

Prognosmodeller för att förutse volymutfall i virkesförsörjning

Models for predicting volume yield in wood supply



FOTO: SVEN TEGELMO/SKOGFORSK

Summary

The aim of the study was to develop models for predicting monthly yield volume by assortment, for use in short-term and long-term planning by Norra Skogsägarna. These models will help timber area managers in work relating to production planning. The project involved a pilot study in one of the Norra Skogsägarna timber areas.

Input data for the analysis comprised information about harvesting resources, historical stand registers, historical production data from SDC, weather data from SMHI, and number of working days per month from SCB. All the above information was collected on a daily basis for 2013-2015. In total, the study was based on harvester data from 27 machines and over 734,000 m³ produced timber.

Regression analysis of historical data produced estimates of functions that were then used in the prediction models for planning periods of three months (Prognos-maskin) and 12 months (Prognos-VO). The regression analysis was used to evaluate the degree to which different parameters affected the respondents (volume and assortment yields). The parameters that were assumed to possibly affect production (outcome by volume) per month, machine size, and assortment were external circumstances such as weather-related factors and the number of working days, as well as factors relating to the harvesting resources, contracted annual volume, and data from the stand register.

No or weak associations with production outcome could be found for the following parameters: number of working days, temperature, snow depth, precipitation amount, and proportion of deciduous trees. Parameters with the strongest association were mean stem size, harvesting proportion, and normal production (contracted volume per year, divided by the number of productive months).

The prediction models were evaluated using data from the period 1 January to 30 April 2016, with a total of 12 harvesters operating. The two models, prognos-maskin and prognos-VO, were evaluated by entering stand data from the machines operating within the timber area into the Excel-file with the prediction models. The estimated volumes and assortment outcomes generated by the models were then compared with actual volumes as shown in harvester reporting.

Both models overestimated the produced volume, the prognos-maskin model by 18 percent and prognos-VO by 26 percent. This study has shown that using historical data can estimate volume outcome with relatively high precision within an operational area, in both short and long terms.

To improve estimates in the future, it would be interesting to increase the number of machine categories, improve the method of calculating normal production, increase the geographical area, and include more machines.

Sammanfattning

Syftet med studien har varit att hitta modeller för att prognostisera månadsvist volymutfall per sortiment för kortsiktig respektive långsiktig planering hos Norra Skogsägarna. Dessa modeller ska fungera som stöd i virkesområdeschefernas arbete med produktionsplaneringen. Projektet har genomförts som en pilotstudie inom ett av Norra Skogsägarnas virkesområden.

Som indata till analyserna användes information om avverkningsresurser, historisk traktbank, historiska produktionsdata från SDC, väderdata från SMHI och antal arbetsdagar per månad från SCB. Alla ovanstående uppgifter samlades in på dygnsbasis för åren 2013-2015. Totalt bestod studien av skördardata från 27 maskiner och över 734 000 m³ producerat virke.

Genom regressionsanalys på historiska data skattades funktioner som användes i prognosmodellerna för tremånaders (Prognos-maskin) och tolv månaders (Prognos-VO) planperiod. I regressionsanalysen utvärderades i vilken grad olika parametrar inverkar på respondenterna (volym- och sortimentutfall). De parametrar som antogs kunna påverka produktionen (volymutfallet) per månad, maskinstorlek respektive sortiment var olika yttre förutsättningar som väderrelaterade faktorer och antal arbetsdagar samt avverkningsresursens förutsättningar, kontrakterad årsvolym och data från traktbanken.

För följande parametrar kunde inga eller svaga samband med produktionens utfall ses; antalet arbetsdagar, temperatur, snödjup, nederbörds mängd och lövandel. Parametrarna med starkast samband var medelstam, avverkningsandel och normalproduktion (kontrakterad volym per år delat med antalet produktiva månader).

Utvärderingen av prognosmodellerna gjordes utifrån data från tidsperioden 1 januari till 30 april 2016 med totalt 12 skördare i drift. De två modellerna, prognos-maskin och prognos-VO, validerades genom att traktplanerat data för ingående maskiner inom berört virkesområde från perioden matades in i Excel-filen med prognosmodellerna. Modellernas skattade volymer och sortimentutfall jämfördes sedan med faktiskt producerad volym enligt skördarrapportering.

Båda modellerna överskattade den producerade volymen. Modellen prognos-maskin överskattade med 18 procent och prognos-VO med 26 procent. Denna studie har visat att det med hjälp av historiska data går att skatta volymutfallet med relativ god precision inom ett VO, på både kort och lång sikt.

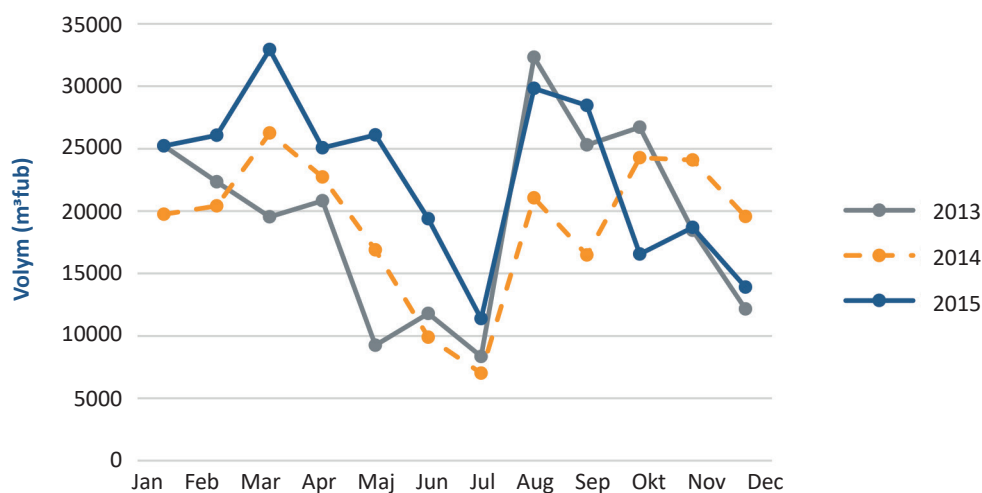
För att skapa än bättre skattningar i framtiden vore det intressant att utöka antalet maskinkategorier, förbättra sättet att räkna ut normalproduktionen samt utöka det geografiska området och inkludera fler maskiner.

Innehåll

Summary.....	2
Sammanfattning.....	3
Inledning.....	5
Syfte	6
Mål	6
Material och metod.....	6
Studieområde	6
Indata	7
Regressionsanalys	8
Utvärdering	9
Prognosmodellerna	9
Funktion maskin	10
Funktion VO	11
Funktion sortimentfördelning	11
Utvärdering.....	13
Prognosmodell maskin	13
Prognosmodell VO	15
Diskussion	16
Slutsatser	17
Förslag för framtida arbete	17
Referenser.....	17

Inledning

Att det förekommer ojämna flöden in till industri samt stora fluktuationer i lagerpunkter från skog till industri är väl känt inom skogsnäringen (Figur 1). Virkesförsörjningsorganisationer runt om i landet är vana att hantera och jämna ut dessa variationer, exempelvis med extra kapacitet i transportledet och genom att balansera försörjningen med säkerhetslager.



Figur 1. Total volymproduktion per månad under tre år.

Skogforsk har i och med denna pilotstudie påbörjat ett arbete med att hitta förklaringar till varför variation uppstår samt börjat bygga modeller som ska kunna prognostisera framtida variation. Detta arbete är ett första steg för i att i framtiden kunna bygga bättre prognosmodeller och beslutsstöd för virkesförsörjning.

Norra Skogsägarna arbetar med att införa ett nytt arbetssätt för att planera volymutfall per verksamhetsområde, VO, och sortiment. Syfte är att synkronisera produktionsplanering och flödesplanering. Förfarandet går till så att VO-cheferna fastställer en tremånaders produktionsplan varje månad, där första månaden är skarp och resterande månader är rullande. Detta är ett nytt arbetssätt som görs med en upplösning på VO per månad, maskinlag och sortiment. Det har under detta arbete framkommit att man behöver hjälp att bättre prognostisera volymutfallet per maskin, sortiment och månad. Som komplement till de tre månadsplaner man i dag arbetar med har man även helårsplaner. Där finns också ett behov av att bättre kunna skatta högsta troliga produktion per sortiment, VO och månad.

Syfte

Syftet med pilotstudien har varit att försöka hitta modeller för att prognostisera månadsvis volymutfall per sortiment, både för kortsiktig och långsiktig planering. Prognosmodellerna ska stödja Norra Skogsägarnas VO-chefers arbete med tremånaders rullande produktionsplan såväl som helårsplanering av produktionen.

Mål

- Konstruera och utvärdera en prognosmodell som skattar volymutfallet per månad, maskintyp och sortiment för en tremånaders planperiod (Prognos-maskin).
- Konstruera och utvärdera en prognosmodell som skattar volymutfallet per månad, sortiment och VO för en tolv månaders planperiod från historiska data (Prognos-VO).

Material och metod

Prognosmodellerna har byggts på strukturerade produktionsdata från SDC (Skogsnäringens IT-företag) samt från Norra Skogsägarnas egna databaser. Detta för att i framtiden enkelt kunna uppdatera modellen med större datamängder. För att göra det lätt för användaren att fylla i indataparametrar och kunna exportera resultaten implementerades prognosmodellen i ett Excel-dokument.

STUDIEOMRÅDE

Studien har genomförts på ett virkesområde hos Norra Skogsägarna (Figur 2) med en årlig avverkning på 260 000 m³. Inom studieområdet sker avverkningen med hjälp av i genomsnitt nio fulltidsmaskiner.



Figur 2. Karta över Norra Skogsägarnas verksamhetsområden.

INDATA

Indata till analysen var:

Från Norra Skogsägarna		
Avverkningsresurs	Maskinstorlek (liten, mellan, stor)	
	Maskinidentitet, Norra Skogsägarna	
	Maskinidentitet, SDC (GPX-nr)	
	Årsvolym (kontrakterad volym)	
	Antal produktionsmånader	
Historisk traktbank		
	TraktId	
	Virkesordernummer	
	Skattad medelstam	
	Avverkningsform	
	Maskinidentitet, Norra Skogsägarna	
Historiska produktionsdata från SDC	Från SMHI	Från SCB
Virkesordernummer	Temperatur	Antal arbetsdagar per månad
Mätdatum	Snödjup	
Sortiment	Nederbörds mängd	
Volym		
Stamantal		

Alla ovanstående uppgifter samlades in på dygnsbasis för åren 2013-2015. Totalt omfattade studien skördardata från 27 maskiner och över 734 000 m³fub producerat virke.

Samtliga data ackumulerades till månadsbasis. Detta gjordes främst för att få säkrare värden på inrapporterade produktionsdata som tidigare inte alltid skett på dygnsnivå. Utifrån indata togs värden fram för de parametrar som antogs påverka utfallet mest (beskrivna under regressionsanalys).

REGRESSIONSANALYS

Genom regressionsanalys av historiska data skattades funktioner till prognosmodellerna för tremånaders (Prognos-maskin) och tolv månaders (Prognos-VO) planperiod. I regressionsanalysen utvärderades i vilken grad olika parametrar inverkar på respondenterna (volym- och sortimentutfall). De parametrar som antogs kunna påverka produktionen (volymutfallet) per månad, maskinstorlek och sortiment var följande:

Yttre förutsättningar:

- Antalet arbetsdagar i månaden
- Medeltemperaturen för en månad
- Medelsnödjupet för en månad
- Nederbörds mängd för en månad

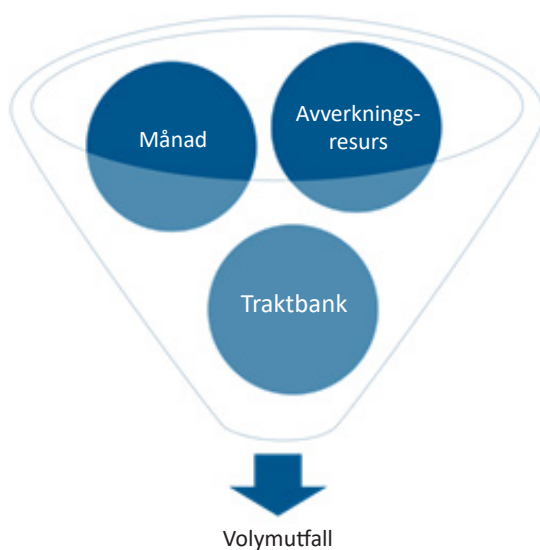
Avverkningsresurs:

- Maskinstorlek
(liten, mellan, stor)
- Kontrakterad årsvolym

Traktbank:

- Avverkningsandel (andelen slutavverkningsobjekt av totalen, volymvägd)
- Medelstam
- Lövandel
- Ytstruktur/Lutning alt. Geografi

De framtagna funktionerna från regressionsanalysen kunde sedan omformuleras till två prognosmodeller som kan valideras mot aktuella data. Nedan visas en generell skiss (Figur 3) som gäller för båda modellerna.



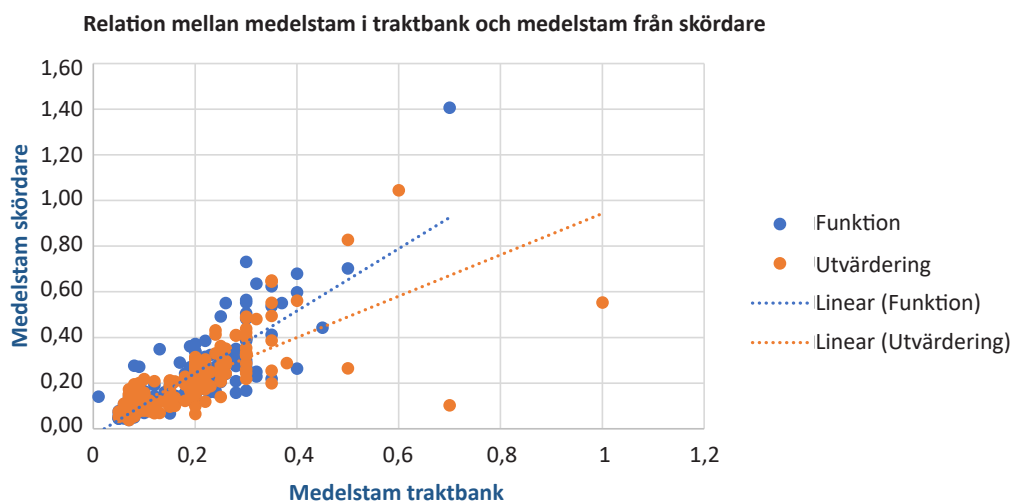
Figur 3. Schematisk skiss av modellen.

UTVÄRDERING

Utvärderingen av prognosmodellerna gjordes på data från tidsperioden 1 januari till 30 april 2016 med totalt 12 skördare i drift.

De två modellerna (prognos-maskin och prognos-VO) validerades genom att i Excel-filen med prognosmodellerna mata in traktplanerat data för ingående maskiner inom berört virkesområde från perioden. Sedan jämfördes modellernas skattade volymer och sortimentutfall med faktiskt producerad volym enligt skördarrapportering.

En viktig parameter är medelstam, som används i funktionen för månadsskattning. Figur 4 nedan visar relationen mellan medelstam i traktbanken mot den skördarmätta medelstammen för det data som använts som indata till funktionen respektive relationen mellan medelstam i traktbanken mot den skördarmätta medelstammen för det data som använts som för utvärdering. Gemensamt för både indata och utvärderingsdata var att medelstammen underskattats. Underskattningen var något större på funktionens indata än utvärderingsdata.



Figur 4. Relation mellan skattad medelstam och producerad medelstam på data 2013–2015 (Indata) och data från januari-april 2016 (Utvärdering).

Prognosmodellerna

För att skapa de två modellerna behövde funktioner tas fram. Tre delfunktioner skapades för att inte modelleringen skulle bli för komplex.

- Funktion för volymutfall per maskin och månad
- Funktion för volymutfall per VO och månad
- Funktion för sortimentutfall per maskin

De två första funktionerna togs fram med hjälp av statistikprogramvaran SAS (SAS, 2016). Där testades först sambanden mellan de parametrar som antogs påverka modellerna med linjär modellering (GLM).

För följande parametrar kunde inga eller endast svaga samband gentemot produktionens utfall ses; antal arbetsdagar, temperatur, snödjup, nederbörds mängd och lövandel. De parametrar med starkast samband var medelstam, avverkningsandel och normalproduktion (kontrakterad volym per år delat med antalet produktiva månader). Funktionen för volymutfall per maskin och månad består av data från parametrarna volym, medelstam, avverkningsandel, normalproduktion, maskinstorlek och månad.

FUNKTION MASKIN

Funktionen, volym (V_{mt}) per maskin av maskinstorlek (m) och månad (t), hade en korrelationskoefficient (R^2) på 77 procent. Funktionen ser ut så här:

$$V_{mt} = \beta_0 + \beta_1 * A + \beta_t * N + \beta_m * M_t$$

Variabler

- (A) Slutavverkningsandel.
 (N) Normalproduktion (m³fub/månad), Kontrakterad volym per år delat med antalet produktiva månader.
 (M) Medelstam (m³fub/månad), beräknad som ett medelvärde för planderade avverkningsobjekt en specifik månad.

Index

- (m) Maskinstorlek (Liten, Mellan, Stor)
 (t) Tidsperiod (Jan, ..., Dec)

Parametrar

- (β_0) 5,4
 (β_1) 728,2

Maskinstorlek (m)	Liten	Medel	Stor
(β_0)	3247,3	1872,6	3755,9

Månad (t)	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
	0,834	0,890	0,954	0,782	0,535	0,305	0,159	1,022	0,835	0,735	0,615	0,502

FUNKTION VO

Funktion för volymutfall per år består av data från volym, maskinstorlek och månad. Denna modell har förenklats jämfört med prognos-maskin på grund av att man för helåret inte har en exakt bild av vilka maskiner som kommer att användas och vilka trakter som kommer att avverkas. Modellen, volym (V_{mt}) per maskin i maskinstorlek

(m) och månad (t), hade en korrelationskoefficient (R^2) på 46 procent.

Funktionen ser ut så här: $V_{mt} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_m$

Index	
(m)	Maskinstorlek (Liten, Mellan, Stor)
(t)	Tidsperiod (Jan, ..., Dec)

Parametrar	
(β_0)	4068,6

Maskinstorlek (m)	Liten	Medel	Stor
(β_m)	-3385,7	-2507,0	0,0

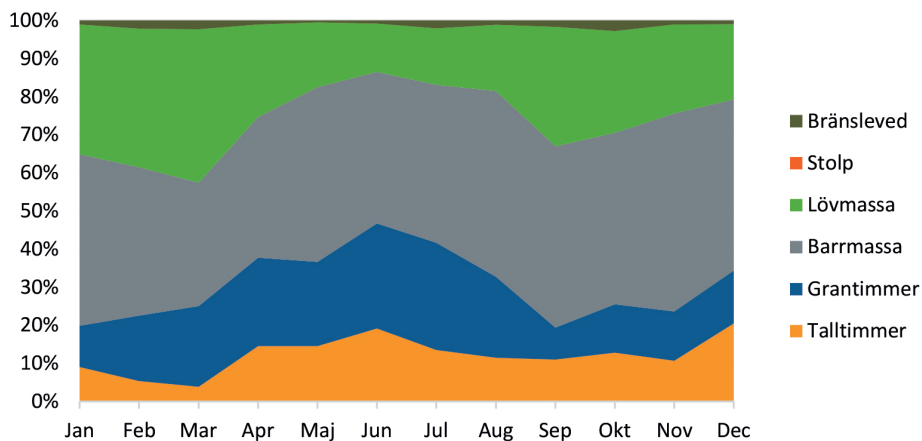
Månad (t)	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
	1270,5	1112,6	1551,6	1013,4	590,1	6,1	-453,9	1655,4	994,9	682,3	275,7	0,00

FUNKTION SORTIMENTFÖRDELNING

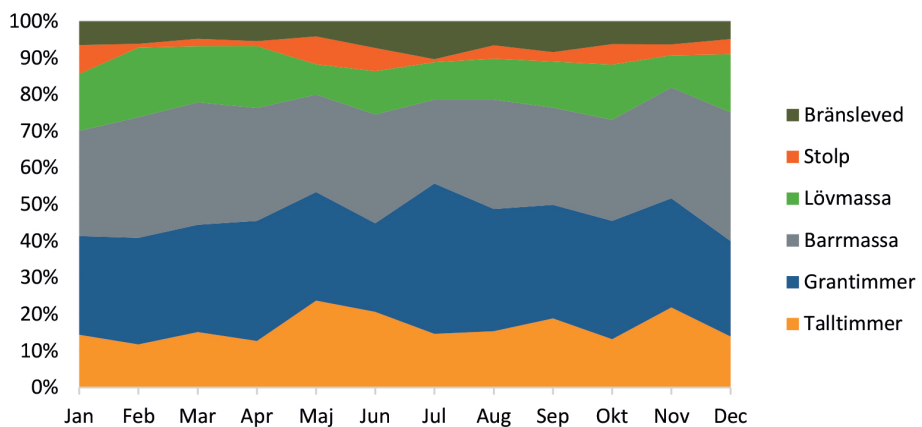
Funktionen för att skatta det relativa utfallet av sortiment per maskinstorlek och månad beräknades från historiskt utfall. För varje månad, maskinstorlek och sortiment summerades volymen. Utifrån summeringen räknades den genomsnittliga andelen ut från den totala volymen per månad, enligt:

P_{mst} Genomsnittlig volymandel per sortiment (s) per maskinstorlek (m) och tidsperiod (t).

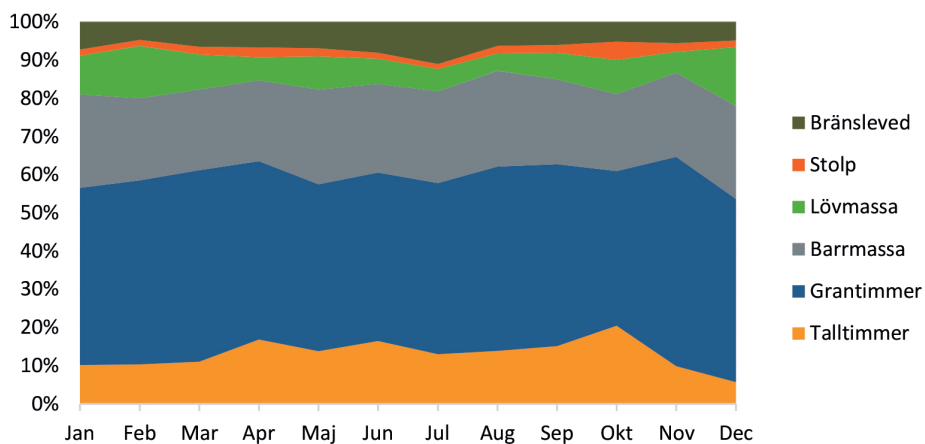
Genom att kombinera funktionen för sortimentutfallet per maskinstorlek (Figur 5-7), dels med funktionen för volymutfall per maskin och månad och dels med funktionen för volymutfall per år erhålls de två modeller som var målet med analysen.



Figur 5. Andel av volym per sortiment för maskinklass Liten.



Figur 6. Andel av volym per sortiment för maskinklass Mellan.



Figur 7. Andel av volym per sortiment för maskinklass Stor.

Utvärdering

Prognosmodellerna byggdes i Excel för att enklare kunna använda och demonstrera verktyget. Där skapades flikar för modellerna, indata och resultat. För prognos-maskin (som skattar produktion och sortimentutfall per månad och maskin) krävs indata på månadsbasis i form av:

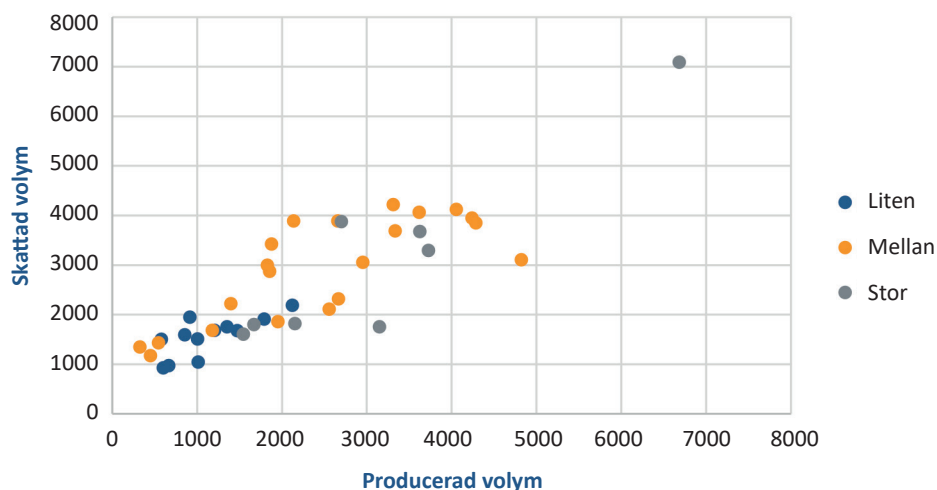
- Andel slutavverkningsvolym för planerade trakter
- Medelstam för planerade trakter
- Maskindata i form av
 - maskinstorlek
 - kontrakterad årsvolym
 - antalet månader som de producerar

För prognos-VO (som skattar volymutfallet på VO-nivå) behövs:

- Antalet maskiner i varje storleksklass och månad

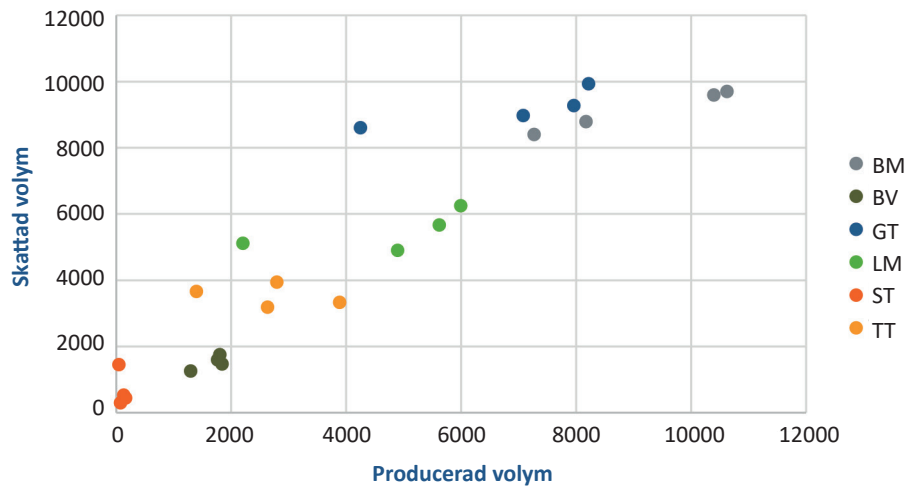
PROGNOSMODELL MASKIN

I utvärderingen av prognos-maskin skattade modellen en total volym på 118 000 m³. Den faktiskt skördarrapporterade volymen var 100 000 m³ under dessa fyra månader. Detta innebär att modellen överskattade den producerade volymen med 18 procent för samtliga maskiner under studerad fyramånadersperiod. Den generella överskattningen kom i första hand från maskiner i mellanklassen. Prognosmodellen skattade volymutfallet för stora och små maskiner något bättre (Figur 8).



Figur 8. Volym per maskinstorlek och månad med faktiskt producerad volym på x-axeln och skattad volym på y-axeln.

I genomsnitt överskattar modellen volymen för alla sortiment utom för bränsleved och barrmassa (Figur 9). Stolp har skattats men knappt producerats.



Figur 9. Volym per sortiment och månad med faktiskt producerad volym på x-axeln och skattad volym på y-axeln.

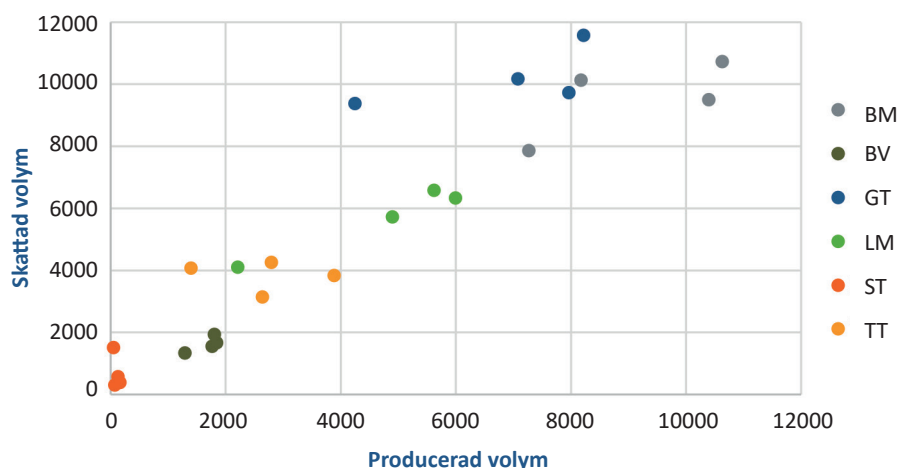
Skattningen av sortimentfördelningen ser ut enligt tabell 1. Endast barrmassaved och grantimmer har signifikanta avvikelser, medan lövmassaved och talltimmer ligger inom en procents avvikelse.

Tabell 1. Jämförelse av sortimentfördelning mellan skattad andel och producerad andel.

	Barmassa	Bränsleved	Grantimmer	Lövmassa	Stolp	Talltimmer
Skattad	31 %	5 %	31 %	19 %	2 %	12 %
Producerad	36 %	7 %	27 %	19 %	0 %	11 %

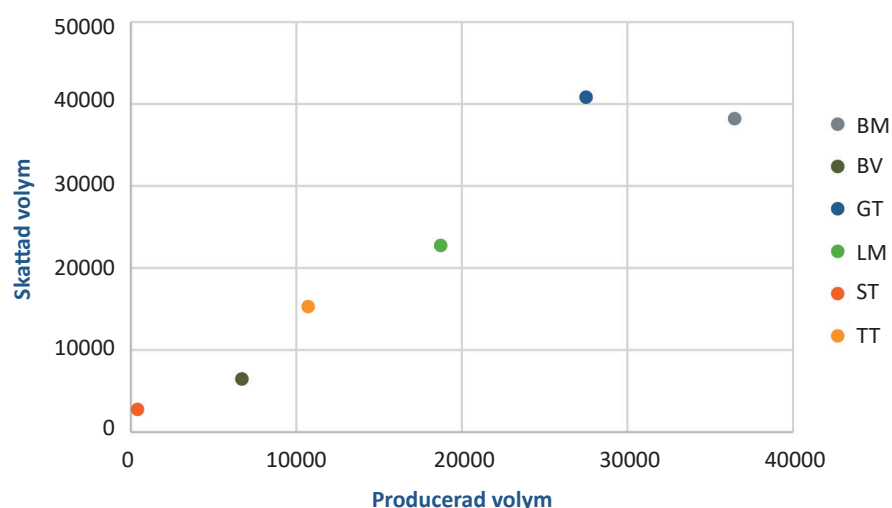
PROGNOSMODELL VO

Prognosmodellen för VO skattade en total volym på 126 000 m³. Den faktiskt producerade volymen var 100 000 m³ under dessa fyra månader. Detta innebär att modellen över-skattade den producerade volymen med 26 procent (Figur 10), vilket var en något större överskattning än den maskinvisa.



Figur 10. Volym per sortiment och månad med faktiskt producerad volym på x-axeln och skattad volym på y-axeln.

Modellen överskattar volymen för alla sortiment förutom bränsleved (Figur 11). För hela utvärderingsperioden var skattningen av bränsleved och barrmassaved inom plus/minus 5 procent. Sämst skattades volymen för grantimmer, med en överskattning på 48 procent, motsvarande mer än 10 000 m³.



Figur 11. Volym per sortiment för de fyra utvärderade månaderna med faktiskt producerad volym på x-axeln och skattad volym på y-axeln.

Diskussion

Resultatet visar en överskattning av produktionen för båda prognosmodellerna. Den maskinvisa har en bättre förklaringsgrad (R^2) på 77 procent jämfört med 46 procent i den VO-visa och bättre noggrannhet i skattningen (18 felprocent jämfört med 26 felprocent för den VO-visa). Att maskinprognosen skattar volymen bättre än VO-prognosen är inte överraskande, eftersom funktionen för maskinprognosen har fler variabler som bättre tar hänsyn till volymutfallet.

Enligt produktionschefen på Norra Skogsägarna var den planerade volymproduktionen för 2016 högre än för åren 2013-2015. Dock visar den producerade volymen inte på någon ökad produktionstakt, utan snarare en lägre. En felkälla till detta kan vara utebliven produktionsrapportering för vissa maskiner under utvärderingsperioden, vilket skulle kunna förklara varför modellen har överskattat volymutfallet så pass mycket. För att få tillförlitligare uppföljning skulle inmätt volym vid industri för varje virkesorder kunna användas.

Funktionen som bygger prognosmodell maskin består av data från parametrarna volym, medelstam, avverkningsandel, normalproduktion, maskinstorlek och månad. Maskinstorleken var uppdelad i tre format; stor, mellan och liten. Uppdelningen är förmodligen väl grov, särskilt när det gäller storleksklassen mellan. Där återfinns en stor spridning av storlekar och hur de används i produktion. I ett fortsatt arbete med att förfina modellen kan det vara intressant att utöka antalet storlekar från tre till fem.

Det är ofta svårt att i fält skatta medelstammen och modellens indata är därför känsligt för felaktiga skattningar. Skattningen av medelstam var något bättre i utvärderingsdata än i indata till skapandet av modellerna. Den här systematiska skillnaden är en av orsakerna till att prognosmodellerna har överskattat volymutfallet.

I de historiska data som utgör indata förekom i genomsnitt en stor maskin. Under utvärderingsperioden förekom upp till tre större maskiner. Detta kan vara en förklaring till att volymerna överskattades.

I modellen används ett mått som kallas normalproduktion, vilket räknas fram genom att dividera den avtalade årsvolymen för en maskin med antalet månader som den förväntas producera. Detta är ett sätt att stabilisera modellen. Baksidan med denna metodik är att det finns en överskattning i avtalad volym gentemot den faktiskt producerade volymen. I en vidareutveckling av modellen vore det intressant att jämföra faktiskt producerad volym med avtalsvolym för att räkna fram framtida avvikelser.

Modellerna skattade volym för sortimentet stolp, vilket inte producerats under utvärderingsperioden. Detta beror förmodligen på att apteringsinstruktioner ändrats, vilket i sin tur leder till ett högre utfall av timmer än vad modellen föreslår.

Denna pilotstudie har visat att det med hjälp av historiska data går att bygga modeller som skattar högst troligt volymutfall per sortiment och månad för framtiden. Om regressionsanalysen utökades med fler maskiner från andra geografiska områden skulle träffsäkerheten i modellen kunna bli mer generell för hela Norras verksamhetsområde. Man skulle då också bättre kunna hantera den typ av maskiner som bara är kontrakterade att avverka temporärt.

Även om det i denna pilotstudie inte gjorts någon jämförelse mellan dagens planeringsmetoder så borde modellens styrka framförallt vara att skatta de små sortimenten som bränsleved och lövmassaved. Dessa sortiment underskattas vanligen vid manuell bedömning och leder till problem vid planering av flöden och för att säkra avsättning.

Slutsatser

De parametrar som hade starkast samband mot produktionen var medelstam, avverkningsandel och normalproduktion (årsvolym delat med antalet produktionsmånader).

Båda modellerna prognos-maskin och prognos-VO överskattade den producerade volymen. Överskattningen var 18 procent för prognos-maskin och 26 procent för prognos-VO.

Denna studie har visat att det går att skatta volymutfallet inom ett VO med hjälp av historiska data – på både kort och lång sikt med relativ god precision.

Förslag för framtida arbete

För att skapa än bättre skattningar i framtida prognoser vore det intressant att:

- Utöka antalet maskinkategorier
- Förbättra sättet att räkna ut normalproduktionen
- Ta in data från ett större geografiskt område och inkludera fler maskiner

Referenser

SAS 9.4 Software. [Online] Tillgänglig http://www.sas.com/en_us/software/sas9.html, [hämtad 2 november 2016].

