades ut från Skogsbrukets datacentral (SDC) genom programvaran PRINS på avverkningar som Holmens egna lag utfört. I dessa fanns alla avverkade stammars diameter i brösthöjd. Stamnotorna kom summerade i diameterklasser, som det inte gick att utföra statistisk analys på för att bestämma diameterspridningen. Därför användes ett makro i Microsoft Excel för att göra om tabellerna till kontinuerligt data.

Diameterklasserna gjordes om så att det blev 20 mm intervall i varje klass. Nedre gräns för vilka stammar som skulle vara med sattes till 80 mm. Sedan behandlades datamaterialet i Microsoft Excel. För att räkna ut diameterspridningen användes standardavvikelsen som i Microsoft Excel räknas ut med funktionen STDAV.P som räknar ut standardavvikelsen för hela populationen, då tr addediametrarna utgjorde hela populationen och inte ett stickprov (Anon., u.da).

Sedan togs medelvärdet av tr addediametrarna fram för att kunna räkna ut variationskoefficienten, vilket är standardavvikelsen delat med dess medelvärde gånger 100 för att få det i procent. Variationskoefficienten möjliggör jämförelse av spridning mellan olika stora populationer (Samuels, et al., 2012).

2.3 Filtrering av data

En del trakter hade uppenbara fel så som att ingen tidsåtgång fanns med eller att inrapporterad skördad volym saknades, och togs bort ut datamaterialet. Trakter som hade en total volym under 50 m³ togs också bort då det inte rörde sig om "konventionell avverkning" utan var ofta avverkning av stugtomter eller likande. En del trakter saknade stamnotor och togs bort. Stamnotor som innehöll mindre än 75 % av alla stammar som inrapporterats togs bort. Trakter som inte var rena slutavverkningar, så som avverkning av fröträd och vindfällan, togs bort. För gallring togs enbart första gallring med i materialet. Då stamnotorna rapporteras in till ett virkesordersnummer kunde det ibland vara både förstagallring och andragallring på samma virkesordersnummer och därför skulle diameterspridningen inte kunnat räknas ut på ett rätt sätt. Anledningen att det endast var förstagallringen som studerades i denna studie var att förstagallringar medför ett tvingande uttag för att göra plats åt stickvägen, där alla träd avverkas oavsett storlek. Det var med det tvingande uttaget som man kunnat se hur stor diameterspridningen var. I de flesta fall var

det oftast ett bestånd som behandlas med ett virkesordersnummer, oavsett om det var slutavverkning eller gallring.

Slutligen togs alla trakter bort för de maskinlag som hade utfört färre än tio trakter i slutavverkning och mindre än fem i gallring. Då återstod 383 slutavverkningar och 112 gallringar, som avverkats av tio skördare inom Region A, tre inom Region B och fyra inom Region C. Av de 17 ursprungliga skördarna blev 15 med i den slutgiltiga analysen.

När antalet sortiment som föll ut ur en avverkning räknades ut drogs gränsen vid 10 m³fub för att sortimentet skulle räknas med.

2.4 Skördare

De fabrikat och modeller av skördare samt aggregat som ingick i studien presenteras i tabell 1. Tekniska data är hämtade från respektive tillverkares hemsidor. (Anon, 2013; Anon., 2014b; Anon, 2014e; Anon., 2014c; Anon., 2014d; Anon., u.dd; Anon, 2015). För de skördare som inte tillverkas längre och teknisk data inte längre finns tillgängligt på respektive fabrikörs hemsida, hämtades tekniska data från Persson (2016).

Tabell 1. Skördare med aggregat som ingick i studien. Varje rad är en enskild skördare

Table 1. Harvester with processing heads that were in the study. Each row is one individual harvester

Fabrikat	Modell	Aggregat	Fler-träds-hantering	Total-vikt (Ton)	Volym slut-avverkning (m ³ fub)	Antal slut-avverkningar	Volym Gallring (m ³ fub)	Antal Gallringar
Eco-log	560D	Logmax 5000	Ja	18,6	9490	20	13178	25
John Deere	1070E	H754	Ja	15,8	-	-	11402	20
John Deere	1070E	H754	Ja	15,8	-	-	1259	11
John Deere	1270E	H414	Ja	20,5	93624	47	-	-
John Deere	1270E	H414	Nej	20,5	27155	27	-	-
John Deere	1270E	H414	Ja	20,5	83699	43	-	-
John Deere	1270E	H754	Ja	20,5	-	-	10820	7
John Deere	1270G	H413	Ja	22,2	-	-	7126	8
John Deere	1470E	H759	Ja	21,7	85289	31	-	-
Komatsu	901 tx	340	Ja	16,7	31427	39	19499	30
Komatsu	901	340	Ja	17,3	-	-	17736	5
Komatsu	931	365	Ja	19,6	141007	65	-	-
Komatsu	931	S92	Ja	19,6	97113	62	1080	6
Komatsu	951	S132	Ja	22,3	53308	23	-	-
Ponsse	Scorpion king	H7	Nej	22,3	47663	26	-	-
Summa					669777	383	82100	112

2.5 Statistiska analyser

När allt data var sammanställt i Excel togs datamaterialet över i det statistiska analysverktyget Minitab version 17. Analysmetoden var multipel regressionsanalys, som går ut på att hitta sambandet mellan en beroende variabel (Y) och en eller flera förklarande variabler (Chatterjee & Hadi, 2006). För att det ska vara en multipel regression krävs det flera förklarande variabler. Är det bara en förklarande variabel är det en enkel regression. Resultatet av de multipla regressioner som gjordes i detta arbete ser ut som ekvation 1.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (1)$$

Där Y= beroende variabel, β_0 =konstant, β_1 =parameter för första förklarande variabeln, X_1 =värde på första förklarande variabeln, β_p =parameter för förklarande variabel p, X_p =värde på förklarande variabel p och ε =normalfördelad stokastisk variabel.

De variabler som testades i studien var medelstamsvolym, diameterspridningens variationskoefficient, region och maskinlag. Medelstammen för hela datat var 0,257 m³fub med en SD 0,100 (min och max 0,066 och 0,715 m³fub) i slutavverkning. I gallring var medelstammen 0,087 m³fub med en SD (0,025 min och-max 0,042–0,185 m³fub). Även standardavvikelsen för diameterspridningen testades i stället för variationskoefficienten för att bedöma diameterspridningen men det bedömdes bättre att använda variationskoefficienten i den slutgiltiga analysen. Det testades även att göra en mer klassisk regressionsanalys genom att använda binär kategorisering av skördarstorlek och region, men datamängden var för liten för att hantera binär indelning.

Tabell 2. Variabler som ingick i regressionsanalysen

Table 2. Variables that were included in the regression analysis

Avverkning	Variabel	Format	Min-max	SD
Slutavverkning	Medelstamsvolym (m ³ fub)	LN m ³ fub	0,066→ 0,715	0,10
	Diameterspridningens variationskoefficient	Procent	23,634→ 49,736	4,21
	Region	n	3	
	Maskinlag	n	10	
Gallring	Medelstamsvolym m ³ fub	LN m ³ fub	0,042 → 0,185	0,03
	Diameterspridningens variationskoefficient	Procent	20,147→ 44,397	4,13
	Region	n	3	
	Maskinlag	n	8	

I multipel regressionsanalys räknas P-värden ut för varje variabel. P-värden visar om förklarande variabelns värde är statistiskt signifikant och i detta arbete valdes 95 % signifikans nivå (Anon., 2016c). Så om P-värdet är över 0,05 är variabel inte signifikant och tas bort från modellen.

R-sq(adj) eller R² som är förkortningen för förklaringsgraden. Förklaringsgraden var den parameter som användes för att se hur bra modellen förklarade ingångsvärdena. Förklaringsgraden visar hur många procent av variationen hos den variabel som undersöks (Y) har för samband med en eller flera variabler (X). Förklaringsgraden justeras för antalet variabler som undersökts (Samuels, et al., 2012).

Fyra regressionsmodeller testades för slutavverkning. Den första var med variabeln $\ln(\text{medelstamvolym})$. Den andra var med variablerna $\ln(\text{medelstamvolym})$ och variationskoefficienten. Regressionsmodell tre var med variablerna $\ln(\text{medelstamvolym})$ och variationskoefficienten samt uppdelat på regionerna. Den fjärde var med variablerna $\ln(\text{medelstamsvolym})$ och variationskoefficienten samt uppdelat på maskinlag. Även för gallring testades fyra regressionsmodeller den första med $\ln(\text{medelstamsvolym})$, den andra med $\ln(\text{medelstamsvolym})$ och diameterspridningens variationskoefficient. Den tredje med $\ln(\text{medelstamsvolym})$ samt uppdelat på region och den sista med $\ln(\text{medelstamsvolym})$ samt uppdelat på maskinlag.

För att undersöka andelen flerträdshanterade träd's koppling till diameterspridning och antal sortiments koppling till diameterspridningen användes enkla regressions analyser.

3. Resultat

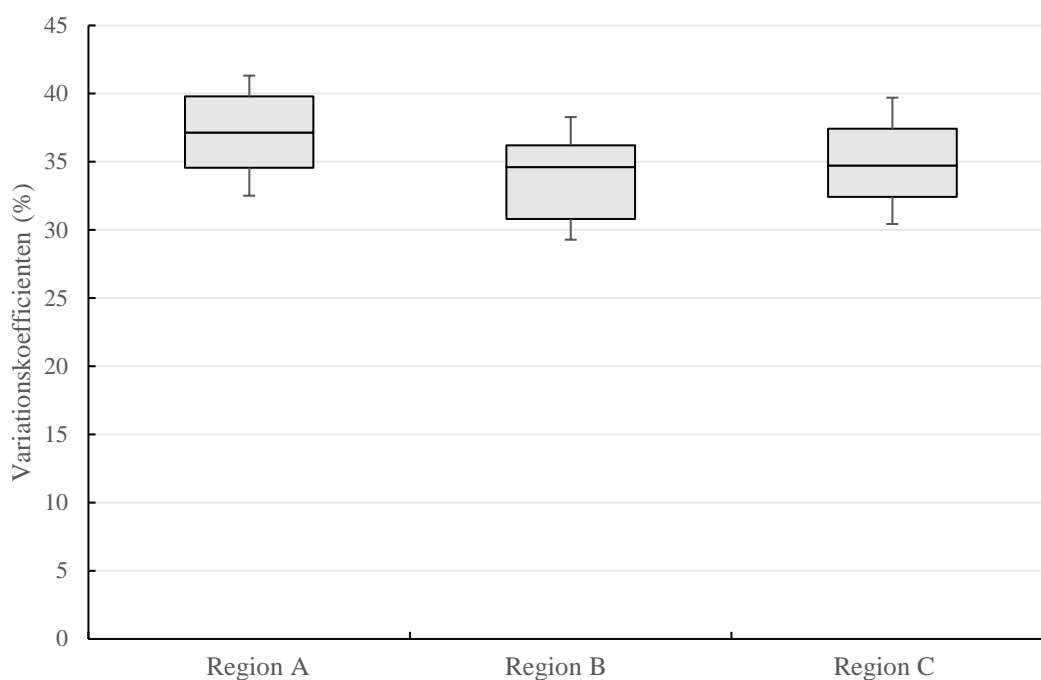
3.1 Slutavverkning

Mer än 80% av slutavverkningsbestånden hade avverkats i Region A (tabell 3). Medelstamsvolymerna var markant olika i de olika regionerna (tabell 3).

Tabell 3. Medelstamsvolymen och dess spridning per region
Table 3. The average stem volume and its distribution per region

Region	Medelstamsvolym (m ³ fub)	SD	Min (m ³ fub)	Max (m ³ fub)	n	Andel Flerträdshanterat Medelvärde (%)
A	0,23	0,08	0,07	0,51	326	4,4
B	0,35	0,1	0,19	0,58	26	0
C	0,43	0,1	0,27	0,72	31	0

Diameterspridningens variationskoefficient varierade över regionerna, lägst median 34,6 % interkvartilavstånd 5,4 % (SD 4,4) hade Region B, tätt följd av Region C median 34,7 % interkvartilavstånd 4,9% (SD 3,8) medans Region A uppvisade högre median 37,2 % interkvartilavstånd 5,3% (SD 4,1) (figur 2). Även om median värdena skilde sig mellan regionerna, var skillnaden mellan liten och stor spridning relativt lika över regionerna (figur 2).

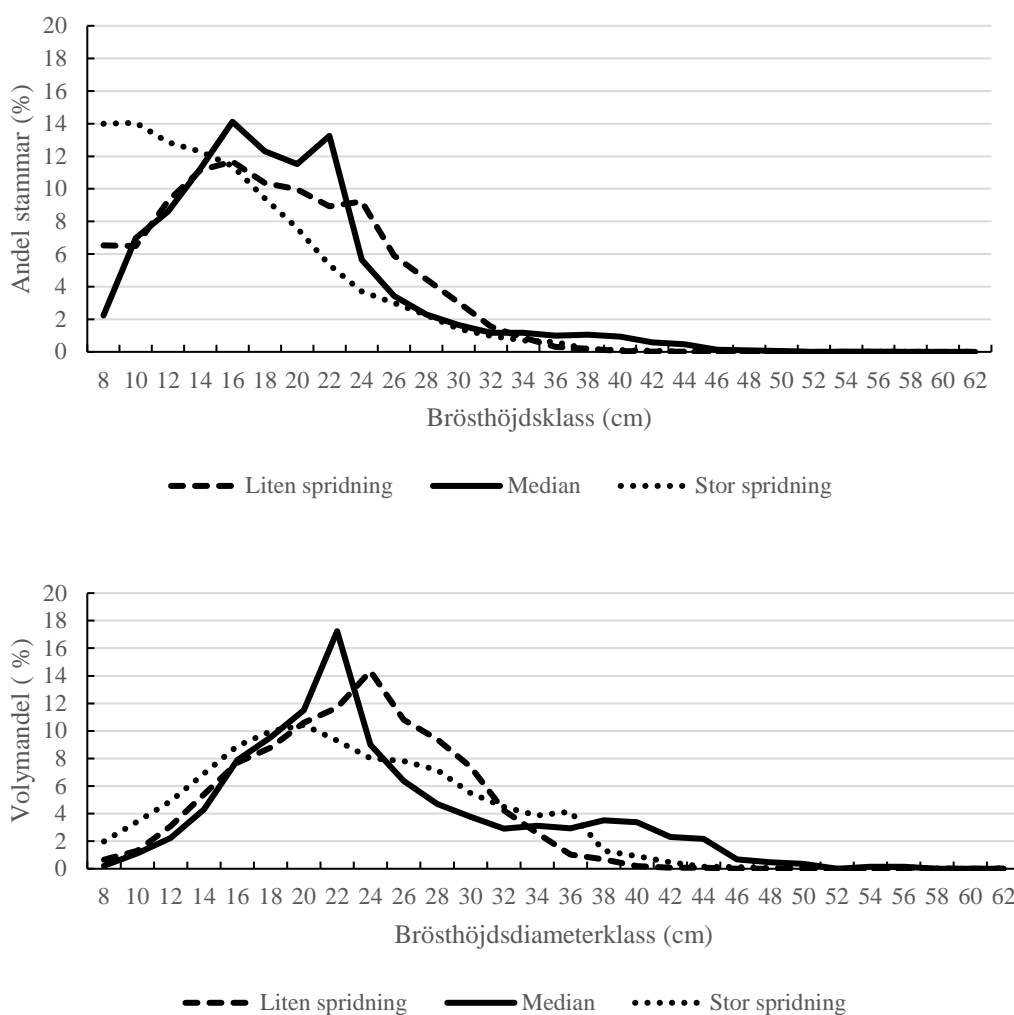


Figur 2. Diameterspridningens variationskoefficient per region. Till vänster region A, region B centrum och region C höger. De nedre strecken motsvarar liten spridning och de övre strecken storspridning.

Figure 2. The coefficient of variation for the diameter distribution per region. To the left region A, Centre region B and to the left region C. The lower line is small diameter distribution and the upper line is big diameter distribution.

För att kunna jämföra i vilka diameterklasser stammarna samt volymerna fanns i konstruerades figur 3. Den visar att det finns en skillnad i diameterfördelning och volymfördelning för bestånden som hade diameterspridningarna liten, median och stor spridning. Notera även att på linjen för liten spridning i grafen för antal stammar så finns det många stammar som är under 16 cm men det faller knappt ut någon volym.

För att kunna redovisa skillnader i produktivitet vid olika diameterspridningar redovisas resultaten för tre fasta nivåer. Nivåerna är "liten spridning" som är satt till 12,5 percentilen, Median (50 percentilen) och "stor spridning" som är satt till 87,5 percentilen. Dessa tre nivåer kommer fortsättningsvis att användas i arbetet. Skillnaderna i produktivitet mellan liten och stor spridning över ökande medelstamsvolym per region visualiseras i figur 4.



Figur 3. Översta grafen visar antalet stammar i de olika diameterklasserna uttryckt som procent av totala antalet stammar, varje kurva är ett bestånd som har samma diameterspridning som liten, median och stor spridning. Nedre grafen m^3 uttryckt som procent av totalen i de olika diameterklasserna. Lika här är varje kurva ett bestånd med lika diameterspridning som liten, median eller stor spridning.

Figure 3. Upper graph is of total number of stems in the different diameter classes as a percentage of the total, each curve is one stand at the different diameter distribution, small, median and large. Lower graph m^3 as a percentage of the total volume for one stand at different diameter classes for the diameter distribution small, median and large.

För slutavverkning var medelstamsvolymen den variabeln med högst förklaringsgrad i regressionsanalyserna (tabell 4). Diameterspridningens variationskoefficient var också statistiskt signifikant. De kategoriska variablerna region och maskinlag var båda statistiskt signifikanta och ökade förklaringsgraden (tabell 5). Diameterspridningens variationskoefficient tillförde 0,9 procentenheter i förklaringsgrad när modell 1 och modell 2 testades (tabell 5). Den kategoriska variabeln region tillförde 13,9 procentenheter i förklaringsgrad och den kategoriska variabeln maskinlag tillförde 26,7 procentenheter i förklaringsgrad. För att ytterligare testa diameterspridningens påverkan på skördarens produktivitet applicerades modell 2 på enskilda maskinlag, i dessa körningar var diameterspridningens variationskoefficient inte signifikant för fyra av de tio maskinlagen

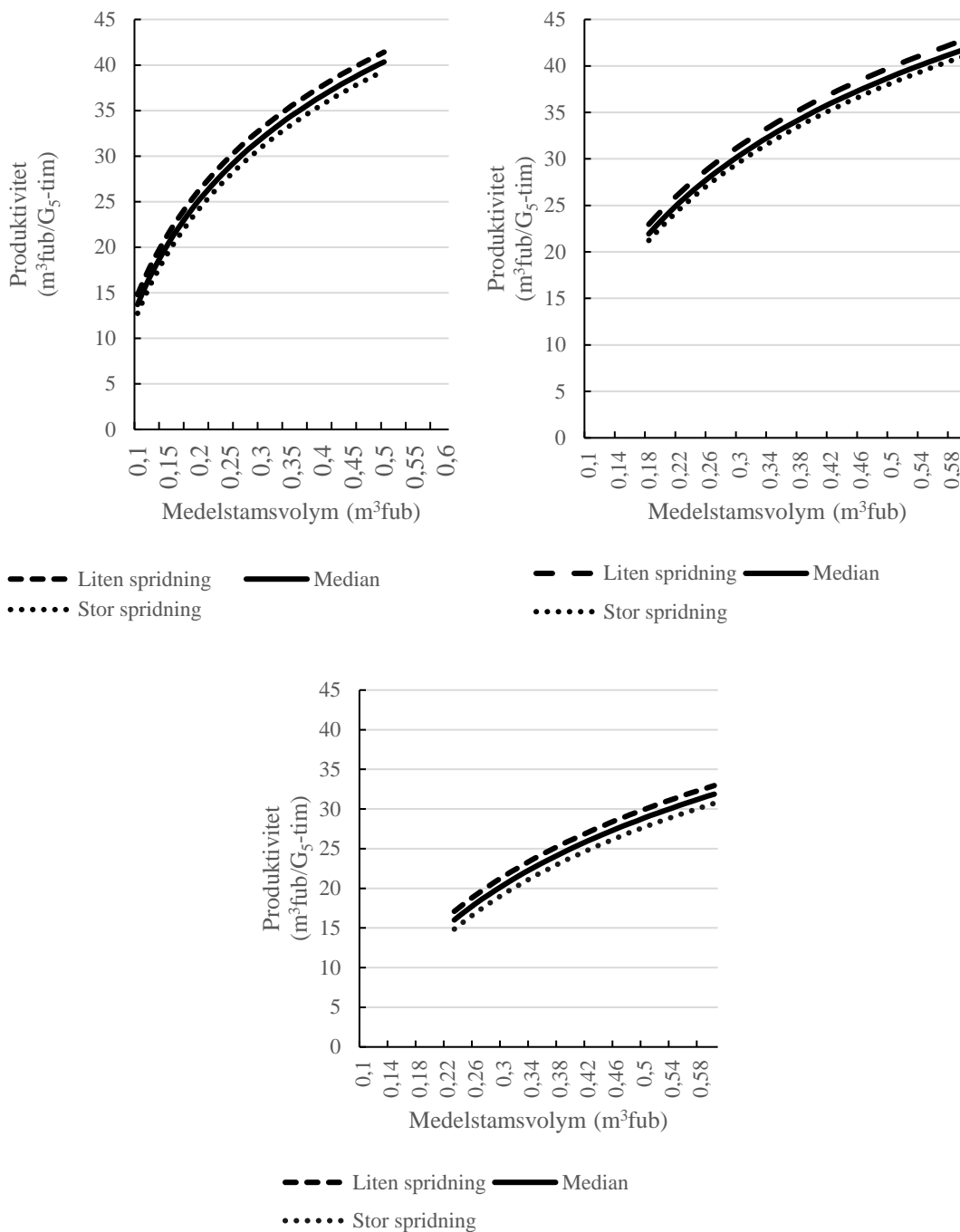
Tabell 4. Resultatet av regressionsanalyserna för slutavverkning

Table 4. The results of the regression analysis for final felling

Modell	Variabel	P-värde	R2-adj (%)	Produktivitet*
1	LN(medelstamsvolym)	<0,001	43,9	$45,89 + 13,130 \times \text{Ln}(\text{medelstamsvolym})$
2	LN(medelstamsvolym) Diameterspridningens- variationskoefficient	<0,001 0,009	44,8	$52,16 + 12,683 \times \text{Ln}(\text{medelstamsvolym})$ $-0,1883 \times \text{Variationskoefficienten}$
3	LN(medelstamsvolym) Diameterspridningens- variationskoefficient Region	<0,001 <0,001 <0,001	58,7	A: $60,45 + 16,547 \times \text{Ln}(\text{medelstamsvolym}) - 0,2326 \times \text{variationskoefficienten}$ B: $58,36 + 16,547 \times \text{Ln}(\text{medelstamsvolym}) - 0,2326 \times \text{variationskoefficienten}$ C: $48,41 + 16,547 \times \text{Ln}(\text{medelstamsvolym}) - 0,2326 \times \text{variationskoefficienten}$
4	LN(medelstamsvolym) Diameterspridningens- variationskoefficient Maskinlag	<0,001 <0,001 <0,001	71,5	

*Produktivitet ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_5\text{.tim}$), Medelstamsvolym (m^3fub), Variationskoefficienten (%) Region (A, B, C)

För modell 3 från tabell 4 blir skillnaden i produktivitet mellan stor spridning och liten spridning $2,05 \text{ m}^3\text{fub}$ per $\text{G}_5\text{.tim}$ för Region A vilket är en produktivitetssänkning med 7,7 % vid Region As aritmetiska medelvärde av medelstamsvolymen på $0,23 \text{ m}^3\text{fub}$. Skillnaden mellan stor och liten diameterspridning hos Region B är $1,73 \text{ m}^3\text{fub}$ per $\text{G}_5\text{.tim}$ för vilket motsvarar en produktivitetssänkning på 5,4 % vid Region Bs aritmetiska medelvärde av medelstamsvolymen på $0,35 \text{ m}^3\text{fub}$. Skillnaden hos Region C, $2,24 \text{ m}^3\text{fub}$ per $\text{G}_5\text{.tim}$ vilket blir en produktivitetssänkning på 8,9 % vid Region Cs aritmetiska medelvärde av medelstamsvolymen på $0,44 \text{ m}^3\text{fub}$. Dessa skillnader visualiseras i figur 5.



Figur 4. Produktiviteten ($m^3fub/G_5\text{-tim}$) enligt modell tre i tabell fyra som en funktion av medelstamsvolym vid diameterspridning liten spridning, median och stor spridning för de olika regionerna. Region A uppe till vänster. Region B uppe till höger. Region C nederst.

Figure 4. The productivity (m^3fub/G_5h) from model three in table four as a function of average stem volume. At the different diameter distribution, small, median and big for the different regions. Upper right Region A. Upper left Region B. Lower centre Region C.

Det fanns ett samband med andelen högre andel flerträdshantering vid stor diameterspridning (P-värde=0,006, $R^2=0,023$). Detta beräknades endast för de maskinlag som var utrustade med flerträdshantering. Avverkningar med stor diameterspridning hade inte fler sortiment som föll ut (P-värde= 0,25).

3.2 Gallring

För gallring var diametersspridningens variationskoefficient inte statistiskt signifikant (P-värde > 0,15-0,61 i regressions analyserna). De kategoriska variablerna region och maskinlag var båda statistiskt signifikanta och ökade förklaringsgraden (tabell 8) med 2,97 procentenheter respektive 11,05 procentenheter. Det testades även att applicera modell 1 och 2 på enskilda maskinlag, i dessa körningar var diameterspridningen endast statistiskt signifikant för ett maskinlag. Modell 3 från tabell 8 visualiseras i figur 6 för att visa skillnaderna i produktivitet mellan regionerna.

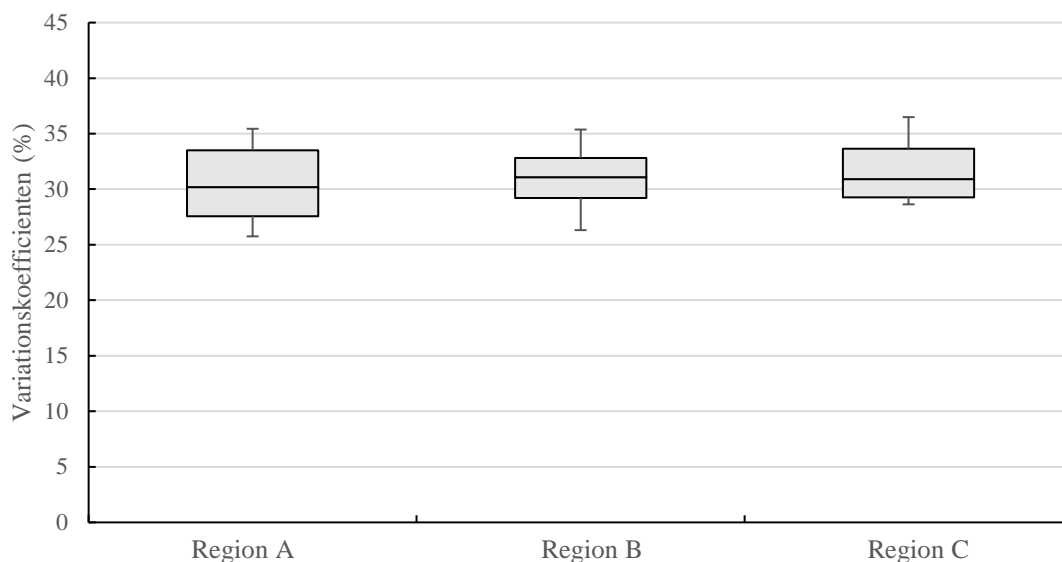
Merparten av gallringarna var avverkade i Region A (tabell 5). Medelstamsvolymen var lägst i Region C (tabell 5).

Tabell 5 Medelstamsvolymen och dess spridning per region

Table 5. The average stem volume and its distribution per region

Region	Medelstamsvolym (m ³ fub)	SD	Min (m ³ fub)	Max (m ³ fub)	n	Andel Flerträdshanterat Medelvärde (%)
A	0,09	0,03	0,042	0,185	81	11,9
B	0,087	0,02	0,061	0,116	16	9,8
C	0,07	0,02	0,045	0,133	15	17,7

Diametersspridningens variationskoefficient var på Region A: median 30,1 % interkvartilavstånd 6,2 % (SD 6,5). Region B: median 31,1 % interkvartilavstånd 5,9 % (SD 3,2) och Region C: median 30,9% interkvartilavstånd 5,1 % (SD 3,2) (figur 5).



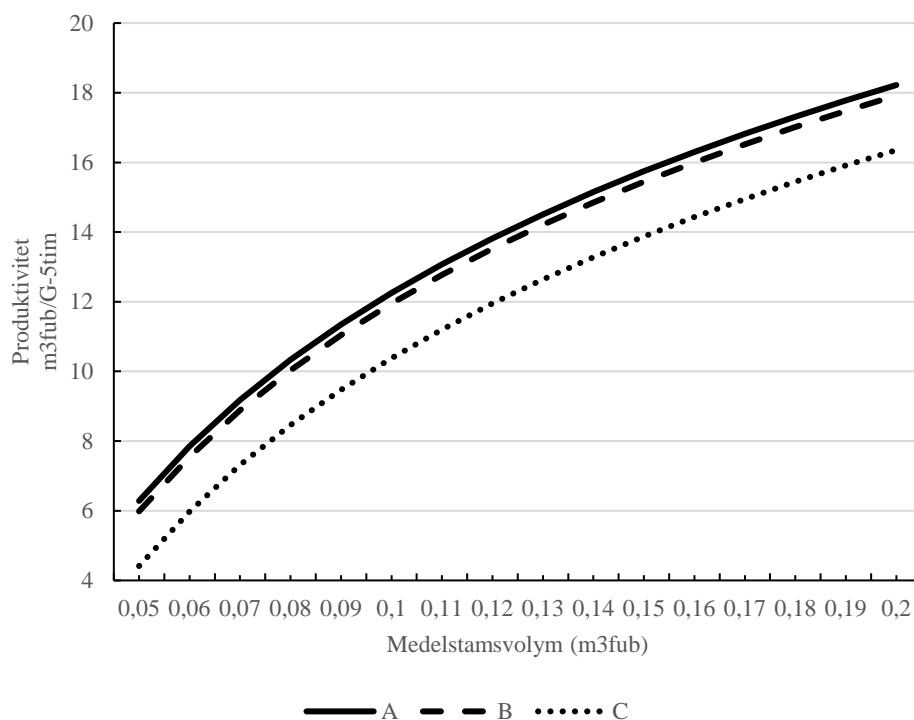
Figur. 5. Variationskoefficientens spridning per region. Till vänster region A, region B centrum och region C höger. De nedre strecken motsvarar liten spridning och de övre stor spridning.

Figure 5. The coefficient of variation per region. To the left region A, Centre region B and to the left region C. The lower line is small diameter distribution and the upper one is big diameter distribution.

Tabell 6. Resultatet av regressionsanalyserna för gallring
Table 6. The result of the regression analysis for thinning

Gallring				
Modell	Variabel	P-värde	R2-adj (%)	Produktivitet*
1	LN(medelstamsvolym)	<0,001	62,75	$33,47+9,290 \times \text{LN}(\text{medelstamsvolym})$
2	LN(medelstamsvolym) Diameterspridningens variationskoefficient	<0,001 0,477	62,59	$34,48+9,4 \times \text{LN}(\text{medelstamsvolym})$
3	LN(medelstamsvolym) Region	<0,001 0,005	65,56	A: $32,08+8,611 \times \text{LN}(\text{medelstamsvolym})$ B: $31,78+8,611 \times \text{LN}(\text{medelstamsvolym})$ C: $30,21+8,611 \times \text{LN}(\text{medelstamsvolym})$
4	LN(medelstamsvolym) Maskinlag	<0,001 <0,001	76,61	

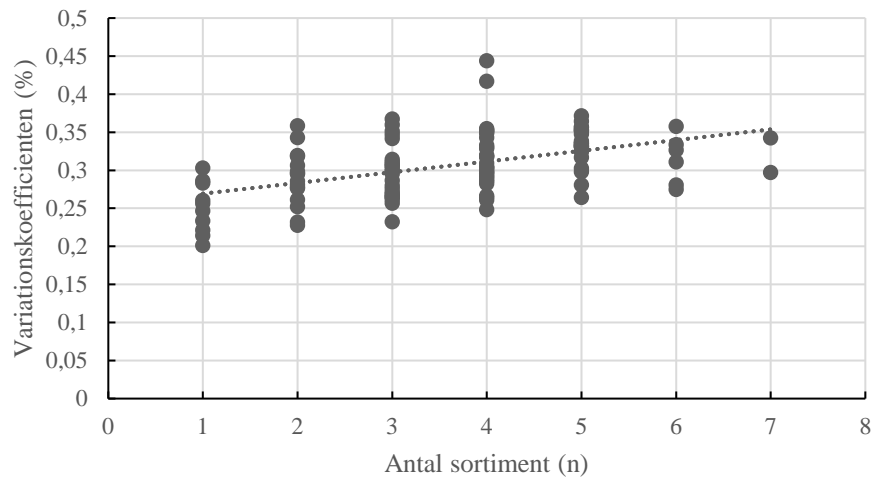
Produktivitet* ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_5\text{-tim}$), Medelstamsvolym(m^3fub), Variationskoefficienten (%) Region (A,B,C)



Figur 6. Produktiviteten ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_5\text{h}$) i gallring som en funktion av medelstamsvolymen. A, B och C är de olika regionerna.

Figure 6. The productivity ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_5\text{h}$) in thinning from model three in table six as a function of average stem volume. A, B and C are the different regions.

Det fanns inget samband mellan andelen träd som var flerträdshanterat och hur stor spridningen var (P-värde=0,135). Antal sortiment som föll ut ur en avverkning har ett samband med diameterspridningens variationskoefficient, om än med låg förklaringsgrad (P-värde=0,000, $R^2=22,6\%$) (figur 7).



Figur 7. Diameterspridningens variationskoefficienten som en funktion av antalet sortiment.

Figure 7. The coefficient of variation for the diameter distributions as a function of the number of assortments.

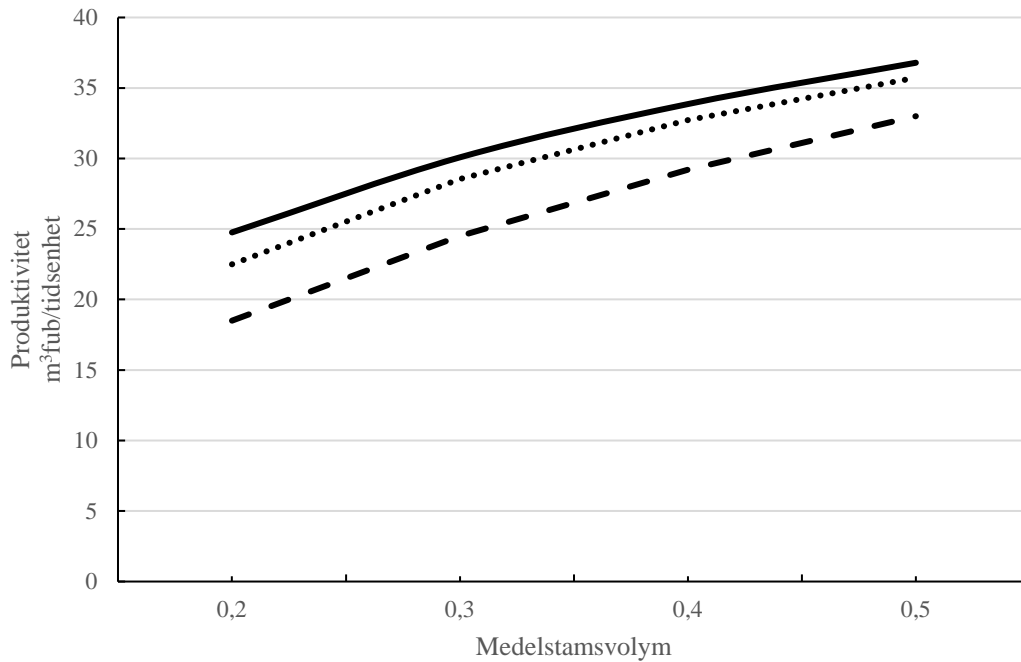
4. Diskussion

4.1 Resultatdiskussion

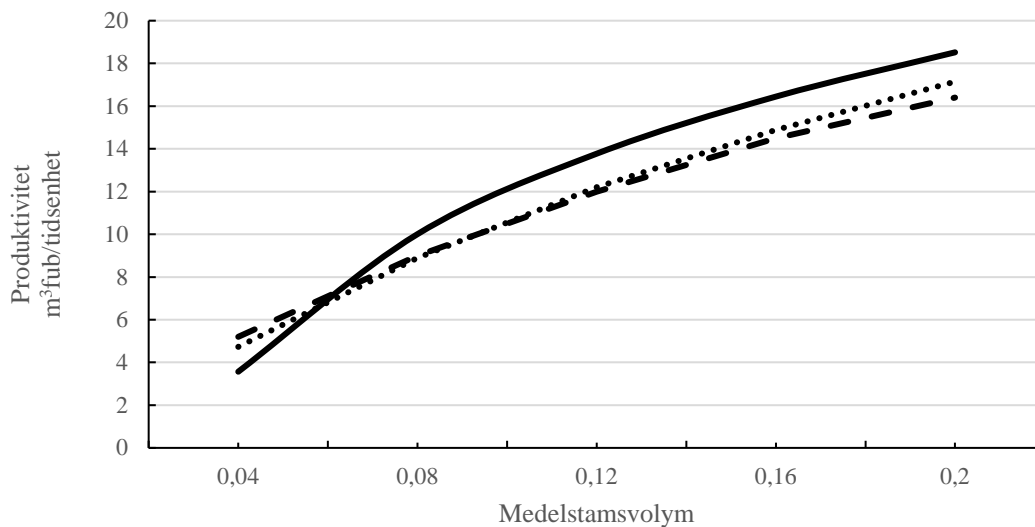
Medelstamsvolymen var även i denna studie den variabel som förklarar mest av skördarens produktivitet i slutavverkning och gallring. Diameterspridningen förklarade ytterligare 0,9 procentenheter i regressionsmodellerna i slutavverkning (tabell 5). Modell 1 och 2 applicerades på enskilda maskinlag. För några maskinlag medförde diameterspridningen högre förklaringsgrad, samtidigt som diameterspridningen inte var signifikant för fyra maskinlag, varav ett maskinlag hade ett p-värde på 0,083 för diameterspridningens variationskoefficient. I gallring med samma procedur var diameterspridningens variationskoefficient signifikant för ett maskinlag. När körningarna gjordes uppdelat på maskinlag medförde det att analysen beaktade maskinförarnas skicklighet och maskinernas produktivitet, vilket troligen är en bidragande faktor till den höga förklaringsgraden i modellerna, då maskinförarnas kompetens är den näst viktigaste variabeln som påverkar en skördarens produktivitet (Sirén, 2001). Att dela upp körningarna på maskinlag medförde också att geografiska skillnader inom regionerna beaktades t ex. inland mot kust. Analyserna av residualerna i regressionsanalyserna uppvisade inget avvikande. De var alltid normalfördelade och uppvisade inget mönster, vilket stärker resultatet. Att region inte tillförde lika mycket i förklaringsgrad i gallring som i slutavverkning är intressant, samtidigt som diameterspridningens variationskoefficient varierade mindre mellan regionerna i gallring än i slutavverkning. Kanske är gallringsbestånd mera homogena över landet än slutavverkningsbestånd?

Att finna litteratur om diameterspridningens påverkan på produktiviteten har varit väldigt svårt. Det verkar som att denna studie är den första att undersöka diameterspridningens påverkan på produktiviteten hos skördare. Den enda som har hittats är en bortsättning för en processor där diameterspridningen finns med (Björnheden, 1995). I den bortsättningen medförde ökande diameterspridning lägre prestation.

Produktivitetsformlerna i den här studien är jämförbara med andra produktivitetsmodeller. Produktivitetskurvorna ligger högre än tidigare studier gjorda på skandinaviska förhållanden i både gallring och slutavverkning. Vilket borde tyda på att teknikutvecklingen ökat produktiviteten hos skördare ytterligare. Jämförelse görs i figurerna nedan (figur 8 och 9). Notera att i grafen för gallring så jämförs denna studies produktivitetsmodell, som endast bygger på förstagallringar, med studier som bygger på både första- och andragallringar. Då skördarens produktivitet är positivt korrelerad med medelstamsvolymen och andragallringar generellt har högre medelstamsvolym, kan jämförelsen mellan dessa studier vara bristfällig. En annan brist i jämförelsen mellan studierna är att denna studie var i tidsformen G_5 -timmar, medan Brunbergs (2007) är i G_{15} -timmar och Eriksson och Lindroos (2014) är i G_0 -timmar.



Figur 8. Jämförande graf för slutavverkning med resultaten från Brunberg (2007) (streckad linje), Eriksson och Lindroos (2014) (prickad linje) och modell 1 från tabell fem (heldragen linje).
Figure 8. A comparative graph for final felling with the results from Brunberg (2007) (Dashed line), Eriksson & Lindroos (2014) (dotted line) and model 1 from table five (solid line).



Figur 9. Jämförande graf för gallring med resultaten från Brunberg (1997) (streckad linje) Eriksson & Lindroos (2014) (prickad linje) och modell 1 från tabell sex (heldragen linje).
Figure 9. A comparative graph for thinning with the results from Brunberg (1997) (Dashed line), Eriksson & Lindroos (2014) (dotted line) and model 1 from table six (solid line).

I inledningen togs Gerasimovs (2012) studie från slutavverkning i Ryssland i skogar med stor diameterspridning upp. Skördarens produktivitet i den här studien var lägre i skogar med stor diameterspridning, men inte så låg produktivitet som i Gerasimovs studie. Gerasimov nämner i sin artikel att skillnaden i produktivitet mellan Finland och Ryssland kan bero på skillnaden i skogsskötsel länderna i mellan (Gerasimov, et al., 2012). Värt att notera är att i den här studien, när spridningen jämfördes vid stor och liten spridning. Så räknades 25 % av trakterna bort. Det var de trakter med mindre diameterspridning än ”liten spridning” (12,5 percentilen) och de trakter som hade större spridning än ”stor spridning” (87,5 percentilen). Skillnaden i produktivitet hade blivit större om en större skillnad i diameterspridning använts.

När regressionsanalysen utfördes i gallringarna så erhöles en mycket hög förklaringsgrad, mycket högre än i slutavverkning. Medelstamsvolymen var den variabel med högst förklaringsgrad, men diameterspridningen var inte statistiskt signifikant. Kanske var detta på grund av det mindre antalet i gallring än i slutavverkning men kanske också diameterspridningens variationskoefficient var mindre och varierade mindre än i slutavverkning. Kanske var det tvingande uttaget för litet i gallring, då Holmen använder sig av beståndstråk vilket gör att stickvägsavståndet blir längre och det tvingande uttaget blir lägre (Bergkvist & Lundström, 2010). Den lägre andelen tvingande uttag påverkar diameterspridningen genom att det blir färre av de grövre träden som tas ut. Samtidigt är gallring mer komplicerat än slutavverkning, då stickvägsplanering och trädval komplicerar arbetet, vilket i sin tur påverkar effektiviteten i arbetet och varierar mellan förare (Ovaskainen, et al., 2004). Holmen använder sig av ”mellanskördare” i gallring (Normark, 2015) (exempelvis Komatsu 901 och JD 1070) som inte har problem att upparbeta stora träd i gallring. Ett stort grovkvistigt träd i slutavverkning kan däremot ta längre tid även för en stor skördare.

När det kommer till hypotesen om att bestånd med större diameterspridning skulle ha större andel träd som flerträdshanterats, så kan den förkastas för gallring men i slutavverkning är den bekräftad även om den förklarade endast en liten del av variationen. Andelen flerträdshanterade träd kanske mer beror på om det faktiskt finns ett träd till att flerträdshantera nära det första som avverkats. Sedan uppmärksammades att det fanns en stor variation i andelen flerträdshanterade stammar mellan maskinlagen. Detta torde visa att maskinlagen i större och mindre utsträckning använder sig av flerträdshantering, vilket kan ha påverkat resultatet.

Det andra delmålet, med hypotesen att det i bestånd med stor spridning återats fler sortiment, hade inget statistiskt säkerställt resultat i slutavverkning och kan således förkastas. Förklaringsgraden var högre i gallring samt statistiskt signifikant, men den låga förklaringsgraden är för liten för att säga att det fanns ett starkt samband. Men resultatet påverkades också av att olika sortiment inte är merkantila i olika delar av landet samt att efterfrågan på olika sortiment påverkar vad som tas ut vid avverkning, vilket kan ha påverkat resultatet. I efterhand kanske det hade varit bättre att analysera trädslagsfördelningen i bestånden i stället för antalet sortiment och jämföra den mot diameterspridningen, då trädslagsblandningen inte påverkas av marknadens efterfrågan. En annan orsak kan vara att det möjligtvis föll ut mer timmer i gallringsskogar med större diameterspridning när fler grövre träd avverkas, vilket kan förklara den högre förklaringsgraden i gallring.

Diameterspridningskurvorna (figur 3) har i likhet med Rouvinen & Kuuluvainen (2005) visat unimodal fördelning i kurvan för liten spridning och kurvan för medianspridningen.

Kurvan för stor spridning uppvisade nedåtgående trend, vilket tyder på att diameterspridning liknande den studien fanns även i det här arbetet. Sakerligen hade fler typer av diameterspridningskurvor uppvisats om fler figurer gjorts än för de tre som finns i med under resultat.

4.2 Felkällor

Materialet rensades från självklara fel i exempelvis produktivitet och antalet avverkade stammar. Självklart kan inte alla trakter som hade fel i sig uppmärksammas och tas bort men filtreringen av trakter hade ambitionen att ta bort allt som var felaktigt.

I detta arbete har det inte tagits hänsyn till trädlängden, vilket har en påverkan då träden generellt blir längre desto längre söder ut man kommer. Trädlängden gör att upparbetningstiden blir längre desto längre träd som upparbetas, vilket har en påverkan på tidsåtgången.

I dataanalyserna var det tänkt från början att ha med ytterligare faktorer så som lutning, ytstruktur m³fub per hektar, maskinstorlek och aggregatstorlek. Vissa av dessa uppgifter fanns inte tillgängliga att få fram, men framför allt begränsade antalet trakter möjligheten att analysera ytterligare variabler med vald analysmetod.

4.3 Praktisk tillämpning

Diameterspridning är inget som mäts i fält innan avverkning, utan möjligtvis kanske det finns en kommenterar inskriven i traktdirektivet om ”stor diameterspridning”. Resultaten i den här studien möjliggör att man i förväg kan veta om produktiviteten på skördaren kommer att sänkas om man vet att diameterspridningen är stor.

Denna studie beaktar inte de andra faktorerna, så som exempelvis lutning och ytstruktur, vilka påverkar skördarens produktivitet. Här beaktas endast diameterspridningen och medelstamsvolymen på ett fåtal maskinlag med olika förutsättningar och som verkar i olika regioner. Således är denna studie inte en fullständig produktivitetsnorm för skördare.

Möjligtvis kan några fler studier i ämnet, eller ytterligare bearbetning av datat i den här studien, göra att diameterspridningen kan användas i bortsättningar för att räkna ut skördarens produktivitet bättre.

Referenser

- Anon., (2013). *1070E/1170E IT4 Skördare*. Tampere: John Deere. [Broschyr] Tillgänglig: http://www.deere.se/sv_SE/docs/html/brochures/publication.html?id=3229b228#1 [2016-10-06]
- Anon., 2014a. *Skogsstatistisk årsbok 2014*, Jönköping: Skogstyrelsen.
- Anon., (2014e). *1270E IT4 1470E IT4*. Tampere: John Deere. [Broschyr] Tillgänglig: http://www.deere.se/sv_SE/docs/html/brochures/publication.html?id=f48fb4ef#1 [2016-10-06]
- Anon., (2015). *1270G*. Tampere: John Deere. [Broschyr] Tillgänglig: http://www.deere.se/sv_SE/docs/html/brochures/publication.html?id=c1639feb#4 [2016-10-06]
- Anon., 2016a. *SKOGSDATA 2016*, Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning.
- Bergkvist, I. & Lundström, H., 2010. *Gallra från stickväg eller med stråk?*, Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 16, 2010.
- Björnheden, R. & Ager, B., 1995. *Arbetsstudier-Studiematerial till grundkursen i skogsteknik inom området arbetsstudier*. Umeå. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Brunberg, T., 2007. *Underlag för produktionsnorm för extra stora engreppskördare i slutavverkning*, Uppsala: Skogforsk. Redogörelse nr 2, 2007.
- Brunberg, T., 1997. *Underlag för produktionsnorm för engreppskördare i gallring*, Oskarshamn: Skogforsk. Redogörelse nr 8, 1997.
- Brunberg, T., 2010. *Produktiviteten i gallring och slutavverkning*, Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 10, 2010.
- Chatterjee, S. & Hadi, s. A., 2006. *Regression analys by example*. 4 red. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Eriksson, M. & Lindroos, O., 2014. Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering*, 25(3), ss. 179-200.
- Gerasimov, Y., Victor, S. & Kari, V., 2012. Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia. *European Journal of Forest Research*, 131(3), ss. 647-654.
- Heinimann HR. 2001. Productivity of a cut-to-length harvester family – an analysis based on operation data. *In the Proceedings from the 2001 Council on Forest Engineering (COFE) meeting*. Snowshoe, USA July 15–18, 2001. Tillgänglig: http://web1.cnre.vt.edu/forestry/cofe/documents/2001/COFE_2001_Heinimann.pdf
- Kärhä, K., Rönkkö, E. & Gumse, S.-I., 2004. Productivity and cutting cost of thinning harvesters.. *International Journal of Forest Engineering*, 15(2), ss. 43-6.

- Lundqvist, L., 2012. *Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring*. Jönköping: Skogstyrelsen.
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C., 2014. *Skogsskötselserien nr 20, Slutavverkning*. Jönköping: Skogstyrelsen.
- McNeel, J. & Rutherford, D., 1994. Modeling harvester-forwarder system performance in a selection harvest. *Journal of Forest Engineering*, 6(1), ss. 7-14.
- Nordansjö, I., 1992. *Från stocksåg till skördare: skogsavverkningens mekanisering*. Stockholm: Stockholms tekniska museum.
- Nordfjell, T., Björnheden, R., Thor, M. & Wästerlund, I., 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4), ss. 382-389.
- Normark, E., 2015. *Konsten att odla skog*. Örnsköldsvik: Holmen .
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J., 2006. *Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System*, *Silva Fennica*, 40(2): ss 335-363.
- Ovaskainen, H., Uustalo, J. & Väättä, K., 2004. Characteristics and significance of a harvester operator's working technique in thinings. *International Journal of Forest Engineering*, 15(2), ss. 67-77.
- Persson, D., 2016. *Engreppsskördarens tekniska utveckling. Arbetsrapport 7*. Institutionen för Skogen Biomaterial och Teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå
- Petersson, J., 1987. *Drivningsteknik*. Borås: LTs förlag.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A., 2012. *Skogsskötselserien nr 6, Rövning. 2:a uppl.* Jönköping: Skogstyrelsen.
- Rouvinen, S. & Kuuluvainen, T., 2005. Tree diameter distributions in natural and managed old -dominated forests. *Forest Ecology and Management*, 208(1-3), ss. 45-61.
- Ryynänen, S. & Rönkkö, E., 2001. *Harvennusharvestereiden tuottavuus ja kustannukset = Productivity and expenses associated with thinning harvesters*, Finland: TTS-institute.
- Samuels, M. L., Witmer, J. A. & Schaffner, A., 2012. *Statistics for the life sciences*. 4:e red. Boston: Pearson .
- Sirén, M., 2001. *Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. [One-grip harvester operation, it's silvicultural result and possibilities to predict tree damage]*, Vantaa: Finnish Forest Research Institute.
- Thor, M. & Thorsén, Å., 2014. *Effektivt skogsbruk- ett långsiktigt miljöarbete*, Uppsala: Skogforsk.
- Östlund, L., Zackrisson, O., Axelsson, A.-L. 1997. The history and transformation of a Scandinavian boreal forest landscape since the 19th century. *Canadian Journal of Forest Research* 27(8), ss. 1198-1206.

Elektroniska källor

Anon., 2014b. *www.komatsuforest.se*. [Online]

Tillgänglig:

<http://www.komatsuforest.se/default.aspx?id=116018&mode=specs&rootID=&productId=115643> [Använd 2016-10-10].

Anon., 2014c. *www.komatsuforest.se*. [Online]

Tillgänglig:

<http://www.komatsuforest.se/default.aspx?id=115994&mode=specs&rootID=10868&productId=115725> [Använd 2016-10-10].

Anon., 2014d. *www.komatsuforest.se*. [Online]

Tillgänglig:

<http://www.komatsuforest.se/default.aspx?id=115944&mode=specs&rootID=&productId=>
[Använd 2016-10-10].

Anon., 2016b. *Holmens skogar i siffror*. [Online]

Tillgänglig: <https://www.holmen.com/sv/skog/om-holmens-skogar/skogsfakta/> [Använd 2016-12-13].

Anon., 2016c. *Interpret the key results for Multiple Regression*. [Online]

Tillgänglig: <http://support.minitab.com/en-us/minitab-express/1/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/how-to/multiple-regression/interpret-the-results/key-results/> [Använd 2016-12-08].

Anon., u.da. *www.support.office.com*. [Online]

Tillgänglig: <https://support.office.com/sv-se/article/STDAV-P-Funktionen-STDAV-P-6e917c05-31a0-496f-ade7-4f4e7462f285?ui=sv-SE&rs=sv-SE&ad=SE> [Använd 2016-12-07].

Anon., u.dc. *www.ponsse.com*. [Online]

Tillgänglig: <http://www.ponsse.com/se/produkter/skoerdare/scorpionking>
[Använd 2016-10-10].