



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET
Examensarbete 2010:16

Att bygga en stamdatabas för gotländsk tall

Building a stem database for pine from the island Gotland



Carl Björkqvist

Examensarbete i skogshushållning, 15 hp
Skogsmästarprogrammet 2010:16
SLU-Skogsmästarskolan
Box 43
739 21 SKINNSKATTEBERG
Tel: 0222-349 50

Innehållsförteckning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	1
FÖRORD	3
1 ABSTRACT	5
2 INLEDNING	7
2.1 STYRPRISLISTOR OCH TIMAN	7
2.2 SYFTE	7
2.3 VAD GÖR GOTLÄNDSKA TALLBESTÅND ANNORLUNDA?	8
2.4 INTRODUKTION TILL APTERING	8
2.4.1 KVALITETSKLASSER, IGÅR OCH IDAG	10
2.4.2 TVÅ STRATEGIER VID APTERING BLIR EN	10
2.4.3 FÖRDELNINGSAPTERING OCH ÄNDAMÅLSANPASSAD APTERING	11
2.4.4 APTERINGSDATORER OCH APTERINGSSIMULERINGSVERKTYG	12
3 MATERIAL OCH METODER	17
3.1 UPPLÄGG	18
4 RESULTAT	21
5 DISKUSSION	25
5.1 LÄNGDFÖRDELNING	25
5.2 TVÅNGSKAP	26
5.3 ETT SÄTT ATT MINSKA ANTALET TVÅNGSKAP	27
5.4 SLUTSATS	28
6 SAMMANFATTNING	29
7 KÄLLOR	31
7.1 PUBLIKATIONER	31
7.2 PERSONLIGKOMMUNIKATION	31
7.3 RADIOPROGRAM	32

Förord

Jag vill tacka alla inblandade i detta projekt, för allt det tålamod ni visat mig. Jag är mycket imponerad den entusiasm och beslutsamhet ni angripit de frågeställningar och problem som jag presenterat för er.

Sala
2010-05-03

Carl Björkqvist

1 Abstract

Today's Swedish large-scale forestry uses almost exclusively computer-aided bucking. It allows the harvester computer, using an optimisation price list (steering price list), to maximize the value of each tree. The optimisation price list can be adjusted so that the industry gets the raw material it demands from the forest.

There are various simulation programs that can be used when constructing a optimisation price list. The simulation program merchandise a database of stem shapes using a given price list and mimics a harvester's work. To get the demanded raw material for the industry it is important to use a well-adjusted optimisation price list. To be able to construct a good price list it is essential to have a stem shape data base that resembles the forest were the optimisation price list will be used. No such data base was available for the pine forest from the island of Gotland.

Data collected from a harvester was used and manipulated to create the data base. The data base was merchandised using a simulation program. The result after merchandise was compared with the result from actual harvest operations using the same price list. The database was manipulated further until the results were consistent with results from the harvesting on Gotland.

It proved to be difficult to create a data base that resembles the pine forest on Gotland. A large amount of forced bucking (without computer assisted bucking) was found in the material. The result from the harvested timber from Gotland gave no longer a desirable outcome. The large amount of forced bucking is probably due to the very crooked forest that grows on Gotland in combination with the steering price lists used. To avoid reversing the harvester head before each log was bucked, the harvest operators instead chose to buck manually.

Adjusting the steering price list should reduce the amount of forced bucking. A possible way is to create an optimisation price list, which manages two matrixes; one for straight trees of high quality and one for crooked trees of inferior quality. Before bucking a tree, the matrix that best fits the tree is chosen.

2 Inledning

För att vid skogsavverkning med skördare få en önskad längd- och dimensionsfördelning efter aptering, används en styrprislista. Denna prislista styr apteringen och behöver inte vara identisk med den som används vid prissättning av de apterade stockarna.

Styrprislistan består av en matris där stockar med olika längder, kvaliteter och toppdiametrar prissätts. Skördardatorn väljer utifrån denna matris det mest lönsamma eller mest eftertraktade apteringsalternativet. Skogsbolagen ser vilka längder och dimensioner det är störst efterfrågan på, och styr sedan sina prislistor efter det.

2.1 Styrprislistor och Timan

För att skapa prislistor och simulera skördardatorns arbete används olika simuleringsprogram. Den programvara som är vanligast i Sverige idag heter Timan 2.1 och är utvecklad av Skogforsk. Denna programvara kan användas till många olika tillämpningar. Om man vill använda den för att simulera en skördares arbete behöver man, förutom prislistan även en stamdatbas.

Stamdatbasen består av ett större antal stammar. Dessa stammar beskrivs mycket noga i databasen. Stammens diameterutveckling, hur trädet kröker, stamskador, rötans utbredning, toppfel och var på stammen kvalitén ändras är exempel på variabler i databasen.

Med hjälp av en styrprislista och en stamdatbas simulerar programmet skördarens arbete. Resultatet blir ett antal apterade stockar. Detta resultat kan sedan jämföras med det önskade utfallet.

2.2 Syfte

Mellanskog är ett av få skogsbolag som har verksamhet på Gotland. De har i sitt arbete på Gotland upptäckt svårigheter i att konstruera en prislista som ger det utfall som de efterfrågar.

Simuleringarna stämmer nämligen inte överens med det verkliga utfallet. Detta är främst ett problem för den gotländska tallen, *Pinus sylvestis*. Problemet ligger i att de stamdatbaser de har tillgång till är skapade efter bestånd på fastlandet som tydligt avviker från de bestånd som skördas på Gotland.

Syftet med detta arbete är att skapa en stamdatbas för tall som bättre stämmer överens med de faktiska förhållandena på Gotland.

2.3 Vad gör gotländska tallbestånd annorlunda?

Vad är det då som gör den gotländska tallen så speciell? Under arbetet har många åsikter framförts, allt från att jämställa den med tall som växer i norra Sverige, till att växtförhållandena på Gotland gör den helt unik. Som alltid ligger nog sanningen någonstans mitt emellan dessa två ytterligheter.

Marker, som ser ut att ha en hög bonitet, men som på grund av sitt grunda jorddjup ändå är svaga ur ett skogligt perspektiv är förhållandevis vanliga på Gotland.

Marker där fältskiktet indikerar bredbladigt gräs eller lågört och där det uppmätta ståndortsindexet (SI) är runt T20 är inte ovanliga (personlig kommunikation, Eriksson, 2009). Det mycket vindutsatta läget, det torra klimatet och den kalkrika berggrunden är också faktorer som gör att man kan misstänka att växtförhållandena är speciella (personlig kommunikation, Eriksson, 2009).

Det gotländska skogsbruket domineras av små fastigheter, och traditionen att bruka skogen aktivt är inte lika utbredd på Gotland som på fastlandet. Detta kan göra att vissa gotländska skogar inte är skötta i samma utsträckning som vi är vana att se på fastlandet (personlig kommunikation, Eriksson, 2009).

Hur det kommer sig att skogarna ser så annorlunda ut på Gotland jämfört med fastlandet är en intressant fråga. Det är dock en fråga som inte kommer att tas upp vidare i denna rapport. Vi kan bara konstatera att det skiljer sig åt, då resultatet efter simuleringarna som görs överensstämmer dåligt med stamdatabaser anpassade till fastlandet (personlig kommunikation, Bramås, 2009).

2.4 Introduktion till aptering

För att få ut största möjliga ekonomiska värde ur träden som avverkas, krävs en noggrant genomförd aptering. Enligt skogsordlistan definieras aptering som "Uppdelning av en trädstam i sortiment". Ordet aptering kommer ursprungligen från det latinska ordet *a'pto* som betyder fästa, göra inordning, avpassa och kan därför kännas igen från en del andra sammanhang också.

Apteringens betydelse har varit i fokus i alla tider. Under ansatsen till det moderna skogsbruket ansågs inte skogsarbetaren själv ha tillräckligt med kunskap för att på egen hand avgöra hur stammen skulle apteras. Det var i stället apteraren som fick ta ansvar för denna viktiga uppgift. Med motorsågens inträde blev det omöjligt för apteraren att hänga med i det ökade avverkningstempot. Skogsarbetaren fick nu själv ta detta ansvar, vilket krävde en viss vidareutbildning. I och med att allt fler och allt mer avancerade apteringsdatorer installeras i skördarna förändras på nytt skogsarbetarens inflytande över apteringen. Behovet av kunskap är fortsatt stort, men har förändrats och kommer att fortsätta att förändras (Dahlgren, 1992). Den mänskliga faktorn, som i Sverige oftast anses ha negativ klang (Lindström, 2009), får allt mindre inflytande över hur apteringen utförs.

Vid dåligt genomförd aptering finns en mycket stor risk att mycket stora ekonomiska värden går förlorade för skogsägaren. Särskilt i bestånd av mycket god kvalitet. Därför tar man i vissa länder ut hela stammen i ett stycke och låter utbildad personal på speciella apteringsstationer hantera apteringen. Detta ger ökade möjligheter till en god aptering. Men det medför också högre krav på god avverkningsplanering och besvärligare lastbilstransporter (Sennblad, 2008).

För att kunna maximera värdet av de apterade stockarna krävs goda kunskaper om kvalitetskrav och priser för olika virkessortiment och hur virke mäts och värderas. Det som främst avgör var stammen ska kapas är hur och var längs stammen dess kvalitet och dimension förändras (Sennblad, 2008).

Kvalitetsbegreppet för skogsråvara har blivit allt diffusare med tiden. Användningsområdena har utvecklats och förändrats. Samtidigt som skötsel och klimat, med sjukdomar och skadeinsekter i släptåg, har gjort att kvaliteterna i våra skogar har och kommer att fortsätta förändras. Det är ju vad virket ska användas till som styr hur kvaliteten ska bedömas, och kvaliteterna i våra skogar som avgör vilka produkter vi kan producera. Som exempel kan nämnas att råvara som lämpar sig utmärkt för att såga, inte nödvändigtvis behöver passa att göra papper av och vice versa. Användningsområdena och därmed sortimenten har utvecklats och förändrats.

I dagens automatiserade skogsbruk sker all aptering med hjälp av datorer. Det är mycket viktigt att man genomför kalibreringar av dessa system så apteringen blir så exakt som möjligt. Det är då lämpligt att man också använder sig av ett kvalitetssäkringssystem för skördarnas mätsystem. Eftersom detta kvalitetssäkringssystem använder i princip samma data för kalibreringen går det utmärkt att samordna insamlandet av dessa värden. Kvalitetssäkringssystemets datamaterial granskas kontinuerligt av en revisor. Vid normala resultat och förhållanden kan en till två fältbesök, för uppföljning, räcka per år (Arlinger, 2006).

Ett bra sätt att bedöma hur bra apteringen är utförd är att beräkna apteringsgraden. Apteringsgraden beräknas genom att dela de apterade stockarnas värde med det teoretiskt maximala värdet efter aptering. Apteringsgraden anges i procent (%). Formeln anges i figur 2.1. (Sennblad, 2008).

$$\text{Apteringsgrad} = 100 \times \frac{\text{Faktiskt värde av virket efter aptering}}{\text{Teoretiskt maximalt värde av apterat virke}}$$

Figur 2.1 Formeln visar hur man beräknar apteringsgraden. Den anges sedan i procent (%).

Man strävar alltså efter en apteringsgrad så nära 100 procent som möjligt. För att beräkna det teoretiskt maximala värdet efter aptering använder man sig lämpligast av ett apteringsprogram. Ett exempel är Aptupp som ingår i programsviten Timan från Skogforsk. Stockens mått, kvalitetsgränser mm matas in i programmet som sedan apterar stocken utifrån en given prislista. Programmet tillåts ta hänsyn till hela stocken och simulerar alltså inte en

skördares arbete. En skördardator får ju data allt eftersom skördaraggregatet arbetar sig längs stocken och apterar utifrån den information som den har tillgång till.

2.4.1 Kvalitetsklasser, igår och idag

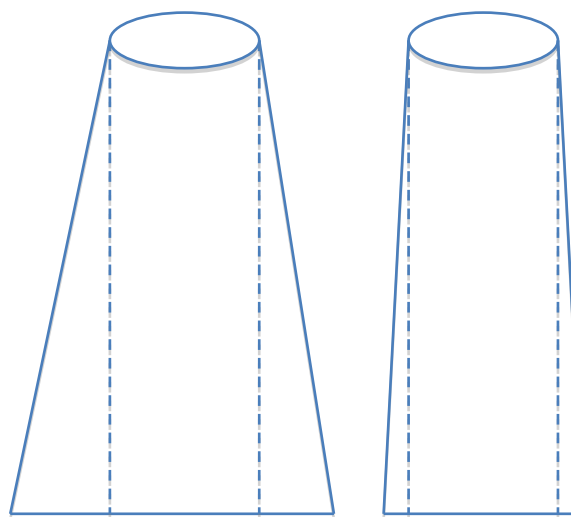
Det gamla systemet för klassning av barrsågtimmer som infördes på 1950-talet hade sin utgångspunkt i vilken kvalitet den sågade varan skulle kunna tänkas få efter att den sågats. Timret delades upp i osorterat (O/S), kvinta (V) och utskott (VI), där O/S delades upp i klasserna I, II, III, IV. Efterfrågan på råvara är i ständig förändring och efter en tid stämde inte utbudet av kvaliteter med den efterfrågan som fanns. I mitten av 1990-talet infördes därför ett nytt system som senare förenklades (Alriksson, 1997); ytterligare. Det nuvarande systemet har fyra talltimmerklasser och två grantimmerklasser. Detta klassningssystem är bättre anpassat till dagens kvalitetskrav. Systemet bygger också på iakttagelser som är lättare att göra. Tidigare krävdes det att virkesmätaren skulle förutse vilken kvalitet som den sågade varan skulle få efter att den sågats. Det nuvarande systemet bygger på mätbara data från stockens mantel- och ändytor. Vilket också ger bättre möjlighet att i framtiden utveckla system för automatiserad mätning.

Även kvalitetskraven för massaved och brännved har förändrats. Detta för att möta upp mot de ökade miljökraven på massaindustrin. Minskad rötandel och färskare virke gör att man kan minimera mängden kemiska tillsatser i pappers- och massabrukens blekprocesser. Något som papperskonsumenterna har efterfrågat (Sennblad, 2008).

2.4.2 Två strategier vid aptering blir en

På stamnivå finns det två huvudstrategier vid aptering.

Avsmalningsaptering tar endast hänsyn till trädets avsmalning. Kvalitén är helt oväsentlig i detta sammanhang. Trots detta finns det en mängd svårigheter med denna typ av aptering. Man måste jämföra ett flertal sortiment vilka i vissa fall mäts i olika måttslag. Så som timmer i m^3to (kubikmeter toppmått) och massaved i m^3fub (kubikmeter fastmått under bark). Därtill måste man utifrån prislistan jämföra värdet för olika timmerdimensioner, både vad det gäller längder och diametrar. Som figur 2.1 visar slår en stor avsmalning mycket hårt mot utbytesvolymen när volymen mäts i m^3to , vilket den inte gör när den mäts i m^3fub . Allt detta gör



Figur 2.1. Avsmalningen slår hårt mot utbytesvolymen mätt i m^3to . Vilket den inte gör när den mäts i m^3fub .

sammantaget att det är lämpligt att använda avsmalningsaptering när det är små prisskillnader mellan kvaliteter, liten avsmalning och/eller grova stockar.

Kvalitetsaptering tar endast hänsyn till trädets kvalitet och då framför allt kvalitetsgränserna. Denna typ av aptering används när det är stora prisskillnader mellan kvaliteter, stor avsmalning och/eller kläna stockar, är aptering efter kvalitet lämpligare.

Vilken strategi man väljer beror alltså på vilken stamform man har och vilken prislista man följer.

För t.ex. tall, där prisskillnaderna många gånger är relativt stora, apterar man ofta efter kvalitet. Det finns dock en brytpunkt där avsmalningen blir alltför stor. Ju större prisskillnad det är mellan kvalitetsklasserna ju större avsmalning kan man tolerera.

Däremot har t.ex. gran ofta små prisskillnader mellan olika kvalitetsklasser. Då har avsmalningen större betydelse (Dahlgren, 1992).

En skördardator använder naturligtvis båda dessa strategier, och väljer den strategi som passar bäst, så att varje stock får ett så högt värde som möjligt. Vilket ofta benämns värdeaptering.

2.4.3 Fördelningsaptering och ändamålsanpassad aptering

Det går dock, med hjälp av fördelningsaptering, att förbättra resultatet efter apteringsarbetet så att sågverk och pappersbruk får den råvara de efterfrågar. Man låter skördarens apteringsdator frångå strikt värdeaptering och låter den styra mot en förutbestämd diameter- och längdfördelning. Detta naturligtvis med en maximal värdeavvikelse angiven i kronor eller procent. Det finns två olika sätt att göra detta; adaptiv prislista och näroptimal metod (Möller, 1997).

Adaptiv prislista

Önskemål och utfall jämförs kontinuerligt. Prislistan anpassas vid varje kaptillfälle 1 kr upp eller ned. Den adaptiva modellen kan gå över en sortimentsgräns vid fördelningsaptering beroende på nya prisrelationer.

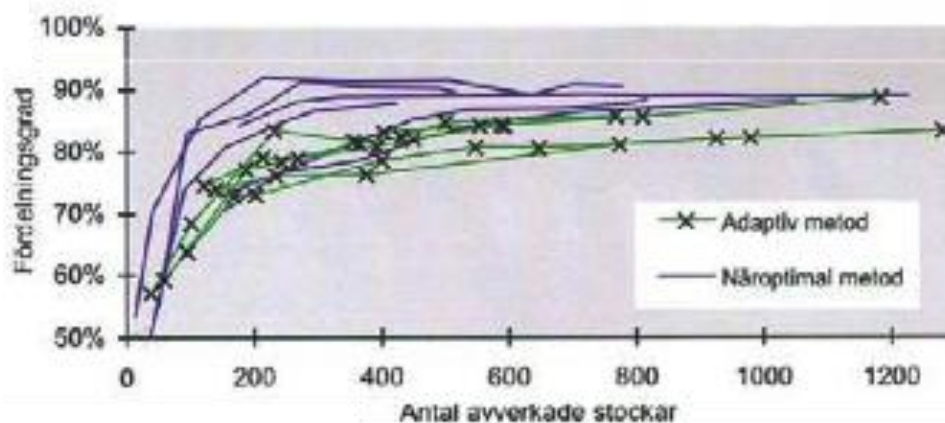
Näroptimal metod

Datorn beräknar först optimalt kapalternativ på stammen. Därefter identifieras de övriga kapalternativ som ligger inom en maximalt tillåten värdeavvikelse. Datorn väljer sedan de alternativ där den relativa bristen är störst.

(Möller 1997, sid 2)

Vissa apteringsdatorer använder en kombination mellan båda metoderna. Resultatet blir dock likartat efter en tid, förutsatt att skogen är någorlunda likformig, som man ser i figur 2.2 nedan. Vidare ser man i figuren att det är trögheten som skiljer de båda systemen åt.

Med den näroptimala metoden behöver bara ett fåtal stammar mätas och apteras innan fördelningsaptingen börjar verka. Används istället den adaptiva prislistan behövs flera hundra stockar innan fördelningsgraden kommer upp på en acceptabel nivå. Därför bör inte den adaptiva prislistan nollställas vid mindre trakter när man använder denna metod.



Figur 2.2. Den diametervägda fördelningsgradens utveckling vid fördelningsapting med näroptimal och adaptiv metod

(Möller 1997, sid 4)

Fördelarna med fördelningsapting är uppenbar. Styrprislistan anpassas till trakten så att industrin få den råvara som den vill ha. Men det finns problem med prissättningen. Fördelningsapting innebär ju att prislistan frångås för att få en viss diameter- och längdfördelning. Detta skulle kunna innebära en risk för minskad inkomst för skogsägaren. Problemet är dock inte stort med låg maximal värdeavvikelse och en prislista som på ett bra sätt speglar önskemålen. Ändå bör betonas att det här finns en avvikelse och att den bör regleras på något sätt (Möller, 1997).

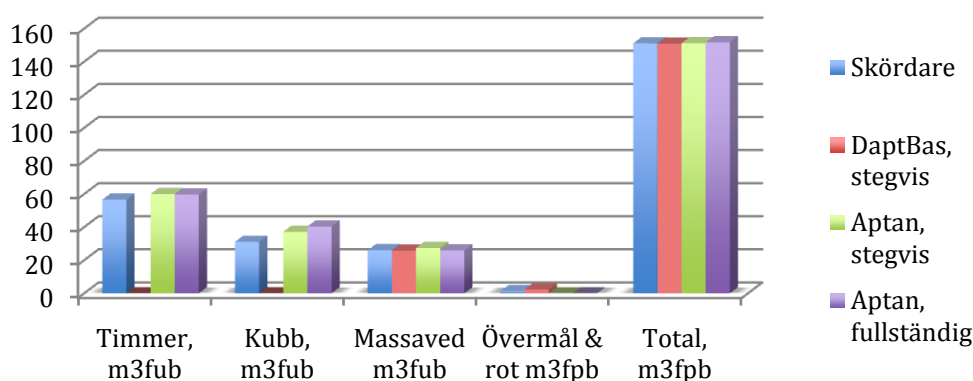
För att ytterligare optimera aptingen, efter efterfrågan från sågverkets kunder, kan man använda sig av ändamålsanpassad apting. I en region har ofta sågverken samarbeten med bland annat gemensamma prislistor. Med ändamålsanpassade aptingssystem upprättar varje sågverk, utifrån den allmänna prislistan, en preliminär prislista för skördaren. Detta är alltså en styrprislista som bättre passar med sågverkskundens efterfrågan på den sågade varan. Dessa preliminära prislistor ändras kontinuerligt. I ett försök av Skogforsk i samarbete med Siljans sågverk AB, angav sågverkets säljare att andelen oönskade/svårsålda längder hade minskat markant. Detta redan efter ett år med ändamålsanpassad apting. Försöket visade vidare att det gick mycket bra att styra skördarens apting med hjälp av denna typ av styrprislistor. Resultatet blev än bättre när man kombinerade ändamålsanpassad apting med fördelningsapting (Sondell, 1993).

2.4.4 Apteringsdatorer och apteringssimuleringsverktyg

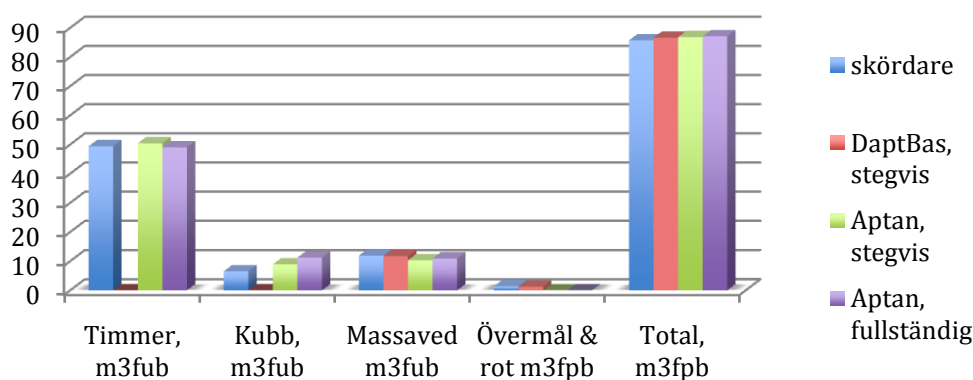
Som tidigare nämnts krävs det en väl anpassad styrprislista att aptera efter, för att få ut den råvara industrin efterfrågar ur skogen. Det finns ett antal programvaror som man kan ha mycket hjälp av i detta arbete. Två av dessa

simuleringsverktyg har Skogforsk utvärderat i rapporten, "Jämförelse mellan olika simuleringsverktyg för apterig" (1994). Resultatet har även redovisats i Resultat nr 16 1994. De två simuleringsverktygen som utvärderats är DaptBas 4.11C och Aptan 5.2. DaptBas är utvecklat av Timberjack AB och Aptan är utvecklat av Skogforsk. Dessa båda program simulerar en skördares arbete. Programvaran kan ställas in så, att den efterliknar de förhållanden en apteringsdator i en skördare arbetar efter. Programvaran tar då inte hänsyn till hela stammen direkt. Simuleringsprogrammet börjar i rotänden och arbetar sig stegvis längre och längre upp längs stammen, och apterar efter hand. På samma vis som en skördare arbetar. Detta ger alltså inte nödvändigtvis en aptering med det maximala värdet. Naturligtvis går det också att låta simulatören ta hänsyn till hela stammen vilket då ger det teoretiska maximala värdet.

För att jämföra Aptan och DaptBas med varandra lät man simuleringsverktygen arbeta stegvis. Som referenser använde man sig av data insamlad från en tvågreppsskördare som utrustats med apteringsdatorn Dapt 527. Man lät även göra en simulering med Aptan där man lät programvaran ta hänsyn till hela stammen och därigenom fick man ut det maximala värdet av det apterade timret.



Figur 2.3 Sortimentsutfall för gran för olika simuleringsalternativ och sortiment. DaptBas redovisar inte timmer- och kubbmängden vid simulering. Källa: Kihlblom & Sondell, 1994.



Figur 2.4 Sortimentsutfall för tall för olika simuleringsalternativ och sortiment. DaptBas redovisar inte timmer- och kubbmängden vid simulering. Källa: Kihlblom & Sondell, 1994.

Figur 2.3 och 2.4 visar utfallet från simuleringarna. Datamaterialet är uppdelat i de olika sortimenten. DaptBas redovisar inte mängden timmer och kubb vid simulering och vissa korrigeringar har gjorts för att man ska kunna jämföra sortimentsutfallet. Man ser att skillnaderna är små mellan de olika datakällorna. Den största skillnaden finns hos kubb där skördaren tar ut minst. Mest tas ut när Aptan känner av hela stammens avsmalning. Detta anges som "Aptan Fullständig" i figur 2.3 och 2.4.

Tabell 2.1 Fördelningsgrad för olika simuleringsalternativ i förhållande till skördarens stockutfall, vilket har satts till 100 %. Källa: Kihlblom & Sondell 1994, sid 4.

Alternativ	Tall	Gran
Skördarens stocknota	100 %	100 %
DaptBas simulering, stegvis	79 %	86 %
Aptan simulering, stegvis	76 %	82 %
Aptan simulering, fullständig	74 %	73 %

Tabell 2.1 visar hur bra simuleringsprogrammen lyckas efterlikna skördarens aptering. Fördelningsgraden är beräknat på utfallet efter de olika simuleringsalternativen, i förhållande till skördarens resultat.

Tabell 2.2 Tillvarataget virkesvärde av resultatet av Aptans fullständiga värdeapting, vilket har satts till 100 %. Källa: Kihlblom & Sondell 1994, sid 4

Alternativ	Tall	Gran
Skördarens stocknota	93 %	97 %
DaptBas simulering, stegvis	98 %	98 %
Aptan simulering, stegvis	98 %	99 %
Aptan simulering, fullständig	100 %	100 %

Ett annat sätt utvärdera resultaten är att beräkna apteringsgraden. Alltså att se hur stort virkesvärde som tillvaratas. Detta framgår av tabell 2.2.

Slutsatsen man kan dra från detta är dels att sortimentsutfallen från de olika simuleringsverktygen skiljer sig mycket lite åt. Anledningen till att Aptan apterar mer kubb när simuleringsprogrammet känner till hela stammen, är att programmet kan ta ut kubb ända till sortimentets minimidiameter.

Man kan också konstatera att apteringsgraden är högre för apteringssimulatorerna än för skördaren. Detta beror troligtvis på skördarförarens bedömningar av kvalitetsgränser. För simulatorerna är kvalitetsgränserna redan fastslagna medan skördarföraren måste göra dessa bedömningar under arbetets gång (Kihlblom & Sondell, 1994).

Sammanfattningsvis kan man säga att apteringssimulatorerna ger bra resultat. Daptbas använder samma apteringsalgoritm som skördarens apteringsdator, Dapt 527 vilket ger en mycket hög överensstämmelse mellan dessa två. Se tabell

2.1. Vill man i stället få en mer detaljerad redovisning av resultaten som kan användas till ett större antal apteringsdatorer är nog Aptan att föredra (Kihlblom & Sondell, 1994).

Utvecklingen gör naturligtvis att programvaran, både i apteringsdatorer och i apteringssimulatorer, kommer att bli bättre med tiden. Detta och framförallt de stigande kraven på apteringsutfallet gör att kraven på styrprislistorna ökar. När kraven på styrprislistorna ökar, så ökar även kraven på underlaget till styrprislistorna. Till exempel de stamdatabaser som skördarsimuleringsprogrammen använder för att göra sina simuleringar.

Att skapa en ny sådan stamdatabas för gotländsk tall, har visat sig nödvändigt, och är syftet med detta arbete.

3 Material och metoder

Det finns ett antal metoder för att bygga upp en stamdatabas med lämpliga egenskaper:

- ◆ Data mäts och samlas in av skördare
- ◆ Manuellt mätt och insamlad data
- ◆ Syntetisk metod
- ◆ En kombination av ovanstående

Att låta en skördare mäta in data är ett effektivt och snabbt sätt att bygga upp en stamdatabas. Diameter- och längdmätningarna blir av hög kvalitet. Man kan också, relativt snabbt och enkelt, få in en mycket stor mängd information, vilket gör att slumpvisa felkällor kan minskas. Nackdelarna är att skördarföraren behöver utbildas så att kvalitetsgränser såsom fel, skador, och krökar kan matas in för varje träd när trädet matas genom skördaraggregatet. Detta påverka troligtvis också skördarens effektivitet, åtminstone initialt (personlig kommunikation, Möller, 2009).

Att mäta in all stamdata manuellt är mycket tidskrävande men ger data med större noggrannhet. Detta gör att man i slutändan inte behöver lika mycket data. Den mindre mängden data gör dock att valet av stammar får större betydelse för databasens användbarhet.

När man bygger upp stamdatabasen syntetiskt skapar man en helt konstgjord databas. Man bygger upp den successivt. Man tar många små steg och efter varje steg kör man den genom en skördardatorsimulator. Resultatet från simuleringen utvärderas mot data från avverkningar som man samlat in från området. De uppgifter som jämförs är exempelvis andel massaved, diameterfördelning, längdfördelning, fördelning mellan kvaliteter, mm.

I samråd med personal på Skogforsk och Mellanskog arbetade vi fram ett arbetsorning för hur stamdatabasen skulle skapas. Vi valde en kombination mellan metoderna. Först samlades data in, både manuellt och från skördare, som sedan manipulerades syntetiskt för att efterlikna förhållandena på Gotland.

3.1 Upplägg

Arbetet med att skapa stamdatabasen planerades enligt följande.

Samla in data

1. Samla in skördardata
 - ◆ Stamdata så som diameter och avsmalning
2. Samla in data från höjdtutvecklingsträd (övre höjdstäd)
 - ◆ Brösthöjdsdiameter
 - ◆ Höjd
3. Samla erfarenhet från trakten/få en känsla för hur skogen ser ut
 - ◆ Titta på skog
 - ◆ Prata/diskutera med de lokala aktörerna
 - ◆ mm.
4. Samla in data om utfallet från avverkningar i området
 - ◆ Sortimentfördelning, diameterfördelningen, längdfördelningen, kvalitetsfördelning, mm

Manipulera data

5. Sortera data
 - ◆ Söka igenom datamaterialet från skördaren efter orimliga värden och konstiga stamprofiler
6. Använd programvara för att lägga på brister och kvalitetsgränser på stammarna i stamdatabasen
 - ◆ Långkrök, tvärkrök, skada, tvångskap, röta, toppfel, mm.
7. Aptera stamdatabasen
 - ◆ Ett simuleringsprogram används för att aptera stamdatabasen
8. Jämför med verkligheten
 - ◆ Den apterade stamdatabasen jämförs med det verkliga utfallet från avverkningar i området
9. Steg sex, sju och åtta upprepas till dess att databasen, efter aptering, ger ett resultat som är tillfredsställande

Att använda sig av skördardata vid skapandet av en stamdatabas är mycket lämpligt. En stamprofil med diametermätningar, ofta tätare än var tionde centimeter på varje träd, är en god grund för att skapa en stamdatabas. Problemet med dessa data är att alla stammar blir för korta. Inga mätningar görs på den avkapade toppen. För att få bra grunddata använder man sig av höjdtutvecklingsträd. Man bör välja träd i alla diameterklasser av det aktuella träslaget. Man mäter höjd och brösthöjdsdiameter (trädets diameter 1,3 meter över gröningspunkten). Eftersom stamdatabasen ska vara representativ för hela Gotland valde jag ut ett tiotal höjdtutvecklingsträd från gotländska medelboniteter, ståndortsindex (SI) T18 och T20.

För att ha en punkt att utgå från när databasen skulle utvecklas och förbättras syntetiskt, samlade jag in erfarenhetstal. Dels för att veta var det är lämpligt att börja och dels är det nödvändigt så man i slutänden inte får en databas med värden som är bortom rimlighetens gräns. Dessa värden samlades in från

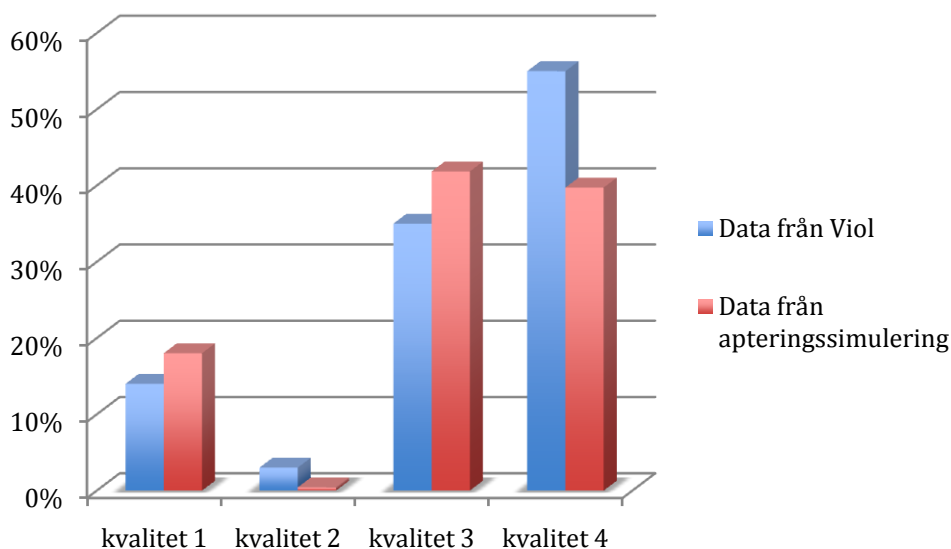
personer med lång erfarenhet från svenskt skogsbruk och med god insikt i de gotländska förhållandena.

Även det sammanställda resultatet från alla avverkningar på Gotland under år 2007 samlades in. Dessa data sammanställdes från virkesredovisningssystemet Viol där Skogsbrukets datacentral (SDC) samlar information från de stockar de mäter in på mätstationerna. Dessa data användes för att utvärdera resultatet efter simulerad aptering av databasen.

Den stamdata som skördaren skapat grovsorterades och stammar med orimliga värden och uppenbara mätfel sorterades bort. Med hjälp av erfarenhetstalen lades sedan fel till, så som långkrök, tvärkrök, skada, tvångskap, röta, toppfel, mm. till stamdata basens trädstammar. Med hjälp av programvaran simulerades därefter en skördares apteringsarbete på stamdata basen. Resultatet från simuleringen jämfördes avslutningsvis med den sammanställda informationen från de faktiska avverkningarna på Gotland. Mängden och fördelningen av fel i databasen justerades tills dess att resultatet efter aptering, jämfört med resultatet från de faktiska avverkningarna, var så liten skillnad som möjligt.

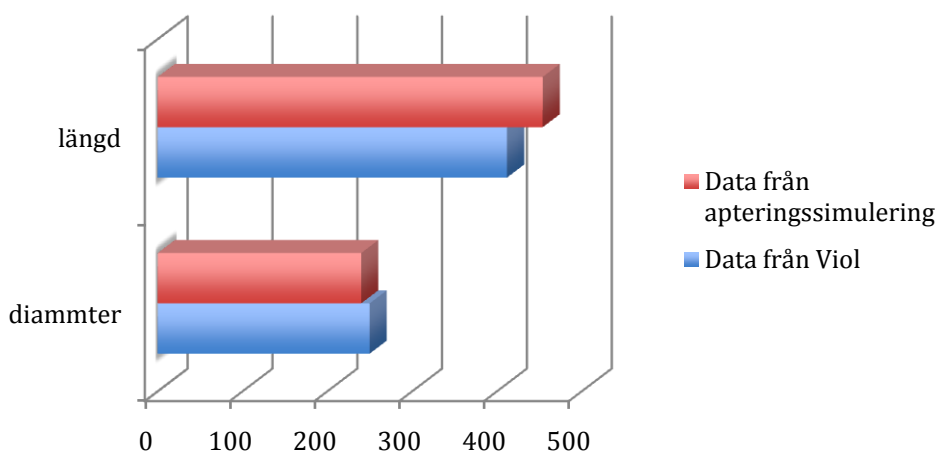
4 Resultat

Den syntetisk konstruerade stamdatabasens kvalitet har utvärderats med hjälp av ett antal parametrar. De parametrar som använts är: Fördelning mellan olika kvalitetsklasser mätt i volymsprocent ($m^3\text{fub}$), som visas i figur 4.1.



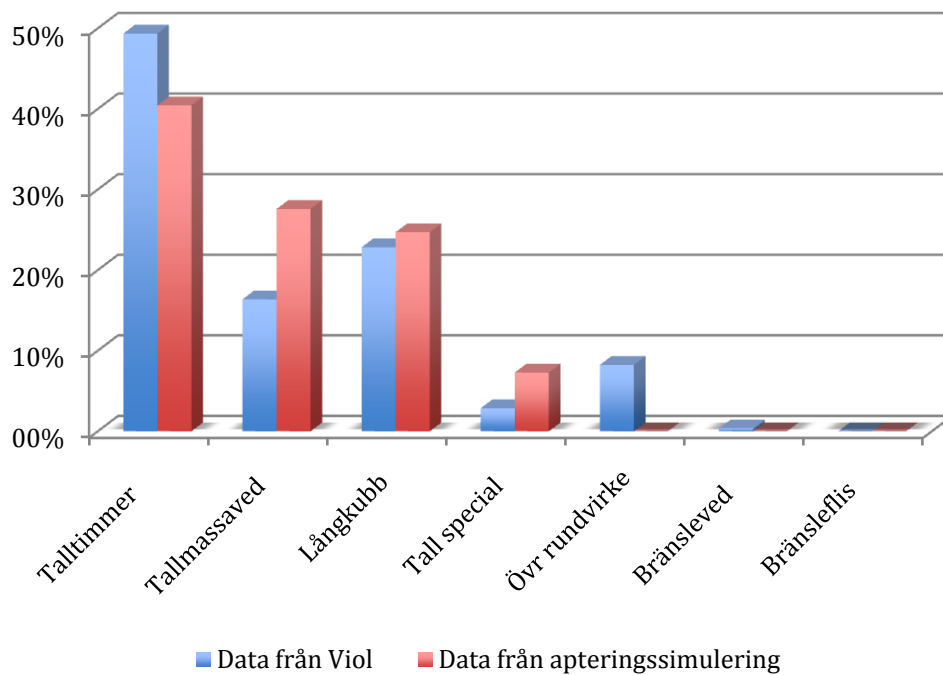
Figur 4.1 Kvalitetsfördelning av talltimmer beräknat med volymen mätt i $m^3\text{fub}$.

Medelvärdet av talltimmerstockarnas längd och diameter som visas i figur 4.2.



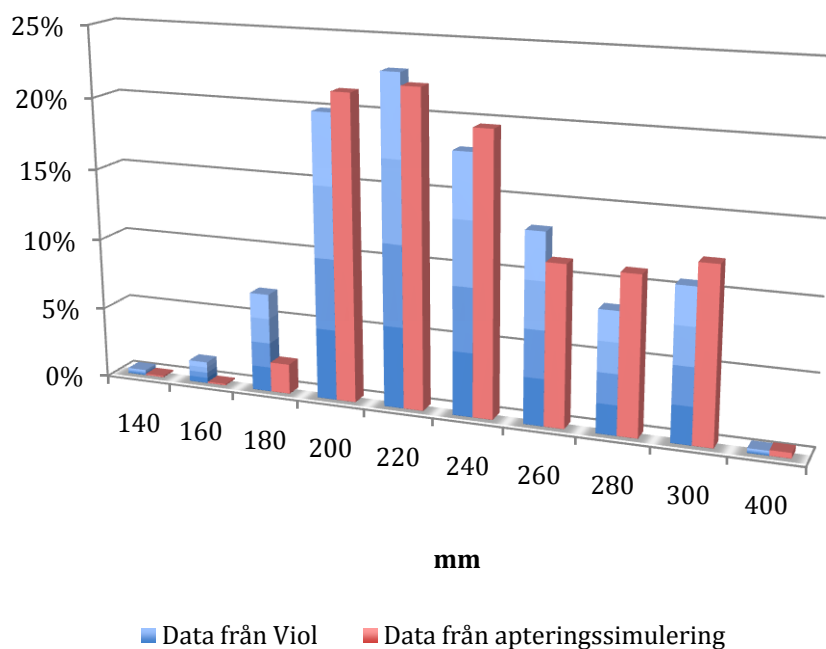
Figur 4.2 Medelvärden för längd mätt i centimeter och diameter mätt i millimeter.

Volymfördelningen mellan olika sortiment, som visas i figur 4.3.



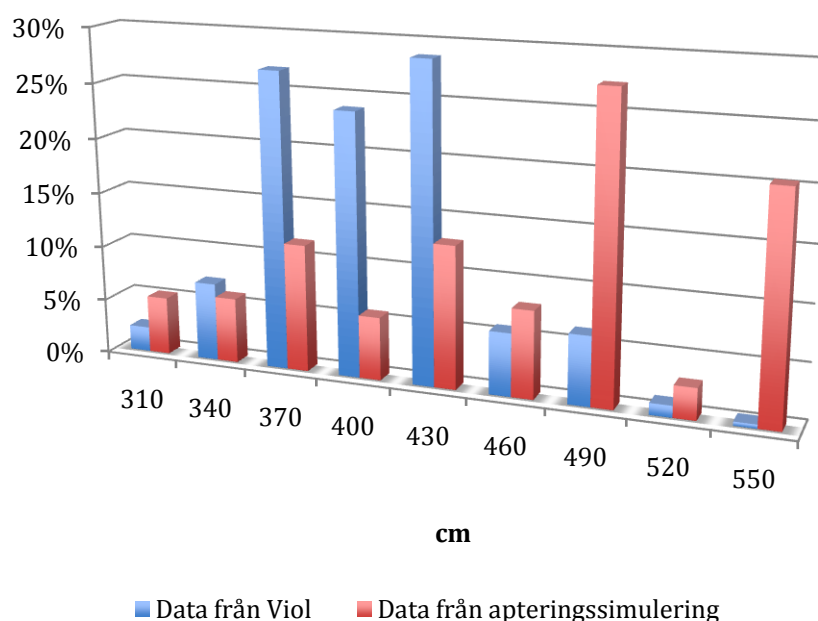
Figur 4.3 Volymfördelning mellan olika sortiment

Diameterfördelning av de apterade stockarnas toppdiameter mätt i millimeter, som visas i figur 4.4.



Figur 4.4 Diameterfördelning i millimeter.

Till sist längdfördelningen av de apterade stockarna mätt i centimeter, som man ser i figur 4.5.



Figur 4.5 Längdfördelning av de apterade tockarna mätt i centimeter.

I den stamdatabas som samlades in på Gotland, och som låg till grund för diameterfördelning och stamform i den syntetiskt framställda stamdatabasen, var den totala mängden kap 5 051 st. Vid 4 415 tillfällen hade stammen kapats manuellt av skördarföraren. Detta är så kallade tvångskap som skett helt utan hjälp av skördardatorn och dess beräkningsmodeller. I genomsnitt blir det 2,88 tvångskap/träd. Bara 0,18 kap/träd var gjorda med automatik, alltså med hjälp av skördardatorn och styrprislista. 0,12 kap/träd var av okänd typ. Figur 4.6 visar en skärmdump från Timan som visar det sammanställda utfallet.

Indikatorer	Totalt				Stockar >12 cm			
	Antal kap	Antal/träd	Frekvens %	Stocklängd	Antal kap	Antal/träd	Frekvens %	Stocklängd
0. Automatik	275	0,18	688		91	0,06		
1. Röta								
2. Skada								
3. Krök								
4. Långkrök								
5. Timkval								
6. Mavkval								
7. Toppbrott								
8. Tjur								
9. Övrigt	4415	2,88	11038		3917	2,69		
10. Prima mav								
11. Sulfat mav								
12. Brännved								
Okända	361	0,24	902		177	0,12		
Summa total	5051	3,29	100		4185	2,88		
Summa indikator 1-12	4415	2,88			3917	2,69		

Figur 4.6 Skärmdump från *.stm filen hämtad på Gotland som visar mängden kap av olika typer, visad i programvaran Timan 2.1.

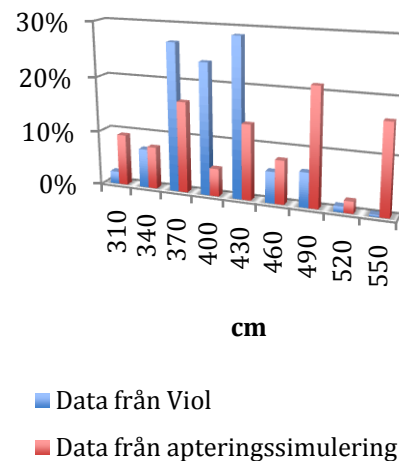
5 Diskussion

5.1 Längdfördelning

Att skapa en stamdatabas som efterliknade den gotländska skogen visade sig svårt. Problemet var inte att skapa en stamdatabas med en kvalitetsfördelning, sortimentsfördelning och diameterfördelning som stämde överens med utfallet från gotländska avverkningar. Dessa resultat svarade bra på de förändringar man gjorde i databasen. Problemet var längdfördelningen på de apterade stockarna, vilket man ser i figur 4.5. Ca 80 procent av stockarna från Gotland är apterade i längderna 370 cm, 400 cm och 430 cm.

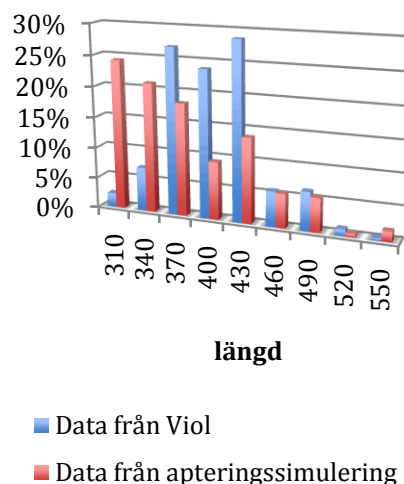
De apterade stockarna från den syntetiskt konstruerade stamdatabasen har i stället en mycket stor andel stockar i längderna 490 cm och 550 cm.

För att minska mängden långa stockar är det möjligt att skapa en stamdatabas med träd som har fler skador och långa och tvära krökar. I figur 5.1 och 5.2 ser vi två sådana stamdatabaser. De har samma utgångsdata som stamdatabasen som visas i figur 4.1, men ett större antal krökar och skador. I figur 5.1 visas en stamdatabas som i genomsnitt har en skada, en lång- och en tvärkrök per träd. Man ser att mängden stockar i intervallet 370 - 430 cm har ökat något. Mängden långa stockar har minskat, samtidigt som mängden riktigt korta stockar också har ökat.



Figur 5.1 Längdfördelning där mängden fel (tvärkrök, lågkrök, skada) ökats något, och är satta till 100 %

I figur 5.2 visas en stamdatabas som i genomsnitt har tre skador, tre långa och tre tvära krökar per träd. Detta resulterar i en längdfördelning där andelen långa stockar har en mycket god överensstämmelse med mängden långa stockar avverkade på Gotland. Däremot har mängden mycket korta stockar ökat kraftigt och har därför en mycket dålig överensstämmelse. Mängden stockar i intervallet 370 - 430 cm har ökat ytterligare något, men är fortfarande lägre än utfallet från faktiska avverkningar på Gotland.



Figur 5.2 Längdfördelning där mängden fel (tvärkrök, lågkrök, skada) ökat mycket, och är satta till 300 %.

5.2 Tvångskap

I den stamdatabas som samlades in på Gotland, noterades även alla kapställen som skördaren gjorde. Av de totalt 5 051 st kap som gjordes var 4 415 st tvångskap och 361 st var av "okänd" typ. Alltså tilläts skördardatorn aptera endast vid 275 tillfällen. Det är i mindre än 10 procent av fallen, om man antar att de kap som var av "okänd" typ gjordes med hjälp av datastyrd aptering. Det troligaste är dock att dessa kap gjordes manuellt. Om det är så skulle det innebära att endast dryga 5 procent av stockarna apterades med hjälp av skördardator i detta bestånd.

Oavsett om kap av "okänd" typ gjorts med eller utan datorstöd är det alarmerande mycket tvångskap i den insamlade materialet. Om mängden tvångskap är lika stor i alla bestånd på Gotland skulle det innebära att det är omöjligt att skapa en stamdatabas som ger ett tillräkligt bra resultat med den metod som vi valt att använda.

Metoden utgår från att man hela tiden har ett facit. Man vet vilket utfall det ska bli när man apterar stamdatabasen, med en given styrprislista, och försöker efterlikna detta resultat. Men om man inte har använt apteringsdatorn, utan i stället apterat för hand finns inte detta facit att jämföra med.

Låt oss nu åter studera längdfördelningen på de apterade stockarna från Gotland. Värdena visas i Tabell 5.1. Längderna 370, 400 och 430 cm är som tidigare nämnts överrepresenterade. De står tillsammans för ca 80 procent av den totala mängden stockar. Dessa tre längder bidrar var för sig med 24 - 29 procent. De övriga längderna bidrar tillsammans med 22 procent och då är det en oerhört liten andel i längderna 310, 520 och 550 cm.

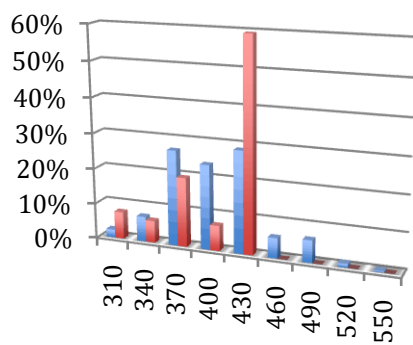
Tabell 5.1 Längdfördelningen för apterade stockar hämtade från databasen Viol.

Längd (cm)	Andel
310	2 %
340	7 %
370	27 %
400	24 %
430	29 %
460	6 %
490	6 %
520	1 %
550	0 %

5.3 Ett sätt att minska antalet tvångskap

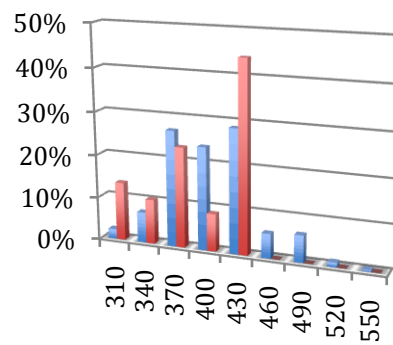
I samråd med Johan Möller, forskare på Skogforsk, diskuterades en möjlig lösning för att minska mängden tvångskap. Skördardatorns apteringsförslag strävar hela tiden efter att skapa så värdefulla stockar som möjligt. Men skördardatorn kan inte ta hänsyn till krökar och skador. I de fall då dessa sätter stopp för skördardatorns beräkningar blir skördarföraren tvungen att gå in backa skördaraggregatet för att göra ett tvångskap. Då skogen på Gotland är mycket krokig och skaderik blir detta arbetssätt mycket tidskrävande. Därför har man troligtvis bortrationaliserat skördardatorns förslag och apterar i stället helt manuellt. Endast då mycket långa stockar apteras har skördardatorn förslag godkänts.

Genom att i stället vända på resonemanget så finns det kanske möjlighet att skapa ett arbetssätt där man bättre använder skördardatorns kapacitet. Man skapar en styrprislista där skördardatorn inte apterar de längsta längderna. I figur 5.2 visas längdfördelningen efter en sådan aptering. Inga stockar längre än 430 cm har apterats.



■ Data från Viol
■ Data från apteringssimulering

Figur 5.3 Stamdatabas har apterats med en styrprislista där de längsta längderna inte apteras.



■ Data från Viol
■ Data från apteringssimulering

Figur 5.4 Stamdatabas med en större andel fel och skador, har apterats med en styrprislista där de längsta längderna inte apteras.

Mängden stockar som har apterats till längden 430 cm är väldigt många. Men resultatet börjar faktiskt likna utfallet från Gotland. I figur 5.4 har man ökat mängden krökar och skador och använt samma prislista som i figur 5.3, och utfallet överensstämmer ännu bättre. Frågan kvarstår dock om detta utfall är något man vill eftersträva.

5.4 Slutsats

Den stora mängden stockar i längderna 370, 400 och 430 som har apterats på Gotland tillsammans med den oerhört stora mängd tvångskap i den stamdatabas som samlades in från avverkningen av ett bestånd på Gotland, tyder på att dessa tre längder har tvångskapats systematiskt.

Detta gör det omöjligt att skapa en stamdatabas som vid aptering ger ett utfall som liknar utfallet från Gotland. Eller rättare sagt; det kanske skulle vara möjligt, men vad skulle det tjäna till då en sådan databas inte skulle efterlikna den gotländska tallskogen?

Genom att anpassa styrprislistan skulle man eventuellt kunna minska mängden tvångskap på Gotland radikalt och på ett bättre sätt använda skördardatorns kapacitet. Man skapar en styrprislista som är uppbyggd av flera matriser. Där en matris används för att aptera krokiga träd med många kvalitetsbrister och ger då kortare stockar och där en används för att aptera raka träd av hög kvalitet och ger längre stockar. Innan ett träd apteras väljs den matris eller trädtyp som passar bäst. Denna typ av styrprislista skulle med största sannolikhet öka mängden datastödd aptering och som i sin tur även skulle kunna ge bättre och snabbare aptering, bättre arbetsmiljö för skördarföraren, bättre mätvärden från skördaren.

6 Sammanfattning

Dagens svenska storskaliga skogsbruk använder sig nästan helt uteslutande av datastödd aptering. Man låter skördarens dator, med hjälp av en styrprislista, räkna fram var stocken ska apteras för att maximera värdet på varje trädstam. Man anpassar vidare styrprislistan så att industrin får den råvara som efterfrågas ur skogen.

För att konstruera styrprislistor använder man sig av olika simuleringsprogram. Simuleringsprogrammen apterar en databas av stammar enligt en given prislista och efterliknar på så vis en skördarens arbete. För att industrin ska få den råvara som den efterfrågar krävs en väl anpassad styrprislista. En förutsättning för att kunna skapa en bra styrprislista är att man har en stamdatabas som väl representerar den skog som styrprislistan ska aptera. Någon sådan fanns inte för gotländsk tallskog.

Vi valde en metod där man lät en skördare samla data som sedan manipulerades och anpassades för att skapa en stamdatabas. Stamdatabasen apterades i ett simuleringsprogram. Resultatet efter aptering jämfördes med faktiska avverkningar från Gotland där samma prislista använts. Stamdatabasen manipulerades vidare till dess att resultatet efter aptering överensstämde med resultaten från avverkningarna på Gotland.

Det visade sig dock svårt att skapa en stamdatabas som efterliknade den gotländska tallskogen. Det "facit" som resultatet från avverkningarna på Gotland utgjorde blev inte längre eftersträvansvärt, då en mycket stor mängd tvångskap hittades i materialet. Den stora mängd tvångskap beror troligtvis på den mycket krokiga skog som växer på Gotland i kombination med de styrprislistor som använts. För att slippa backa skördaraggregatet inför var stocks aptering, har man valt att i stället aptera manuellt.

Genom att anpassa styrprislistan skall man eventuellt kunna minska mängden tvångskap. Man skapar en styrprislista som hanterar två matriser. En för raka träd av hög kvalitet och en för krokigare träd av sämre kvalitet. Innan man börjar aptera ett träd väljs den matris eller trädtyp som passar bäst.

7 Källor

7.1 Publikationer

Alriksson, B.A. (1997); *Hur fungerar den nya timmerklassningen?*, Skogen 26 feb 1997 (nr2) s. 30-32

Andersson, Mikael (1995); *Aptering och virkeskänedom*, SLU infoSkog. ISBN 91-576-5023-3

Arlinger, John och Möller, Johan J (2006); *Kvalitetssäkring av skördares mätning*, Resultat från Skogforsk nr.20 2006

Dahlgren, Torbjörn (1994); *Virke och aptering*, Rapport 1992:4 från skogsmästarskolan på Sveriges lantbruks universitet (SLU), ISSN 110-5254, ISRN SLU - SMS - R --92 - 4 -- 4

Kihlblom, Per (1994); *Jämförelse mellan olika simuleringsverktyg för aptering*, Skogforsk

Kihndblom, Per och Sondell, Jan (1994); *Prov med två simuleringsverktyg för aptering*, Resultat från Skogforsk nr:16 1994

Möller, Johan J och von Essen, Ian (1997); *Fördelningsaptering – en fungerande metod även på små trakter och vid liten tillåten värdeavvikelse*, Resultat från Skogforsk nr.14 1997

Sennblad, Gotthard (2008); *Aptering och virkeskänedom III*, Firma småskog, ISBN 978-91-973336-0-3

Sondell, Jan (1993); *Ändamålsanpassad aptering*, Resultat från Skogforsk nr.18 1993

Sondell, Jan och Möller, Johan J och Arlinger Johan; *Tredje generationens apteringsdatorer*, Resultat från Skogforsk nr:14 2001

Sveriges skogsvårdsförbund Tekniska nomenklaturcentralen (1994); *Skogsordlistan*, ISBN: 91-7196-096-1

7.2 Personlig kommunikation

Berggren, Anders (2009), Virke/logistik för Mellanskog

Bramås, Kalle (2009 & 2010), Virkestekniker för Mellanskog region syd

Eriksson, Börje (2009), fältinstruktör för Mellanskog region syd

Möller, Johan J (2009 & 2010), forskare på Skogforsk Uppsala

7.3 Radioprogram

Lindström, Fredrik (2009); Sommar i P1; Sveriges radio