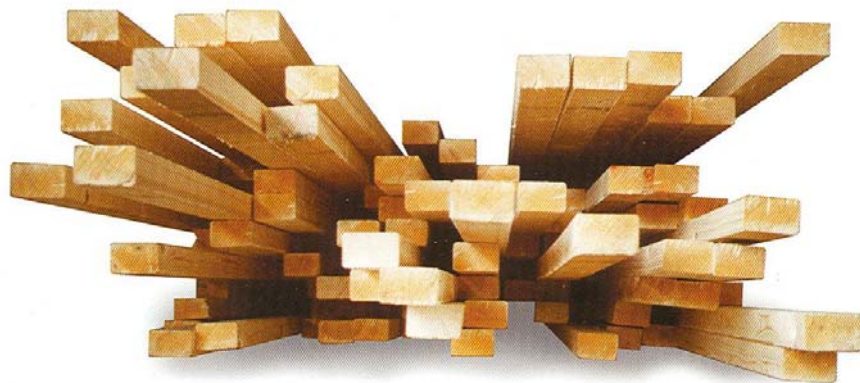




**Produktionsstyrning
i ett sågverk**



Examensarbete
Henrik Höjenberg
Februari 2005

Förord

Det här examensarbetet avslutar min civilingenjörsutbildning i Maskinteknik, vid Lunds Tekniska Högskola. Det har skrivits för institutionen Industriell Elektroteknik och Automation (IEA).

Arbetet har under hösten 2004 och början av 2005 utförts på Setras sågverk i Hasselfors, söder om Örebro, som är ett av de tolv sågverk som ingår i Setrakoncernen. Utifrån min inriktning, produktionssystem och automation, har detta arbete varit intressant och givande och visat att simuleringar kan användas inom dessa användningsområden.

Jag vill tacka min handledare i Lund, professor Gustaf Olsson, IEA, som har bistått mig med handledning och kommit med idéer och förslag under arbetets gång.

Samtidigt vill jag också rikta ett stort tack till min handledare i Hasselfors, Håkan Eklind, teknisk chef på företaget, för all den hjälp, support och fakta, som varit nödvändig för att kunna genomföra detta examensarbete.

Dessutom vill jag tacka all personal i Hasselfors som varit mycket tillmötesgående med att dela med sig av information, tankar och idéer och gett mig mycket uppmuntran under arbetets gång.

Lund, februari 2005
Henrik Höjenberg

Sammanfattning

Målsättningen med detta arbete har varit att skapa en simuleringsmodell för att kunna simulera olika timmerklasser i såglinjen. Man kan mata in kapaciteten på varje maskindel och se om och i så fall var, det uppstår flaskhalsar. Simuleringsprogram som användes för att lösa uppgiften var studentversionen av AutoMod. Större delen av arbetet har handlat om att bygga upp modellen och programmera den. Därefter har simuleringar utförts där både med dagens värden och med värden från framtida kapacitetshöjningar.

Allmänt kan man säga att beroende på mixen av timmerklasser uppstår olika flaskhalsar i produktionen. Vid sågning av grova timmerklasser är det oftast kantverken och ströläggaren som är begränsningen på grund av det stora antalet plank och bräder som man får ur stockarna. Tvärtom är det då man istället sågar de mindre timmerklasserna då flaskhalsarna oftast uppträder vid barklinjen före sågen. Det är alltså så att en maskindel av produktionslinjen kan ena gången vara en flaskhals för en viss timmerklass medan en annan maskindel är det för en annan timmerklass.

Abstract

The final purpose for this master thesis has been to create a simulation model to be able to simulate different classes of timber for a sawmill. It's possible to set the capacities as inputs in each machine in the production line in order to examine if there are any bottlenecks and where they appear to be. To solve this task, a student version of the simulation program AutoMod has been used. Most of the time for this work has been spent too build up and program the model. The system has been simulated and compared with actual production values as well as with some improvements in the capacities. In generally one can conclude, that depending on the mixture of timber classes, different bottlenecks appear in the production line. For example, when great logs are sawed, the machines after the saw line set the limitations, because the big amount of pieces they need to take care of. The opposite happened when smaller logs are sawed, and the limitation is instead in front of the saw line. It has been demonstrated and one machine can appear as the bottleneck in one timber class, while another machine will be the bottleneck for another timber class.

Innehållsförteckning

<i>Förord</i>	<i>i</i>
<i>Sammanfattning</i>	<i>ii</i>
<i>Innehållsförteckning</i>	<i>iii</i>
1 Inledning	1
1.1 Företaget	1
1.2 Målsättning med arbetet	1
1.3 Frågeställningar och avgränsningar	2
Frågeställningar	2
Avgränsningar	3
1.4 Metodik och huvudresultat	3
1.5 Översikt av rapporten	4
2 Beskrivning av såglinjen	5
2.1 Barkmaskinen	5
2.2 Reducerbandssågen och delningssågen	6
2.3 Råsorteringen	7
2.4 Ströläggaren	8
3 Problemformulering	9
3.1 Kapacitetsbegränsningar	9
Matningshastighet	9
Stocklucka	9
TA-värde	9
Tillgänglighet	10
Medelstocklucka	10
3.2 Störningar i sågen	11
4 Simuleringsmodellen	12
4.1 Produktbeskrivning av AutoMod	12
4.2 Modellstruktur	12
Layout	13
Parametrar	14
Skarpa tabellen	16
Sortering och tömning	16
4.3 Modellantagande	16
4.4 Modellvalidering	18
4.5 Användning	19

5	<i>Analys med hjälp av simulering</i>	20
5.1	Simulering utifrån frågeställningar	20
	Timmerklass G18	20
	Timmerklass G20	22
	Timmerklass G27	23
	Timmerklass G32	24
6	<i>Resultat</i>	26
	Simuleringsmodellen	26
	Lägre matningshastighet	26
	Ombyggnad ströläggare	27
	Ombyggnad ströläggare och kantverk	27
	Minskad stocklucka i sågen	28
7	<i>Diskussion och slutsats</i>	29
	<i>Referenslista</i>	31
	<i>Bilagor</i>	32

1 Inledning

1.1 Företaget

Vad betyder namnet Setra egentligen?

Setra är ett kort och kärnfullt namn. Den som vill kan i namnet Setra läsa in SE och trä, dvs en förkortning för "svenskt trä". Den observante kan också tolka "se" som verbet "att se" och därmed läsa namnet som "synligt trä", som är bolagets marknadsstrategi.

Detta enligt ett pressmeddelande från Setra Group AB 2004-02-03.

Setra är idag Sveriges största och Europas fjärde största träindustriföretag. Största marknaderna är Skandinavien, Europa och Japan. 2003 bildades bolaget genom att slå ihop Mellanskog Industri och AssiDomän Timmer. Setra samägs idag av Sveaskog, som är den största ägaren med 50 %, LRF 25 % och skogsägarna Mellanskog 24 %. Övriga aktieägare äger 1 % av bolaget. AssiDomäns och Mellanskogs sågverk bildar tillsammans Setras tolv sågverk. Dessa är indelade i olika produktionsområden.

(Setra Group 2004-12-15a, 2004-12-15b, 2004-12-15c).

Hasselfors sågverk som tidigare ägdes av AssiDomän ingår idag i produktionsområdet Bergslagen Gran, tillsammans med Heby sågverk. Dessa två enheter är ensamma om att såga gran inom koncernen. I Hasselfors var prognosen för året 2004 satt till en produktion på över 300 000 m³ sågad vara, vilket också uppfylldes då det sågades 309 000 m³. Antal anställda är 120 stycken, som jobbar tvåskift. Målsättningen för det timmer som levereras och lagras är att det ska omsättas inom två veckor. Produktionen är uppdelad i flera olika delområden som t ex timmersortering, såg, tork och justerverk. Det innebär att det hela kräver mycket samplanering, eftersom det är ett flöde av material som hela tiden rör sig genom anläggningen.

1.2 Målsättning med arbetet

Målsättningen med examensarbetet är att åstadkomma en grafisk visualisering av flödet genom såglinjen. Arbetet kommer att ta upp produktionsplanering för sågverket och göra en simuleringsmodell av flödet genom reducerbandsågen med hjälp av diskret simulering (händelsestyrd simulering). Det ska kunna gå att mata in kapaciteten

på varje maskindel och se om och i så fall var, det uppstår flaskhalsar. Då får man ett verktyg som ger en bra grund för att titta på hur flödet påverkas beroende på huruvida vissa maskiner varvas upp, detta för att få ett underlag för att kunna effektivisera produktionen och förbättra utnyttjandegraden av maskinutrustningen på såglinjen.

1.3 Frågeställningar och avgränsningar

Allmänt kan man säga att beroende på mixen av timmerklasser uppstår olika flaskhalsar i produktionen. Vid sågning av de grövre timmerklasserna är det oftast kantverken och ströläggaren som är begränsningen på grund av det stora antalet plank och bräder som man får ur stockarna. Tvärtom är det då man istället sågar de mindre timmerklasserna då flaskhalsarna uppträder vid barklinjen före sågen. Det är alltså så att en maskindel av produktionslinjen kan ena gången vara en flaskhals för en viss timmerklass medan en annan maskindel är det för en annan timmerklass.

Frågeställningar

- Vad händer om man sågar med en högre respektive lägre matningshastighet än idag?
Vad händer om man antingen ökar eller minskar matningen? Idag sågas det oftast med en högre hastighet än vad den svagaste produktionsdelen klarar av. Fördelen är att man då tydligt ser var flaskhalsarna uppstår.
- Vad händer om en ombyggnad av ströläggaren sker?
Förslag finns på att installera ytterliggare en ströläggare, som bara tar hand om planken. Den gamla ströläggaren tar då endast hand om bräder istället. Den gemensamma kapaciteten skulle då vara ca 80 000 bitar/skift. Hur mycket ökar produktionen då?
- Vad händer om både en ombyggnad av ströläggaren och kantverken sker?
Om en ombyggnad sker av både ströläggaren och kantverken, var kommer flaskhalsarna då istället? Kapaciteten på kantverken sätts till 70 bitar/timme istället för 60 som idag. Vad skulle det göra för den totala produktionen i så fall?
- Vad händer om man minskar alla stopp som är mindre än 1 min?
Genom att försöka hitta och därmed kunna minska alla stopp som är mindre än 1 minut borde medelstockluckan minska. Vad innebär det att minska medelstockluckan med en halvmeter?

Avgränsningar

Examensarbetet har enbart utförts på reducerbandsågslinjen av Hasselforsstågens hela produktion. Vidare har det, tillsammans med handledare, valts att bara simulera några av de många timmerklasser som är av intresse. Det är timmerklasserna 18, 20, 27 och 32.

Dessa valdes ut efter de vanligaste förekommande timmerklasserna. I Bilaga 1 visas ett diagram över hur stor volym som sågades av varje timmerklass 2003.

Dessutom har simuleringen inget med att göra hur stor volym i m³ som sågas, utan det är bara styckeantalet som tas hänsyn till i simuleringen.

Simuleringsprogrammet som används är en studentversion av AutoMod™. Det som begränsar är hur många enheter som får användas. I studentversionen är gränsen satt till 200 enheter.

1.4 Metodik och huvudresultat

Upplägget för detta arbete har gjorts efter följande steg.

- Förstudie av hela produktionen.
- Bestämning av avgränsningar och frågeformuleringar.
- Val av simuleringsprogram.
- Litteraturstudier.
- Uppbyggnad av modellen i dator.
- Programmering modellen.
- Testkörning.
- Resultat och analys.
- Rapportskrivning.

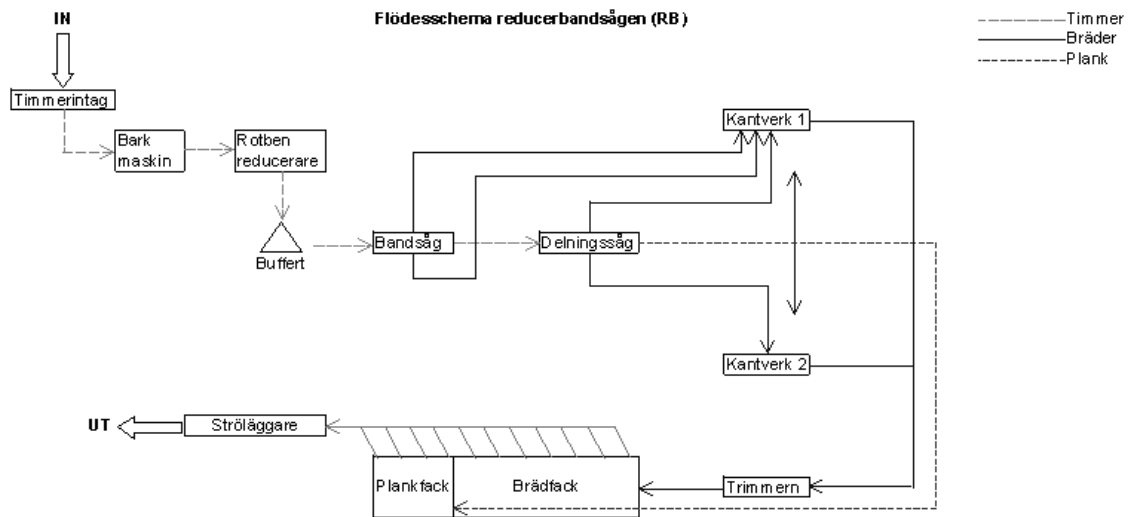
Huvudresultatet är en fungerande simuleringsmodell som kan användas för att simulera olika produkter i såglinjen. Det går att mata in olika maskindelars kapaciteter och hastigheter och ut får man en grafisk visualisering av flödet samt viktiga data som kan analyseras.

1.5 Översikt av rapporten

Rapporten är indelad i sju kapitel. Det första kapitlet ger en bakgrund till arbetet och visar även huvudresultaten och avgränsningar gjorda för arbetet. Kapitel två beskriver mer ingående de olika maskinerna som ingår i såglinjen för att sedan i kapitel tre kunna ge en lämplig problemformulering. Kapitel fyra handlar enbart om simuleringsmodellen där uppbyggnad, testkörning och användning av programmet beskrivs. I kapitel fem redovisas genomförandet av de simuleringar som är gjorda. Alla resultat som erhållits visas i kapitel sex. Arbetet avslutas med diskussion och slutsats i kapitel sju.

2 Beskrivning av såglinjen

Till varje skift på reducerbandssågen, eller RB-sågen, jobbar det mellan 12 till 14 personer. Större delen av kringutrustningen är av äldre modell och kräver därför också mycket personal som sköter om och övervakar. I Figur 1 visas ett flödesschema över hela såglinjen, från timmerinmatningen vid barklinjen fram till ströläggaren.



Figur 1. Flödesschema över virkets väg genom processen.

Innan timret matas in i sågen har det sorterats vid timmersorteringen. Varje dygn anländer det cirka 70 långtradare med timmer. Timret sorteras sedan in i olika timmerklasser efter diameter och i vissa fall även efter längd. Till varje klass har man redan bestämt vad det är som skall sågas och bara en timmerklass i taget matas in i sågen. Därmed har man gjort optimeringen hur man skall såga timret i lämpligt antal bräder och plank.

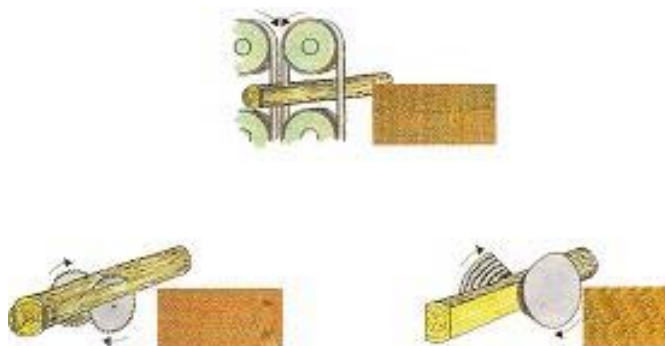
2.1 Barkmaskinen

Timret transporteras fram med truck, som lägger det på inmatningsbordet. Operatören som sköter inmatningen till barkmaskinen ser till att rotändan går sist in och vänder de stockar som ligger fel med en kran. Detta görs för att barkmaskinen ska få rotändan sist istället för att tvinga in den större delen först. Stockarna transporteras styckvis in i barkmaskinen och därefter in i rotbensreduceraren, som tar bort rotben på stocken. Det är en ovanlig lösning att ha reduceraren efter barkmaskinen och inte tvärt om, eftersom det frestar mycket på barkmaskinen att barka av rotbenen.

Efter reduceraren knuffas stockarna av och transporteras i sidled fram till en buffertzona innan sågen. Barkmaskinen hinner med att leverera färdigbarkades stockar in till sågen då timmerklasserna är från omkring G23 upp till G30 sågas. Vid mindre klasser hinner inte operatören med att vända alla stockar och vid större klasser är det barkmaskinen som är begränsningen på grund av dess kapacitet.

2.2 Reducerbandsågen och delningssågen

I reducerbandsågen sågas alla timmerklasser från G18 upp till G36, där G står för gran och siffran anger diametern. I kontrollrummet till sågen sköts inmatningen av timmer, samt övervakning av resten av linjen, med hjälp av kameror. Stockarna roteras med ryggen uppåt, dvs stockens normala krökning uppåt, innan de går in i sågen för att underlätta delningsprocessen och minska risken att plankorna ska fastna i kedjetransportörerna senare i linjen. När stocken väl är inne i såglinjen reduceras först två av sidorna innan den går igenom bandsågen. Reducerare förklaras enklast genom att tänka sig en roterande skiva med knivar som "fräser" bort en del av stockens runda sidor för att skapa två plana sidor innan bandsågen. Se Figur 2, som med enkla bilder visar de olika delarna i sågprocessen.



Figur 2. Övre bilden visar en bandsåg. Nedre vänstra visar en klingsåg eller delningssåg. Nedre högre visar en reducerare. Till höger om samtliga bilder visas skärsnittet.

I bandsågen sågas de första sidobräderna fram på stocken och transporteras vidare till kantverken. Därefter vrids stocken 90° och går vidare genom delningssågen, där plankorna och ytterligare sidobräderna sågas fram. Alla sidobräderna transporteras vidare till två kantverk. Kantverk 1, som är bytt -95, får ta hand om båda sidobräderna från bandsågen, samt en sidobräda från delningssågen. Det andra kantverket, kantverk 2, är från -82 och tar hand om den andra sidobrädan från delningssågen. Skulle det bli för mycket för något av kantverken, går det att styra över bräder till det andra

kantverket. Operatörerna vid kantverken sitter och vänder, med knapptryckningar, de bräder som inte har vankanten uppåt. Med vankanten menas rundad kant med bark på sågat virke. Detta måste de göra eftersom precis innan bräderna ska in i kantverken sitter det optiska sensorer som läser av brädan och optimerar den största bredden som går att ha. Därefter matas brädan in med en hastighet på 225 m/min genom det lite nyare och 200 m/min i det gamla. Kantverk 1 har en kapacitet på 36 bitar/minut medan kantverk 2 klarar 24 bitar/minut. Det gör att totalt klarar kantverken ca 60 bitar/minut. En viktig avgörande faktor på kapaciteten är längden på bräderna. Ju längre de är, desto färre bitar klarar kantverken av per tidsenhet, eftersom den matas med en och samma hastighet.

2.3 Råsorteringen

De färdiga bräderna transporteras sedan vidare till trimmern, som är en kap som kapar längden och tar bort de grövsta defekterna. Bräderna matas fram styckvis och på vägen fram passerar de återigen optiska sensorer, som registreras vilken dimension de slutligen har fått, om det fortfarande finns vankanter eller har trubbiga hörn. Är det något då som behöver kapas bort görs det då bräderna passerar trimmern. Dessutom kapas alla bräder till närmaste 30 cm modul, för att på så sätt slippa torka den volym som ändå kommer att justeras i justerverket senare. Efter trimmern sorteras bräderna i grovsorteringsfack, efter den dimension som tidigare uppmättes. Det finns totalt 20 fack för brädsorteringen, varav sju fack har nivåreglering. Nivåreglering innebär att botten i facken höjs upp och efterhand som det fylls på med bräder sjunker den. Det gör att bräderna inte har så stor bit att falla och det blir mindre skador t ex sprickor. Dessutom minskar risken att bräderna kilas fast i facken.

Ur centrumbiten på stocken får man plankorna efter delningssågen. Dessa transporteras en nivå högre upp än bräderna direkt till sorteringsfacken. Det finns sju fack för plank i anslutning till brädfacken, alla med nivåreglering. Vid sorteringen sitter det också ett räkneverk som håller reda på hur många bitar det är i varje fack. I ett fack ska vara precis det antal som ett färdigt paket ska innehålla.

2.4 Ströläggaren

Med automatik töms ett fack i taget och transporteras till ströläggaren. Där paketeras virket med kraftiga träribbor (strön) mellan varje lager. Dessutom höger- och vänsterjusteras varannan bit i paketet för att det ska vara jämt fördelat med virke i hela paketet vilket också bidrar till en jämnare torkning. Ströna läggs dit automatiskt mellan varje lager och även påfyllning av strön sker automatiskt. Operatören behöver endast se till att det finns strön att ta av och att ingen virkesbit hamnar snett. Ströläggaren klarar ca 3000 bitar i timmen enligt tillverkaren, men idag ströläggs mellan 4000-5000 bitar i timmen. Ibland krävs det också att ströläggaren även måste köras på natten för att hinna med och tömma alla facken till nästa dag. Varje paket märks upp med en lapp med information om bland annat dimension, vilken fuktprocent virket skall ha efter torkning, virkets totala längd, hur stor volym det är, styckeantal och ett paketnummer.

3 Problemformulering

I detta kapitel beskrivs och förklaras de olika kapacitetsbegränsningarna, hur de påverkar produktionen för såglinjen och vad de betyder. Det beskrivs dessutom vad det finns för olika störningar som också har inverkan på produktionen.

3.1 Kapacitetsbegränsningar

Matningshastighet

Den maximala hastigheten på såglinjen är 110 m/min men uppnås sällan. Det beror bland annat på att barklinjen inte hinner med att leverera stockar. Den vanligaste hastigheten på såglinjen ligger runt 80 m/min. Men för vissa grova timmerklasser går det inte att såga med en högre hastighet än 55 m/min. Det är dimensionen på timret som skall sågas och hur många exemplar som tas ur stocken, som är avgörande för hur stor matningshastighet det går att köra med.

Den maximala matningshastigheten på barklinjen är 95 m/min.

Stocklucka

Stockluckan är det avstånd som uppstår mellan varje stock när de transporteras genom såglinjen. Operatören bestämmer hur stor stockluckan ska vara och med hjälp av fotoceller och pulsgivare räknar en dator ut när nästa stock ska matas in på kedjan för att få önskad stocklucka. Ju mindre stockluckan är desto bättre TA-värde (se nedan) erhålls samtidigt som det blir fler sidbräder per tidsenhet för kantverken att ta hand om. Stockluckan mäts i enheten meter.

TA-värde

TA-värdet är ett mått i procent på nyttjandegraden, där T står för tillgängligheten och A står för anläggningsutbytet. (Ståhl, 2000). Om alla timmerstockar läggs efter varandra utan något mellanrum, under hela sågtiden, kommer TA-värdet att bli 100 %. Om timret istället matas igenom sågen med en stocklucka som är lika lång som stocken blir TA-värdet 50 %.

Begreppet TA-värde definieras därmed som:

TA-värdet räknas ut enligt följande ekvation:

$$TA = \frac{\text{antal sågade stockar} * \text{medellängd}}{\text{total tid} * \text{matningshastighet}}$$

$$\text{dvs } \left[\frac{\text{antal meter stock per betald tid}}{\text{antal meter kedja per betald tid}} \right]$$

TA-värdet är alltså ett mått på hur stor fyllnadsgraden är på matningskedjan genom såglinjen. Med hjälp av stockluckan mellan stockarna och matningshastigheten går det att ändra TA-värdet.

Tillgänglighet

Det finns mycket och bra information samlad när det gäller tidigare stopp i produktionen. Alla stopp som varar mellan 1-30 minuter registreras som korta stopp och stopp längre än 30 minuter registreras som långa stopp. Se **Bilaga 2** där alla stopptider från RB-sågen under perioden januari till juni 2004 finns samlade. Alla stoppen är sorterade efter antalet stopp för långa resp. korta stopp och även totalt. Utifrån denna tabell har sedan Mean Time Between Failure (MTBF) och Mean Time To Repair (MTTR) räknats ut. Se **Bilaga 3**. MTBF är ett medelvärde i minuter på hur lång tid det tar innan maskinen går sönder. MTTR är också ett medelvärde i minuter men visar istället hur lång tid det tar att reparera maskinen. Dessa tider används sedan i simuleringsprogrammet för att få den tillgänglighet på de olika maskindelarna som gäller idag. (Olsson, Rosen 2004)

Medelstocklucka

I verkligheten är stockluckan oftast omkring 30-40 cm. Men räknar man ut medelstockluckan som man haft under en sågning, visar det sig att den är mycket större än den verkliga. Detta beror på att de stopp som är mindre än 1 minut aldrig registreras som stopp, utan matningskedjan fortsätter att gå. Denna sträcka som matningskedjan går tom, räknas då in som stocklucka. Efter avslutad sågning vet man hur många stockar som sågats under en viss tid och kan då räkna ut hur stor medelstockluckan har varit.

Anledningen till att man inte registrerar stopp som är mindre än 1 min, beror bland annat på det stora antalet småstopp, samt den tid det skulle ta att kvittera och nollställa alla stopp.

3.2 Störningar i sågen

Störningar finns och uppkommer så gott som i alla produktioner. Vad finns det då för olika orsaker till störningar i såglinjen? Som tidigare nämnts finns det både korta och långa stopp som registreras. Orsaker till störningar kan till exempel vara att timmertruckarna får något problem med att leverera timmer till barklinjen. Maskinutrustningen går sönder och tvingar till stopp. Plank och bräder kan fastna i olika transportörer när de ska förflyttas mellan de olika maskindelarna. Eftersom det krävs mycket personal för att sköta produktionen kan det lätt uppstå störningar om sjukdom eller andra oförutsedda saker inträffar och tvingar till lägre bemanning. Flaskhalsar i produktionen är ytterliggare en orsak till störningar. Tvingas fotocellen innan såglinjen stoppa inmatningen, finns risk vid återstart att det uppstår ett glapp mellan stockarna innan barkoperatören kommer igång igen.

Något som inte registreras är, som tidigare nämnts, alla småstopp som är mindre än 1 minut. Det kan vara till exempel att något fastnar eller att det uppstår ett glapp mellan stockarna. Så länge det är mindre än 1 minut registreras det inte som ett stopp utan räknas som att sågen är i produktion.

En möjlig åtgärd för att minska småstopp kan vara att låta installera en kamera strax innan inmatningen till såglinjen, så att barkoperatören kan se vad som händer och hur han ligger till. Det gör att han på ett tidigt stadium har möjlighet att antingen öka eller minska hastigheten på barklinjen. Den enda feedback han får idag är att antingen stoppar fotocellen för att det är för mycket eller så ringer sågoperatören och säger att han måste öka takten.

Genom att förbättra stegmatoren till sågen och samtidigt installera en mätare, som mäter stockluckan, får man mycket bättre kontroll på vad stockluckan verkligen är. Idag ställer operatören in ett antal pulser som matningskedjan ska röra sig innan nästa stock matas på.

En av de viktigaste bitarna är att försöka få ner antalet stopp, som är mindre än 1 minut, eftersom det påverkar slutresultatet. Den faktorn gör bland annat, att medelstockluckan under en sågning blir stor.

4 Simuleringsmodellen

Med utgångspunkt från målsättningen till detta examensarbete har en modell av såglinjen byggts upp och programmerats, för att efterlikna den verkliga. Studentversionen av simuleringsprogrammet AutoMod blev det program som valdes för att lösa uppgiften.

4.1 Produktbeskrivning av AutoMod

AutoMod är ett av de mest använda simuleringsprogrammen när det gäller simulering av produktionslinjer, lager och materialhantering, terminaler och logistiksystem. Med det går det både att analysera och visualisera händelseförloppet. Det är uppbyggt av färdiga byggstenar som underlättar modellbyggandet, där ett exempel på byggstenar är Conveyer. Genom att från ett modellbibliotek grafiskt dra in olika byggstenar till modellen, skapas en transportbana med standardinställningar. Programmet kopplar automatiskt ihop en ny bana med en befintlig och sätter rörelseriktningen åt samma håll. Det går sedan att ändra parametrarna till varje sektion av transportbanan, bland annat hastighet, acceleration, retardation, vilken motor som ska driva vad mm. För att detta ska fungera krävs det en programmeringskod. AutoMods programmeringsspråk är lättanvänt, där tydliga hjälpfunktioner och automatiska felmeddelanden med förslag på förändringar, gör att felsökningen blir enkel. (XDIN 2004-12-20)

Syftet med en simulering i AutoMod kan vara

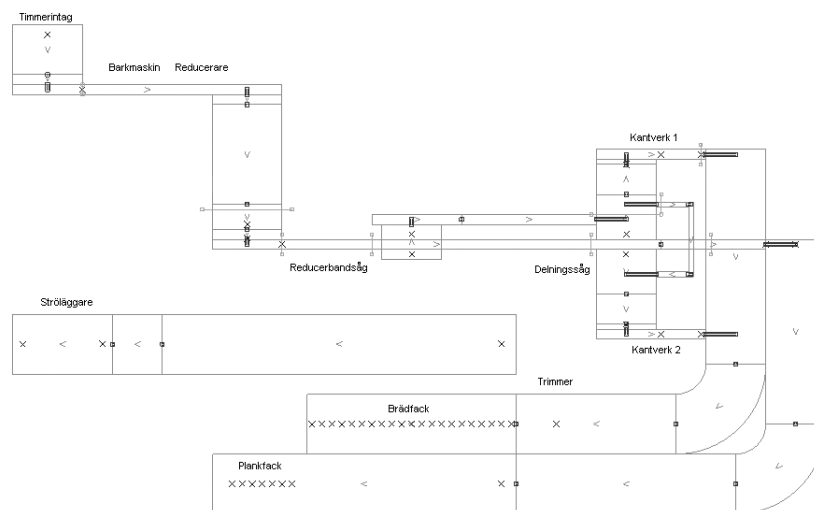
- Utforma och utvärdera ny- eller ombyggnad
- Effektivisering av en befintlig verksamhet
- Beslutstöd för bättre planering
- Säkerställa smidig uppstart av en nyinvestering

4.2 Modellstruktur

Innan den slutgiltiga modellen började byggas, gjordes ett övningsexempel, (AutoMod 2003a), som följde med programvaran. Detta för att skaffa grunderna i hur programmeringen fungerar och så snabbt som möjligt hitta de vanligaste kommandon.

Layout

Modellen är uppbyggd till större delen efter ritningar hur såglinjen ser ut idag. Transportbanorna för plank och ströläggaren har flyttats i sidled för att bättre kunna visualisera flödet, då simuleringen genomförs grafiskt. En bild från simuleringen visas i Figur 4.



Figur 3. Grafisk layout av hela sågprocessen.

Hastigheterna på de olika transportbanorna mättes upp eller skattades till verkliga värden där inte mätning var möjlig. Till timmerinmatningen levereras hela den post av timmer som skall sågas. Stockarna matas in på barklinjen. Där finns det möjlighet att både ändra stockluckan och hastigheten på matningskedjan. Därefter trillar stockarna av och transporteras i sidled in till sågen. Innan inmatningen till sågen finns det en fotocell och blir den blockerad under en längre tid på grund av för mycket stock, stoppas den ingående transportkedjan och barklinjen. Först efter att fotocellen blivit fri, återstartas transportbanorna igen.

För att kunna simulera med rätt stocklucka finns det en fotocell i början av såglinjen som ser till att avståndet mellan stockarna, blir vad det ska vara. Därefter släpps stocken iväg och när den passerar nästa fotocell, som symboliserar bandsågen, skapas två sidobräder som i sin tur skickas till kantverken. Stocken fortsätter och vid nästa fotocell skapas ytterliggare två sidobräder i delningssågen. Slutligen passeras den sista fotocellen, då den grafiska stocken försvinner och ersätts istället med det antal plank som valts. Fotocellerna som styr när bräderna och planken ska matas in finns endast i simuleringsmodellen

och inte i verkligheten. Detta för att få en så verklig modell som möjligt.

I det fallet då det simuleras att två bräder sågas i bandsågen och två i delningssågen, så transporteras samtliga bräder från bandsågen och en av bräderna från delningssågen till kantverk 1. Den andra brädan från delningssågen går till kantverk 2. Det innebär alltså att tre av fyra bräder går till kantverk 1. Även här finns det fotoceller, som bara finns i simuleringsmodellen. De har som uppgift att hålla kontroll på hur många bräder som finns framför kantverk 1. Blir antalet större än en angiven parameter, skickas alla bräder till kantverk 2, ända tills den undre gränsen uppnås. I verkligheten styr operatörerna själva, när och hur länge transporten till kantverk 2 ska vara. Detta för att få ett jämnare flöde genom de båda kantverken. Efter kantverken transporteras bräderna vidare till trimmern och vidare till råsorteringen. Där sorteras de efter vilken dimension de har. Ett fack fylls på ända tills ett förutbestämt antal uppnås, då söks det första lediga fack som finns och börjar fylla i det istället. Planken sorteras på samma sätt. Då ett fack blir fullt placeras det på en väntelista innan ströläggaren tömmer ett fack i taget, efter ordningen på väntelistan.

Parametrar

För att kunna bygga upp simuleringsmodellen krävdes det totalt 35 sektioner med transportbanor, 11 fotoceller och 10 olika motorer för att styra transportbanorna. För att göra simuleringen så lättanvänd som möjligt, används parametrar som går att ändra i början av programmeringsraderna, i en s.k. initialiseringsfunktion. Detta för att den som skall köra en simulering inte ska behöva sätta sig in i hur programmeringen fungerar, utan bara behöver ange parametrarna i början. Det finns dessutom en förklaring vad varje parameter innebär, eller används till. Se Tabell 1 nedan för ett utdrag av parametrarna som finns tillgängliga att ändra. Parametrarna kallas variabler i AutoMod.

För att kunna bygga upp simuleringen krävs det dessutom fyra olika grafiska laster, en för timmer, en för bräder vid bandsågen, en för bräder vid delningssågen och en för plank. Med grafisk last menas de föremål som rör sig i simuleringen. Man kan säga att genom hela programmeringen löper det en röd tråd. Det innebär att från det en last tas in i simuleringen skickas den hela tiden mellan olika processer, ända tills den får kommandot att tas bort.

Tabell 1. Parametrar som kan ändras i simuleringsmodellen.

Parametrar	
V_stocklucka_sag	/* Stocklucka i meter för såglinjen */
V_stocklucka_bark	/* Stocklucka i meter för barklinjen */
V_ant_delning1	/* Antal sidobräder på varje sida vid bandsågen*/
V_ant_delning2	/* Antal sidobräder på varje sida vid delningssågen*/
V_ant_bräd_paket	/* Antal bräder som tillsammans bildar ett färdigt paket*/
V_ant_plank_paket	/* Antal plank som tillsammans bildar ett färdigt paket*/
V_hast_barklinje	/* Hastigheten på barklinjen*/
V_hast_saglinje	/* Hastigheten på såglinjen*/
V_ant_post	/* Antal stockar som skall sågas*/
V_ovrebuffert_kant1	/* Max antal bräder i buffertzonen innan kantverk1*/
V_undrebuffert_kant1	/* Min antal bräder i buffertzonen innan kantverk1*/
V_medellängd_stock	/* Medellängd på stockarna i cm */
V_ant_plank	/* Antal plank som sågas ur stocken */
V_kapacitet_strolaggare	/* Kapaciteten på ströläggaren i st/timme*/
V_kapacitet_trimmer	/* Kapaciteten på trimmern i st/min */
V_kapacitet_kant1	/* Kapaciteten på kantverk 1 i st/min */
V_kapacitet_kant2	/* Kapaciteten på kantverk 2 i st/min */
V_vrak_trimmer	/* Procentdel som vrakas av bräderna */

En typisk process kan se ut som följande i AutoMod:s programmeringsspråk:

```
begin P_start arriving procedure
  move into conveyer_
  travel to station_
  send to P_end
end
```

```
begin P_end arriving procedure
  wait for 1 min
  travel to station_
  send to die
end
```

Till sist i programmeringsraderna avslutas det med en avslutande funktion där TA-värdet, total matning, total stocklängd och total stopptid för sågen räknas ut.

Skarpa tabellen

I denna tabell förs all data in från varje sågning som har gjorts. Förutom datum finns timmerklass, antal sågade, medellängd av stock, brutto tid, stopp tid och verkningsgrad. Därefter följer sågade volymer av alla olika dimensioner, både bräder och plank. Sedan redovisas driftstatistik per timme med antal och sågad volym. Sist i tabellen finns matningshastigheten, total sågad längd per post, total matning och avslutas med TA-värdet.

Sortering och tömning

Simuleringsprogrammet slumpar fram en dimension mellan 1-10 efter angivna procentsatser på varje bräda för att det ska kunna gå att simulera en sorteringsprocess. Bräderna ska sedan sorteras i olika fack med samma dimension i varje. När en bräda kommer fram till sorteringen läses dimensionen av. Programmet börjar då kontrollera ett fack i taget, med början på fack 1, om det redan finns ett fack med just den dimensionen som brädan har. Finns det redan ett, kontrolleras befintligt antal och om antalet är mindre än vad ett fullt fack ska innehålla skickas brädan hit. Om nu facket är fullt, letar programmet vidare. Skulle det inte hitta något fack bland de 20 brädfacken letas istället det första lediga fack upp från början och fyller på där istället.

För planksorteringen används en liknande sorteringsprocess. Alla plank får en och samma dimension (99) i simuleringen. Det gör att planksorteringen fyller på ett fack i taget och väljer alltid det första lediga vid byte.

Tömningen av plank- och brädfacken sker enligt principen, först in - först ut (FIFO). När ett plank- eller brädfack blir fullt placeras det på en väntelista som sedan ströläggaren tömmer, ett fack i taget och skickar det vidare till paketläggaren som gör ett paket av det.

4.3 Modellantagande

Med utgångspunkt från all tidigare sparad information från den så kallade ”skarpa tabellen” och stopptidsredovisning har följande antaganden och uträkningar gjorts.

För att få en modell som överensstämmer med verkligheten, måste man ta hänsyn att det finns verkningsgrader. Därför har tiderna mellan stopp (MTBF) och tiderna att reparera (MTTR), räknats ut från stopptidstabellen. Se **Bilaga 3**, där uträknade tider finns redovisade.

Både MTBF och MTTR är baserade på total stopptid, dvs både långa och korta stopp.

Stopptiderna är dessutom olika mellan olika timmerklasser. Det har inte tagits någon hänsyn till det, utan bara ett medelvärde över alla klasser. I simuleringsmodellen är sedan alla stopptider exponentiella funktioner av tiden. Detta för att få stoppen slumpvis. Orsakerna till stopp beror också på vilken timmerklass som sågas. Tex vid de mindre timmerklasserna är det mycket stopp som orsakas av timmerintaget, medan det vid sågning av grövre klasser är kantverken och ströläggaren som orsakar flest stopp.

För att reducera antalet stoppsaker i simuleringsmodellen har stopptiderna för barklinjen räknats ut, efter att har slagit ihop timmerinmatningen till sågen med barklinjen, dvs alla stoppsaker före såglinjen bildar ett stopp. Samma sak har gjorts för såglinjen, där stoppen i bandsågen och delningssågen har räknats ut till en stoppsak.

Stopporsakerna hos kantverken är i verkligheten en enda tid idag. Därför har den delats i två delar för att kunna simulera båda kantverken och antagit att kantverk 1, går sönder 2/3 av fallen, eftersom större delen av bräderna går igenom kantverk 1. Vidare finns det tre stoppsaker till som är medtagna i simuleringen. Det är planklinjen, brädlinjen tillsammans med trimmern och ströläggaren.

När det gäller uppbyggnaden av modellen krävdes det en extra transportör mellan kantverken för att kunna ändra flödets riktning i simuleringen. Idag ändrar operatörerna bara transportriktningen på den befintliga kedjan mellan kantverken, då de skickar mellan kantverken. I simuleringsmodellen går det inte att under en körning ändra på riktningen på en transportbana. Om det blir för många bräder framför kantverk 1, skickas bräderna via den extra banan till kantverk 2, för att på så sätt kunna efterlikna verkligheten. Det gör också att i simuleringen kan inte kantverken transportera bräder från kantverk 2 till kantverk 1, på grund av att riktningen inte går att ändra.

För att bättre visualisera flödena i simuleringsmodellen av produktionen har planktransportörerna flyttats i sidled. Likaså har ströläggaren med dess tömningsbana, också flyttats i sidled.

Bräder som inte uppfyller de krav som ställs vrakas, dvs de tas bort och skickas direkt till flisning. De kan antingen sorteras bort i kantverken eller i trimmern. I parametrarna till simuleringen går det att välja med vilken procentsats som bräderna ska vrakas. I

simuleringarna av de fyra timmerklasser som finns definierade, är det satt att 10 % av bräderna ska vrakas.

Idag sker ett sortbyte av timmerklass mellan 2-5 gånger per två skift. Men i simuleringarna har det valts att simulera fyra skift med varje klass, dvs 32 timmar. Detta för att låta simuleringarna få längre tid på sig att komma fram till ett trovärdigt resultat och låta alla stoppsaker vara med och påverka resultatet.

Den 1 december 2004 ändrades många timmerklasser. Från 19 till 22 stycken, samtidigt som klassgränserna inom dessa ändrades.

Se **Bilaga 4**.

Varje plank- och bräddimension har olika styckeantal i ett färdigt virkespaket. I simuleringen finns det två parametrar som anger hur många bräder respektive plank, som ett paket ska innehålla. I de simuleringar där flera olika bräddimensioner ingår har ett medeltal tagits fram, viktat efter förekomsten av en viss dimension.

När varje bräda skapas i simuleringen, tilldelas den en dimension slumpvis utifrån givna fördelningsprocent. Den procentsatsen är beräknad från den ”skarpa tabellen” för varje timmerklass som simulerats. I den tabellen finns all data från samtliga sågningar fem år tillbaks samlad. Genom att summera sågad volym för varje dimension och sedan dividera med den totala, får man ut fördelningsprocenten.

Om man räknar stocklucka i den ”skarpa tabellen” måste man komma ihåg att i den ingår alla stopp under 1 min. Därav är stockluckan orealistiskt stor jämfört med den verkliga. Det blir alltså en medelstocklucka man räknar ut, efter en avslutad sågning.

4.4 Modellvalidering

Efter uppbyggandet måste först modellen testas för att se om den motsvarar verkligheten på ett förtroendeingivande sätt. Om utdata från simuleringssmodellen inte överensstämmer med den ”skarpa tabellen”, undersöktes vad det var som var orsaken till felet och rättades sedan. De nyckeltal som framför allt jämfördes var TA-värdet, verkningegraden, antal stock per timme, total matning, total stocklängd mm. Efter ändring i programmeringen gjordes simuleringen om igen, tills modellen stämde överens med verkligheten.

4.5 Användning

För att kunna simulera en viss timmerklass krävs det en hel del förarbete för att kunna genomföra detta. Det måste bland annat räknas ut hur stor fördelningen av vilka brädsorter det ska vara. Man måste också ta reda på hur stort antal i medeltal det ska vara i ett färdigt plank- och brädpaket. Sedan måste man bestämma sig för vilka matningshastigheter, stockluckor, kapaciteter i kantverken och ströläggaren, hur stor post som ska sågas eller sätta en stopptid då simuleringen ska vara klar. I simuleringsprogrammet finns fyra olika modeller där timmerklasserna är G18, G20, G27 och G32. Där har parametrarna sedan beräknats och är klara att simulera. Det är bara att sätta in hastigheter, längder, antal och kapaciteter som man önskar simulera. I simuleringsprogrammet finns ytterligare en modell som är av mer allmän karaktär. Där får användaren själv mata in alla dessa grundläggande parametrar för att kunna simulera en annan timmerklass än dem som är definierade.

Det första som måste göras innan det går att starta själva simuleringen, är att sätta in värden på de parametrar som styr simuleringen. Alla parametrar finns samlade först i programmeringsraderna och kan där ändras till önskat värde. Därefter starta simuleringen och vänta tills den är klar och se vad resultatet blir.

I **Bilaga 14** finns en egenhändigt skriven användarhandledning för att snabbt komma igång med att använda programmet.

5 Analys med hjälp av simulering

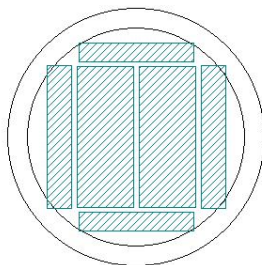
Efter att simuleringsmodellen byggts upp och testkörts, har det utförts några simuleringar med utgångspunkt från frågeställningarna. Det har bland undersökts vad en ombyggnad av kapaciteten på ströläggaren innebär, och vad en kapacitetsökning på kantverken, olika matningshastigheter eller försök med minskad medelstocklucka kan innebära för den totala kapaciteten och därmed produktionen i sågen.

5.1 Simulering utifrån frågeställningar

Frågeställningarna har utförts på de fyra timmerklasserna G18, G20, G27 och G32. Matningshastigheter och medelstocklucka har hämtats från den ”skarpa tabellen”. Vid varje simulering är det TA-värdet, stock/timme och verkningsgrad som är nyckeltalen som jämförs mellan de olika resultaten. Alla resultat har sammanställts i Excel-dokument som sedan visas som bilagor.

Timmerklass G18

Denna timmerklass är en av de klenaste dimensionerna, som sågas i reducerbandsågen. Den har en diameter på 184 mm och en medellängd på 4,8 m. Virket som sågas ur stocken är två plank med dimension 50x125 mm och fyra stycken bräder, varav två med tjocklek 16 mm och två med 22 mm. I kantverken optimeras sedan bräderna till maximal bredd, för att undvika att ha kvar bark eller vankant. 16 mm bräderna kan vara 75 eller 100 mm breda, medan 22 mm bräderna kan antingen vara 75, 100 eller 125 mm. Se Figur 4 där det visas hur urtaget ur stocken ser ut efter att sågningen är genomförd.



Figur 4. Postningsbild av timmerklassen G18.

Matningshastigheten i barklinjen är satt till 90 m/min, kapaciteten i kantverken till 60 bitar/min och ströläggarens kapacitet till 4500 bitar/timme.

Först simulerades fallet där man ökar respektive minskar matningshastigheten och låter övriga parametrar vara samma. Se Bilaga 5, där resultaten finns redovisade. Det visar sig att en minskning av matningshastigheten också leder till en minskning av antalet stock/timme, samtidigt som både TA-värdet och verkningsgraden är nästan oförändrade. Det finns därför ingen anledning till att ändra matningshastigheten från vad som används idag.

Därefter genomfördes en simulering med samma indata som medelvärdena i den "skarpa tabellen" visar för just denna klass, dvs en matningshastighet på 85 m/min för såglinjen och en medelstocklucka på 2 meter. Detta för att ytterligare visa att simuleringsmodellen är korrekt, samt för att lättare kunna jämföra övriga resultat inom timmerklassen. Resultatet ger en lite positivare bild än vad verkligheten gör, men dock inom felmarginalerna. Simuleringen ger ett TA-värde på 63 %, stock/timme till 670 och en verkningsgrad på 88 %, medan medelvärdena från "skarpa tabellen" visar TA-värde 59 %, stock/timme till 600 och verkningsgrad 82 %. Se Bilaga 6 där en sammanställning av alla in- och utdata, samt resultaten finns samlade.

I nästa simulering testades möjligheten att bygga ut kapaciteten hos ströläggaren från 4500 till 10000 bitar/timme. Det visar sig att en kapacitetsökning av ströläggaren inte får någon större effekt på produktionen. Man kan då misstänka att det är antingen kantverken eller barklinjen som är flaskhalsen. Därför genomfördes en simulering där kapaciteten i kantverken ökats till 70 bitar/minut. Fortfarande visar resultatet inga stora förändringar jämfört med de ursprungliga värdena. Det måste därför vara barklinjen i denna timmerklass som är flaskhalsen.

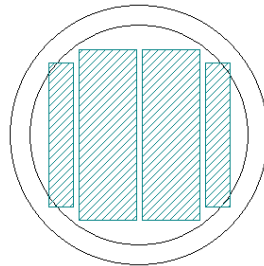
Om man nu lyckas minska alla stopp som inte registreras, dvs stopp mindre än 1 minut, bidrar det till att medelstockluckan i sin tur minskar. I sista simuleringen minskas stockluckan med en halv meter till 1,5 m. Simuleringarna visar att produktionen kan ökas från ca 670 till 710 stockar per timme, dvs en ökning med ca sex procent.

I Bilaga 7 beskrivs ett exempel på vad en minskning av stockluckan verkligen kan innebära för produktionen. Som redan beskrivits så är det barklinjen som är begränsningen. Där har stockarna en medellängd på 4,8 meter, vilket ger en total längd av stock plus lucka, då

stockluckan är 2 respektive 1,5 meter, till 6,8 respektive 6,3 meter. Tiden är satt till ett skift, 480 minuter, med en verkningsgrad på 91 %. Med en matningshastighet på 90 m/min och en effektiv matningstid på ca 440 minuter, ger en total matning på drygt 39000 meter. För att ta reda på hur många stockar som får plats, divideras total matning med stock plus lucka. I exemplet får man 5781 styck då stockluckan är 2 meter och 6230 styck då stockluckan är 1,5 meter. Det är en differans på 459 stock eller ca 8 % fler. Skillnaden i total stocklucka är 2202 meter och med en matningshastighet på 90 m/min blir resultatet en tidsskillnad på ca 25 minuter. Alltså kan man öka produktionen med ca 8 % i timmerklass G18 enbart genom att minska den totala tiden, för antalet stopp som är mindre än 1 minut, med 25 minuter.

Timmerklass G20

I denna simulering sågas klassen G20, som har en diameter på 199 mm och en medellängd på 4,8 m. Det speciella med denna klass är att inga 16 mm bräder sågas i bandsågen, utan endast 22 mm i delningssågen. Det gör att såglinjen kan köras med en högre matningshastighet. Ur centrum på stocken sågas två stycken 50x150 mm plank och från sidorna får man två 22 mm bräder med varierande bredder från 75-150 mm, i steg om 25 mm. Se Figur 5 där det visas hur urtaget ur stocken ser ut efter att sågningen är genomförd.



Figur 5. Postningsbild av timmerklassen G20.

Matningshastigheten i barklinjen är också satt till 90 m/min, kapaciteten i kantverken till 60 bitar/min och ströläggarens kapacitet till 4000 bitar/timme.

I första simuleringen där olika matningshastigheter testas, visar det sig att en minskning av matningen inte påverkar TA-värdet. Därför skulle man kunna tro att en lägre matningshastighet borde vara mer lämplig. Men tittar man samtidigt på antal stock per timme genom sågen, får man ett annat resultat. Där minskar antalet med minskad matningshastighet. Om matningen istället ökas sjunker TA-värdet samtidigt som antalet stockar per timme minskar. Utifrån dessa

simuleringar ser man att den hastighet som används idag, också är den mest lämpliga. Se Bilaga 8, där resultaten finns redovisade.

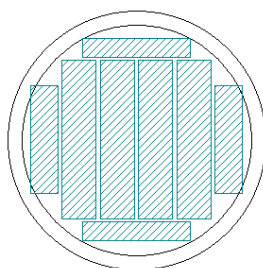
För att visa att modellen är korrekt simulerades värdena från den ”skarpa tabellen”. Resultatet överensstämmer väl med det verkliga, se Bilaga 9. I de två nästföljande simuleringarna ökas kapaciteten hos ströläggaren från 4000 till 10000 bitar/timme och kantverken från 60 till 70 bitar/min. Liknande resultat går att utläsa som i G18. Även här är det varken ströläggaren eller kantverken som är begränsningen, utan återigen barklinjen som inte hinner med att leverera.

Den sista simuleringen i denna timmerklass skulle ge svar på frågan, vad händer om man kan minska medelstockluckan. Resultatet blev att produktionen då ökas med ca tre procent, genom att minska alla stopp mindre än 1 minut.

Timmerklass G27

Matningshastigheten i barklinjen är satt till 75 m/min, kapaciteten i kantverken till 60 bitar/min och ströläggarens kapacitet till 3500 bitar/timme.

I timmerklassen G27 med diameter 277 mm sågas fyra stycken 40x186 mm plank och fyra bräder, varav två med tjocklek 22 mm och två med 32 mm. Kantverken optimerar sedan bredden på dessa så att det totalt kan bli nio olika sorter. Det stora antalet plank som tas ut ur stocken, gör att det blir mycket för transportkedjorna att transportera vidare efter sågen, men de klarar det. Se Figur 6 där det visas hur urtaget ur stocken ser ut efter att sågningen är genomförd.



Figur 6. Postningsbild av timmerklassen G27.

Först simulerades olika matningshastigheter även i denna timmerklass. Resultaten från detta visas i Bilaga 10. Där kan man utläsa, att även om matningshastigheten minskar, så ligger antalet stock/timme runt 400 hela tiden. Det innebär att man har en begränsning i produktionen som antingen är barklinjen, ströläggaren eller kantverken. I denna timmerklass skulle det vara möjligt att minska matningshastigheten

utan att påverka produktionen. Det skulle i sin tur leda till ett högre TA-värde, samt bättre verkningsgrad på grund av mindre stopptid. För att kunna ta reda på var flaskhalsen finns, görs flera simuleringar där kapaciteterna på de olika maskindelarna ökas.

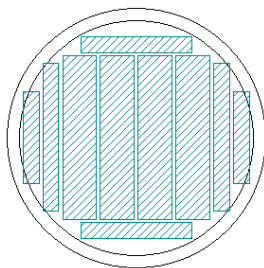
Resultaten efter att ha simulerat värdena i den ”skarpa tabellen” för timmerklass G27 visar, att modellen mycket väl överensstämmer med verkligheten. Se Bilaga 11 där resultaten redovisas. I nästa simulering ökas kapaciteten hos ströläggaren från 3500 till 10000 bitar/timme. Resultaten visar att en utbyggnad av ströläggaren ökar antalet stockar per timme, från ca 410 till 550 stycken, vilket motsvarar drygt 30 procents ökning.

Detta innebär att ströläggaren tidigare har varit flaskhalsen i denna timmerklass. Om man nu i nästa steg också ökar kapaciteten i kantverken till 70 bitar/min, får man resultatet att ingen ytterliggare ökning av stock per timme sker. Det är alltså inte kantverken som är den nya flaskhalsen, utan begränsningen ligger då istället hos barklinjen. I simuleringen om minskad stocklucka, kan man redan nu säga att den inte kommer att påverka, eftersom det är ströläggaren som är flaskhalsen. Det som händer är att såglinjen bara tvingas stanna längre, vilket i sin tur leder till att verkningsgraden minskar.

Timmerklass G32

Matningshastigheten i barklinjen är satt till 60 m/min, kapaciteten i kantverken till 60 bitar/min och ströläggarens kapacitet till 3000 bitar/timme.

Ur timmerklassen G32 med diameter 359 mm sågas fyra stycken 47x225 mm plank ur centrum och sex stycken 22 mm bräder, varav fyra i delningssågen. Det gör att det totala antalet ur stocken är tio stycken. Se Figur 7 där det visas hur urtaget ur stocken ser ut efter att sågningen är genomförd.



Figur 7. Postningsbild av timmerklassen G32.

Första simuleringen i denna timmerklass där olika matningshastigheter testas, visar att varken en ökning eller minskning ger någon större förändring i antalet stockar per timme genom såglinjen. Däremot ökar TA-värde och verkningsgrad med minskande matningshastighet. I Bilaga 12 kan man se i diagrammet stock/timme, att flaskhalsen redan begränsar vid ca 300 stockar per timme. För att ta reda på vad det är som är orsaken till detta, simuleras återigen en ökning av kapaciteten i ströläggaren från 3000 till 10000 bitar/tim. Även i denna timmerklass ökas då produktionen, nu från ca 280 till 420 stock per timme, vilket är en ökning på ca 50 %.

Se Bilaga 13 där resultaten finns redovisade. Förklaringen är att ströläggaren tidigare varit begränsningen och inte klarat av att tömma sorteringsfacken i samma takt som sågen har levererat. I simuleringen där kapaciteten i kantverken ökas, sker ingen förändring. Kantverken är alltså inte någon flaskhals i det här fallet utan istället är det barklinjen som begränsar. I sista simuleringen i denna timmerklass minskar stockluckan till 1,5 m. Inte heller i denna timmerklass har det någon betydelse om man minskar stockluckan, eftersom det redan är ströläggaren som är begränsningen. Vad man kan läsa ut ur diagrammet är att verkningsgraden sjunker till följd av att stopptiden ökar på grund av att det inte går att få igenom fler stockar än vad ströläggaren hinner med.

6 Resultat

Målsättningen med examensarbetet var att skapa och presentera en grafisk visualisering av flödet i såglinjen, där det bland annat ska vara möjligt att ändra på de olika maskindelarnas kapaciteter och hastigheter.

Resultatet blev en simuleringsmodell från tillverkaren AutoMod, som modellerats upp och programmerats för att kunna användas i den fortsatta utvecklingen av produktionen.

Simuleringsmodellen

Efter att ha studerat och satt sig in i hela sågprocessen inleddes en intensiv period med studier för att sätta sig in i hur simuleringsprogrammet var uppbyggt. Bland annat genomfördes ett introduktionsexempel, som följde med programmet, för att på så sätt lära sig grunderna. Därefter har det stora arbetet börjat med att modellera upp en simuleringsmodell, som uppfyller alla krav och målsättning. Samtliga transportbanor är uppritade efter ritningar på såglinjen. Till dessa var det sedan nödvändigt att ta reda på hastigheterna, antingen att hämta värdena från tabeller med angivna hastigheter eller genom mätningar där uppgifter saknats.

I den färdiga simuleringsmodellen går det att ändra kapaciteter, hastigheter, stockluckor, längder på stockarna, antal bräder och plank som sågas ur varje stock mm. Allt för att göra simuleringsmodellen så lik verkligheten som möjligt.

Utifrån frågeställningarna har sedan simuleringsmodellen testats med olika kapacitetsförbättringar.

Lägre matningshastighet

De två timmerklasserna G18 och G20, visade att vid en minskning av matningshastigheten jämfört med vad som används idag, skulle det innebära en lägre produktion mätt i antal stock/timme. Trots det ligger både TA-värdet och verkningsgraden nära konstanta värden kring 62 % respektive 88 %. TA-värdet är konstant på grund av att antalet sågade stockar och matningshastigheten båda minskar och gör att kvoten inte ändras. Verkningsgraden är också konstant för att

stopptiden inte ändras speciellt mycket för de olika matningshastigheterna. Resultatet visar att en minskning av matningshastigheten i dessa timmerklasser inte förbättrar produktionen mätt i antal sågade stockar per timme. Därför är en ändring av matningen inte aktuell.

I timmerklasserna G27 och G32 blir resultatet ett annat. Där ändras inte antalet stock/timme när matningshastigheten antingen ökas eller minskas eftersom begränsningen i produktionen redan är uppnådd. Det som händer är att TA-värdet och verkningsgraden stiger med minskad matning. I dessa timmerklasser finns det möjlighet till att kunna minska matningshastigheten utan att påverka produktionen. Det skulle innebära att maskinerna utnyttjas bättre med mindre stopp som följd. Dessutom får man ett jämnare flöde genom hela linjen.

Ombyggnad ströläggare

Ombyggnad av ströläggaren där kapaciteten ökas till ca 10000 bitar/timme simuleras i de fyra timmerklasserna.

I timmerklasserna G18 och G20 visar simuleringarna att en ökning i kapacitet i ströläggaren inte påverkar produktionen. Det beror på att en begränsning fortfarande stoppar upp produktionen och det är inte ströläggaren som är orsaken. På grund av det låga antalet bräder och plank i dessa klasser ska inte en ombyggnad av ströläggaren påverka resultatet, - den ska klara av antalet utan ombyggnad.

Annat är det med de två övriga timmerklasserna G27 och G32, där styckeantalet ur varje stock är stort. Simuleringarna visar att i G27 sker en ökning av antalet stock/timme från ca 410 till 550, vilket är en ökning motsvarande 34 %. I G32 ger simuleringen att en möjlig ökning av kapaciteten är från ca 280 till 420 stock/timme, vilket är en ökning med 50 %. Detta stämmer överens med det resonemang som tidigare tagits upp om att ströläggaren är flaskhals vid sågning av timmerklasser, där ett stort styckeantal erhålls.

Ombyggnad ströläggare och kantverk

I det här fallet simuleras både en ökning av kapaciteterna i ströläggaren och i kantverken. Det visar sig, att i de samtliga fyra timmerklasserna sker ingen förändring från det fallet med ombyggd ströläggare, till både ombyggd ströläggare och kantverk. Det innebär,

att i alla dessa klasser är det inte kantverken som blir den nya flaskhalsen, utan istället är det barklinjen som inte hinner med att leverera rätt mängd till såglinjen.

Man ska komma ihåg att det finns fler timmerklasser än dessa fyra, som kan sågas med relativt hög hastighet och samtidigt ha ett stort urtag ur varje stock. Dessa är inte med i simuleringarna på grund av tidigare gjorda avgränsningar. Därmed sagt att en eventuell ombyggnad av kantverken kan komma att behövas. Dock visas inte det här.

Minskad stocklucka i sågen

I begreppet medelstocklucka summeras både den verkliga stockluckan och den längd som transportkedjan går tom under stopp mindre än 1 minut. Det innebär att om man kan försöka att minska alla stopp mindre än 1 minut, så minskar man även medelstockluckan. Vid simulering av detta i de fyra timmerklasserna, så minskas stockluckan från 2 till 1,5 meter. I klassen G18 ökas antalet stockar per timme från ca 670 till 710, dvs en ökning med ca sex procent bara genom att minska stopp mindre än 1 minut.

Beräkningar, fristående från simuleringar, visar att en minskning av stopptiden med ca 25 minuter under åtta timmars sågning, ökar kapaciteten med ca åtta procent i timmerklass G18.

Även i klassen G20 blev resultatet av simuleringen, att produktionen kan ökas med ca tre procent bara genom att minska alla stopp mindre än 1 minut. Däremot i timmerklasserna G27 och G32 kan ingen ökning av antalet stockar/timme ske. Detta på grund av att även om en förbättring av stockluckan sker, kvarstår begränsningen i att ströläggaren inte hinner med.

7 Diskussion och slutsats

Det finns både för- och nackdelar med att använda sig av simulering. Till fördelarna hör bland annat att en simulering ger svar på frågan "Vad händer om..." Man kan bygga upp och prova nya anläggningar i simuleringssmodeller, till låga kostnader jämfört med vad det skulle kosta att prova dessa i verkligheten. Samtidigt är en simulering lättare att förstå än matematiska modeller. Det är dessutom riskfritt, då man inte behöver oroa sig för att något kan bli förstört.

Det finns också nackdelar med simulering. Till dessa hör bland annat att studier, för att läsa in sig i simuleringssprogrammet, lätt kan bli för tidsödande. Det kräver stora resurser i form av både tid och personal.

I Hasselfors kan man allmänt säga, att beroende på mixen av timmerklasser uppstår olika flaskhalsar i produktionen. Begränsningen i hela såglinjen är beroende av vilken dimension som sågas. Vid sågning av kläna dimensioner får man naturligt ett relativt litet styckeantal ur varje stock, vilket leder till att kantverken och ströläggaren inte har några problem att hinna med. Istället är problemet att hinna få in färdigbarkade stockar till sågen från barklinjen.

För grova dimensioner, där styckeantalet ur varje stock är stort, är förhållandet det omvända. Dock för de allra grövsta dimensioner har även barklinjen problem att hinna med i kapacitet.

Det är alltså så, att en maskindel i slutet av produktionslinjen kan ena gången vara en flaskhals för en viss timmerklass, medan en annan maskindel är det för en annan timmerklass.

Intressant är resonemanget kring stockluckan, där alla små stopp mindre än 1 minut bidrar till att medelstockluckan blir omkring två meter. Idag registreras inte dessa som stopp, utan sågen fortsätter att gå. Kan man få reda på den totala tiden av alla små stopp, skulle man kunna jämföra den mellan olika timmerklasser, för att se i vilken klass som den påverkar mest. För att ta reda på den totala tiden för små stopp, kan man förhoppningsvis i ett första steg, låta den dator som registrerar alla stopp större än 1 minut, även räkna ut den totala stopptiden för alla små stopp. Men, i nästa steg, för att kunna åtgärda och minska småstoppen krävs det, att det också registreras vad som orsakat stoppen.

Den färdiga simuleringssmodellen har stor valfrihet för användaren, att själv fritt välja vilken timmerklass som önskas simuleras.

Utvecklingsmöjligheter

Den version av programmet som används i examensarbetet, är en enklare studentversion som är gratis att ladda ner från internet och där kan man också beställa och köpa till den fullständiga versionen. I den finns det inga begränsningar, vad det gäller antalet enheter som får användas. Det finns dessutom en rad fler olika funktioner och möjligheter till att ytterligare förbättra och förfina den gjorda simuleringsmodellen i det här arbetet.

Referenslista

Litteratur

Banks, Jerry (2000), *Getting started with AutoMod*, Brooks Automation Inc, Chelmsford, Massachusetts, USA

AutoMod (2003a), *Beginning AutoMod tutorial*, Brooks Automation Inc, Chelmsford, Massachusetts, USA.

AutoMod (2003b), *AutoMod User's guide volumes 1 and 2*, Brooks Automation Inc, Chelmsford, Massachusetts, USA.

AutoMod (2003c), *Procedures Dictionary*, Brooks Automation Inc, Chelmsford, Massachusetts, USA.

Olsson, Gustaf – Rosen, Christian (2004), *Industrial automation, kap. 6.5*, Avd. IEA, LTH, Lund

Ståhl, Jan-Eric (2000), *Tillverkningsystem HT-2000*, Kompendium, kap. 3.4, Avd. MTOV, LTH, Lund

Internet

Setra Group (2004-09-27), Hemsida
<http://www.setragroup.se>

Setra Group (2004-12-15a), Kort om Setra
<http://www.setragroup.se/templates/Page.aspx?id=127>

Setra Group (2004-12-15b), Kort fakta om Setra Group
<http://www.setragroup.se/templates/Page.aspx?id=186>

Setra Group (2004-12-15c), Parterna
<http://www.setragroup.se/upload/Bilder/Illustrationer/parterna.jpe>

XDIN (2004-12-20), AutoMod
<http://www.xdin.com/default.asp?link=5-229-796>

Programvara

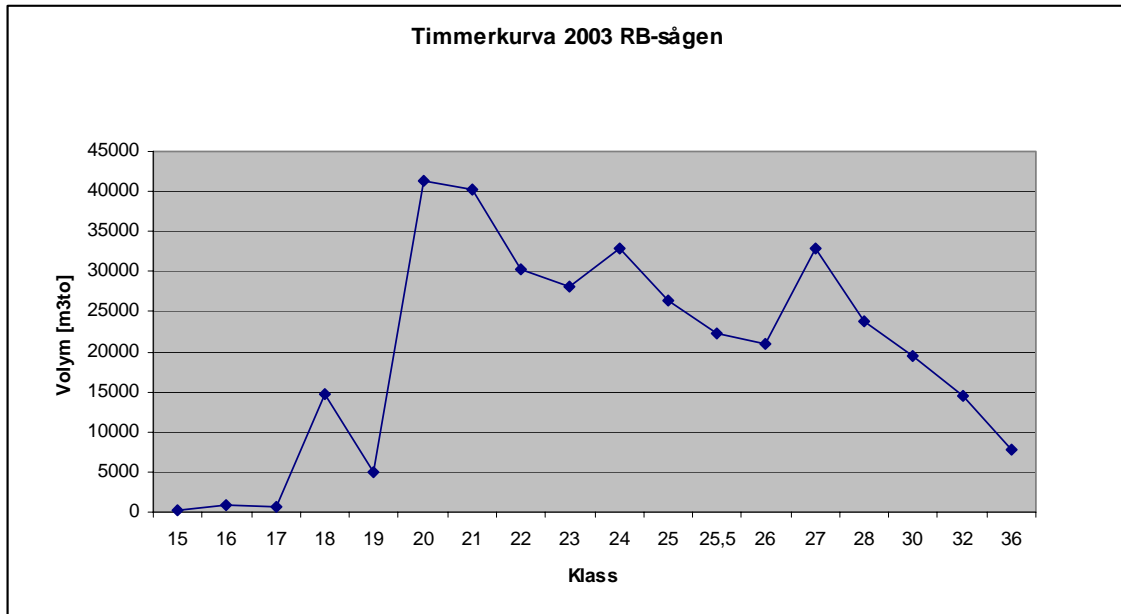
Simuleringsprogrammet AutoMod™. (2004-10-04), *AutoMod 11.1 (Student Version)*
<http://www.automod.com/academic/academic.html>

Bilagor

<i>Bilaga 1. Timmerkurva 2003.....</i>	<i>33</i>
<i>Bilaga 2. Stopptider på RB-sågen under perioden januari – augusti 2004.....</i>	<i>34</i>
<i>Bilaga 3. Produktionsutrustningens tillgänglighet.....</i>	<i>35</i>
<i>Bilaga 4. Nya timmerklasser fr.o.m. 2004-12-01.</i>	<i>36</i>
<i>Bilaga 5. In- och utdata för simulering G18 med varierande matningshastigheter.....</i>	<i>37</i>
<i>Bilaga 6. In- och utdata för simulering G18 med olika ombyggnadsförslag.....</i>	<i>38</i>
<i>Bilaga 7. Minskning av medelstockluckan i G18.....</i>	<i>39</i>
<i>Bilaga 8. In- och utdata för simulering G20 med varierande matningshastigheter.....</i>	<i>40</i>
<i>Bilaga 9. In- och utdata för simulering G20 med olika ombyggnadsförslag.....</i>	<i>41</i>
<i>Bilaga 10. In- och utdata för simulering G27 med varierande matningshastigheter.....</i>	<i>42</i>
<i>Bilaga 11. In- och utdata för simulering G27 med olika ombyggnadsförslag.....</i>	<i>43</i>
<i>Bilaga 12. In- och utdata för simulering G32 med varierande matningshastigheter.....</i>	<i>44</i>
<i>Bilaga 13. In- och utdata för simulering G32 med olika ombyggnadsförslag.....</i>	<i>45</i>
<i>Bilaga 14. Användarhandledning till simuleringsprogrammet.....</i>	<i>46</i>

Bilaga 1. Timmerkurva 2003

Nedan visas timmerkurvan från 2003 för vad som sågas i RB sågen. Utifrån den har sedan timmerklasserna G18, G20, G27 och G32 valts att simuleras.



Bilaga 2. Stoptider på RB-sågen under perioden januari – augusti 2004.

Sorterade på antal	<i>Antal</i>	<i>Stopp</i>
korta stopp	<i>stopp</i>	<i>min</i>
	<i>korta</i>	
	<i>styck</i>	
Timmerinmatning till såg	908	3 759
Kantverk 1-2	840	2 486
Planklinje	785	2 991
T:O:M Trimmern	597	3 012
Bandsåg	544	2 298
Sortbyte	431	2 683
Undervåning	425	1 330
Barkmaskin	415	2 689
Ströläggare	334	1 998
Delningssåg	265	1 177
Block vändning	231	614
Brädavskiljare Bandsåg	164	652
Brädavskiljare Linck	150	491
Råsortering	146	717
Bandbyte	130	982
Övrigt	50	313
Kompressor / elfel	8	71
Personal/kaffe	8	136
Summa	6 431	28 398

Sorterade på antal	<i>Antal</i>	<i>Stopp</i>
långa stopp	<i>stopp</i>	<i>min</i>
	<i>långa</i>	
	<i>styck</i>	
Barkmaskin	25	1 153
Timmerinmatning till såg	24	1 534
T:O:M Trimmern	18	849
Planklinje	15	810
Bandsåg	11	540
Delningssåg	9	640
Råsortering	8	455
Sortbyte	8	316
Ströläggare	6	310
Undervåning	5	346
Brädavskiljare Linck	5	308
Övrigt	5	874
Block vändning	4	170
Kantverk 1-2	3	171
Bandbyte	2	78
Personal/kaffe	2	70
Kompressor / elfel	1	44
Brädavskiljare Bandsåg	1	50
	152	8 715

Sorterade på antal	<i>Antal</i>	<i>Stopp</i>
totalt stopp	<i>stopp</i>	<i>min</i>
	<i>totalt</i>	
	<i>styck</i>	
Timmerinmatning till såg	932	5 293
Kantverk 1-2	843	2 657
Planklinje	800	3 800
T:O:M Trimmern	615	3 861
Bandsåg	555	2 839
Barkmaskin	440	3 841
Sortbyte	439	2 998
Undervåning	430	1 676
Ströläggare	340	2 308
Delningssåg	274	1 818
Block vändning	235	784
Brädavskiljare Bandsåg	165	702
Brädavskiljare Linck	155	798
Råsortering	154	1 172
Bandbyte	132	1 060
Övrigt	55	1 186
Personal/kaffe	10	206
Kompressor / elfel	9	116
Summa	6 583	37 114

Bilaga 3. Produktionsutrustningens tillgänglighet.

Totalt Jan-Aug 2004						
RB-sågen		<u>Tot produktionstid</u>				
		Timmar	2233,4			
Totalt		V.grad %	72,3			
Antal	Tid	Tid	Tid	Maskindel	MTBF	MTTR
st	min	Timmar	Procent		min	min
340	2 307	38,5	1,72	Ströläggare	394,13	6,79
932	5 293	88,2	3,95	Timmerinmatning till såg	143,78	5,68
440	3 841	64,0	2,87	Barkmaskin	304,55	8,73
					97,67	6,66
555	2 838	47,3	2,12	Bandsåg	241,45	5,11
274	1 819	30,3	1,36	Delningssåg	489,07	6,64
					161,65	5,62
800	3 801	63,4	2,84	Plank linje	167,51	4,75
843	2 657	44,3	1,98	Kantverk 1-2	158,96	3,15
615	3 862	64,4	2,88	Trimmern och brädlinjen	217,89	6,28

Förklaring:

MTBF = Tid mellan fel i medeltal.

MTTR = Tid att reparera i medeltal.

Bilaga 4. Nya timmerklasser fr.o.m. 2004-12-01.

Till vänster i tabellen visas klassen och vilka gränser diametern på stocken får vara inom. Första raden visar tex 16 125 16, det innebär att i bandsågen erhålls två 16 mm bräder och ett block på 125 mm. Nästa rad visar delningssågen, två plank 50x125 och två 22 mm bräder. I t.ex. klass G18 kan man erhålla två "postningar" av detta slag, medan G19 innehåller tre olika "postningar" (jämför figurerna 4-7).

Klass	Dimension		
G 18			
183-192		16 125 16	
	22	50*2	22
		150	
	22	44*2	22
G 19			
193-204		16 150 16	
	22	47*2	22
		16 125 16	
	22	63*2	22
		22 150 22	
	22	50*2	22
G 20			
205-210		22 150 22	
	22	63*2	22
G 21			
211-221		22 150 22	
	22	47*2 32*1	22
		22 150 22	
	22	36*3	22
		22 115 22	
	22	32*4	22
G 22			
222-234		16 175 16	
	22	47*2	22
		22 138 22	
	22	32*4	22
G 23			
235-237		22 145 22	
	16	42*4	16
		22 150 22	
	16	42*4	16

G 23,5			
238-244		22 150 22	
	22	38*4	22
		22 175 22	
	22	63*2	22
		22 150 22	
	16	42*4	16
G 24			
245-253		22 186 22	
	32	40*3	32
		16 190 16	
	32	41*3	32
G 25			
254-257		22 175 22	
	22	44*3	22
G 26			
258-278		22 186 22	
	22	40*4	22
G 28			
279-309		22 200 22	
	32	47*3	32
		22 190 22	
	22	41*4	22
G 30			
310-316		22 225 22	
	22 22	47*3	22 22
G 31			
317-324		22 225 22	
	22 22	44*4	22 22
G 32			
325-359		22 225 22	
	22 22	47*4	22 22
G 36			
360-445		32 225 32	
	32	47*5	32

Bilaga 5. In- och utdata för simulering G18 med varierande matningshastigheter.

Kolumnen som är fetstilad är värden som används idag.

Konstanta parametrar:

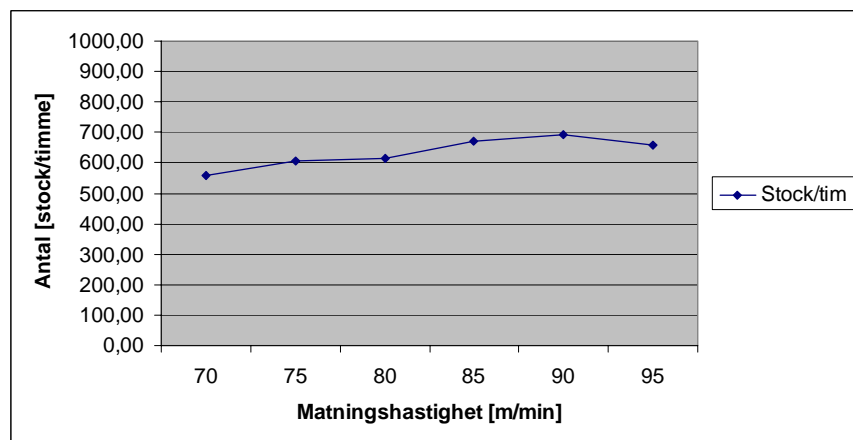
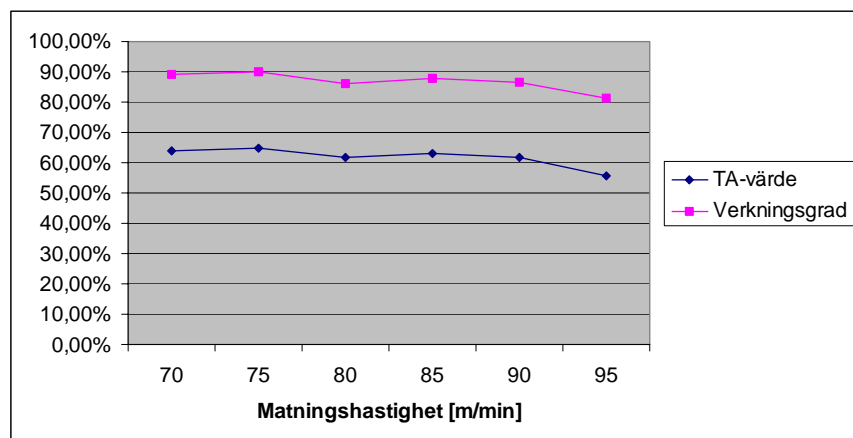
Kapacitet kantverk	60 bitar/min
Kapacitet ströläggare	4500 bitar/min
Matningshastighet barklinje	90 m/min
Medelstocklucka bark	2 m

Indata:

Matningshastighet såglinje [m/min]	70	75	80	85	90	95
Medelstocklucka såg [m]	2	2	2	2	2	2

Utdata:

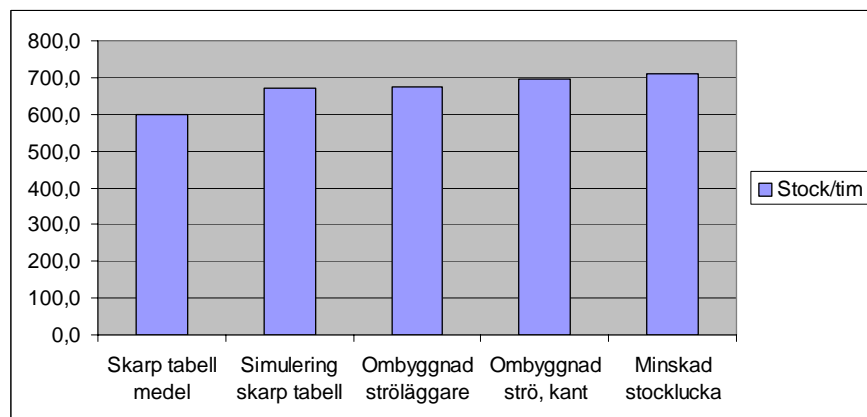
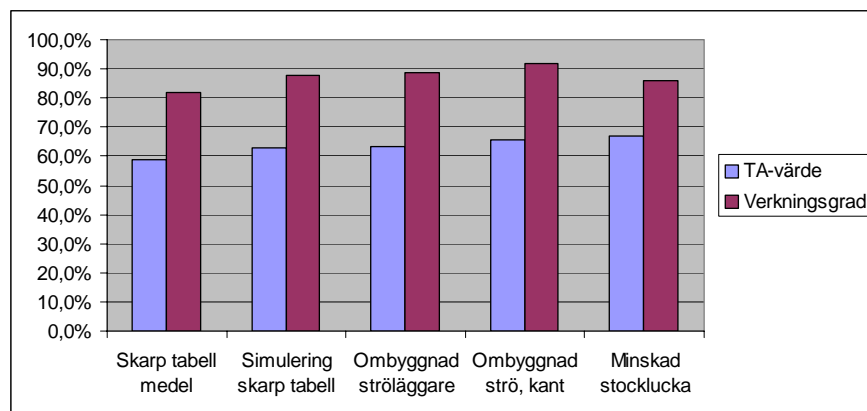
Antal sågade stock	17872	19389	19711	21417	22159	21118
Stock/tim	558,50	605,91	615,97	669,28	692,47	659,94
TA-värde	63,87%	64,67%	61,64%	63,03%	61,59%	55,61%
Stoptid [min]	209,3	191,39	266,98	233,01	256,2	360,47
Bruttotid [min]	1920	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	89,10%	90,03%	86,09%	87,86%	86,66%	81,23%



Bilaga 6. In- och utdata för simulering G18 med olika ombyggnadsförslag.

	Skarp tabell medel	Simulering skarp tabell	Ombyggnad ströläggare	Ombyggnad ströläggare och kantverk	Minskad stocklucka
Indata:					
Kapacitet kantverk [bitar/min]	60	60	60	70	60
Kapacitet ströläggare [bitar/tim]	4500	4500	10000	10000	4500
Matningshastighet barklinje	90	90	90	90	90
Medel stocklucka barklinje	2	2	2	2	1,5
Matningshastighet såg	85	85	85	85	85
Medel stocklucka såg	2	2	2	2	1,5

	Skarp tabell medel	Simulering skarp tabell	Ombyggnad strö, kant	Ombyggnad ströläggare och kantverk	Minskad stocklucka
Utdata:					
Antal sågade stock	19200	21417	21590	22287	22734
Stock/tim	600,0	669,3	674,7	696,5	710,4
TA-värde	58,9%	63,0%	63,5%	65,6%	67%
Stopptid [min]	345,6	233,0	216,3	153,6	268,3
Bruttotid [min]	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	82,0%	87,9%	88,7%	92,0%	86,0%



Bilaga 7. Minskning av medelstockluckan i G18.

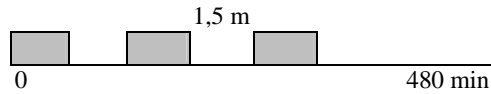
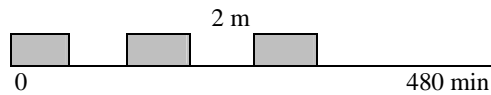
Antag att ströläggaren klarar totalt 10000 bitar/timme och kapaciteten i kantverken ökas till 70 bitar/min. Detta för att försäkra sig om att dessa inte begränsar. Då är det barklinjen som är begränsningen.

1 skift = 480 min

	<u>Barklinje</u>
Stocklucka	2 m
Matningshastighet	90 m/min
Antal stock	5781 st

Stocklucka	1,5 m
Matningshastighet	90 m/min
Antal stock	6240 st

+ 459 st
8%



	4,8 m <u>2 m</u> 6,8 m	4,8 m <u>1,5 m</u> 6,3 m
	480 min	480 min
91%	<u>43,2 min</u> 436,8 min	<u>43,2 min</u> 436,8 min
	90 m/min	90 m/min
tot	39312 m	39312 m
stock	5781 st	6240 st

Total stocklucka 11562 m

Total stocklucka 9360 m

- 2202 m

Vad är skillnaden i tid?

$$t = s / v \quad 24,5 \text{ min}$$

Alltså, för att minska stockluckan från 2 m till 1,5 m krävs det att stopp < 1 min minskas med ca 25 min under åtta timmars sågning. Då kan kapaciteten öka med 8 %.

Bilaga 8. In- och utdata för simulering G20 med varierande matningshastigheter.

Kolumnen som är fetstilad är värden som används idag.

Konstanta parametrar:

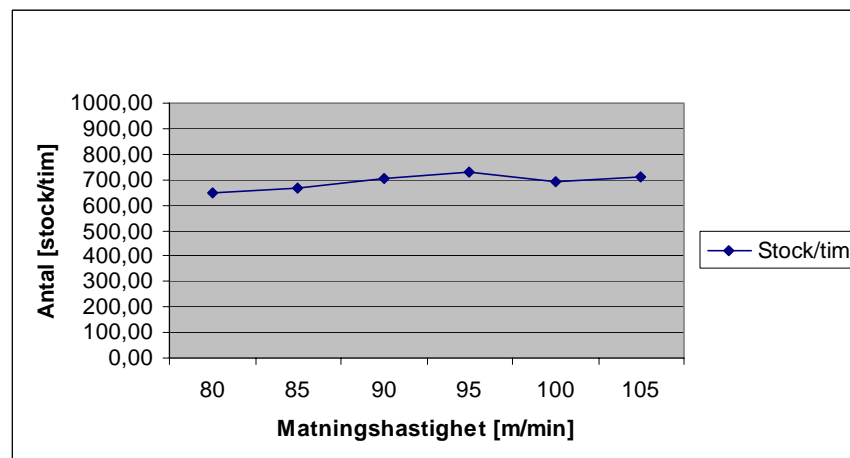
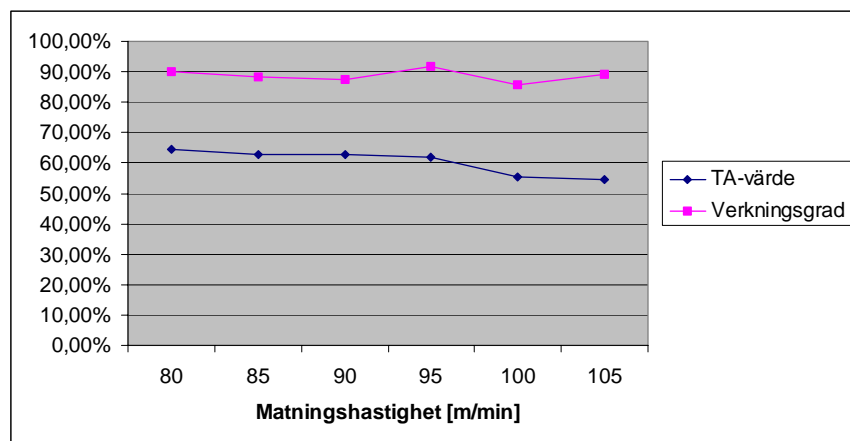
Kapacitet kantverk	60 bitar/min
Kapacitet ströläggare	4500 bitar/min
Matningshastighet barklinje	90 m/min
Medelstocklucka bark	2 m

Indata:

Matningshastighet	80	85	90	95	100	105
Stocklucka	2	2	2	2	2	2

Utdata:

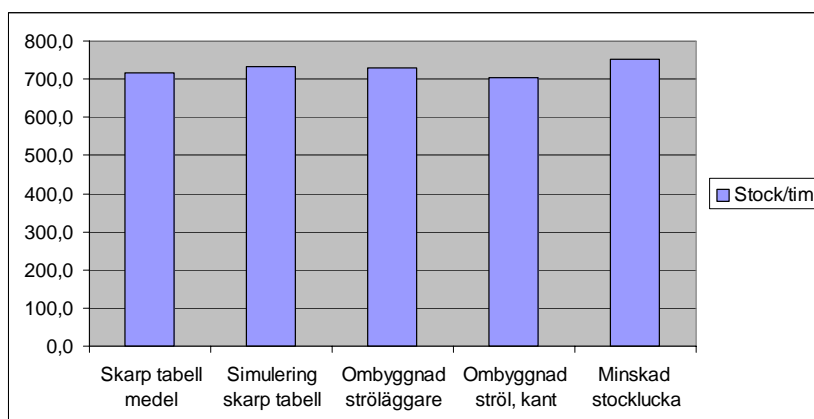
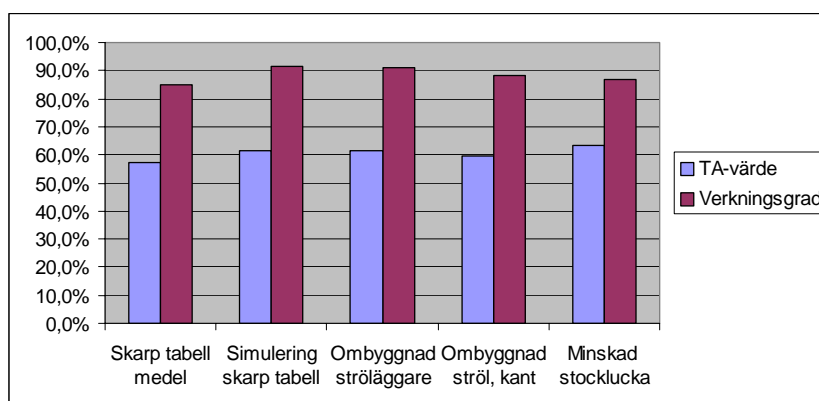
Antal sågade stock	20639	21378	22610	23436	22144	22821
Stock/tim	644,97	668,06	706,56	732,375	692,00	713,16
TA-värde	64,54%	62,92%	62,85%	61,71%	55,40%	54,37%
Stopptid	190,5	223,57	241,18	158,35	271,03	208,35
Bruttotid	1920	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	90,08%	88,36%	87,44%	91,75%	85,88%	89,15%



Bilaga 9. In- och utdata för simulering G20 med olika ombyggnadsförslag.

	Skarp tabell medel	Simulering skarp tabell	Ombyggnad ströläggare	Ombyggnad ströläggare och kantverk	Minskad stocklucka
Indata:					
Kapacitet kantverk [bitar/min]	60	60	60	70	60
Kapacitet ströläggare [bitar/tim]	4000	4000	10000	10000	4000
Matningshastighet barklinje	90	90	90	90	90
Medel stocklucka barklinje	2	2	2	2	1,5
Matningshastighet såg	95	95	95	95	95
Medel stocklucka såg	2	2	2	2	1,5

	Skarp tabell medel	Simulering skarp tabell	Ombyggnad ströläggare	Ombyggnad ströl, kant	Minskad stocklucka
Utdata:					
Antal sågade stock	22912	23436	23320	22563	24070
Stock/tim	716,0	732,4	728,8	705,1	752,2
TA-värde	57,3%	61,7%	61,4%	59,4%	63,4%
Stopptid [min]	288	158,35	171,61	228,63	253,16
Bruttotid [min]	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	85,0%	91,8%	91,1%	88,1%	86,8%



Bilaga 10. In- och utdata för simulering G27 med varierande matningshastigheter.

Kolumnen som är fetstildad är värden som används idag.

Konstanta parametrar:

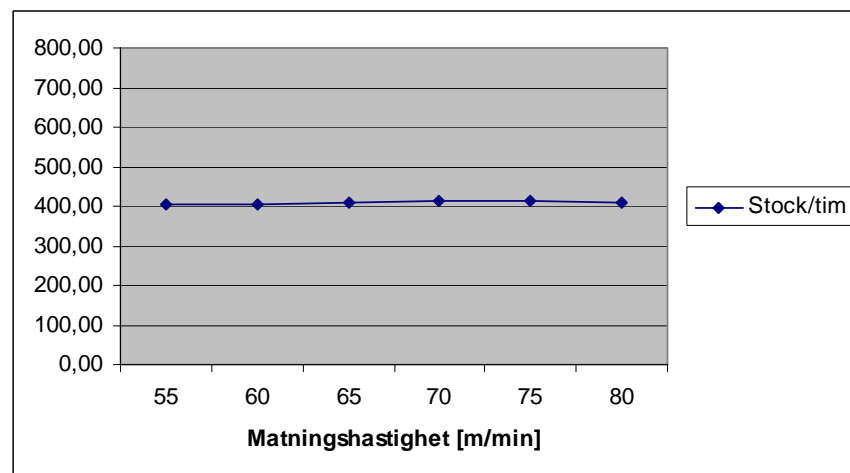
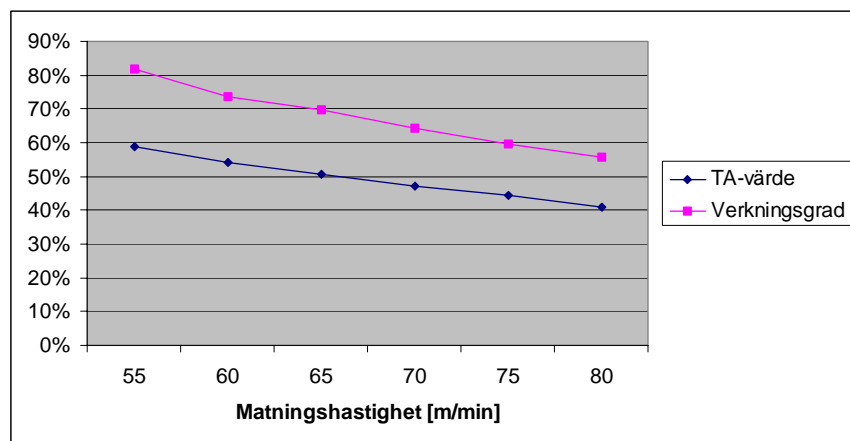
Kapacitet kantverk	60 bitar/min
Kapacitet ströläggare	3500 bitar/min
Matningshastighet barklinje	75 m/min
Medelstocklucka bark	2 m

Indata:

Matningshastighet	55	60	65	70	75	80
Stocklucka	2	2	2	2	2	2

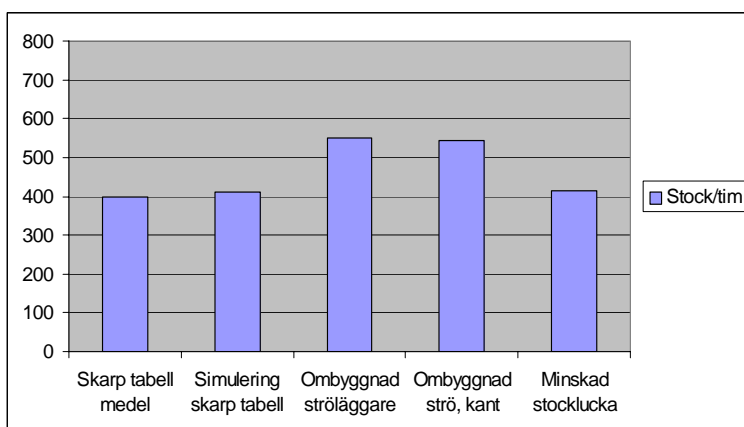
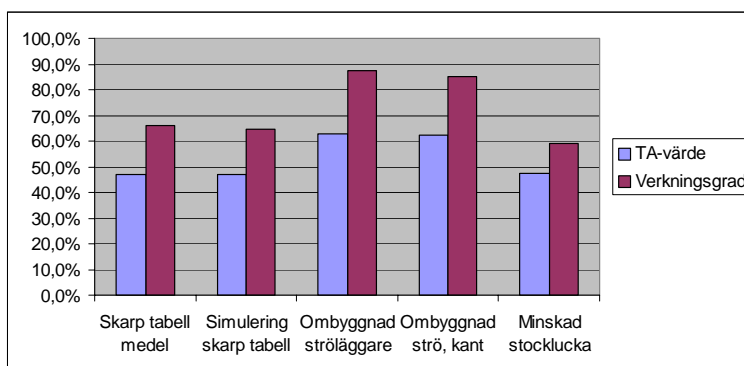
Utdata:

Antal sågade stock	12972	13000	13110	13201	13265	13061
Stock/tim	405,38	406,25	409,69	412,53	414,53	408,16
TA-värde	59%	54%	50%	47%	44%	41%
Stopptid	352,47	509,63	580,82	682,09	772,15	851,46
Bruttotid	1920	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	81,64%	73,46%	69,75%	64,47%	59,78%	55,65%



Bilaga 11. In- och utdata för simulering G27 med olika ombyggnadsförslag.

	Skarp tabell medel	Simulering skarp tabell	Ombyggnad ströläggare	Ombyggnad ströläggare och kantverk	Minskad stocklucka
Indata:					
Kapacitet kantverk [bitar/min]	60	60	60	70	60
Kapacitet ströläggare [bitar/tim]	3500	3500	10000	10000	3500
Matningshastighet barklinje	75	75	75	75	75
Medel stocklucka barklinje	2	2	2	2	1,5
Matningshastighet såg	70	70	70	70	70
Medel stocklucka såg	2	2	2	2	1,5
Utdata:					
Antal sågade stock	12800	13201	17625	17428	13299
Stock/tim	400	412,5	550,8	544,63	415,59
TA-värde	46,9%	47,2%	63,0%	62,3%	47%
Stopptid [min]	652,8	682,09	236,78	282,99	783,97
Bruttotid [min]	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	66,0%	64,5%	87,7%	85,3%	59,17%



Bilaga 12. In- och utdata för simulering G32 med varierande matningshastigheter.

Konstanta parametrar:

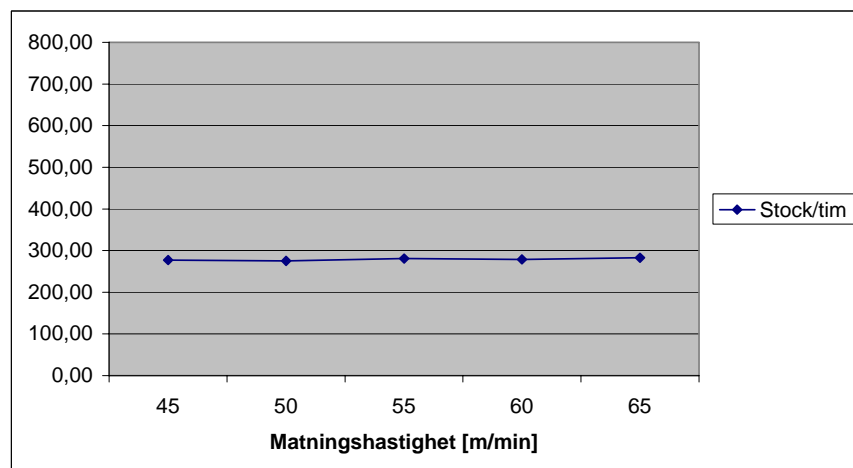
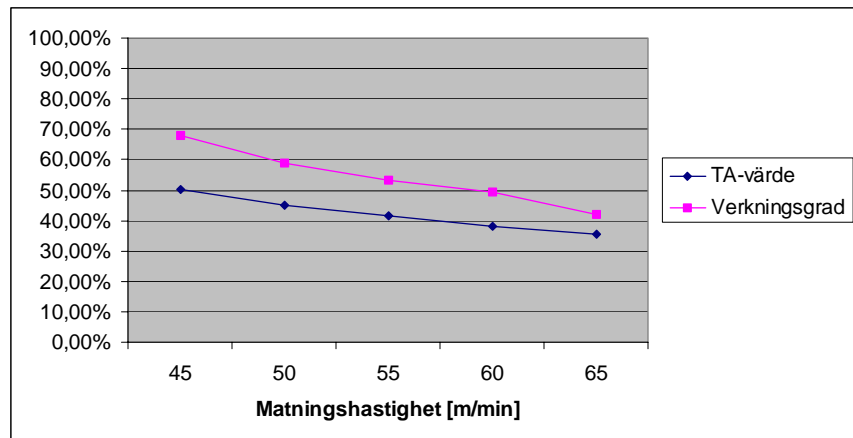
Kapacitet kantverk	60 bitar/min
Kapacitet ströläggare	3000 bitar/min
Matningshastighet barklinje	60 m/min
Medelstocklucka bark	2 m

Indata:

Matningshastighet såglinje	45	50	55	60	65
Medelstocklucka såg	2	2	2	2	2

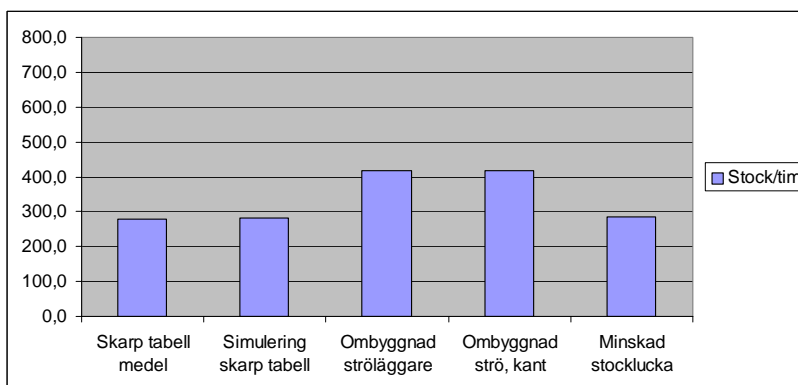
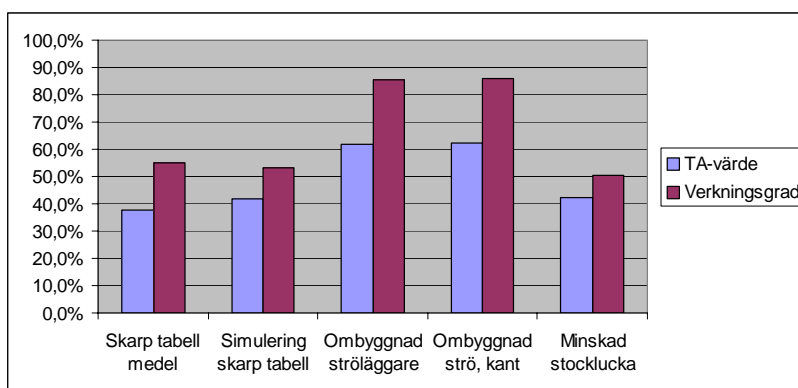
Utdata:

Antal sågade stock	8876	8811	8980	8927	9045
Stock/tim	277,38	275,34	280,63	278,97	282,66
TA-värde	50,37%	45,00%	41,70%	38,00%	35,54%
Stoptid	611,38	792,41	896,54	973,41	1113,14
Bruttotid	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	68,16%	58,73%	53,31%	49,30%	42,02%

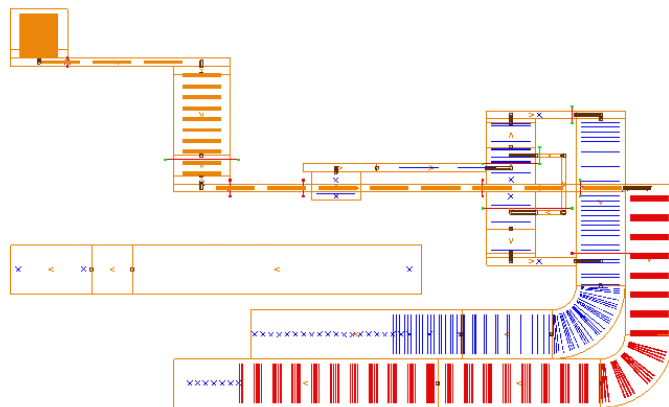


Bilaga 13. In- och utdata för simulering G32 med olika ombyggnadsförslag.

	Skarp tabell medel	Simulering skarp tabell	Ombyggnad ströläggare	Ombyggnad ströläggare och kantverk	Minskad stocklucka
Indata:					
Kapacitet kantverk [bitar/min]	60	60	60	70	60
Kapacitet ströläggare [bitar/tim]	3000	3000	10000	10000	3000
Matningshastighet barklinje	60	60	60	60	60
Medel stocklucka barklinje	2	2	2	2	2
Matningshastighet såg	55	55	55	55	55
Medel stocklucka såg	2	2	2	2	2
Utdata:					
Antal sågade stock	8960	8980	13353	13388	9122
Stock/tim	280,00	280,63	417,28	418,38	285,06
TA-värde	37,9%	41,7%	62,0%	62,2%	42,4%
Stopptid [min]	864	896,54	283,31	273,35	948,81
Bruttotid [min]	1920	1920	1920	1920	1920
Verkningsgrad	55,00%	53,31%	85%	86%	51%

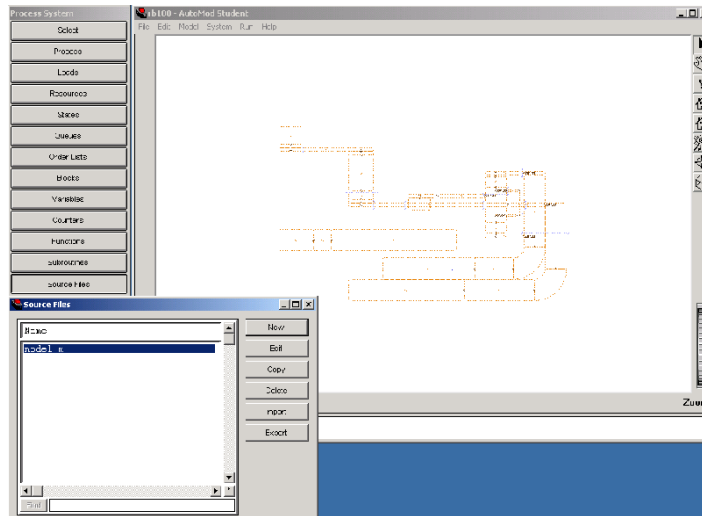


Användarhandledning till simuleringsprogrammet AutoMod™



Börja med att starta programmet från *start-menyn* i windows, *program, AutoMod 11.1 (student version)* och *AutoMod*.

Välj därefter *file* och *open*. Leta reda på den mapp där modellen finns sparad och välj den med ändelse *.arc* och öppna. Välj *model* och öppna. Modellen läses då in och öppnas i tre olika fönster.



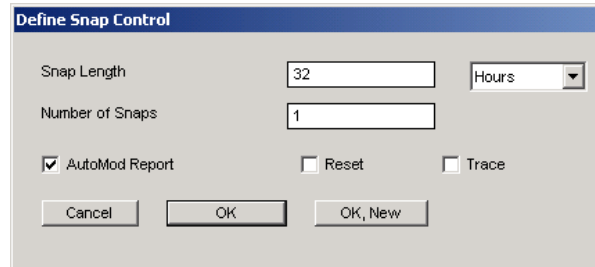
I menyraden process system till vänster väljs *source files* och i fönstret source files markera *model.m* och tryck på *edit*.

Nu öppnas ytterligare ett fönster där programmeringskoden till simuleringen finns. I början av koden finns en initialisering där samtliga variabler som kan vara av intresse att ändra finns. Till höger, med grön text, finns förklaring till vad varje variabel har för funktion. Ändra dessa till önskat värde och välj sedan *save* och *exit*.

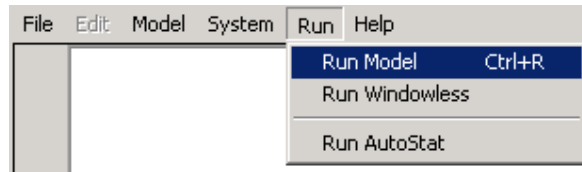
```
AutoMod Editor - model.m~
File Edit Search View Window Help
-----Initialisering-----*/
2
3begin model initialization function
4  set V_stocklucka_sag = 0.5          /* Stocklucka i sekunder för såglinjen */
5  set V_stocklucka_bark = 0.5        /* Stocklucka i sekunder för barklinjen */
6  set V_ant_delning1 = 1             /* Antal sidobräder på varje sida vid bands
7  set V_ant_delning2 = 1             /* Antal sidobräder på varje sida vid delni
8  set V_ant_bräd_paket = 360         /* Antal bräder som tillsammans bildar ett p
9  set V_ant_plank_paket = 170        /* Antal plank som tillsammans bildar ett p
10 set V_hast_barklinje = 105         /* Hastigheten på barklinjen*/
11 set V_hast_saglinje = 100          /* Hastigheten på såglinjen*/
12 set V_ant_post = 10000             /* Antal i posten som skall sågas*/
13 set V_ovrebuffert_kant1 = 35       /* Max antal bräder i buffertzonen innan ka
14 set V_undrebuffert_kant1 = 25      /* Min antal bräder i buffertzonen innan ka
15 set V_medellangd_stock = 480       /* Medellängd på stockarna i cm */
16 set V_ant_plank = 4                /* Antal plank som sågas ur stocken */
17 set V_kapacitet_strolaggare = 4500 /* Kapaciteten på strolaggaren i st/timme*/
18 set V_kapacitet_trimmer = 80       /* Kapaciteten på trimmern i st/min */
19 set V_kapacitet_kant1 = 36         /* Kapaciteten på kantverk 1 i st/min */
20 set V_kapacitet_kant2 = 24         /* Kapaciteten på kantverk 2 i st/min */
21 set V_vrak_trimmer = 10            /* Procentdel som vrakas av bräderna */
22  return true
23end
24
25
26/*-----Kloning av laster-----*/
27
28begin P_dummy1 arriving procedure   /* "Dummy" bräda som klonas till bandsågen
29  move into Q_wait
30  clone 1 load to P_fack             /* Skapar en engångslaster för att kunna st
31  clone 1 load to P_trasig_barklinje
32  clone 1 load to P_trasig_saglinje
```

Du kommer nu tillbaka till de tre första fönstren igen.

För att bestämma hur lång tid simuleringen ska ha markerar du fönstret *process system* och väljer sedan *run control*. Välj *edit* och fönstret *define snap control* öppnas. Där går det att ändra tiden en simulering ska ha vid *snap length*. Ange önskad tid och välj en enhet, välj sedan OK och stäng fönstret run control.

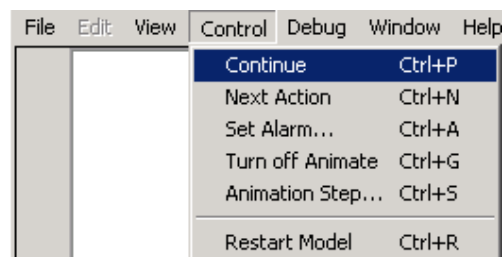


Välj sedan *file* och *save* för att spara inställningarna. Välj därefter *run* och *run model* och svara *yes* på frågan "*build the model?*". Tre nya fönster öppnas och här kommer själva simuleringen att ske.



Börja med att välja *view* och *variables*. Där visas alla variabler som programmet använder, både de som du förutbestämde tidigare och de som programmet själv bestämmer. Det går också bra att ändra variablerna här istället för i initialiseringen, men kan vara svårare att hitta vilka det är som skall ändras. Det går också att ändra variablerna under simuleringens gång. För att ändra en variabel måste den markeras, ändras och avslutas med ett return. Stäng sedan *variable report* fönstret.

Nu är du klar att starta simuleringen. Det gör du genom att välja *control* i menyraden och *continue*.

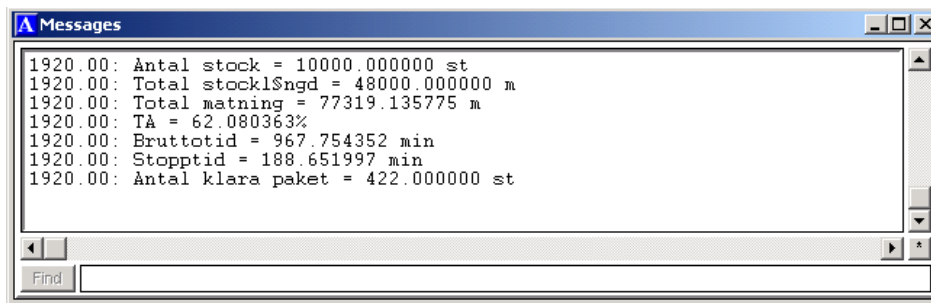


Nu när simuleringen är igång finns det några kort-kommandon som kan vara bra att kunna. **D** och **Skift-D** används för att minska respektive öka simuleringshastigheten.

P är pause.

G används för att slå av och på den grafiska simuleringen. Det innebär att utan någon grafik sker simuleringen snabbare.

Efter avslutad simulering visas i meddelandefönstret antal stock, total stocklängd, total matning, TA-värdet, bruttotid, stopptid och antal klara paket som ströläggaren gjort.



```
1920.00: Antal stock = 10000.000000 st
1920.00: Total stocklSngd = 48000.000000 m
1920.00: Total matning = 77319.135775 m
1920.00: TA = 62.080363%
1920.00: Bruttotid = 967.754352 min
1920.00: Stopptid = 188.651997 min
1920.00: Antal klara paket = 422.000000 st
```

Går man sedan till utforskaren och letar reda på programmet (ev, C:\program\AutoMod\models) finns där en så kallad **report-file** ("modellnamn".report). Öppna den i Anteckningar, där finns mycket information, både intressant och mindre intressant. Bland annat ser man hur många stockar som är sågade, vilka plank- och brädfack som använts, antal bräder i varje kantverk, verkningsgraderna för de olika motorerna samt hur många gånger de ha varit nere.

C_fack visar hur många bräder eller plank det har varit i varje fack. De fack som har 0 innebär att det inte använts i simuleringen.

OL_fack är tömningsslistan till ströläggaren. Den visar hur många paket som har strölagts och hur många som fortfarande står i kö.

Kant 1 och Kant 2 visar hur många bräder som varje kantverk har haft under simuleringen.

Fotocell 8 registrerar hur många stockar som sågats i såglinjen.

Alla motorer börjar med ändelse M_ och visas längst ned i tabellen. Där visas hur många gånger varje motor varit trasig samt verkningsgraden.

För ytterligare hjälp eller fördjupningar i programmets funktioner hänvisas till medföljande pdf, *Getting started with AutoMod*, kapitel 2. Den finns under **start-menyn, program**, **AutoMod 11.1 (student version), dokumentation, online manuals**.