



# En jämförelse mellan två datorprogram för utbytesberäkningar

Johan Samuelsson

**Arbetsrapport 152 2005**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 090-786 83 62



ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG--AR—152--SE

## Förord

När man skriver ett arbete av denna typ är det självklart att man inte klarar det ensam, man behöver hjälp. Hjälpen består i tekniska tips om dataprogrammen, åtkomst till datornätverk, stöd till analysmetoder, faktakunskaper m.m. Alla som bidragit med hjälp under skrivandet är värda ett stort tack!

Ett antal personer har varit särskilt behjälpliga och kräver ett omnämnande. Sören Holm vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik har varit min handledare vid universitetet och bistått med statistisk korrekthet samt granskat uppsatsen. Martin Forsén vid SCA har varit min huvudkontakt vid värd företaget och initierade studien samt har löst det mesta praktiska. Magnus Larsson, SCA har tillsammans med Martin utarbetat studiens huvuddrag. Anders Hansson och Dan-Erik Vedbring, båda SCA har tillhandahållit prislistor. John Arlinger på Skogforsk och Björn Danielsson på Berget Systemdesign har båda bidragit med mycket värdefull hjälp om handhavandet av sina respektive dataprogram.

Umeå november 2005

Johan Samuelsson

## Sammanfattning

Detta arbete, som utförts på uppdrag av SCA Skog, utvärderar två datorprogram för utbytesberäkningar; Aptan från Skogforsk och Best/upr från Berget Systemdesign. Datamaterialet kommer från SCAs skogsförvaltningar i Norr- och Västerbotten och omfattar 32 avdelningar. För dessa utvärderas tillförlitligheten hos de båda programmens utbytesprognoser genom jämförelse med de volymer som blev vid den faktiska avverkningen av avdelningarna. De indata som krävs för dessa utbytesberäkningar är diameterfördelning, höjdkurva och formkvot.

I studie 1 (som också fungerar som referensstudie till studie 2, 3 och 4) har inga stamfel ansatts på de träd som ”skapats” utifrån diameter- och avsmalningsdata och sen teoretiskt apterats. Aptan överskattade talltimmervolymer med 19 % medan Best/upr underskattade samma sortiment med 10 %. För grantimmer överskattade båda volymerna kraftigt, med 47 resp. 40 %. För massaved underskattades volymerna; för barmassa och Aptan med 35 % och Best/upr med 36 % och för löv med 18 och 29 %. Aptan överskattade totala volymen med 6 % och Best/upr underskattade den med 12 %. Medelfelet på de relativa differenserna som redovisas ovan låg på mellan 2 och 4 % för talltimmer, barmassa och totalvoym. För grantimmer och lövmassa var medelfelen mellan 10 och 18%. Osäkerheten för de framställda resultaten är alltså större för dessa sortiment.

I studie 2 undersöktes om precisionen hos prognosen kunde förbättras genom att höjdkurvor och formkvoter beräknas för fem avgränsade geografiska regioner i stället för hela Norr- och Västerbotten som är fallet i studie 1. De höjdkurvor och formkvoter som framställdes skiljde sig mycket litet mellan regionerna, vilket också visade sig i prognosberäkningarna som förändrades ytterst marginellt gentemot studie 1. Regionala höjdkurvor och formkvoter hade alltså ingen märkbar positiv effekt på prognosernas precision vid en jämförelse med en gemensam funktion.

Effekten av stamfel som gör att stockar i timmerdimensioner klassas ned till massaved undersöktes i studie 3 och 4. Samtliga sortiment förutom talltimmer för Best/upr fick bättre prognostillförlitlighet med denna förändring som innebar en stamfelsandel på 30 % i studie 3. Förbättringarna var mellan 2 och 13 procentenheter. Man kunde skönja en tendens att Aptan ”svarade” bättre för förändring av variabeln stamfel. Resultaten visar tydligt att prognosresultaten kan förbättras genom att ta hänsyn till stamfel. Frågan om nivåläggningen av andelen stamfel är dock inte färdigutredd. Fler undersökningar behövs för att hitta nivåer som på bästa sätt förutser skador som överför timmer till massa. Uppföljningarna av detta och kalibreringar bör kunna vara en del av det praktiska arbetet vid det framtida arbetet med utbytesberäkningar. Aptans tilläggsfunktion - att själv kunna läsa in befintliga stamfel testades i studie 4. Den fungerade inte tillfredsställande eftersom prognoserna visade på en försämring gentemot de i studie 3 i att ”pricka in” rätt nivå på överföringen timmer – massa.

Det finns ett antal felkällor i resultaten som till viss del kan härledas till metoden som studien utförts på. Kan storleken på dessa minskas eller till viss del elimineras vid framtida utbytesberäkningar kan tillförlitligheten förmodligen förbättras.

## Summary

This thesis is made on behalf of SCA's Forestry Division and is a comparison of two bucking simulation tools: Aptan (manufactured by Skogforsk) and Best/upr (from Berget Systemdesign). The data is based on 32 stands from SCA's forests in Norrbotten and Västerbotten. The objective is to compare the simulations created by the tools with the harvested volumes from those stands. Three variables are needed for the bucking simulation; these are the diameter distribution (at breast height), the relationship function between diameter and height, and the taper coefficients. The volumes of five different assortments from the stands are compared. The assortments are as follows: sawlogs from Scots pine (named TT), sawlogs from Norway spruce (GT), coniferous pulpwood (BM), hardwood pulpwood (LM) and the total volumes from each stand (TOT).

The thesis consists of four separate studies. Study 1 is the main evaluation of the systems and is the reference for study 2, 3 and 4. The data needed for the simulations in Study 1 has no damaged trees, which degrades sawlogs to pulpwood. The result of study 1 shows that Aptan overestimates the volume of pine sawlogs (TT) by 19 % and Best/upr underestimates it by 10 %. The prognosis for the rest of the assortments are as follows. GT: Aptan +47 %, Best/upr +40%. BM: Aptan -35 %, Best/upr -36 %. LM: Aptan -18 %, Best/upr -29 %. TOT: Aptan +6 %, Best/upr -12 %. The reliability of the differences above are relatively good for TT, BM and TOT when the standard error (SE) was between 2 and 4 %. The SE for GT and LM was between 10 and 18 %.

In study 2, regional and local characteristics of height and taper is examined. The thesis area was divided into five separate regions and then the diameter-height relation function and taper coefficients were compared with those of study 1. The differences were marginal and that is probably more because of small differences in the forest characteristics between the regions rather than poor algorithms in the programs.

Damaged sawlogs which get degraded to pulpwood are the objectives of studies 3 and 4. How many damaged trees are there in SCA's forests and how do the programs respond to changes to input of damaged trees? Based on experience at SCA, 30 % of the logs are damaged in some way and this is the value used in study 3. The prognosis results improved for all assortments, 2 to 13 percentage points, except for TT in Best/upr which declined by 3 %. Aptan has a special way to get information about damaged trees from previous harvests. That method was tested in study 4 and the results are less obvious than in Study 3 but still indicate a significant difference compared to study 1. Neither study 3 nor 4 have found the right input level of damages and it is impossible to distinguish this optimal level and how well the programs respond to damages based on this thesis. One thing is for sure: damaged trees are highly correlated to the quality of bucking simulations and this subject needs further research.

The results are affected by both random and systematic errors. Some of them are related to the method this study is based on. If the errors can be decreased during practical work, e.g. by efficient sampling of trees, then the bucking simulations can be more precise.

# Innehållsförteckning

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Bakgrund</b>                        | <b>5</b>  |
| <b>Syfte</b>                           | <b>5</b>  |
| <b>Material</b>                        | <b>6</b>  |
| Information om dataprogrammen          | 8         |
| <b>Metod</b>                           | <b>9</b>  |
| Förutsättningar för studie 1           | 11        |
| Förutsättningar för studie 2           | 11        |
| Förutsättningar för studie 3           | 11        |
| Förutsättningar för studie 4           | 11        |
| <b>Resultat</b>                        | <b>12</b> |
| Höjdkurvor och formkvoter              | 12        |
| Resultat från studie 1                 | 13        |
| Resultat från studie 2                 | 14        |
| Resultat från studie 3                 | 15        |
| Resultat från studie 4                 | 15        |
| <b>Diskussion</b>                      | <b>16</b> |
| Studiens upplägg, för- och nackdelar   | 16        |
| Tolkning av resultaten                 | 16        |
| Om datamaterialet och felkällor        | 17        |
| Kvalitativ utvärdering av datasystemen | 19        |
| Krav på framtida informationsflöde     | 19        |
| <b>Referenser</b>                      | <b>21</b> |

## Bakgrund

Utbytesberäkningar görs före avverkning av skogsbestånd för att prognostisera utfallet i sortiment och volymer vid en kommande avverkning. Det är ett samlingsnamn för de olika metoder som finns och innefattar allt från beräkningar med hjälp av erfarenhetstabeller till omfattande datorprogram. Tillförlitligheten hos utbytesberäkningarna påverkar beslut längs hela kedjan från skog till industri. Förbättringar skulle kunna medföra både sänkta kostnader genom bättre planering och ökade intäkter genom effektivare råvaruanvändning. Nuvarande utbytesberäkningar inom SCA Skog anses inte ha tillräcklig kvalitet och detta examensarbete har därför tillkommit för att undersöka möjligheten att förbättra rutinerna. Det system som SCA använder idag är baserat på Ollas funktioner (Ollas 1980) med vissa specifika företagsanpassningar och det ger en grov prognos på utfallande volym för massaved/timmer. Indata till Ollas funktioner är beståndsmedelvärden vilket medför att beräkningsresultaten inte tar hänsyn till variationer mellan träden i beståndet. Med dagens datorkapacitet är det möjligt att utföra utbytesberäkningar med indata från enskilda träd. För svenska förhållanden finns två system för utbytesberäkningar som just bygger på data från enskilda träd; Bass-Best/upr och Timan-Aptan. SCA har intentioner att förbättra tillförlitligheten hos sina utbytesberäkningar och därför är en jämförelse mellan systemen, ur några aspekter, av stort intresse för företaget.

## Syfte

Det huvudsakliga syftet med arbetet är att:

– Utvärdera möjligheterna att utföra utbytesberäkningar med programpaketen Bass-Best/upr från Berget Systemdesign och Timan-Aptan från Skogforsk och undersöka kvaliteten på dessa paket.

I samband med ovanstående ska också utredas vilka variationer i indata som påverkar prognoserna och vilka justeringar av inställningar som man kan göra till programmen. Arbetet ska därmed också försöka besvara frågeställningarna:

– Kan man förbättra resultatet från utbytesberäkningarna genom att använda information från befintliga avverkningar om trädens höjd och avsmalning utifrån olika geografiska regioner gentemot en generaliserade värden för hela skogsinnehavet?

Stamfel som klassar ned virke från timmer till massaved har stor inverkan på utfallande volymer och virkesvärde. Olika metoder finns för att ta reda på i vilken omfattning dessa förekommer.

– Hur väl prognostiserar programmen stamfelens påverkan och klarar programmen datainsamling om stamfel från befintliga avverkningar?

## Material

Naturligtvis utgör själva datorsystemen material till arbetet. För användning av dessa krävs också ett datamaterial från skogsavdelningar. Skattad diameterfördelning matas in till programmen, liksom erfarenhetsmässig eller bedömd information om höjdkurvor (oftast höjden vid 15 och 25 centimeters diameter), formkvoter och stamfel. Då programmen till viss del syftar till att efterlikna en skördardator krävs också prislistor för beräkningarna.

I praktiskt skogsbruk samlas normalt in data för utbytesberäkningar genom traditionell cirkelyteinventering. I denna studie har istället datamaterialet, som ändå är av samma typ, inhämtats av skördare vid avverkning inom det s.k. "Stamdatbanksprojektet" som startades inom SCA Skog under 2002 (internt SCA-projekt). Orsaken till att inventeringsmetoden var annorlunda än den normalt använda var av praktisk art då datainsamlingen sammanföll med övrigt arbete inom projektet. Syftet med detta var att skapa en omfattande databas av förekommande trädtyper inom SCAs skogar, med information om enskilda träd och dess form och skador. Inför urvalet av avdelningar där data skulle samlas in till projektet gjordes en stratifiering (gruppindelning) av kommande slutavverkningsavdelningar i klasser med liknande trädslagsfördelning. Även avdelningarnas geografiska belägenhet inom regioner i Norr- och Västerbottens län beaktades för att få en jämn geografisk spridning. Givet ett visst önskat antal bestånd för varje stratum slumpades sedan ett drygt hundratal avdelningar fram. Vid avverkning samlar skördardatorerna in data från avverkade träd och data lagras i s.k. stm-filer, en fil per träd. Ett slumpmässigt urval av träd (stm-filer) har använts i detta arbete. En stm-fil ger en profil av det avverkade trädet (den del som gått igenom skördaraggregatet) och innehåller information om diameter längs stammen samt stocklängder och stamfel. En hel del praktiska problem vid datainsamlandet gjorde att antalet avdelningar som har kompletta data och därmed ingår i denna studie bara uppgår till 32 stycken.

Data av mer bakgrundsbeskrivande karaktär - regionala särarter för höjddiametersamband och avsmalning kunde användas från ytterligare 24 avdelningar, för vilka träddata fanns, men för vilka utfallande totalvolym saknades.

En sammanställning av datamaterialet från de 32 avdelningarna:

- Volym:
  - Medel 2288 m<sup>3</sup>fub
  - Minsta 84 m<sup>3</sup>fub
  - Största 6416 m<sup>3</sup>fub
- Trädslagsfördelning (volym, hela materialet):
  - Tall 66 %
  - Gran 29 %
  - Björk 5 %

- Brösthöjdsdiameter (grundtevägd, hela materialet):
  - Tall 24,8 cm
  - Gran 20,5 cm
  - Björk 16,5 cm

Trädslagen är uteslutande tall, gran och björk. För de enstaka tillfällena som övrigt löv har påträffats i materialet har trädslaget ändrats till att bli björk.

Normalt ger skördaren endast data om trädet upp till sista kapstället. För ett mindre antal träd (här benämnda *provträd*) per avverkningsobjekt har översta biten av trädet, från sista kapstället till toppen, längduppskattats okulärt av skördarföraren. Det totala antalet provträd som ingår i studien är 509 st.

För arbetet har diameterfördelningen (stamantal per diameterklass i brösthöjd) beräknats med hjälp av diametrarna i stm-filerna, alltså från de avverkade träden. Även höjdkurvor och formkvoter har skattats. Datamaterialet, d.v.s. både diameterfördelningar och provträd, finns representerat i fem geografiska regioner. Dessa fem är:<sup>1</sup>

- Västerbotten kust
- Västerbotten fjällnära
- Norrbotten kust
- Norrbotten inland
- Norrbotten östra

Höjdkurvor är funktioner som skattar trädslängd för varje given brösthöjdsdiameter (Ollas 1980).

Formkvot definieras som kvoten av diametern under bark vid 60 % respektive 20 % av trädets längd från marken och behövs för att kunna fastställa trädets avsmalning enligt Edgren & Nylinders funktioner (Edgren & Nylinder 1949).

Timmerkvaliteten är på förhand fastställd för de 32 avdelningarna som använts i beräkningarna. För tall respektive gran har timmerkvalitet 4 och 3 ansatts på 100 % av träden. Dessa kvalitetsklasser är de vanligast förekommande i Norr- och Västerbotten. Svårigheter att mäta timmerkvalitet i fält, såväl för inventerare som för maskinförare, gör att sådan information aldrig skulle kunna bli tillförlitlig nog trots stora insatser. Dessutom har SCA ett arbetssätt som primärt delar in virket i timmer/vrak i stället för i dagens kvalitetsklasser, eftersom det anses vara mycket viktigare att få fram rätt längd och dimension på stockarna (Hansson 2004).

---

<sup>1</sup> Observera att *Norr- och Västerbotten*, när det används inom detta arbete, innebär de administrativa indelningar som gäller för SCA Skogs förvaltningar. De geografiska områdena dessa omfattar överensstämmer inte helt med länsindelningen (BD och AC län). Detsamma gäller de fem geografiska områden som särstuderas utifrån höjd-, form och stamfelsdata.



Som facit för de 32 prognostiserade avdelningarna används de volymer som för var och en är uppmätta vid respektive industri av VMF Nord och sedan lagrade i SDCs datasystem VIOL. P.g.a. generaliseringar för olika sortiment vid inmätningen (bl.a. travmätning) och svårighet vid avskiljning redan vid skotning/vägtransport särredovisas inga specifika stocknotor, d.v.s. den samlade volymen av varje speciell stocktyp (m.a.p. dimension/längd). De sortiment som används i denna studie är: talltimmer (*TT*), grantimmer (*GT*), barrmassa (*BM*) och lövmassa (*LM*). Den sammanlagda volymen för varje avdelning jämförs också på samma sätt som sortimenten (*TOT*).

### **Information om dataprogrammen**

De båda dataprogrammen Timan-Aptan och Bass-Best/opr utför för det här syftet samma arbete, d.v.s. gör utbytesberäkningar, men de skiljer sig ganska markant åt vad gäller uppbyggnad, arbetssätt m.m. Timan (Timber analysis) heter programpaketet som Skogforsk saluför och där Aptan är den del som utför utbytesberäkningen. I paketet Bass (Bassystem skog & såg) från Berget Systemdesign är Best den del där indata finns lagrat och Opr den del som utför utbytesberäkningen. Förutom de delar som gör utbytesberäkningen i respektive program har även bägge rutiner som utför andra typer av beräkningar och hanterar andra typer av skogliga data. De funktionerna redovisas inte i detta arbete. Vid inventering av skogsbestånd genom cirkelyteinventering med dataklave klarar bägge av att importera data direkt från klaven för de på marknaden vanligaste förekommande klavarna. För mer detaljerad information om programpaketet hänvisas till respektive instruktionsmanualer (v.g. kontakta tillverkarna) samt examensarbetet "Utbytesprognoser av rotstående skog" av Lars Fridh som utförligt beskriver arbetsgången hos Best/opr (Fridh 1999).

Det första steget vid utbytesberäkningarna med vardera programmet är att ange diameterfördelningen för den avdelning som utbyte ska prognostiseras för. Fördelningen skattas med hjälp av inventeringsdata. De båda programmen arbetar därefter på samma sätt som en skördare, d.v.s. uppskattar trädets längd och avsmalning utifrån diametern vid stubben. Detta görs genom att användaren angett höjdkurva och formkvot så att det finns tillräcklig information för att aptera. Vidare anges stamfel (typ, mängd m.m.) och styrprislista. En stam kan således, med kännedom om diametern, ges en höjd utifrån höjdkurvan och avsmalning från formkvoten. För givet stamfel kan den sedan apteras optimalt utifrån en prislista. Resultatet (volymer för sortiment) räknas upp till avdelningen efter de urvalsfraktioner som använts vid inventeringen.

En olikhet mellan programmen är dock att formkvot går att ställa in i Aptan medan det i Best/opr görs val bland förinställda parametervärden som är anpassade till förutbestämda regioner (som väl stämmer överens med de som förekommer i arbetet).

## Metod

De båda programpaketerna provkördes utifrån några olika förutsättningar och resultaten för respektive sortiment och totalvolym jämfördes därefter mot facitvärdena från VIOL. Den enhet som använts är i samtliga fall m<sup>3</sup>fub. Tanken är att alternativen ska vara realistiska för framtida användning och därför lämpliga att utvärdera. De olika förutsättningarna benämns studie 1 - 4 nedan.

Diameterfördelningarna i de 32 avdelningarna hämtades från de faktiska diametrarna i stm-filerna. Andelen klavade träd varierade mellan 1 på 4 och 1 på 125.

Två varianter på höjdkurva och formkvot har använts, dels gemensamma för hela materialet, dels regionsvisa (se nedan). Höjdkurvorna har skattats för tall och gran utifrån provträden genom enkel regression. Funktionsformen är bestämd av Aptan och Best/upr och följer Ollas höjdkurva (Ollas 1980) och är:

$$\text{trädlängd} = a + b \cdot \ln(\text{dbh}) , \text{ där } a \text{ och } b \text{ är konstanter}$$

där koefficienterna  $a$  och  $b$  blir olika beroende på om en gemensam eller om regionsvisa funktioner skattas.

Programmen har provats både utan och med stamfel. Stamfelen har angetts både genom erfarenhetsvärden och blivit uppmätta (se nedan).

För att skapa samma förhållanden som faktiskt var vid avverkningstillfället var det av yttersta vikt att samma prislista (s.k. apt-fil) användes vid prognosberäkningen som den som användes av skördaren vid avverkning. Detta har varit fallet för de allra flesta avdelningarna. För ett fåtal avdelningar har Best/upr inte klarat av att läsa in prislistan för just den avdelningen och för ett visst trädslag. I de fallen har en så snarlik prislista som möjligt använts. De fel som kan härröras till detta torde vara mycket små.

I avsikt att ”testa” de två programmen prognostiserades volymerna för de olika sortimenten för de 32 avdelningarna. De resultat som erhöles har sedan analyserats. Olika förutsättningar för de indata som använts har lett till fyra olika studier som syftat till att besvara arbetets grundläggande frågeställningar.

Resultaten har studerats kvantitativt med beskrivande statistiska mått. Måtten ska både ge en rättvisande bild av avvikelserna i volym (för givet sortiment och i m<sup>3</sup>fub) mellan prognos och facit samt också mellan de två programmen för utbytesberäkning. Strävan har varit att använda enkla mått utan att väsentlig information förloras. Det har då visat sig att inget mått har varit perfekt. Följande mått har valts:

- Relativ differens för totalerna mellan program och facit (VIOL) av de 32 avdelningarna tillsammans, d.v.s.

$$Rdiff = \frac{\sum_{i=1}^n VP_i - \sum_{i=1}^n VF_i}{\sum_{i=1}^n VF_i}$$

där  $VP_i$  är prognostiserad volym och  $VF_i$  är facitvolym (VIOL) för avdelning nummer  $i$  och  $n$  är antalet avdelningar med  $VF_i > 0$  för aktuellt sortiment (endast avdelningar med facitvolym större än noll har medtagits).

Detta mått beskriver genomsnittliga *relativa* felet i prognosen för alla avdelningar *sammantaget*, alltså det (empiriska) systematiska felet. Värdet självt ger uppfattning om prognosnoggrannheten. De två värdena för de två systemen möjliggör jämförelse dem emellan. Den relativa differensen ges i procent.

- ”OSU”-medelfelet till den relativa differensen ovan. Det är då att märka att avdelningarna inte är samplade enligt OSU, d.v.s. helt slumpmässigt. Medelfelet ger dock en antydning om noggrannheten i skattningen av den relativa differensen och betecknas SE.
- Medelvärde av de absoluta avvikelserna mellan program och facit över avdelningarna, d.v.s.

$$Mavv = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |VP_i - VF_i|$$

Måttet är framför allt tänkt att användas för jämförelse mellan systemen. Notera att volymerna är de totala per avdelning ( $m^3$ fub), inte per hektar (arealuppgifter har saknats). Måttet får genomslag speciellt för stora fel i volymrika avdelningar.

- Medelfelet (OSU) till medelvärdet av absolutavvikelseerna  $|VP_i - VF_i|$ . Ger antydning om noggrannheten.

De fyra måtten är beräknade och redovisas för studie 1. Medelfelen för de övriga studierna redovisas ej, dels för att de inte nämnvärt skiljer sig från studie 1 och dels för att redovisningarna för studierna 2, 3 och 4 inte gäller måtten som sådana. För att på ett enkelt sätt se effekterna av förutsättningarna i studierna 2, 3 och 4 jämfört med de i studie 1 har nämligen *förändringarna* av värdena i studierna 2, 3 och 4 jämfört med de i studie 1 redovisats. De siffror som där anges ska därför tolkas som ”så mycket närmare 0 (facit)”.

Förutom jämförelserna med VIOL har i studie 1 en direkt jämförelse gjorts mellan systemen:

- För varje avdelning (och sortiment) har skillnaden mellan Aptan och Best/upr beräknats och skillnaden har normerats genom division med värdet från VIOL (relativ

differens per avdelning). Medelvärde och medelfel har sedan beräknats och skillnaden mellan systemen har testats med ett *t*-test.

De fyra studierna har följande förutsättningar:

#### **Förutsättningar för studie 1**

- Höjdkurva och formkvot är skattade för hela Norr- och Västerbotten.
- Timmerkvalitet tall = 4 och gran = 3.
- Stamfel finns inte (satt till noll).

Detta är det grundläggande alternativet och tillika referens för jämförelserna. Alternativet innebär att så få parametrar till datorprogrammen (systemen) som möjligt behöver anges.

#### **Förutsättningar för studie 2**

- Höjdkurva och formkvot är skattade för var och en av de fem regionerna som avdelningarna finns representerade i.
- Timmerkvalitet tall = 4 och gran = 3.
- Stamfel finns inte (satt till noll).

Här studeras om det finns någon förbättring av tillförlitligheten om man tar fram form- och höjddata regionsvis i stället för gemensamma. Resultaten jämförs med studie 1. Lövmassa ingår ej i studie 2 och 3 då samma höjd-/formdata har använts i hela arbetet.

#### **Förutsättningar för studie 3**

- Höjdkurva och formkvot är skattade för hela Norr- och Västerbotten.
- Timmerkvalitet tall = 4 och gran = 3.
- Stamfelsandel 30 %, enligt erfarenhetsdata för hela Norr- och Västerbotten.

Vetskapen om skadeläget inom SCAs skogar är i dagsläget dålig (att höja kunskapen inom detta område var bl.a. en av anledningarna till att Stamdatbanksprojektet startades). Efter konsultation med ett flertal personer med insikt i virkesfrågor inom SCA används 30 % stamfel inom studie 3. Det är ett grovt närmevärde som är tänkt att ge en så god prognos av sortimentsöverföringen från timmer till massa som möjligt. Stamfelen är inlagda som ”övrigt” i programmen, vilket innebär att de inte är specificerade på typ av stamfel.

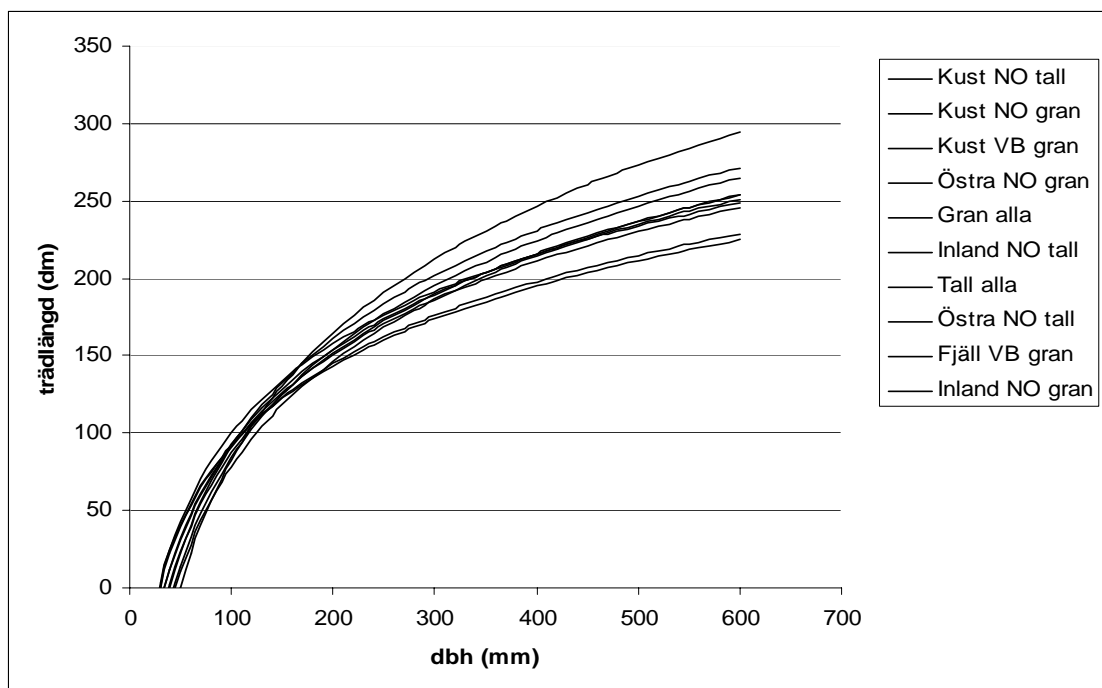
#### **Förutsättningar för studie 4**

- Höjdkurva och formkvot är skattade för hela Norr- och Västerbotten.
- Timmerkvalitet tall = 4 och gran = 3.
- Stamfel från stm-filer läses in av Aptan och delas in i samma regioner som för höjddata och ansätts sedan avdelningarna i respektive region. Denna analys görs endast för Aptan, som har möjlighet att utnyttja information om stamfel från tidigare avverade träd (Best/upr har inte denna möjlighet).

## Resultat

### Höjdkurvor och formkvoter

För studie 1,3 och 4 skattas en enda funktion (per trädslag) som tillämpas på hela materialet, d.v.s. hela Norr- och Västerbotten. De redovisas i grafen nedan som *Tall alla* och *Gran alla*. För de fem geografiska regionerna till studie 2 har separata höjdkurvor skattats och de benämns (där NO är Norrbotten och VB Västerbotten): *NO kust tall*, *VB fjäll gran* o.s.v. För björk kunde höjdkurvor ej skattas. Detta berodde på att antalet provträd för björk (7 st.) var för få samt att dessa också var för heterogena i höjd och form. Enligt John Arlinger på Skogforsk kan i stället funktioner för tall användas när data för björk saknas (Arlinger 2005) vilket också skett i detta arbete (funktionen *Tall alla*).



Figur 1. Skattade höjdkurvor för tall och gran i alla regioner. Ordningen mellan kurvornas högra ändpunkt följer ordningen mellan förklaringarna.

Figur 1 visar att de skattade höjdkurvorna ger små förändringar i trädlängd för diametrar under 300 mm, där den absoluta merparten av stammarna i detta arbete finns representerade.

Formkvoter är också uträknade för all tall och gran samt regionsvis. Dessa redovisas i tabell 1 nedan.

Tabell 1. Formkvoter för tall och gran regionsvis samt för hela området

| <i>Region</i>  | <i>Formkvot</i> | <i>Antal provträd</i> |
|----------------|-----------------|-----------------------|
| Fjäll VB tall  | 0,72            | 49                    |
| Kust VB tall   | 0,73            | 123                   |
| Östra NO tall  | 0,74            | 46                    |
| Inland NO tall | 0,71            | 52                    |
| Kust NO tall   | 0,73            | 30                    |
| Tall alla      | 0,73            | 300                   |
| Fjäll VB gran  | 0,63            | 48                    |
| Kust VB gran   | 0,65            | 80                    |
| Östra NO gran  | 0,67            | 50                    |
| Inland NO gran | 0,65            | 11                    |
| Kust NO gran   | 0,64            | 12                    |
| Gran alla      | 0,65            | 201                   |

### Resultat från studie 1

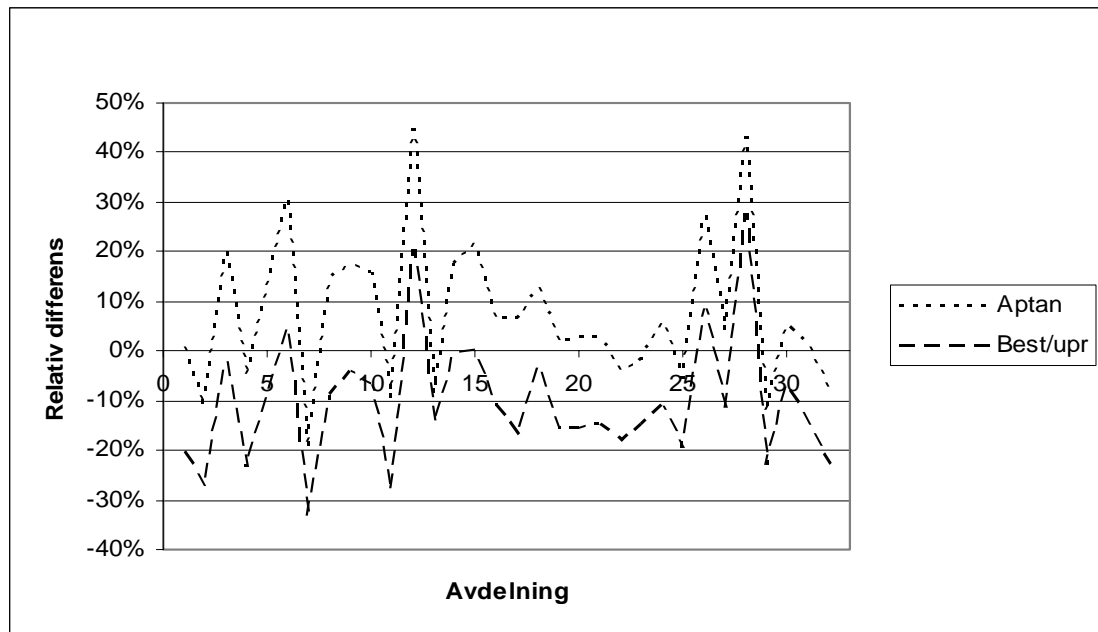
Tabell 2. Jämförelse mellan inmätta volymer från VIOL och prognostiserade volymer från de två systemen Aptan och Best/opr för utbytesberäkningar

| <i>Sortiment</i> | <i>n</i> | <i>Rdiff (%)</i> | <i>SE dito</i> | <i>Mavv (m<sup>3</sup>fub)</i> | <i>SE dito</i> |
|------------------|----------|------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| TT Aptan         | 31       | 18,5             | 3,9            | 244,8                          | 50,0           |
| TT Best/opr      | 31       | -10,0            | 2,9            | 175,1                          | 39,6           |
| GT Aptan         | 30       | 46,8             | 17,8           | 211,3                          | 59,3           |
| GT Best/opr      | 30       | 39,7             | 16,3           | 189,0                          | 52,5           |
| BM Aptan         | 32       | -35,1            | 3,7            | 248,8                          | 45,7           |
| BM Best/opr      | 32       | -36,0            | 4,7            | 264,6                          | 48,9           |
| LM Aptan         | 28       | -17,5            | 18,0           | 71,1                           | 13,6           |
| LM Best/opr      | 28       | -29,3            | 9,5            | 53,4                           | 9,2            |
| TOT Aptan        | 32       | 5,9              | 2,7            | 244,6                          | 46,0           |
| TOT Best/opr     | 32       | -12,0            | 2,3            | 337,1                          | 63,8           |

Tabell 3. Den genom VIOL-värdet normerade skillnaden mellan systemen för samma sortiment, redovisat genom *t*-test. *p*-värde < 0,05 visar säkerställd skillnad.

| <i>Sortiment</i> | <i>Medelvärde</i> | <i>SE</i> | <i>t-värde</i> | <i>p-värde</i> |
|------------------|-------------------|-----------|----------------|----------------|
| TT               | 0,329             | 0,035     | 9,32           | <0,001         |
| GT               | 0,037             | 0,022     | 1,69           | 0,101          |
| BM               | 0,017             | 0,020     | 0,84           | 0,406          |
| LM               | 0,636             | 0,140     | 4,56           | <0,001         |
| TOT              | 0,178             | 0,008     | 23,05          | <0,001         |

Nedanstående figur belyser (för totalvolymen) tydligt resultatet av tabell 3, d.v.s. att det finns en signifikant skillnad mellan värdena från Aptan och Best/upr.



Figur 2. Systemens relativa differens (*Rdiff*) för *TOT* per avdelning

## Resultat från studie 2

Tabell 4. Jämförelse mellan regionsvisa och gemensamma höjdkurvor och formkvoter. Värdena avser skillnader gentemot tabell 2. Positivt värde svarar mot större avvikelse från 0 (försämring), negativt mindre (förbättring)

| Sortiment    | Förändring i <i>Rdiff</i><br>( <i>proc.enheter</i> ) | Förändring i<br><i>Mavv (m3fub)</i> |
|--------------|--|-------------------------------------|
| TT Aptan     | 0,3  | 1,8                                 |
| TT Best/upr  | -1,7   | -18,2                               |
| GT Aptan     | -1,3   | -6,1                                |
| GT Best/upr  | -0,1   | -6,1                                |
| BM Aptan     | 0,7  | 4,9                                 |
| BM Best/upr  | -1,0   | -4,1                                |
| TOT Aptan    | -0,3   | -8,8                                |
| TOT Best/upr | -1,2   | -15,2                               |

Resultaten i tabell 4 visar att förändringarna i utfall från utbytesberäkningarna mellan studie 1 och studie 2 är mycket små.

### Resultat från studie 3

Tabell 5. Jämförelse mellan inga stamfel och en generell 30 %-ig stamfelsandel. Värdena avser skillnader gentemot tabell 2 (negativt värde förbättring, positivt försämring)

| <i>Sortiment</i> | <i>Förändring i Rdiff<br/>(proc.enheter)</i> | <i>Förändring i<br/>Mavv (m3fub)</i> |
|------------------|--|--------------------------------------|
| TT Aptan         | -5,6   | -50,3                                |
| TT Best/upr      | 2,6  | 15,3                                 |
| GT Aptan         | -8,6   | -24,1                                |
| GT Best/upr      | -3,1   | -8,6                                 |
| BM Aptan         | -12,9  | -75,5                                |
| BM Best/upr      | -2,2   | -15,2                                |
| TOT Aptan        | -0,1   | -4,3                                 |
| TOT Best/upr     | -1,1   | 26,6                                 |

### Resultat från studie 4

Tabell 6. Jämförelse mellan inga stamfel och stamfelsandel uppmätta vid avverkningar. Värdena avser skillnader gentemot tabell 2 (negativt värde förbättring, positivt försämring). Endast för programmet Aptan.

| <i>Sortiment</i> | <i>Förändring i Rdiff<br/>(proc.enheter)</i> | <i>Förändring i<br/>Mavv (m3fub)</i> |
|------------------|--|--------------------------------------|
| TT Aptan         | -4,2   | -33,8                                |
| GT Aptan         | -7,4   | -19,2                                |
| BM Aptan         | -10,0  | -60,2                                |
| TOT Aptan        | -0,1   | -1,5                                 |



## Diskussion

### Studiens uppläggning, för- och nackdelar

Tidigare praktiska studier och utvärderingar av moderna utbytesberäkningssystem har i stort sett varit inriktade mot ett specifikt sortiment (som Bjerner 2004 på talltimmer) och/eller ett mindre antal avdelningar men med jämförelser av stocknotor (som Kihlbom & Sondell 1994 samt Fridh 1999). I dessa studier, utförda med ett mindre antal avdelningar, har man kunnat studera precisionen på nivån där stockar representerade i olika längd-/dimensionsklasser ingått. I detta arbete har i stället två system jämförts för ett större antal avdelningar spridda över två län med avseende på volymer för fem olika sortiment. De fördelar som finns med detta angreppssätt gentemot de tidigare nämnda är att det bättre beskriver resultatet för ett verkligt skogsinnehav p.g.a. den geografiska spridningen och att ”riktiga” avverkningar använts (genom att samtliga sortiment ingått). Nackdelarna är, förutom att information på stocknotenivå inte finns, att storleken på felkällorna är svåra att uppskatta (se mer om detta nedan i avsnittet *om datamaterialet och felkällor*), och därmed även effekterna av felen. En annan nackdel har bestått i praktiska problem vid återskapandet av förhållandena som rådde vid den faktiska avverkningen, bl.a. det omständliga arbetet med att använda så många olika prislister. Dessutom måste samtliga matriser från prislister tas med och kan inte förenklas för att underlätta studien.

### Tolkning av resultaten

Eftersom uppskattning av volymerna för de olika sortimenten påverkar varandra (beroende på hur man apterar) kan en förbättring av prognosen för ett sortiment försämra prognosen för ett annat. Någon form av avvägning av de olika sortimentens ”vikt” är inte gjord utan de redovisas var för sig.

Samtliga resultat visar entydigt att Aptan konsekvent prognostiserar högre volymer än Best/upr för talltimmer, grantimmer, lövmassa och totalvolym, givet samma förutsättningar. Mest markant är skillnaden för talltimmer. För barrmassa är skillnaden obetydlig, men ändå med en svag tendens att Aptan prognostiserar större volym än Best/upr. För framförallt grantimmer, men även för barrmassa och lövmassa, har prognoserna för båda programmen haft väldigt stor avvikelse gentemot de uppmätta volymerna vid industri. Absolutavvikelsen mellan prognos och VIOL-data, som ger en antydning om i hur stor grad prognosfelet varierar i storlek, var i studie 1 sammantaget något lägre hos Best/upr än hos Aptan. För barrmassa och lövmassa ger bägge systemen ungefär samma värden. Aptan uppvisar både en mindre relativ avvikelse och ett påtagligt lägre värde på absolutavvikelsen för totalvolymen än vad Best/upr gör. Sammanfattningsvis går det dock inte utifrån studie 1 att fastställa att något av programmen genomgående skulle ge bättre prognoser än det andra. Värt att notera är att prognosresultaten för grantimmer och lövmassa har stort medelfel (är osäkra). Detta förklaras med en stor variation i facit, med ett stort antal avdelningar med små volymer för dessa sortiment.

För studie 2 är förändringarna mycket små gentemot studie 1 med runt en procentenhets förändring på sortimentens relativa avvikelser. Om den stora överensstämmelsen mellan serierna beror på att programmen reagerar dåligt på förändrade indata eller att Norr- och Västerbottens-skogarna är alltför likartade för att motivera en regional uppdelning går inte att fastslå utifrån dessa resultat, men det mesta tyder på att det senare är fallet. Detta motiveras av det faktum att de framställda höjdkurvorna och formkvoterna varierar föga mellan regioner, se figur 1 och tabell 1.

När stamfel läggs in i prognosen reagerar båda programmen utifrån vad man kan förvänta sig, d.v.s. timmervolymer sjunker till förmån för massaved. Detta gäller såväl för den generella 30 %-iga stamfelsandelen för båda programmen i studie 3 och för den uppmätta andelen i studie 4 som innebar lägre skadenivåer och därmed också genererar mindre överföring från timmer till massaved. Förändringarna, jämfört med studie 1, är i studie 3 större för Aptan än för Best/upr. Helt klart är att stamfel har stor betydelse för resultaten i utbytesberäkningar, varför korrektheten i uppgifter om stamfel (typ och förekomst) starkt påverkar tillförlitligheten. Kunskapen om förekommande nivåer på stamfel i avverkningsmogen skog är i allmänhet bristfällig. Vidare är det osäkert hur väl programmen reagerar på inställningar av stamfel vid prognosberäkningarna. Detta framgår av att varken den 30 %-iga stamfelsandelen i studie 3 eller den uppmätta i studie 4 särskilt väl lyckades förutse den rätta mixen av timmer/massaved. Orsaken till detta skulle behöva undersökas mer ingående.

Värt att notera är att ingen hänsyn är tagen till avdelningarnas storlek, vilket innebär att stora avdelningar har större inverkan på resultatet (speciellt absolutavvikelsen, men även den relativa, totala, avvikelsen). De relativa avvikelserna (per avdelning) varierar annars av naturliga skäl mycket mer för små avdelningar än stora (värden ej redovisade). Att arealerna inte beaktats beror helt enkelt på att de varit okända.

### **Om datamaterialet och felkällor**

Det finns ett antal felkällor. Prognosresultaten uppvisar bitvis relativt stora avvikelser gentemot de inmätta volymerna (VIOL) och arbetet visar att det inte är lätt att göra tillförlitliga utbytesberäkningar eller att skapa precisa verktyg för det. Generellt kan prognostillförlitligheten hos utbytesberäkningarna beskrivas med (den något symboliska formeln)

$$y_{ij} = \mu + \alpha + b_i + c_{ij} + d_{ij}$$

där  $y_{ij}$  är prognostiserat värde för avdelning  $i$  och "tillfälle"  $j$

$\mu$  sant värde

$\alpha$  systematiskt fel (genomsnittsfel över avdelningar och samplingutfall m.m.)

$b_i$  slumpmässig avvikelse för avdelning  $i$

$c_{ij}$  mätfel VIOL för avdelning  $i$  och "tillfälle"  $j$  (tillfälle kan bero på prislista t.ex.)

$d_{ij}$  slumpmässigt samplingfel för avdelning  $i$  och "tillfälle"  $j$

Detta är den teoretiska uppställningen av de grundläggande principerna för tillämpning av utbytesberäkningar i dagsläget. En del av skillnaden mellan  $y_{ij}$  och  $\mu$  kan inte tillskrivas de systematiska felen  $\alpha$  i programmen utan härrör sannolikt från de andra felkällorna  $b_i$ ,  $c_{ij}$  och  $d_{ij}$  som är slumpmässiga och vars varianser är okända och inte går att skatta med det tillgängliga materialet.

Den naturliga variationen (här benämnd  $b$ ) i höjd och avsmalning som skog har, både på träd- och beståndsnivå, gör till sin natur att exakta utbytesberäkningar aldrig går att uppnå hur avancerade beräkningsverktyg man än skapar. Kostnaden att identifiera särarterna stiger också brant med tilltagande arbetsinsats.

Man kan anta att felen i själva utbytesberäkningarna är något lägre än resultaten i detta arbete bl.a. på grund av samplingfelet. Indata bygger ju på ett sampel av träd (stm-filer). När man jämför resultaten från de enskilda avdelningarna ser man (se figur 2) att de båda programmen avviker på likartat sätt (t.ex. att båda överskattar volymen kraftigt för samma avdelning). Till viss del kan detta bero på samplingfelet, bägge beräkningarna bygger ju på samma sampel. De urvalsfraktioner som använts vid insamlingen av stm-filerna i samband med avverkningen var ursprungligen inte anpassade för att representera avdelningar på så sätt som de gör i detta arbete utan var avsedda att endast insamla ett visst antal stm-filer per avdelning. Det gör att urvalsstorleken inte är proportionell mot avdelningens storlek. Urvalens olika storlek (och därmed sannolik samplingkvalitet) är dock spridda över såväl stora som små avdelningar och kan därför ses som slumpmässiga fel. Det har inte varit möjligt att med tillgängliga data skatta samplingfelets bidrag till det totala felet. Om man, som i de flesta fall i praktiskt arbete, i stället använder sig av traditionell cirkelyteinventering för insamlandet av avdelningens diameterfördelning skulle denna felkälla kunna minskas. Såväl cirkelytans som avdelningens areal kan man fastslå med ganska stor säkerhet vilket ger bättre precision på uppräkningsfaktorn där urvalet ska representera hela avdelningen.

I stm-filerna finns också vissa inbyggda fel. Skotarföraren kan omföra icke-sågdugliga stockar till massaved utifrån fel som skördarföraren inte upptäckt och stm-filerna justeras inte för det. Felet uppgår enligt Möller & Sondell på Skogforsk till 1-3 % av volymen sågtimmer (Möller & Sondell 2003). Om information om stamfelsandelar ska samlas in vid avverkningen genom skördardatorerna bör prognosprogrammen kalibreras för detta fel. Förutom denna felkälla finns dessutom en viss osäkerhet i virkesmätningens tillförlitlighet. Virkesmätning i Norr- och Västerbotten genomförs till största del som travmätning.

Prognosen för lövmassa är generellt sett av dålig kvalitet. Dels är indatakvaliteten låg beroende på få provträd (därför fick data för tall appliceras på löv) samt att andelen löv i flertalet avdelningar var liten vilket ger stora relativa avvikelser. Det finns också ett mer biologiskt problem med björk gentemot barrträd i detta sammanhang. Heterogeniteten inom höjd och avsmalning är större vilket gör beräkningar svårare. Att bara ett enda prognosalternativ är utfört för lövmassa (studie 1) beror på att data om höjd och form samt stamfel saknades. Eftersom sågbara sortiment av lövträ inte finns inom SCAs

verksamhetsområde i Norr- och Västerbotten skulle det hur som helst inte vara relevant att analysera stamfel för björk.

### Kvalitativ utvärdering av datasystemen

Även om båda programmen utför samma uppgift (utbytesberäkningar) och arbetar på ett någorlunda likartat sätt finns ett antal karakteristiska särdrag. Vid beslut om eventuell investering i något av programpaketeten bör hänsyn tas till hur väl systemen går att anpassa till nuvarande data- och kommunikationssystem, vilka efterfrågade bifunktioner som eftersträvas samt användarvänlighet. Timan-Aptan är till sin utformning enkel och installeras lätt av användaren själv på datorn. Bass-Best/upr, med sitt komplexa system av olika funktioner, lämpar sig bäst för stora datornätverk där många skogliga uppgifter samlas i samma system. I tabell 7 nedan redovisas några konkreta särdrag för respektive program.

Tabell 7. Några särdrag för respektive programpaket

|  | Timan-Aptan   | Bass-Best/upr  |
|--|---|--|
| Datormiljö<br>Allmänt  | Typisk windowsmiljö.<br>Namngivning av information<br>unik (av typen namn.abc)  | Eget system. Informationen lagras<br>inom systemets Oracle-databas i<br>rader (kallas poster) som numreras<br>1,2,3,4 o.s.v.                                     |
| Systemets<br>uppbyggnad  | Fristående enkla program  | Stort system (Bass) där delarna körs<br>underliggande  |
| Överensstämmelse<br>med StanForD <sup>2</sup> s<br>standardinformation,<br>t.ex. data från<br>skördare | Bra, både på definitioner och<br>filtyper   | Mindre bra. Samma information<br>finns men kräver aktiv<br>omskrivning, antingen manuellt<br>eller med tilläggsprogram som<br>importerar data (t.ex. prislistor) |
| Beräkningsgång,<br>från indata till<br>prognos   | Stegvis process. Prognos gjord<br>på fiktiva stm-filer. Dessa filer<br>skapas efter inmatande av<br>uppgifter om skogstillstånd | Prognosen görs direkt på uppgifter<br>om skogen  |

### Krav på framtida informationsflöde

Framtidens virkesförsörjningssystem kräver allt större krav på kommunikation mellan olika aktörer inom kedjan skog till industri. Information behöver överföras till och från maskiner, skogsförvaltningar och industrier. För att detta ska fungera väl är det av största

---

<sup>2</sup> För att underlätta kommunikationen med datorer i skogsmaskiner har skogsbruket och maskintillverkarna enats om en standard för detta: StanForD, "Standard for Forestry Data and Communication". StanForD innehåller dels en standard för kommunikation (Kermit), dels en standardiserad filstruktur. ([www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se))

vikt att enhetlig typ av information används. Standarden StanForD bör användas vid samtliga tillfällen där skogliga data ska överföras elektroniskt. Ska mer information om skogstillstånden kunna inhämtas från avverkningar genom skördardatorerna krävs en enhetligare form av data än i dagsläget. T.ex. bör alla skördarna rapportera sågtimmer i både m<sup>3</sup>fub och m<sup>3</sup>sk och inte, som fallet är bland vissa maskiner idag, bara i m<sup>3</sup>sk.

## Referenser

Arlinger, John 2005. Muntlig referens

Bjerner, Jacob 2004. "Betydelsen av felaktig information i traktbanken", examensarbete. Institutionen för Skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå

Edgren, Vilhelm & Nylinder, Per 1949. "Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra Sverige". Meddelande från Statens skogsforskningsinstitut, Band 38, Stockholm

Fridh, Lars 1999. "Utbytesprognoser av rotstående skog", examensarbete i skoglig planering. Institutionen för Skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå

Hansson, Anders 2004. Muntlig referens

Kihlbom, Per & Sondell, Jan 1994. "Prov med två simuleringsverktyg för aptering", Resultat nr. 16. Skogforsk, Uppsala

Möller, Johan J & Sondell, Jan 2003. "Betalningsgrundande skördarmätning", Resultat nr. 10. Skogforsk, Uppsala

Ollas, Rune 1980. "Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd", Ekonomi nr. 5. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stockholm