

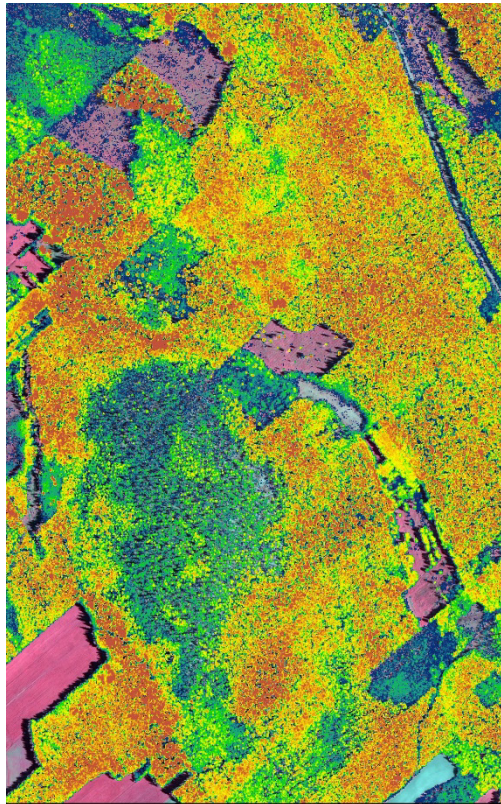


**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2015:8

Skogsvinge™: Kvalitetsundersökning

Skogsvinge™: Quality review



Isak Forsberg och Rickard Näslund

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0592 Nivå: G2E

Handledare: Jonas Jonzén, SLU, Inst. för skoglig resurshushållning
Jonas Arvidsson, SCA, Marknadsstrategisk chef
Elin Olofsson, SCA, Köpcoach

Examinator: Tommy Mörling,, institutionen för skogens ekologi och skötsel

Umeå 2015



Kandidatarbeten i skogsvetenskap
Fakulteten för skogsvetenskap
Sveriges Lantbruksuniversitet

t

| | |
|---------------------------------|--|
| Enhet/Unit | Inst. för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management |
| Författare/Author | Isak Forsberg och Rickard Näslund |
| Titel, Sv | Skogsvinge TM : kvalitetsanalys |
| Titel, Eng | <i>SkogsvingeTM: quality review</i> |
| Nyckelord/ Keywords | <i>Flygburen laserskanning, Laserdata, Areaviktad, Planeringsstöd, Skogsinventering</i> <i>Airborne laser, laserdata. area weighted, planning support, Forest inventory</i> |
| Handledare/Supervisor | <i>Jonas Jonzén SLU Inst för skoglig resurshushållning</i> <i>Jonas Arvidsson SCA Marknasstrategisk chef</i> <i>Elin Olofsson SCA Köpcoach</i> <i>Jonas Jonzén SLU Department of Forest resource management</i> <i>Jonas Arvidsson SCA Marknadstrategisk chef</i> <i>Elin Olofsson SCA Köpcoach</i> |
| Examinator/Examiner | Tommy Mörling,, institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Dept of forest Ecology and Management |
| Kurstitel/Course | Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science |
| Kurskod | EX0592 |
| Program | Jägmästarprogrammet |
| Omfattning på arbetet/ | 15 hp |
| Nivå och fördjupning på arbetet | G2E |
| Utgivningsort | Umeå |
| Utgivningsår | 2015 |

Förord

Detta är ett kandidatarbete på jägmästarprogrammet vid skogshögskolan tillhörande Sveriges lantbruksuniversitet Umeå. Arbetet skrevs våren 2015 och omfattar 15 högskolepoäng.

Det är flera som har varit till stor hjälp under arbetsgången och dessa vill vi tacka. Speciellt Jonas Jonzèn som varit vår handledare vid SLU, Johan Viklund för sin kunskap om SkogsvingeTM, Jonas Arvidsson som gav oss möjligheten till detta arbete och Elin Olofsson för bra handledning.

SAMMANFATTNING

Syftet med den här studien var att undersöka träffsäkerheten gällande volymskattningen från SCA:s laserprodukt Skogsvinge™, som lanserades hösten 2014. Skogsvinge™ är ett verktyg för att ta fram ett planeringsunderlag för skötseln av både SCA:s egna skogar och av privata skogsfastigheter i deras verksamhetsområde. Produkten bygger på den flygburna laserskanningen som Lantmäteriet utfört och provytor från SCA:s företagstaxering på sitt egna innehav. Av detta har modeller, som kan skatta skogliga parametrar utformats.

Den här studien är gjord i Umeå och trakterna vi har använt kommer från SCA:s distrikt Kusten. Studien har använt trakter som är avverkade 2012 och 2013 då modellerna bygger på SCAs företagstaxering som utfördes 2012. På dessa trakter har laservärdena från Skogsvinge™ och inmätt volym jämförts. Dessa trakter har delats upp i barrdominerade bestånd, trakter över 200 m³fub/ha, trakter under 200 m³fub/ha, trakter över 5 ha, trakter under 5 ha och alla trakter.

Resultatet från denna studie visar att det går bra att skatta den stående volymen med Skogsvinge™. Bäst blev skattningen för objekt med mindre än 200 m³fub/ha, den viktade RMSE blev 8,4 % och för objekt större än 5 hektar, 9,9 %. Sämst blev skattningen för trakter som var mindre än 5 hektar med viktad RMSE på 21,6 % och för trakter med över 200 m³fub/ha på 16,3 %. Med högre volym per hektar verkar det finnas en tendens till underskattning.

Det finns många möjliga felkällor men den som vi tror har påverkat resultatet mest är problem vid digitaliseringen av trakten och det kan vara orsaken till att mindre trakter fick sämre noggrannhet. Men i överlag verkar skattningarna i Skogsvinge™ stämma relativt bra med verkligheten.

Nyckelord

Flygburen laser, Laserdata, Areaviktad, Planeringsstöd, Skogsinventering

SUMMARY

The purpose of this study was to investigate the accuracy of the volume given by SCA's laser product Skogsvinge™, which launched in the fall of 2014. Skogsvinge™ is a planning tool for the management of both SCA's own forests and private owner's forest. The product is based on the airborne laser scanning done by Lantmäteriet and from SCA's cooperation taxing on its own possessions. From the taxing and the laser scanning, models has been designed which can estimate various forest parameters.

This study is made in Umeå and the objects are from a district called Kusten. This study used objects which were from 2012 and 2013 because the models are built on the taxing made in 2012 by SCA. On these objects, laser values from Skogsvinge™ have been compared with measured volume at industry. These objects have been divided into different groups; coniferous dominated objects , objects with more than 200 m³fub/ha, objects with less than 200 m³fub/ha , objects bigger than 5 hectares , objects smaller than 5 hectares and one with all objects.

The result from this study shows that the volume can be estimated with Skogsvinge™. Object with less than 200m³fub/ha was best estimated, followed by object bigger than 5 hectares, the weighted RMSE was 8,4 % and 9,9 %. Worst accuracy was it for small objects where the RMSE was 21,6 % and for objects with more volume than 200 m³fub/ha the RMSE was 16,3 %.

Many sources of errors are possible to influence the result, but we think that the digitizing of the objects was the cause why smaller objects got a worse accuracy. But even cause of that the valuation correlates relatively well with reality.

Key words

Airborne laser, laserdata. area weighted, planning support, Forest inventory.

INLEDNING

Bakgrund

Sedan sekelskiftet har intresset för flygburen laserskanning ökat markant, det har gjorts ett flertal studier om laserdatas noggrannhet och om möjligheten att använda detta i praktiken. Många skogsföretag har insett att det finns fördelar med att använda flygburen laserskanning. Dels för noggranna terrängkartor och markfuktighetskartor som underlättar planeringen, men också för att använda det till inventering då den kan ge bättre skogliga skattningar än vad fältinventeringar kan (Skogforsk 2008).

Flygburen laserskanning fungerar genom att tiden mäts från det att laserpulsen skickas iväg mot det område som ska skannas. Därefter kommer de laserpulser som sänds ut att reflekteras tillbaka till flygplanet från den underliggande vegetationen, markytan eller andra objekt som kan finnas i vägen för laserpulsen. När returpulsen har återkommit till flygplanet stoppas tiden för den pulsen och intensiteten mäts av. Eftersom ljushastigheten sedan tidigare är känd och hur lång tid ljuset färdades, kan sträckan som ljuset färdades beräknas. Med intensitet menas hur stor del av laserpulsen som har reflekteras mot objektet, eftersom att pulsen kan ge upphov till flera returpulser då pulsen delas och reflekteras mot flera olika objekt i olika höjdsnitt. Dessa punkter som visar varifrån laserpulsen reflekterades bildar tillsammans ett punktmoln. Detta punktmoln skapar en 3D-bild av hur det skannade området ser ut och de olika punkter kan delas in i olika klasser beroende på om det är vegetation, mark eller byggnader som returpulsen kommer ifrån (Nordkvist, m.fl. 2013;Harrie 2008).

För att bestämma varifrån laserpunkten reflekteras, behöver laserskannerns exakta position bestämmas för varje utsänd puls. Positionen fastställs av tre koordinater (x, y och z) och orienteringen av de tre vinklar som kallas tipp, roll och gir. Dessutom är det viktigt att känna till den utsända laserns riktning i förhållande till rummet (Nordkvist m.fl. 2013).

Lantmäteriet fick år 2009 i uppdrag av Sveriges regering att göra en noggrann nationell höjdmmodell (NH). De valde att använda laserskanning som metod för datainsamlingen. Ambitionen var att fram till och med 2015 ta fram en rikstäckande höjdmmodell med ett medelfel i höjd som är bättre än 0,5 m och för ett 2 m grid. Lantmäteriet har i princip skannat hela södra Sverige före och efter vegetationsperioden och norra Sverige har skannats under vegetationsperioden. Punkttätheten inom ett stråk är från en punkt/m² till 0,5 punkt/m². Lantmäteriets utrustning är vid skanning inställd på att få tillbaka returpulser med information om intensitet och avstånd från den utsända pulsen. Den maximala skanningsvinkeln är ± 20° och övertäckningen mellan stråk är åtminstone 20 %. Lantmäteriet har ännu inga planer på att göra en ny nationell laserskanning. Lantmäteriet har använt sig av en oscillerande spegel vid skanningen. (Lantmäteriet 2015). En oscillerande spegel är en vickande spegel som ger upphov till ett sicksack mönster för punkterna allteftersom flygplanet rör sig framåt och spegeln sprider laserpulserna i sidled (Nordkvist, m.fl. 2013).

SCA har tagit fram en egen produkt som heter SkogsvingeTM. Produkten baseras på den nationella laserskanningen och lanserades under hösten 2014. SkogsvingeTM marknadsförs främst för köpare, som hjälper privata skogsägare att få en bättre översikt på skogstillståndet över sina skogsinnehav. Men SkogsvingeTM är också bra för planerare att ha till planeringsstöd. Det är ett verktyg som skattar olika skogliga parametrar över skogsfastigheter med hjälp av laserdata i norra Sverige. SkogsvingeTM bygger på den nationella höjdmodellen (NH) som Lantmäteriet tog fram genom flygburen laserskanning och provytor från SCA:s företagstaxering. Metoden för framställandet av SkogsvingeTM är linjär regression enligt

Næsset från (2002). Det var företaget BLOM som skapade modellerna på uppdrag av SCA. Provytorerna som ligger till grund för modellerna är från deras företagstaxering som gjordes 2012. Det är provytor med radien 8 m och dessa ytor har positionerat med DGPS, Differentiell Global Position System. Sedan har det efterbearbetats mot SWEPOS och fått en lägesnoggrannhet som är <1m. Därefter har det gjorts en stratifiering på deras innehav. Från varje stratum har det sedan lottats provytor avdelningsvis. Detta har gjorts för att variationen som förväntas finnas inom skogsmarken säkerställs. Modellerna som tagits fram har alltså varit olika för vilken breddgrad som gäller. En kontrolltaxering har utförts för att garantera kvalitén på de inmätta variablerna. Totalt handlar det om 10 000 provytor.¹ SWEPOS är Lantmäteriets fasta referenspunkter till stöd vid positionering (Lantmäteriet 2015).

Tidigare studier

1995 kom ett genombrott inom laserskanning av skog. Norrmannen Erik Næsset utförde ett försök där han mätte skog med laser. Detta försök gav upphov till den arealbaserade metoden där fältytor används som stöd vid inventering. Den arealbaserade metoden gav senare Næsset det skogliga nobelpriset (Nordkvist, m.fl. 2013).

Inom detta område har Skogforsk tidigare gjort ett arbete där de tittade hur noggrannheten hos laserdatat stod sig mot de mer traditionella inventeringsmetoderna. De jämförde mot okulär volymuppskattning baserad på relaskopmätningar från rutinerade inventerare och provytor där alla träd mättes in och ett antal provträd höjdmättes. Resultatet från denna rapport blev att volymen och höjden på objekten skattades bättre än vad de två vanligare metoderna klarade av att göra. I denna studie var medelfelet för volymuskattningen 10 % och 11 % på de två försök som gjordes. Dessutom visade det att skanningen fungerar bäst i jämn och inte alltför tät skog med hög homogenitet. I denna studie användes den enskilda trädmetoden (Skogforsk, 2008).

En rapport skriven av Erik Næsset har kommit fram till samma sak, d.v.s. att laserdata kan ge bättre värden än andra metoder då det gäller noggrannheten för de skogliga variablerna. Där framkommer även att det kan vara ekonomisk slagkraftigt gentemot vanlig inventering. I denna studie blev också medelfelet för volymen mellan 10-12 % (Næsset 2007).

Dock finns det en studie som visar på ett medelfel som var 30 % på volymen. Den studien jämförde fältdata från projekt Kryckklan med laserdata från en helikopterinventering som SLU och FOI hade beställt. Studien kom fram till att höjden var den variabel som var lättast att skatta medan ålder och stamantal var svårast att skatta (Karlsson 2012).

För den arealbaserade metoden har det visat sig att skanningstätheten inte spelar så stor roll för skattningen av volymen. En studie av Næsset m.fl. jämfördes skattningen av volymen, höjden, diametern och grundytan om punkttätheten sänktes från 4,29 punkter/m² till 0,55 punkter/m², 0,17 punkter/m² och till 0,1 punkter/m². Resultatet blev liknande för alla punkttätheter (Næsset m.fl. 2004).

¹ Johan Viklund, SCA aspirant e-mail konversation 2015-03-11

Syfte

Målet med denna studie är att se hur väl SCA:s produkt SkogsvingeTM överensstämmer med de verkliga värdena för skogen och de här frågeställningarna vill vi få svar på:

- Hur är träffsäkerheten i SkogsvingeTM jämfört med den inmätta volymen från föryngringsavverkningar av egen skog och köp?
- Vilka felkällor är orsaken till den felmarginal som uppstår mellan SkogsvingeTM och volymen från inmätningen från föryngringsavverkningarna?

Hypotes

Eftersom tidigare studier som vi har läst givit indikationer på att volymen kan skattas med ett medelfel på 10-12 % så tror vi att även SkogsvingeTM ska ligga på dessa siffror.

MATERIAL OCH METOD

Material

Materialet som användes för denna studie är avverkade trakter från SCAs egen skog och deras köp. Dessa trakter kommer från distrikt Kusten. Kusten består av Bjurholm-, Nordmaling-, Robertsfors-, Vännäs- och Umeå kommun och delar av Vindeln- och Åsele kommun. Kusten är ett distrikt som hör till Västerbottens skogsförvaltning hos SCA.

Till studien användes två olika dataset, ett med inmätningens volymen från industrin och ett med SkogsvingeTMs värde för volymen. De inmätta volymerna vid industri och avverkningsobjektens position erhöles från SCAs skogsförvaltningskontor i Umeå. Vi fick även möjlighet att använda SCA:s låghöjdsfoton från 2013-2014 för att exakt uppskatta hur stor del av hygget som var lämnat som hänsyn. Låghöjdsfotografierna gjorde det enkelt att digitalisera gränserna för dessa. Dessa låghöjdsfoton finns på den egna skogen så för köpen användes lantmäteriets nyare ortofoton. Flygbilderna som användes var främst daterade från 2013 och 2014. Skördarloggar användes som ett stödverktyg vid arealbestämningen. Information om den utförda skanningen på de aktuella objekten fick vi från Lantmäteriet. För analys och digitalisering av de avverkade trakterna användes ArcGIS.

Laservärdena i SkogsvingeTM motsvarar skogstillståndet 2012, därför användes avverkningar som utfördes under 2012 eller 2013 för att minimera att tillväxten på bestånden har påverkat den avverkade volymen jämfört med laservärdena. Till studien användes 46 trakter. Av dessa blev 35 uppdelade i barrdominerade trakter. Kravet på dessa bestånd var att minst 90 % av volymen skulle bestå av gran eller tall. 22 trakter innehöll mer än 200 m³fub/ha och 24 med mindre än 200 m³fub/ha. 22 trakter var större än 5 hektar och de resterande 24 var mellan 1-5 hektar.

Till analysen användes Microsoft Excel och Minitab. I Excel beräknades RMSE både oviktade och area-viktad. Dessutom gjordes graferna som beskriver om det är en systematisk under eller överskattning i Excel. I Minitab beräknades förklaringsgraden, medelvärde och standardavvikelsen.

Metod

Först letades trakter som under 2012-2013 avverkats i Business Warehouse, som är ett ekonomiuppföljningssystem där alla siffror samlas. Dessa tracters koordinater och drivningsenhetsnummer användes för att säkerställa det avverkade områdets position. Därefter undersöktes om det fanns låghöjdsfoton som helst skulle användas för arealbestämningen av det avverkade området. Då det inte fanns låghöjdsfoton att tillgå på köpen användes istället det nyaste ortofotot från Lantmäteriet. De trakter där det varken fanns låghöjdsfoton, nya ortofoton, laservärden eller pålitliga skördarloggar togs bort. På vissa trakter visade laservärdet 0 m³sk för volymen. Det kan bero på att skanningen utfördes efter avverkningen eller att man manuellt tagit bort datavärdena efteråt baserat på det som faktisk avverkas från Skogsstyrelsen. Skördarloggarna användes för att se om skördaren gallrat eller tagit något extra utöver avverkningen som kunde göra att inmätningen blev missvisande i jämförelse med den avverkade arealen. När det var bestämt vilka trakter som skulle användas för studien skapades en SHP-fil över dessa och skickades till Johan Viklund, aspirant på SCA, som tog fram SkogsvingeTMs värden på varje yta.

De inmätta volymerna från industrin hämtades från ett av SCA:s system som heter NEO, där alla avverkningar och inmätningar finns registrerade. För att hitta den avverkade volymen användes drivningsenhetsnummer för varje trakt och hos dessa trakter fanns även avläggsnummer registrerade. Den inmätta volymen fanns registrerad hos varje avläggsnummer. Vid uppdelningen för de barrdominerade trakterna användes den avverkade volymen per träslag som skördardatat för varje trakt visade.

SkogsvingeTM och de inmätta värdena från industrin använder inte samma enheter för volym. SkogsvingeTM använder m³sk och för industrin erhålls värden i m³fub, därför använde vi ett omräkningstal som omvandlar m³sk till m³fub för möjligheten att jämföra de med varandra. Omräkning från en enhet till en annan blir inte ett exakt värde utan får bara ses som närmevärden. Omräkningstalet som användes var 0,84 m³fub för varje m³sk. (Skogsstyrelsen 2015)

De inmätta värdena jämfördes mot avverkningsdatat från skördarna för att hitta eventuella fel som kan ha uppstått från avlägg till industrin. Därefter sammanställdes volymen från industrin och volymen från SkogsvingeTM för varje trakt i Microsoft Excel, varpå vi utförde både en areaviktad RMSE-analys och oviktad RMSE. RMSE betyder root mean square error och är en statistisk metod för att mäta hur stort medelfelet är (Gisgeography 2015). Dessutom räknades medelvärdet av differensen och standardavvikelsen ut. Därefter utfördes en visuell biasanalys för att kontrollera om SkogsvingeTM systematisk under- eller överskattade volymen (Nationalencyklopedin 2015).

Analys

Det gjordes sex olika jämförelser. En jämförelse med alla bestånd i studien, en med trakter som hade maximalt 10 % löv i sig och då togs de som inte uppfyllde det kravet bort, en med bestånd som innehöll mer än 200m³fub/ha, en med mindre än 200 m³fub/ha, en med trakter över 5 ha och en med trakter under 5 ha. Detta för att tidigare studier har visat att homogeniteten och tätheten har en betydelse för säkerheten i skattningen. De två sista jämförelserna var för att jämföra om storleken på objekten spelar någon roll för resultatet.

RMSE är det vanligaste sättet att uppskatta hur stort medelfelet är. Det görs genom att ha två olika dataset, i detta fall SkogsvingeTMs värde och värdena från industrin. Då användes denna formel:

RMSE=Root mean square error

N= antalet objekt i studien

Y_i= SkogsvingeTMs värde

Ŷ_i=Inmätt data

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2} \quad (1)$$

(Gisgeography 2015)

Då det var olika storlekar på objekten gjordes en areaviktning. Det gör att större trakter får ett större genomslag i resultatet. Formeln ses nedan

A= Total area i studien

A_i = arean för i:et objektet

De andra variablerna finns i formel 1

$$RMSE_{Areaviktad} = \sqrt{\frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i * (\hat{Y}_i - Y_i)^2} \quad (2)$$

(Chen,G m.fl. 2008)

Formeln beskriver hur medelfelet beräknas genom att summera de kvadrerade skillnaderna mellan två olika datakällor för alla objekt. Då vi sedan vill veta hur stort felet är per objekt, divideras resultatet från summan av dataseten med antalet objekt som var med i studien och det hela avslutas med att kvadratroten ur kvoten beräknas för att det inte ska vara ett kvadrerat medelfel. Orsaken till att det kvadreras från början är för att om det är en stor spridning i noggrannheten mellan olika objekt kan det bli att två objekt tar ut varandra. Med det menas att ett av objekten överskattas grovt och det andra underskattas grovt. Analysen kan då visa ett lågt medelfel men i verkligheten är det helt annorlunda (Gisgeography 2015).

I Minitab användes en regressionsmodell där förklaringsgraden beräknades, förklaringsgraden är hur väl regressionsmodellen förklarar de kvadrerade avvikelser som uppstår i y-led (Nationalencyklopedin 2015). Den formel som Minitab använder för förklaringsgraden ses nedan.

R^2 = Förklaringsgrad

SSE= Den totala kvadrerade differensen mellan dataseten

SSTO= Den totala kvadrerade differensen för SkogsvingeTMs och dess medelvärde

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SSTO} \quad (3)$$

Dessutom räknades den justerade förklaringsgraden ut med denna formel:

N= antal objekt i studien

P= antalet variabler

$$R^2 = 1 - \frac{SSE/(n-p)}{SSTO/(n-1)} \quad (4)$$

Den justerade förklaringsgraden tar hänsyn till antalet variabler som används i testet och om den justerade förklaringsgraden blir betydligt lägre än förklaringsgrad kan testet ha för få variabler (Minitab 2014).

RESULTAT

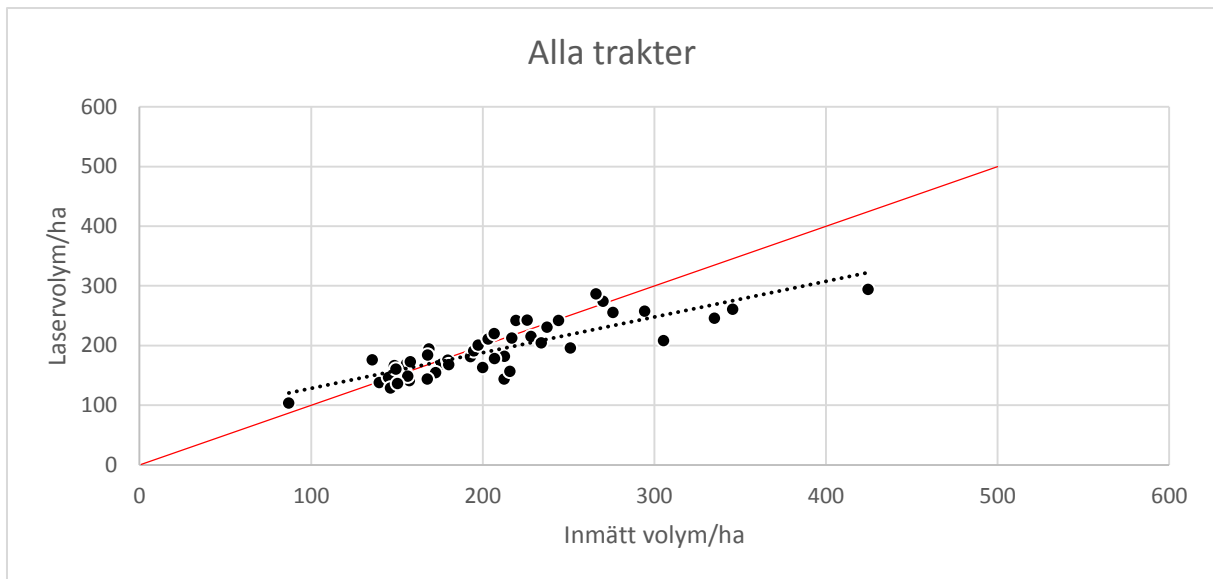
Noggrannhet för volymskattningen

Tabell 1 Noggrannheten för volymskattningen. Resultaten beskrivs med RMSE, Areaviktad RMSE, Förklaringsgrad (R^2), Justerad förklaringsgrad (adj R^2) Standardavvikelsen per objekt(SD) och Medelvärdet per objekt (medel).

Table 1. Accuracy for the volume estimation. Result is described with RMSE, area-weighted RMSE, coefficient of determination (R^2), adjusted coefficient of determination (adj R^2), Standard deviation per object(SD) and mean value per object(medel).

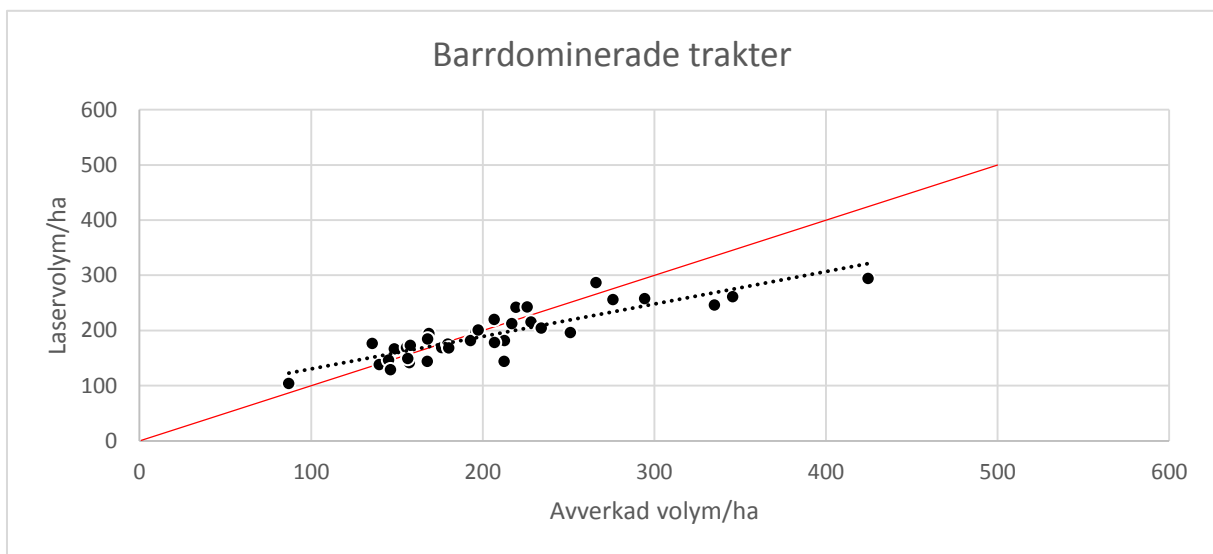
| Variabel | N | RMSE % | Areaviktad RMSE % | R^2 % | R^2 adj % | SD | Medel |
|---------------------------------------|----|--------|-------------------|---------|-------------|------|-------|
| Alla trakter | 46 | 19,6 | 13,4 | 70,4 | 69,7 | 35,2 | -14,7 |
| Barrdominerade trakter | 35 | 20,0 | 13,4 | 74,7 | 73,7 | 36,3 | -13,3 |
| Volym under 200 m ³ fub/ha | 24 | 10,2 | 8,36 | 55,7 | 53,7 | 17,6 | -0,4 |
| Volym över 200 m ³ fub/ha | 22 | 22,2 | 16,3 | 42,1 | 39,2 | 42,7 | -30,5 |
| Trakter större än 5 hektar | 22 | 10,9 | 9,9 | 80,7 | 79,9 | 21,5 | -2,0 |
| Trakter mindre än 5 hektar | 24 | 24,8 | 21,6 | 75,9 | 74,7 | 41,4 | -26,5 |

Värdena i Tabell 1, visar att det går att skatta volymen med laser. Skattningen stämmer relativt bra överens med det verkliga värdet. Det kan man se på den areaviktade RMSE där skattningen blir 13,4% fel för alla trakter som ingick i studien. För objekt med under 200 m³fub/ha blev det 8,4% och om det var över 200 m³fub/ha blev det 16,3%. Med den oviktade RMSE:n blev det 19,6% för alla trakter och för objekt med volym under 200 m³fub/ha så lite som 10,2% och för objekt över 200 m³fub/ha 22,2%. Alltså visade det sig att noggrannheten blev högre i trakter med lägre volym per hektar men det visade sig ingen större skillnad om det var barrdominerade trakter. Storleken på trakterna verkar inverka på resultatet för RMSE, där mindre trakter fick ett högre värde. Där de stora trakternas viktade RMSE blev 9,9% och de mindre trakterna blev 21,6%. I kommande grafer visas att det är i regel en underskattning som sker vid felen. Om punkterna är under den röda linjen har laserskanningen underskattat volymen, om de ligger över har en överskattning skett. Medelvärdet som nämns i Tabell 1 får negativa värden vilket tyder på att det är en underskattning av laservärdena.



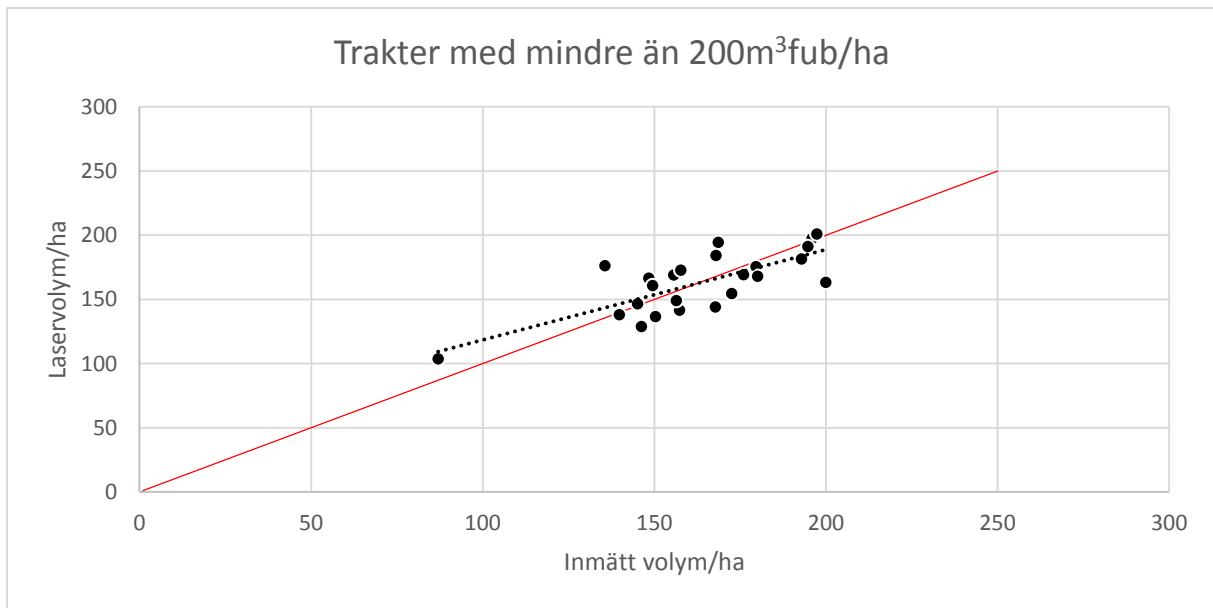
Figur 1. Spridningsdiagram mellan laservolym/ha och inmättvolym/ha för alla objekt och röd linje är förhållande 1:1. Svarta linjen är en regressionslinje.

Figure 1. Scatterplot between laser volume/ha and scaling volume/ha for all object and the red line is relation 1:1. The black line is a regression line.

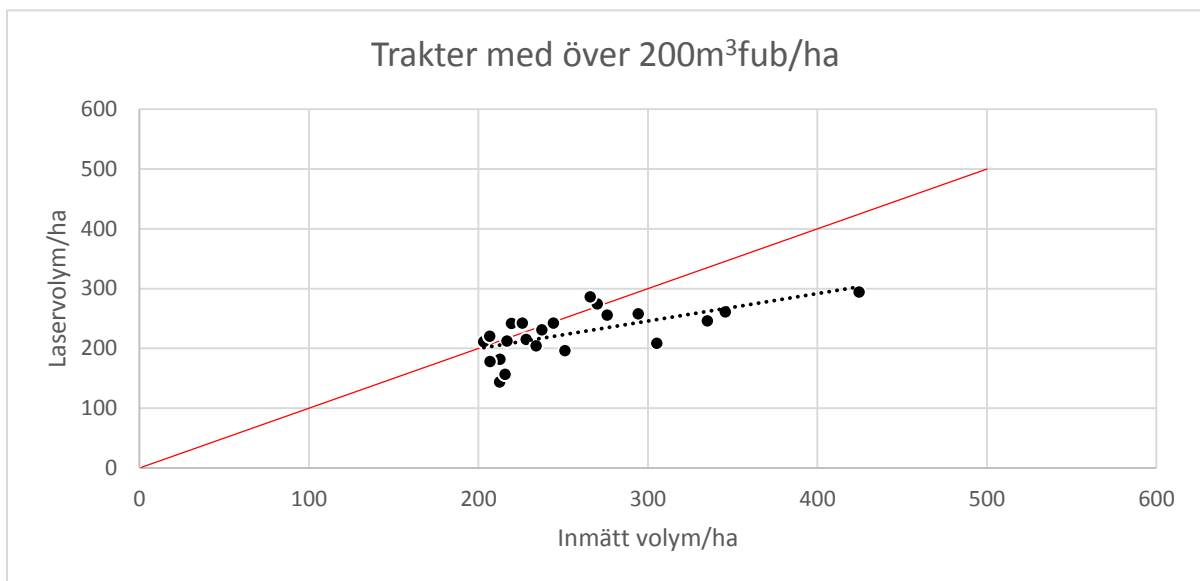


Figur 2. Spridningsdiagram mellan laservolym/ha och inmättvolym/ha för barrdominerade trakter och röd linje är förhållandet 1:1. Svarta linjen är en regressionslinje.

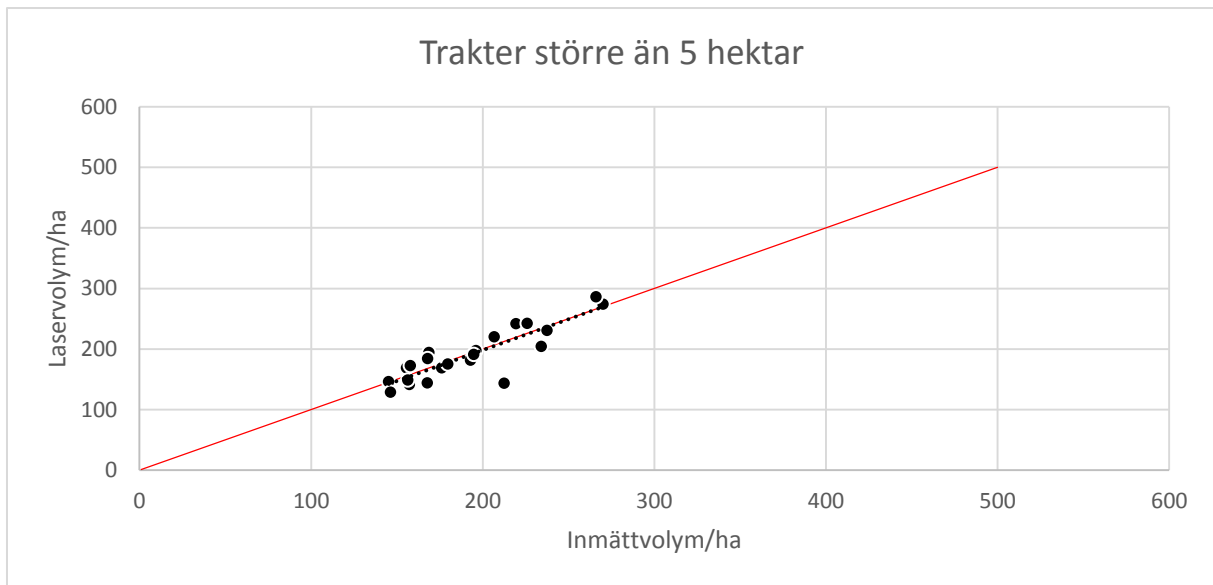
Figure 2. Scatterplot between laser volume/ha and scaling volume/ha for coniferous dominated objects and the red line is relation 1:1. The black line is a regression line.



Figur 4. Spridningsdiagram mellan laservolym/ha och inmättvolym/ha för trakter med mindre än $200\text{m}^3\text{fub/ha}$ och röd linje är förhållandet 1:1. Svarta linjen är en regressionslinje.
 Figure 3. Scatterplot between laser volume/ha and scaling volume/ha for objects with less than $200\text{ m}^3\text{fub/ha}$ and the red line is relation 1:1. The black line is a regression line.

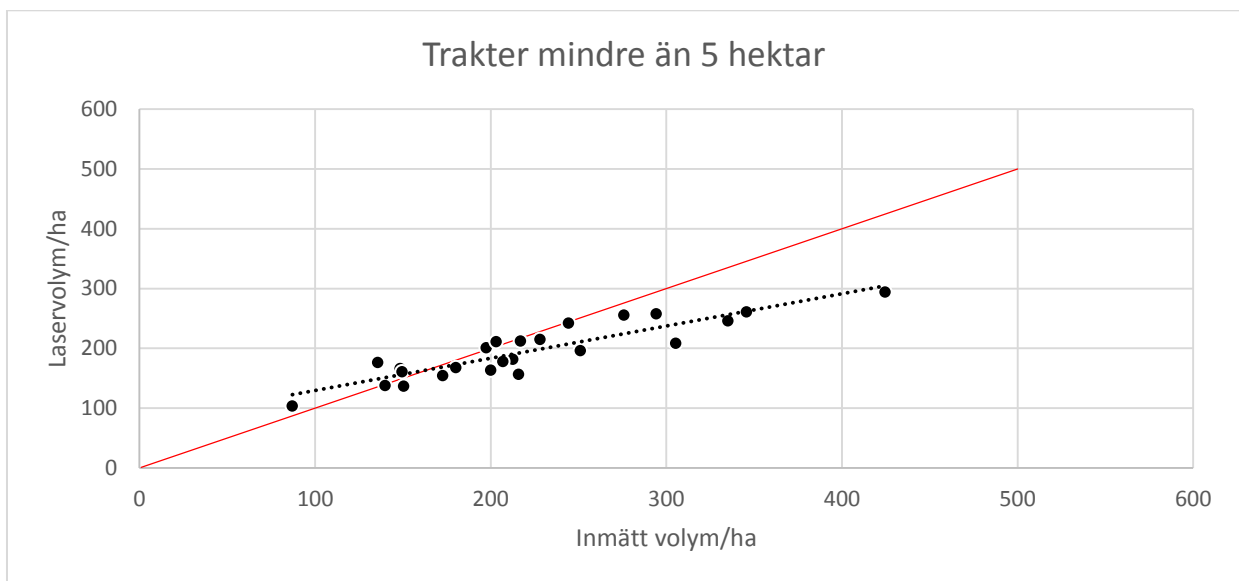


Figur 5. Spridningsdiagram mellan laservolym/ha och inmättvolym/ha för trakter över $200\text{ m}^3\text{fub/ha}$ och röd linje är förhållandet 1:1. Svarta linjen är en regressionslinje.
 Figure 4. Scatterplot between laser volume/ha and scaling volume/ha for objects with over $200\text{ m}^3\text{fub/ha}$ and the red line is relation 1:1. The black line is a regression line.



Figur 6 Spridningsdiagram mellan laservolym/ha och inmätt volym/ha för trakter som är större än 5 hektar och röd linje är förhållandet 1:1. Svarta linjen är en regressionslinje.

Figure 5 Scatterplot between laser volume/ha and scaling volume/ha for objects bigger than 5 hectares and the red line is relation 1:1. The black line is a regression line.



Figur 7 Spridningsdiagram mellan laservolym/ha och inmätt volym/ha för trakter som är mindre än 5 hektar men större än 1 hektar och röd linje är förhållandet 1:1. Svarta linjen är en regressionslinje

Figure 6 Scatterplot between laser volume/ha and scaling volume/ha for objects smaller than 5 hectares but bigger than 1 hectares and the red line is relation 1:1. The black line is a regression line.

Som figur 1,2,4 visar så underskattar laservolymen den inmätta volymen. Figur 3 visar inte signifikant över eller underskattning.

DISKUSSION

Resultatet från studien visar att volymen skattas med RMSE på 19,6% för alla trakter och 10,2 % för trakter med under 200 m³fub/ha. Men med hänsyn till objektens storlek blev resultatet bättre. Det areaviktade RMSE:t blev 13,4 % då alla trakter ingick i analysen och som bäst 8,36 % för trakter som innehöll under 200 m³fub/ha. Det areaviktade resultatet ligger närmare vår tidigare hypotes som var runt 10 %.

Som tidigare visats var materialet i studien uppdelat i sex delar. Uppdelningarna var barrdominerade trakter, trakter med mer än 200 m³fub/ha, trakter med mindre än 200 m³fub/ha, trakter större än 5 hektar, trakter med mindre än 5 hektar och en där alla trakter fanns med. För dessa uppdelningar varierade det arealviktade medelfelet från 8,4 % till 21,6%. Där den bästa skattningen var för objekt som innehöll mindre än 200 m³fub/ha och den var sämst för objekt där arealen var lägre än 5 hektar. Skillnaden mellan de barrdominerade trakterna och där alla trakter fanns med var låg, troligtvis då de flesta trakter som inte ingick i uppdelningen barrdominerade trakter fortfarande innehöll en hög andel barr och vi hade inga rena lövbestånd att jämföra med. Beroende på storleken på de avverkade objekten fick vi olika bra skattningar där stora objekt var lättare att skatta. Troligtvis beror det på problemet med digitaliseringen av trakterna, detta kommer att tas upp i felkällor.

Av studien kan en tendens till underskattning av bestånden ses. Tydligast syns det för objekten med mer än 200 m³fub/ha. I Figurerna 1-6 finns en regressionslinje inlagd som symboliserar hur laserskattningen förhåller sig till inmätt volym. Jämförs den med linjen som symboliserar förhållandet 1:1, syns det att SkogsvingeTM har en tendens till underskattning. Undantaget är för låga volymer och för trakter över 5 ha där det är en mer spridd skattning. Detta syns tydligt i figur 3 (Trakter med mindre än 200 m³fub/ha). En visuell analys på medelvärdena från tabell 1 gav en indikation på att det ofta kunde bli en underskattning.

De högsta justerade förklaringsgraderna låg på 79,9% som var för trakter större än 5 hektar, vid uppdelning på volymen per hektar blev det sämre förklaringsgrad. Där blev förklaringsgraderna 53,7% och 39,2% där sämsta förklaringsgraden var då volymen var över 200 m³fub/ha. Att det blev lägre kan ses i figurerna 1-6 där 3 och 4 har mer spridda plottar vilket ger en sämre förklaringsgrad.

Jämförelse tidigare studier

Resultatet stämmer överens med tidigare studier. Naessets (2007) studie visade att volymen kunde skattas med ett medelfel på 10-12 %. Skogforsks (2008) studie har man skattat volymen med en noggrannhet på 10-11 %. medan Karlssons studie (2012) visade på ett betydligt sämre resultat än vårt med ett medelfel på 30 %.

Andra rapporter av Næset (2007) visar inte samma grad av underskattning som på vår studie. Utan möjligtvis en överskattning på volymen. Inte heller Karlssons rapport (2012) visar på något regelbundet metodfel. Vid jämförelsen av de här rapporterna verkar vår studie ligga i nivå med deras resultat. Det kan finnas flera anledningar varför det inte blir perfekta skattningar vilka kommer tas upp nedanför.

Dock är det inte lätt att jämföra studier med varandra då alla studier har olika förutsättningar och varierande metoder som påverkar resultatet. Till exempel använde Skogforsk inte en

arealbaserad metod utan använde den enskilda trädmetoden vid sin studie medan Naessets har använt den arealbaserade metoden.

Felkällor

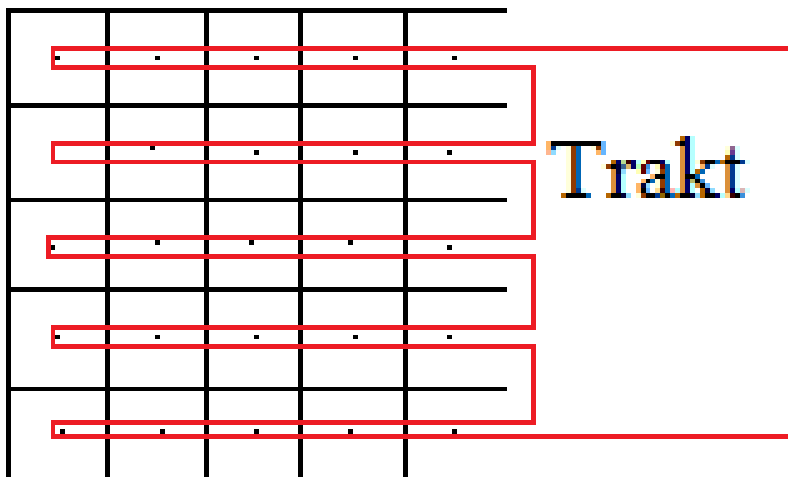
Att resultaten skiljer sig mot verkligheten beror på att det finns många felkällor.

I Praktisk Skogsbok (2009) finns tabeller för omvandling från m^3_{sk} till m^3_{fub} för rundvirke. Omräkningstalerna varierade från 0,68 för den klenaste björken till 0,85 för de grövsta tallarna. Vi använde 0,84 som omräkningstal då det är ett genomsnitt av stammarnas storlek och form (Skogforsk 2009). Alltså kan omvandlingen från m^3_{sk} till m^3_{fub} vara relativt osäker beroende på vilken sorts skog det är.

En annan felkälla som kan spela stor roll är digitaliseringen av trakterna. Om det har missats eller tagits för stor areal av avverkningen vid digitaliseringen blir felet stort. Speciellt om trakterna är små. Analysen visade också att det var i de små trakterna de största felen fanns. Dels genom att det areaviktade RMSE:t blev bättre än det oviktade och det visas även med figur 5 och 6.

Rastret som används i Skogsvinge är $15,625 \times 15,625$ m vilket motsvarar 244 m² och för att värdet i en ruta ska räknas med måste den digitaliserade kantlinjen gå över mittpunkten av rasterrutan. Följden av detta kan bli att rasterrutor som inte helt täcks inte räknas med eller att rastervärdena räknas med trots att de inte täcks fullkomligt. Alltså kan det ge både en överskattning och en underskattning. I extremfall kan det vara trakter som har en väldigt spretig utformning och resultatet kan då variera stort.² Nedan kommer ett extremfall visas.

Den här figuren visar en trakt där laserskattningen kommer att vara överskattad då värdet kommer omfatta alla rasterrutor även om avverkningen bara sker på en liten del av ytan.



Figur 8 Extremfall
Figure 7 Extreme case

Det kan också vara osäkert om all den avverkade volymen på trakten verkligen mäts in vid industrin. Den avverkade volymen kan på flera olika sätt undgå inmätningen. Markägaren kan ta en del av virket som ved till egen försäljning eller för eget bruk, detta gäller främst för

² Johan Viklund, SCA aspirant e-mail konversation 2014-04-10

köptrakter. För att minimera denna felkälla kontrollerade vi skördardatat mot inmätt värde och vi frågade även virkesköparna på SCA om de trakterna som möjligtvis hade ett uttag av ved. Det visade sig att ingen av de misstänkta trakterna i studien hade det. Men trots det kan vi inte helt utesluta att markägare tagit virke utan att ha kontaktat virkesköparen. Att virke glöms i skogen kan hända av många olika anledningar, det kan lätt hända under vintern om stockarna snöar över innan skotaren har hunnit hämta dem eller om skotarföraren är ouppmärksam, dessutom kan virket lämnas kvar som broar och kavelbroar. Virke kan glömmas vid avläggen och aldrig eller väldigt sent bli upphämtat. Då kan avläggen vara avslutade och den volymen blir då ej införd i systemet. Dessutom vid flera trakter som ligger nära varandra så kan de få samma avlägg och då försvåra processen ytterligare. Vi har dock försökt eliminera de trakter som uppenbarligen inte stämt med skördardatat.

Sedan har det betydelse hur terrängen och förhållanden är just vid avverkningstillfället. Om trakter är väldigt steniga kan föraren tvingas till högre stubbar än normalt, samma sak kan ske under vintern med mycket snö då föraren inte ser hur långt det är ner till marken och snön är i vägen. Dessutom spelar det roll vilken förare som utför arbetet, vilken dagsform föraren har och vilka maskiner som används för att maximera uttaget från trakten. Den kvarlämnade hänsynen kan göra att analysen blir missvisande. Med de ortofoton och låghöjdsfoton vi använde var det svårt att urskilja enskilda evighetsträd som lämnats eller högstubbar. Dessutom går det inte att välja bort enstaka träd i Skogsvinge eftersom att en cell är som tidigare nämnts 15,625*15,625.

Vid framtagningen av lasermodellerna för SkogsvingeTM användes SCA:s egna företagstaxeringsprovtytor. Dessa är utspridda över hela norra Sverige. Modellerna som tagits fram har varit olika beroende på vilken breddgrad som gäller. För vår analys användes endast trakter inom SCA:s distrikt som heter Kusten. Då vi inte vet vilka provtytor som har använts är det svårt att veta om modellen bygger på förutsättningar som trakterna i den här studien hade.

Det troliga är att Skogsvinge kommer underskatta höga volymer vilket har visats i studien och i låga volymer finns risk att skattningen blir en överskattning då regressionsmodeller har en tendens att dra mot mitten och har svårt att förutse ytterlighetsfall (Hadi & Chatterjee, 2006).

Slutsats

Resultatet blev att det går att skatta volymen med Skogsvinge, skattningen blev bäst för objekt där volymen är under 200 m³fub och skattades sämst om det fanns mer än 200 m³fub/ha. Det gick inte se om lövinslag i objekten påverkade resultatet utan var mer beroende på storleken på trakten och dess virkesförråd/ha. Det blev en underskattning av trakter med högt virkesinnehåll/ha och för trakter med ett lågt virkesförråd/ha så blev det en svag underskattning. Storleken på trakten visade sig spela en viss roll på resultatet, detta troligtvis på grund av problemen med digitaliseringen av trakten.

REFERENSER

- Barth, A. (2008). *Flygburen laser gav bättre data om träden*. Resultat/Skogforsk 2008:15. s.1-4, Uppsala, Skogforsk
- Chen, G; Hay, J; Castilla, G; St-Onge, B; Powers, R. (2008). *A comparison of object-based and pixel-based approaches to estimate lidar-measured forest canopy height using quickbird imagery* Department of Geography, s.4, University of Calgary och Department of Geography, Université du Québec à Montréal. Tillgänglig: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-C1/Sessions/Session1/6729_CHEN_Proc_pap.pdf [2015-03-17]
- Gisgeography (2015-03-14). What is Root Mean Square Error RMSE? (<http://gisgeography.com/root-mean-square-error-rmse-gis/>) [2015-03-16]
- Hadi, A., Chatterjee S. (2006), Regression analysis by example. 4. ed. s.97-98, New Jersey: John Wiley & Sons, inc
- Harrie, L., Eklundh, L. (2008). *Geografisk Informationsbehandling*. s.106-107 Stockholm: Forskningsrådet Formas
- Karlsson, B. (2012). *Samband mellan laserdata och fältdata*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Kandidatarbete. s.18-19, Tillgänglig: http://stud.epsilon.slu.se/5449/7/karlsson_b_130423.pdf [2015-03-10]
- Lantmäteriet (2015). *Produktbeskrivning: Laserdata Version 2.0* [Elektronisk] Gävle Lantmäteriet. s.3(23)-6(23), Tillgänglig: <http://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/produktbeskrivningar/laserdat.pdf> [2015-03-10]
- Lantmäteriet. (2009). *Swepos*. [Elektronisk] Gävle : Lantmäteriet (2009:1) [Infoblad] Tillgänglig: https://swepos.lantmateriet.se/kurserochinfo/dokument/infoblad/om_swepos.pdf [2015-03-10]
- Minitab. (2014). *Simple Regression in the Assistant*. [Elektronisk] I.L. Minitab Inc. s.10-12, Tillgänglig: http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/Assistant_Simple_Regression.pdf [2015-03-31]
- Næsset, E. (2002). *Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data*. Scandinavian Journal of Forest Research 80 (1) 88-99
- Næsset, E. (2007). *Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia*. Scandinavian Journal of Forest Research, 22:(5)433-442,

Næsset, E., Gobakken, T., Holmgren, J., Hyyppä, H., Hyyppä, J., Maltamo, M., Nilsson, M., Olsson, H., Persson, Å., och Söderman, U., (2004). *Laser scanning of forest resources: the nordic experience*, Scandinavian Journal of Forest Research, 19:(6)482-499

Nationalencyklopedin, 2015. regressionsanalys,
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/regressionsanalys>, [2015-04-22]

Nationalencyklopedin, laser.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/laser>. [2015-03-13]

Nordkvist, K., Sandström, E., Heather, R., Olsson, H., (2013). *Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket*, andra upplagan. Umeå, Sveriges lantbruksuniversitetet, Institutionen för skoglig resurshushållning, 2013. s.1-13, Arbetsrapport Tillgänglig:
http://pub.epsilon.slu.se/10062/1/Nordkvist_K_130328.pdf [2015-03-1]

Sehlberg-Samuelsson, U., Viklund, E., & Palmer, C. (2009). Praktisk skogsbok, Stockholm, Föreningen Skogen.s.292

Skogsstyrelsen (I.L). *Skogliga mått och enheter*. <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Aga-skog/Matt-och-enheter/> [2015-03-10]

Icke publicerat material

Johan Viklund, SCA Aspirant

Bilaga 1

Tabell 2 Alla trakter som ingick i studien.

Table 2 All objects included in this study.

| Objekt | Area (ha) | Laservolym/ha (m ³ fub) | Volym inmätt/ha (m ³ fub) | Differens (m ³ fub) |
|--------|--------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | 7,1 | 143,7 | 212,5 | -68,8 |
| 2 | 7,8 | 274,4 | 270,0 | 4,3 |
| 3 | 7,0 | 231,0 | 237,4 | -6,4 |
| 4 | 17,3 | 169,1 | 176,0 | -6,9 |
| 5 | 3,8 | 138,1 | 139,8 | -1,7 |
| 6 | 3,4 | 257,6 | 294,3 | -36,7 |
| 7 | 4,0 | 196,1 | 251,0 | -54,9 |
| 8 | 3,1 | 166,4 | 148,4 | 18,0 |
| 9 | 19,9 | 241,9 | 219,4 | 22,5 |
| 10 | 3,6 | 208,5 | 305,3 | -96,8 |
| 11 | 7,7 | 146,5 | 145,1 | 1,3 |
| 12 | 12,8 | 169,0 | 155,6 | 13,4 |
| 13 | 12,3 | 197,4 | 196,0 | 1,5 |
| 14 | 9,9 | 181,6 | 192,8 | -11,3 |
| 15 | 3,6 | 215,1 | 228,1 | -13,0 |
| 16 | 1,6 | 181,8 | 212,6 | -30,9 |
| 17 | 17,0 | 286,3 | 266,0 | 20,4 |
| 18 | 25,6 | 191,2 | 194,7 | -3,5 |
| 19 | 1,4 | 294,2 | 424,5 | -130,3 |
| 20 | 1,6 | 176,2 | 135,6 | 40,6 |
| 21 | 12,0 | 194,3 | 168,6 | 25,8 |
| 22 | 2,2 | 163,3 | 200,0 | -36,7 |
| 23 | 12,7 | 172,8 | 157,7 | 15,1 |
| 24 | 10,9 | 141,5 | 157,3 | -15,8 |
| 25 | 3,6 | 200,9 | 197,3 | 3,6 |
| 26 | 4,6 | 210,9 | 203,1 | 7,9 |
| 27 | 7,9 | 149,0 | 156,4 | -7,4 |
| 28 | 10,3 | 184,3 | 167,9 | 16,4 |
| 29 | 4,1 | 178,1 | 206,8 | -28,7 |
| 30 | 6,5 | 220,1 | 206,7 | 13,4 |
| 31 | 12,1 | 175,5 | 179,6 | -4,1 |
| 32 | 3,2 | 242,1 | 244,2 | -2,0 |
| 33 | 8,1 | 128,8 | 146,2 | -17,4 |
| 34 | 3,3 | 255,7 | 275,9 | -20,2 |
| 35 | 3,9 | 212,4 | 216,9 | -4,5 |
| 36 | 6,1 | 242,3 | 225,9 | 16,5 |
| 37 | 1,2 | 245,9 | 335,0 | -89,1 |
| 38 | 6,2 | 204,4 | 234,0 | -29,6 |
| 39 | 2,2 | 103,8 | 87,0 | 16,8 |

| | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 40 | 2,5 | 154,5 | 172,6 | -18,1 |
| 41 | 1,8 | 156,6 | 215,8 | -59,2 |
| 42 | 3,0 | 136,5 | 150,3 | -13,8 |
| 43 | 2,0 | 261,0 | 345,6 | -84,6 |
| 44 | 11,0 | 144,2 | 167,7 | -23,6 |
| 45 | 3,3 | 168,0 | 180,1 | -12,1 |
| 46 | 2,2 | 160,8 | 149,5 | 11,4 |
| Total | 317,7 | | | |
