

# ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 593 2005



## Automatisk sortering med engreppsskördare vid slutavverkning

Per Erikssohn & Marcus Oscarsson

Ämnesord: Automation, sortering, HMI, simulator

---

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

---

ISSN 1404-305X



## Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete, TMXD20, inom civilingenjörsutbildningen i maskinteknik vid Linköpings tekniska högskola (LiTH). Projektet omfattar två gånger 20 poäng och är utfört på uppdrag av Skogforsk. Arbetet genomfördes i samarbete med Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik (IKP), avdelningen Industriell arbetsvetenskap (IAV), vid LiTH och Oryx Simulations AB. Examensarbetet har utförts vid Skogforsk i Uppsala under perioden september 2004 till februari 2005.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare, Björn Löfgren på Skogforsk och Kjell Ohlsson på IAV, för all hjälp under projektets gång.

Andreas Lind vid Oryx Simulations AB förtjänar också en eloge för det arbete han lagt ner på programmering och för att varit tillgänglig för support och diskussion i stort sett dygnet runt. Vi vill även tacka Staffan Larsson för värdefulla synpunkter och hjälp med tester och utvärdering av koncepten.

Uppsala, februari 2005

Per Erikssohn

Marcus Oscarsson

# Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning.....	4
Inledning .....	4
Skogforsk.....	5
Bakgrund.....	5
Syfte .....	5
Avgränsningar.....	6
Teori.....	6
Maskiner i skogsbruket .....	6
Skördare .....	6
Drivare .....	8
Autonoma system .....	9
Virkessortiment .....	9
Fysisk arbetsbelastning.....	10
Allmänt om belastningsergonomi .....	10
Askungesyndromet .....	11
Mikropauser .....	12
Mental arbetsbelastning .....	12
Arbete med simultana uppgifter.....	12
Mätning av den mentala belastningen.....	14
NASA-TLX.....	15
Belastning inom skogsbruket.....	15
Arbete i skogsmaskiner .....	15
Belastningsskador .....	16
Automation .....	17
Varför ska automation ske?.....	17
Hur ska automation ske? .....	17
Problem i samband med automation .....	18
Adaptiva system.....	19
Automation inom skogsbruket.....	20
Datapresentation.....	20
Val av display .....	21
Kodning.....	21
Vanliga problem med presentation av data .....	21
Simulator som arbetsverktyg .....	22
Simulator i utbildningssyfte.....	22
Simulator som forskningsverktyg.....	23
Tekniska system.....	24
GPS.....	24
Head-up display .....	24
Talgränssnitt.....	25
Metod.....	25
Litteraturstudie .....	25
Kognitiv uppgiftsanalys.....	25
Observation.....	26
Muntlig arbetsbeskrivning .....	26
Semistrukturerad intervju .....	26
Dataanalys.....	26
Konceptframtagning och utveckling.....	27
Granskning av problem .....	27
Skapa och granska koncept .....	27
Utvärdering och val av koncept .....	27
Utvärdering i simulator.....	28

Test .....	28
Deltagare .....	29
Material .....	29
Statistisk kontroll av resultat .....	30
Genomförande .....	30
Litteraturstudie .....	30
Kognitiv uppgiftsanalys .....	31
Observation .....	31
Muntlig arbetsbeskrivning .....	31
Semistrukturerad intervju .....	32
Dataanalys .....	32
Konceptframtagning och utveckling .....	33
Val och granskning av problem .....	33
Skapa och granska koncept .....	34
Utvärdering och val av koncept .....	35
Utvärdering i simulator .....	36
Test .....	36
Deltagare .....	37
Testets genomförande .....	37
Statistisk kontroll av resultat .....	37
Resultat .....	38
Slutgiltiga koncept .....	38
Manuellt förarbete .....	38
Sortering i fack .....	39
Tidsstudie och kontroll .....	40
Tidsstudie .....	40
Kvalitetskontroll .....	41
Reglageanvändning .....	41
Spakrörelser .....	42
Knappptryckningar .....	43
Mikropaus .....	44
Subjektiv bedömning .....	44
NASA-TLX .....	44
Statistisk kontroll .....	46
Omdöme .....	46
Diskussion .....	46
Metodkritik .....	48
Slutsatser .....	49
Förslag till framtida forskning .....	50
Referenser .....	51
Bilaga 1 Ordlista .....	55
Bilaga 2 Planering i form av Gantt-schema .....	57
Bilaga 3 Knappfunktion .....	59
Bilaga 4 Manöverreglage .....	61
Bilaga 5 Intervju med fokus på sortering .....	63
Bilaga 6 Intervju angående gallring .....	65
Bilaga 7 Kommunikation Människa-Maskin-Natur .....	67
Bilaga 8 Resultat av idégenerering .....	69
Bilaga 9 NASA-TLX .....	75
Bilaga 10 Skogforsk simulator .....	77
Bilaga 11 Testscenario .....	79
Bilaga 12 Reglageanvändning .....	81
Bilaga 13 Tidsstudie och sorteringskontroll .....	87
Bilaga 14 Testresultat från NASA-TLX-undersökningen .....	89
Bilaga 15 Statistisk kontroll .....	91

## Sammanfattning

Arbetet som skogsmaskinförare är mycket belastande både fysiskt och mentalt. För att minska arbetsskador och sjukskrivningar, vilket i längden kan leda till brist på förare och svårigheter att rekrytera nya, behöver arbetsbelastningen minskas. Genom att införa automation av vissa delar av skördarförarens arbete kan vinster avseende både den fysiska och mentala belastningen göras. Detta genom att föraren får mer tid att ta de många beslut som ingår i arbetet medan maskinen tar över enkla, upprepade moment. Därmed minskar också reglageanvändningen och det ges fler möjligheter till mikropauser då musklerna kan återhämta sig.

Målet med examensarbetet var att genom studier av kommunikationen mellan människa och maskin komma med förslag på hur belastningsproblemen kan lindras. Samtidigt får inte produktiviteten försämrats, eftersom det skulle avskräcka tillverkare och köpare att satsa på nya idéer.

Genom att göra intervjuer och observationer med förare samt studiebesök hos tillverkare, kunde en kognitiv uppgiftsanalys av förarens arbetssituation göras. Utifrån analysen identifierades en rad problemområden varav ett valdes ut för fortsatt arbete. Arbetet fokuserades på att utveckla en automatisk sorteringsfunktion och en rad idéer arbetades fram. Två av dessa idéer vidareutvecklades till färdiga koncept vilka sedan testades och analyserades i simulatormiljö. För att få en uppfattning om hur de nya funktionerna fungerade i jämförelse med dagens arbete gjordes också samma test med det konventionella arbetssättet för att få ett referensvärde. För att få en uppfattning om hur koncepten upplevdes, gjordes även subjektiva mätningar av arbetsbelastningen.

Resultaten av studien visar att reglageanvändningen minskar vilket ökar möjligheterna till mikropauser i arbetet. Det ger föraren möjligheter att återhämta sig under arbetets gång och därmed minska belastningsproblemen. Det visar sig dock att avverkningstiden ökar något och att de subjektiva skattningarna hos de nya koncepten är något sämre än referensvärdena. Det beror dock med stor sannolikhet på att testföraren till vardags arbetar med det konventionella arbetssättet och att det inte fanns tid för tillräcklig övning och tillvänjning till de nya koncepten.

## Inledning

Arbetet med skogsmaskiner innebär hög belastning på föraren, både fysiskt och mentalt. Genom att automatisera vissa funktioner i skogsmaskinen kan arbetsbelastningen hos förarna minskas. Frågan som kvarstår är dock vad som ska automatiseras, och till vilken grad automatiseringen ska ske, för att få bästa möjliga resultat gällande arbetsmiljö och produktivitet.

Inledningsvis presenteras uppdragsgivaren, samt bakgrund och syfte med projektet. Därefter behandlas den teori och metod som använts som underlag för studien. I nästa kapitel redovisas genomförandet av konceptframtagning och tester. Resultaten från konceptframtagningen och testerna presenteras i rapportens avslutande del. För att underlätta förståelsen av rapporten finns en ordlista med vanligt förekommande termer inom skogsbruket bifogad i Bilaga 1.

## **SKOGFORSK**

Skogforsk är det svenska skogsbrukets forskningsinstitut och finansieras gemensamt av staten och skogsnäringen. Totalt är det omkring 100 medarbetare i Uppsala, Brunsberg, Ekebo och Sävar. Cirka 60 personer bedriver forskning inom de två huvudområdena, skogsproduktion och virkesförsörjning. De två forskningsområdena är i sin tur uppdelade i ett flertal olika forskningsprogram som till exempel teknik, logistik, förädling och skogsskötsel. Stor vikt läggs vid att resultaten av forskningen ska vara lättillgängliga för intresserade och kunna implementeras i praktiskt skogsbruk. ([www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)).

## **BAKGRUND**

Under de senaste 40 åren har skogsindustrin genomgått en kraftig mekanisering och det är till stor del tack vare denna som skogsbranschen har kunnat hålla en acceptabel lönsamhet, trots sjunkande råvarupriser. Den ökade mekaniseringen, vilken varit tydlig i alla industrigrenar, har inom skogsbranschen drivits av skogsföretagen tillsammans med Skogforsk och dess föregångare samt maskintillverkarna. Detta utvecklingsarbete har resulterat i ett högproduktivt och effektivt tvåmaskinsystem bestående av en engreppsskördare och en skotare. Ett system som i dag används vid nästan all drivning inom skogsbruket.

Under senare år har det helt mekaniserade skogsbruket, tagit till sig den senaste tekniken inom data- och elektronikområdet. Detta har, tillsammans med ökat ergonomiskt tänkande, förbättrat den fysiska arbetsmiljön för skogsmaskinförarna. Trots detta ligger belastningsrelaterade besvär såsom värk i nacke, axlar och rygg fortfarande på en hög nivå till följd av det monotona arbetet med spakreglagen och det höga arbetstempot. Mycket kan vinnas med en högre grad av automation, bland annat större möjligheter till mikropauser för operatören. Uppmärksamhet måste dock riktas mot det faktum att ökad datorisering och automatisering av maskiner förändrar förarens roll i systemet till att bli mer av en övervakare. Den stora mängd information som operatören ska hantera samt det höga arbetstempot gör arbetet i en skogsmaskin mentalt påfrestande. Detta har gjort att den mentala arbetsmiljön inom skogsbruket upplevs ha försämrats.

Mer automation i skogsmaskinerna avlastar föraren i sitt arbete och mer fokus kan läggas på kvalitetsarbete såsom att identifiera röta eller stamkrökar, i stället för att styra kranen. Införandet av fler automatiska funktioner hos maskinen måste dock göras med försiktighet. Det finns en uppenbar risk att förarens arbetsuppgifter utarmas så denne upplever att arbetet inte känns meningsfullt och att möjligheterna till individuell påverkan begränsas.

## **SYFTE**

Syftet med projektet var att studera hur kommunikationen mellan människa och maskin kan förbättras vid automation av en engreppsskördarens funktioner dels för att förbättra förarens arbetsmiljö men även för att öka produktiviteten.



## **AVGRÄNSNINGAR**

Målet var att utarbeta nya koncept för förbättrad kommunikation mellan människa och teknik vid automation av skogsmaskiner. Då detta är ett tämligen övergripande mål var det nödvändigt att avgränsa arbetet till något mer handgripligt. Efter att ha studerat skördaroperatörens arbete och fått en förståelse av den problematik som arbetet medför, bestämdes att fokus skulle ligga på att automatisera hela, eller delar av, sorteringen samt att skapa en enklare modell för visualisering av den viktigaste informationen. Detta skulle då, tillsammans med det arbete Brander och Eriksson (2004) gjort, ge automatiseringssekvenser som täcker in hela avverkningsförloppet vid slutavverkning.

## **Teori**

Detta avsnitt innehåller den teoretiska referensram som projektet bygger på. Först görs en beskrivning av de olika maskinsystem som finns inom skogsbruket som omfattas av rapporten och hur olika typer av virke sorteras. Därefter beskrivs hur den fysiska och mentala belastningen påverkar arbetet inom skogsbruket. Sedan beskrivs hur data ska presenteras, teori om automation och sist i kapitlet beskrivs hur simulatorer används samt tre tekniska system, vilka ökar förståelsen inför det fortsatta läsandet.

## **MASKINER I SKOGSBRUKET**

Det moderna skogsbruket är i dag helt mekaniserat. Drivningen sker till största del med ett tvåmaskinsystem, där en skördare avverkar träden.

Terrängtransport av virket sker sedan med hjälp av en efterföljande skotare. I dag är drivaren, en kombinerad skördare och skotare, ett alternativ.

Nedan följer en genomgång av de tre maskiner som används mest i det svenska skogsbruket i dag samt en kort presentation om visionen med autonoma maskiner i skogsbruket.

### **Skördare**

Engreppsskördaren är det fordon som används mest i avverkningen. Tvågreppsskördaren, som tidigare använts, har försvunnit alltmer och är i dag så gott som utfasad (Löfgren, 2004). Engreppsskördaren sköter både fällning och upparbetning med samma aggregat, vilket är placerat längst fram i kranspetsen, se Figur nr 1 (Nordansjö, 2000).



Figur 1.  
En skördare, modell Valmet 901.2, i arbete vid en slutavverkning ([www.komatsuforest.com](http://www.komatsuforest.com)).

Engreppsskördare finns i dag i flera olika storleksklasser, allt ifrån de mindre (sex ton och uppåt) avsedda för gallring till de allra största (upp till 23 ton) avsedda för grov skog i slutavverkning (Tillverkardata, 2004). Tack vare en stor räckvidd, på mellan tio till drygt tolv meter, kan maskinen nå långt in i beståndet och därmed minska påfrestningarna på marken genom att köra färre gånger och med längre avstånd mellan stickvägarna (Nordansjö, 2000).

Fällningen sker genom att aggregatet förs fram till ett träd, griper tag om detta och faller det med hjälp av en hydrauldriven kedjesåg. Aggregatet håller kvar trädet varpå matarhjulens drar det genom aggregatet samtidigt som trädet kvistats med hjälp av stamomslutande knivar. Den utmatade längden och trädets diameter mäts kontinuerligt och jämförs med en prislista i maskinens apteringsdator för att få en optimal uppdelning av stammen. Föraren väljer att antingen acceptera datorns förslag eller, om det finns anledning att kapa upp stammen på annat sätt, göra det enligt eget förslag. Orsakerna kan vara att stammens kvalitetsegenskaper varierar eller att man vill utnyttja hela trädets längd och därmed minska spill samt onödigt långa toppar. Kapningen av stammen sker med samma såg som vid fällningen. Det kapade virket sorteras vid utmatningen i sortimentsrena högar för att underlätta skotningen (Nordansjö, 2000).

## Skotare



Figur 2.  
Skotaren kör virket från avverkningsplatsen till bilväg för vidare transport. Figuren visar en Timberjack 1110D ([www.timberjack.se](http://www.timberjack.se)).

Med skotaren körs virket från avverkningsplatsen till bilväg för vidare transport. Lastförmågan varierar mellan sju och arton ton och kranens räckvidd mellan fem och tio meter. De mindre skotarna används vid gallring och de större vid slutavverkning (Nordansjö, 2000).

Skotningsarbetets effektivitet beror till stor del på hur stickvägarna är planerade, hur virkeshögarna är beskaffade samt på förarens skicklighet. Därför är det värdefullt att skördarförarna är väl insatta i skotningsarbetet och de kan på så sätt kan underlätta arbetet redan från början. Om detta görs på ett tillfredsställande sätt kan tomkörningen minska och skotningen kan göras effektivare. Effektiviteten ökas också genom att börja arbetet så långt från bilvägen som möjligt och arbeta sig tillbaka. Finns det tillräckligt mycket virke av ett sortiment så lastas endast detta. Om det inte är möjligt kan flera olika sortiment lastas samtidigt om de kan hållas isär i lastutrymmet (ibid.).

### Drivare

Drivaren är en kombinerad skördare och skotare. I och med engreppsskördarnas intåg, där både fällning och bearbetning sker med aggregatet i kran-spetsen, har möjligheter skapats för en integrering av avverkning och transport. (Hallonborg, 1998). Detta kan ge en billigare avverkning än dagens system, men det kräver att merparten av det avverkade virket kan läggas direkt i lastutrymmet. Därmed undviks behovet att plocka upp virket från marken och tidsvinster kan genereras (Hallonborg & Nordén, 2000).



Figur 3.  
Drivaren, här en Valmet 801 Combi, är en kombinerad skördare och skotare (www.komatsuforest.com).

Det finns även andra fördelar med drivaren. Det innebär lägre flyttkostnader, då endast en maskin behöver förflyttas, enklare administration och planering och mindre markskador i känsliga partier (Bergkvist, Nordén & Hallonborg, 2003). Dessutom ger drivarsystemet färskare och renare virke vid bilvägen, då det inte har haft kontakt med marken, samt en möjlighet till mer ekonomisk skiftläggning. Det som talar mot drivaren är om det finns många olika sortiment, långa avstånd till avlägget, om investeringskostnaden blir avsevärt högre samt den ökade känsligheten för störningar. Vid tvåmaskinsystemet är risken för totala stillestånd mindre då den ena maskinen kan fortsätta sitt arbete trots problem med den andra (Hallonborg & Nordén, 2000).

## Autonoma system

En vision inom skogsbruket är att i framtiden kunna använda sig av förarlösa maskiner för att på så sätt kunna utnyttja dem mer effektivt. En autonom skogsmaskin är i princip oberoende av reglerad arbetstid och kan därmed vara igång i stort sett dygnet runt året runt. Det skulle också ge möjlighet till rationaliseringar inom både organisationen och maskintekniken. Stora investeringar i hyttmiljö och dylikt skulle inte längre vara nödvändiga. Dessutom skulle maskinens tidsutnyttjande kunna ökas utan att personaltimmarna gör det (Hallonborg, 1997).

Enligt Löfgren och Hallonborg (2004) finns det tre tänkbara delautonoma drivningssystem. De är en skördare som fjärrstyrs från en eller två skotare, en skördare med en eller två autonoma skotare eller en drivare med en eller två autonoma lastväxlare. Enligt en analys av de tre är systemet med en konventionell skördare med autonoma skyttlar det mest effektiva och konkurrenskraftiga jämfört med dagens system. Skyttelsystemet är enligt den gjorda analysen effektivare än det fjärrstyrda men då tekniken som krävs för navigering och en automatisk kran inte existerar i dagsläget, minskar de antagna skillnaderna. En prototyp av en fjärrstyrd skördare finns redan i dag och med hjälp av flera tekniska besparingsåtgärder blir kostnaden betydligt lägre än i den analys som gjorts. Vidare visar analysen att drivningskostnaderna dock inte alltid sjunker när arbetet automatiseras på detta sätt. De kan tvärtom öka på grund av ökade väntetider och obalans mellan avverkning och transport.

I dag finns, som sagts ovan, stora tekniska problem att överbrygga innan autonoma maskiner kan börja användas. Halme (1995) räknar upp ett antal under-system på en autonom maskin som kan anses vara de viktigaste att fokusera på. Under varje område finns en rad problem som måste lösas för att förverkliga visionen. Ett av problemen är navigering i okända miljöer, vilket orsakar stora besvär. För att ge en bild av hur svårt det är för ett autonomt fordon att ta sig fram i okända miljöer och hur långt forskningen nått inom området, kan Grand DARPA Challenge tas upp. Det är en tävling anordnad av en forskningsavdelning inom det amerikanska försvaret, DARPA\*, där autonoma markfordon ska föras fram en på förhand specificerad rutt under en viss tid. Den första tävlingen hölls i mars 2004 och slutade med att inget fordon tog sig i mål. Endast nio av femton startande lyckades över huvud taget komma i väg och sedan var banan så pass svår för de autonoma fordonen att ingen klarade den. Faktum är att det bästa ekipaget endast lyckades avverka knappt tolv av de 228 kilometrarna och medelsträckan bara blev drygt tre kilometer ([www.darpa.mil](http://www.darpa.mil)).

## VIRKESSORTIMENT

Utifrån de krav på materialegenskaper som ställs på olika slutprodukter delas trädet upp i olika sortiment. Värdet på sortimenten beror på hur stor efterfrågan är för tillfället och på kvaliteten hos produkten. Sågtimmer värderas till exempel beroende på kvistförekomst, årsringsbredd, toppdiameter och avsmalning (Lindström, 1997).

---

\* The Defense Advanced Research Projects Agency.

Traditionellt delas råvaran in i två huvudgrupper, timmer och massaved. På senare tid har även en tredje grupp, skogsbränsle, tillkommit. Huvudgrupperna delas sedan upp i en rad olika sortiment. Huvudgruppen timmer delas upp i barrsågtimmer, vilket i sig består av sortimenten talltimmer och grantimmer, samt ett mycket stort antal specialsortiment, som till exempel klintimmer och stolpar. Massaved delas in i fyra sortiment, gran-, tall-, löv- och blandmassaved. De två sistnämnda varierar beroende på köparens önskemål och avsikter med virket. Råvaran som används till skogsbränsle varierar. En del kommer direkt från skogen och består av avverkningsrester, flis eller traditionell brännved, medan andra kommer av restprodukter från sågverk och annan träindustri (Andersson, 1995).

Antalet olika sortiment varierar beroende på skogstyp och landsända. Den största orsaken till att det i södra Sverige vanligen finns fler sortiment beror på att industristrukturen är mer varierad. Det finns fler sågverk med samma upptagningsområde som efterfrågar olika typer av sortiment, vilket bidrar till en ökad mångfald. I norra Sverige är industrin mer storskalig och därmed minskar möjligheterna att få köpare till många olika sortimentstyper (Arlinger, 2005).

## **FYSISK ARBETSBELASTNING**

Fysiskt sett är vi fortfarande samma människor som på stenåldern. Det innebär att kroppen har samma behov av belastning, och att denna sker utspridd under en viss tid och på en varierande nivå. I och med den industriella revolutionen styrs numera människan ofta av den ekonomiska processen och måste anpassa sig till arbetet i stället för tvärtom. Att människan utnyttjas till alltmer enformiga arbetsuppgifter har skapat ohälsa och låg, eller ingen, tillfredsställelse med arbetet, vilket i vissa fall har gett kroniska arbetsskador som följd (Ericson & Odenrick, 1997).

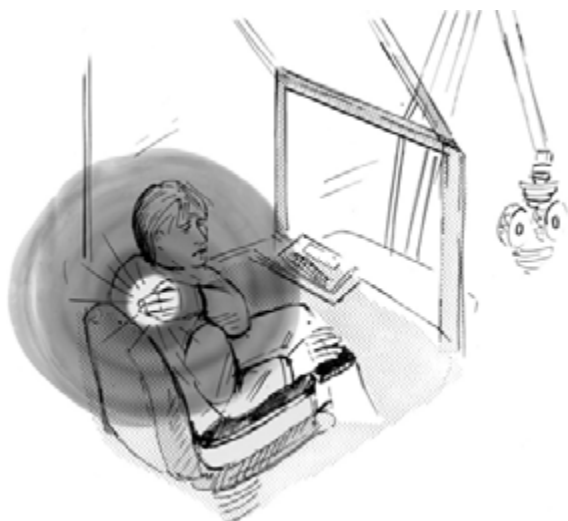
### **Allmänt om belastningsergonomi**

Belastningsergonomi, som främst är ett skandinaviskt begrepp, avser den del av arbetsvetenskapen och ergonomin som behandlar rörelse- och stödjeorganens belastningsförhållanden och kan delas upp i fysisk och fysiologisk belastning. Med fysisk belastning avses främst belastning på kroppen i form av mekaniska krafter och moment medan den fysiologiska belastningen oftast avser belastning på olika organsystem som till exempel andningssystemet eller kroppens muskulatur (Ericson & Odenrick, 1997).

Inom belastningsergonomin sker även en uppdelning mellan total och lokal belastning. Uppdelningen avser skillnaden i omfattning och lokalisering av belastningen. Arbeten som ger en stor total belastning anses vara de arbeten där stora delar av kroppens muskulatur används och belastas, som manuellt gräv- arbete, lastnings- och lossningsarbete och liknande. Lokal belastning omfattar främst avgränsade delar av kroppen. Detta gäller till exempel arbeten som sker framför datorer, maskinoperatörer i fordon eller dylikt. Stor total belastning kan ge skador på cirkulationssystemet samt leder och muskler medan lokal belastning normalt orsakar skador inom den del av kroppen som används, till exempel en enskild led (ibid.).

Även statisk och dynamisk belastning skiljs åt. Statisk belastning avser främst långvarig kontinuerlig belastning på till exempel rygg, nacke, skuldror och axlar

då inte muskulaturen kan få en tillfredställande blodcirkulation. Effekterna av nedsatt cirkulation är oftast trötthet och smärta från muskulaturen. Det sker bland annat i arbetet med att sköta en skogsmaskin, vilket visserligen innebär en hel del rörelser med armarna, men belastningen på skuldran är i stort sett konstant. Arbete som kan anses dynamiskt för vissa kroppsdelar kan alltså bidra till en statisk belastning av andra delar (ibid.).



Figur 4.  
I stillasittande arbeten är belastningen på skuldran i stort sett konstant och ingen möjlighet till vila ges. (Skogforsks bildarkiv).

Ytterligare ett begrepp är trötthet som förekommer tillsammans med smärta från olika kroppsdelar och utgör en varning om att kroppens resurser börjar ta slut eller att det finns risk för kroppsskada. Tröttheten, som här är helt skild från den typ kopplad till sömnbehov, orsakas av fysiskt arbete och kan vara både fysisk (muskulär) och psykologisk (central). Formerna förekommer båda två under tungt fysiskt arbete och kan inte riktigt skiljas åt. Den fysiska tröttheten orsakas av förändringar i skelettmuskulaturen genom uttömmande av kroppens energireserver och lagring av mjölksyra. Den psykologiska tröttheten orsakas av störningar i nervsystemet, vilket ger en försämrad tanke- och beslutsförmåga, försämrad sensorisk och motorisk funktion, långsammare informationsöverföring och liknande. Den psykologiska tröttheten beror, precis som den muskulära, på hårt fysiskt arbete men även på hög mental belastning, monotont arbete, dålig arbetsmiljö, personliga problem såsom sjukdom, konflikter, brist på intresse och så vidare. Återhämtning sker då arbetet upphör och eller lättas. Under återhämtning efter fysisk trötthet bryts mjölksyran ner och energireserverna återställs. Återhämtning efter psykologisk trötthet kan ske omedelbart då den tröttande faktorn tas bort, omgivningen förändras, vid förnyat intresse eller känslöförändring (Ericson & Odenrick, 1997).

### Askungesyndromet

De motoriska enheterna i muskeln aktiveras i en bestämd ordning vid aktivitet. När muskler utsätts för låg men långvarig belastning antas delar av muskeln, som har en låg tröskel för aktivering, vara konstant aktiva. Trots att dessa delar är tåliga finns en gräns då kontinuerlig aktivering kan leda till skador, inflammationstillstånd och smärta. Detta kallas för askungesyndromet. De delar som aktiveras först är också de som förblir aktiva längst. Först när muskeln är helt avslappnad får enheterna vila och återhämta sig (Lundberg, 2003).

Förutom de skador och den smärta som kan uppkomma till följd av den kontinuerliga belastningen finns även andra relaterade problem. De skador som normalt kan uppstå i musklerna får ingen möjlighet att läka utan total avslappning. Läkningprocessen går dessutom långsammare vid psykisk stress, vilket också bidrar till problemen. Ytterligare en riskfaktor kan vara att de trötthets-signaler som varnar då resurserna i muskeln börjar ta slut uteblir, då bara en liten del av muskeln belastas. I arbete framför till exempel en dator kan alltså arbetet fortgå trots att vissa motoriska enheter är överbelastade, skadade eller utslitna (Lundberg, 2003).

### **Mikropaus**

Belastningsproblem som till exempel askungesyndromet kan undvikas eller åtminstone minskas genom att ta så kallade mikropaus och låta musklerna vila och återhämta sig. Lundberg (2003) beskriver en studie av aktivitet i trapeziusmuskeln hos kvinnliga arbetare. Testet visade bland annat att försöksgruppen som tog pauser och lät musklerna vila i korta perioder löpte betydligt mindre risk för att drabbas av besvär. Dessutom visade det sig att de som utvecklade besvär under det första året hade signifikant högre muskelaktivitet under pauserna än de andra.

För att musklerna ska få vila krävs också mental avslappning. De motoriska enheterna hålls kontinuerligt aktiva av såväl psykisk stress som fysiskt arbete. Hälsoriskerna av långvarig belastning, såväl fysisk som psykisk och även om den är relativt låg, tycks vara större än de vid akut påfrestning. I det moderna samhället med krav på högt tempo, effektivitet och konkurrens kan bristen på återhämtning och vila vara ett större problem än den belastning som själva arbetet medför (Lundberg, 2003).

## **MENTAL ARBETSBELASTNING**

Mental arbetsbelastning är ett begrepp som innefattar ett flertal fysiologiska och psykologiska aspekter. Det kan sammankopplas med både de fysiologiska reaktionerna som uppstår i kroppen vid arbete under stress såväl som den mer subjektiva upplevelsen av samma yttre omständigheter. Den mentala arbetsbelastningen kan påverkas av flera yttre och inre faktorer såsom arbetsuppgiftens karaktär och svårhetsgrad, antalet simultana arbetsuppgifter, tidspress, trötthet och så vidare. Upplevelsen av mental arbetsbelastning är högst individuell, så faktorer som arbetserfarenhet och vana att utföra arbetet måste även de tas i beaktande (Schvaneveldt, Reid & Gomez, 1998; Wickens & Hollands, 1999).

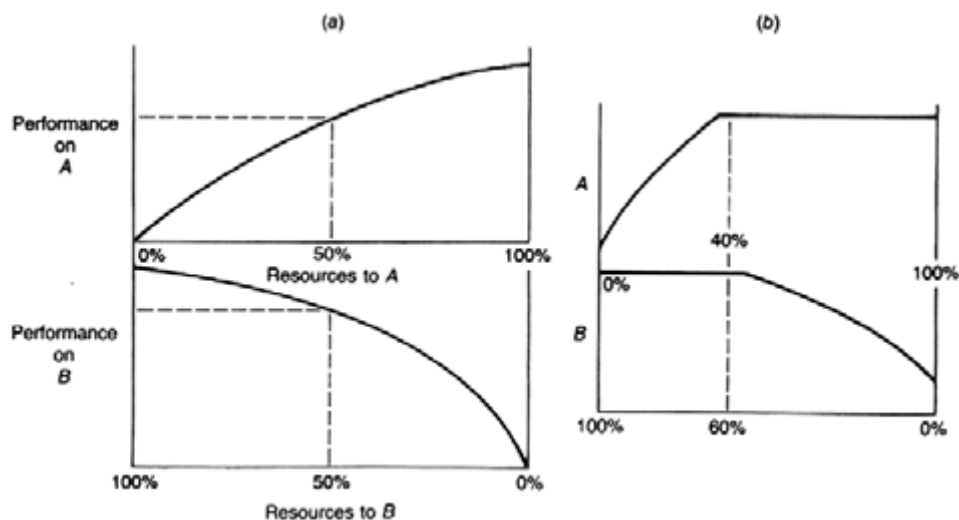
### **Arbete med simultana uppgifter**

När arbetstakten är hög kan det också krävas att operatören samtidigt måste fatta många beslut för att vara produktiv. För att detta ska kunna göras framgångsrikt krävs det att föraren fördelar sina resurser mellan uppgifterna på ett strategiskt sätt. Denna selektiva förmåga kan tränas upp för att bli effektivare och förmågan att fördela resurserna kan bli större med ökande erfarenhet (Wickens & Hollands, 1999).

---

\* Detsamma som kappmuskel vilken lyfter axlar och stadgar huvudet (Nationalencyklopedin).

Hur tidsfördelningen mellan de olika uppgifterna ska läggas upp beror givetvis på uppgifternas karaktär och svårighetsgrad. I Figur 5a nedan fördelar operatören sina resurser lika mellan uppgift A och B. Prestationen i uppgifterna blir därmed inte optimal som i Figur 5b där resurserna i detta exempel fördelas med 40 % till uppgift A och 60 % till uppgift B. (Wickens & Hollands, 1999).

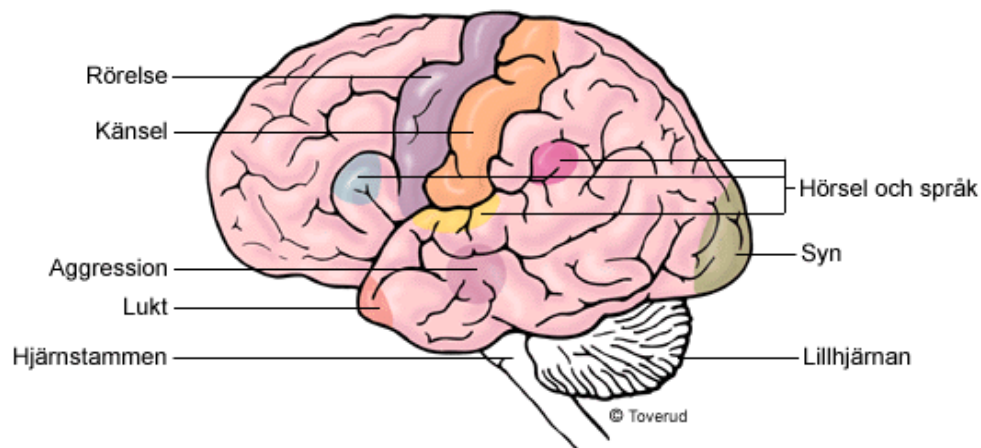


Figur 5.  
Relationen mellan resursfördelning och prestation. (Wickens & Hollands, 1999).

Förhållandet mellan den optimala och verkliga resursfördelningen är svårbedömd. Vikten av att på ett bra sätt fokusera på rätt uppgift styrks av det faktum att det kostar resurser att byta mellan uppgifterna. Detta kan i sin tur leda till att operatören uppehåller sig för länge vid en lägre prioriterad uppgift. Kostnaden för att byta mellan uppgifter beror även här på uppgifternas karaktär, modalitet (till exempel auditiv, visuell eller taktil) och hur långt det är mellan dem (såväl fysiskt som kognitivt). (ibid.)

Modaliteten påverkar hur effektivt operatören kan utföra multipla uppgifter. Att behandla visuell information från två håll är svårare än om informationen från den ena uppgiften är auditiv. Det kan exemplifieras med att det knappast går att köra bil och läsa en bok samtidigt, medan det går utmärkt om samma bok i stället läses upp i bilstereon. När det gäller arbete som kräver en hög grad av koncentration har tester visat att arbetsförmågan inte sänks nämnvärt om operatören lyssnar på instrumental musik samtidigt. Om däremot en text läggs på och ska behandlas sjunker arbetsförmågan. Att modaliteten hos uppgifterna påverkar hur de behandlas av operatören beror på att informationen processas på olika ställen i hjärnan, se Figur 6 (ibid.).





Figur 6.  
Hjärnans viktigaste informationscentra (www.infomedica.se). Automation och mental arbetsbelastning.

Både den fysiska och mentala arbetsbelastningen påverkas av automation. Den fysiska arbetsbelastningen minskar beroende på hur hög graden av automationen är och därmed reduceras också risken för uppkomst eller förvärrande av belastningsskador. Det svåra vid automation är att hålla den mentala arbetsbelastningen på en rimlig nivå. Ett för högt uppskruvat tempo i det automatiserade systemet riskerar att leda till en hög belastning om operatören inte hinner med. Ett annat tänkbart scenario när graden av interaktion mellan människa och system minskar, är att den mentala stimuleringen blir för låg vilket kan leda till sömnhet eller att arbetet uppfattas som långtråkigt. Det gäller att skapa en balans mellan omväxling och förutsägbarhet samt mellan aktivitet och vila. (Persson, 2003)

Människans psykologiska behov av stimulering gör henne till en dålig övervakare av ett system. Ett helautomatiserat system som är pålitligt och fungerar som det ska tenderar att göra dess övervakare uttråkad och inaktiv. Om fel uppstår tvingas operatören gå från inaktiv övervakning till aktiv problemlösning vilket kan leda till plötsligt informationsöverflöd. I värsta fall klarar inte operatören av att åtgärda felet och systemet kollapsar (Sheridan, 2002).

### **Mätning av den mentala belastningen**

Det finns i huvudsak fyra metoder för att mäta den mentala arbetsbelastningen. Dessa sammanfattas och listas nedan.

#### **1. Prestationen i den primära uppgiften.**

Efter det att förändringar i arbetsmiljön som antas minska den mentala arbetsbelastningen har införts mäts arbetsprestationen och relateras till prestationen innan förändringarna infördes. Skillnaden i prestation antas bero på skillnaden i mental belastning (Alm & Ohlsson, 2003).

## 2. Prestationen i en sekundär uppgift.

Här undersöks hur bra testpersonen utför en eller flera sidouppgifter för att få ett mått på personens reservkapacitet. Uppgifterna kan vara av varierande art som till exempel att uppmärksamma en blinkande lampa i det perifera synfältet eller att räkna baklänges från ett givet tal. Ju bättre resultat på den sekundära uppgiften, desto mindre anses den mentala belastningen vara (Sheridan, 2002).

## 3. Fysiologiska reaktioner.

Enligt både Sheridan (2002) och Schvaneveldt, Reid och Gomez (1998) kan den mentala arbetsbelastningen kopplas samman med ett flertal fysiologiska faktorer. Faktorer som hjärtfrekvens, variationen i densamma, hudens resistens mot elektricitet (varierar beroende på svettning), pupillens diameter, förändringar i rösten och andningen kan med fördel mätas för att få ett mått på den relativa mentala belastningen. Det finns dock ingen allmängiltig standard, utan variationer kan förekomma.

## 4. Subjektiva metoder.

Testpersonerna bedömer sin upplevda belastning med avseende på till exempel tidspress, uppgiftens komplexitet och så vidare. De subjektiva mätmetoderna förutsätter att försökspersonerna kan och vill rapportera om sina upplevelser av mentala belastning. Ett exempel på en sådan metod är NASA-Task Load Index (NASA-TLX) (Alm & Ohlsson, 2003).

### NASA-TLX

NASA-Task Load Index är en metod att mäta arbetarens upplevda arbetsbelastning som, vilket namnet antyder, utvecklades för NASA under ledning av Sandra G. Hart. Testpersonerna får vikta sin upplevda belastning på sex olika faktorer som påverkar arbetsbelastningen. NASA-TLX utgör ett enkelt men effektivt verktyg för att mäta arbetets subjektiva parametrar. Mer information om NASA-TLX återfinns i Bilaga 9 (<http://iac.dtic.mil/hsiac>).

## BELASTNING INOM SKOGSBRUKET

Ett flertal studier visar att belastningsbesvär, framför allt gällande skuldror och nacke, men också rygg, handleder och underarmar, förekommer med hög frekvens inom skogsbruket. Skogsarbetet har förändrats radikalt och har gått från att ha varit ett arbete med stor total och dynamisk fysisk belastning till ett arbete där de verksamma i stället utsätts för lokal och statisk belastning (Eklund & Cederqvist, 1998).

### Arbete i skogsmaskiner

Från och med 1970-talet och framåt har det gjorts stora insatser för att förbättra maskinförarnas arbetsförhållanden, med eliminering av biomekaniskt arbete i skuldrorna som huvudmål. Arbetet i dagens skogsmaskiner sker med reglage som endast manövreras med händer och fingrar och kräver exakta rörelser i reglagemanövreringen, vilka samtidigt ska ske i högt tempo (se Bilaga 2). De höga kraven på precision, koordination och hastighet genererar aktivitet i olika muskelgrupper som också förstärks av helkroppsvibrationer. Parallellt med detta finns också höga krav på perception och kognition som bidrar till muskelaktivering. Den typ av muskelaktivitet som är typisk för maskinföraren, låg belastningsnivå och ingen påtaglig variation under lång tidsrymd, är

speciellt skadlig då samma muskelfibrer utnyttjas utan avbrott och möjlighet för återhämtning (Attebrant, Mathissen & Winkel, 1998).

Även de psykosociala faktorerna spelar en stor roll i arbetsmiljön och påverkar belastningsergonomin. Mentala faktorer som till exempel upplevd tidspress och förväntad prestation kan med stor sannolikhet förstärka muskelaktivering i utsatta delar. (Attebrant, Mathissen & Winkel, 1998) Även låg arbetstillfredsställelse, brist på socialt stöd och brist på kontroll anses vara riskfaktorer vad gäller olika fysiologiska besvär (Eklund & Cederqvist, 1998).

### Belastningsskador

Av de arbetsrelaterade sjukdomar som anmäldes under åren 1998-2002 var drygt 80 procent relaterade till belastningsfaktorer. Av dessa var majoriteten, nästan 70 procent, problem med överkroppen. Orsaken till arbetssjukdomarna kan utläsas i tabell 1a och hur dessa var fördelade på olika kroppsdelar finns redovisat i tabell 1b. Då det inte fanns några registrerade arbetssjukdomar hos kvinnor inom yrket bygger statistiken endast på män (Arbetsmiljöverket, 2004).

Tabell 1a.

Arbetssjukdomar hos skogsmaskinförare 1998-2002. (Arbetsmiljöverket).

Misstänkt orsak	Antal
Belastningsfaktorer	94
Kemiska eller biologiska ämnen/faktorer	6
Vibrationer	2
Buller	10
Sociala eller organisatoriska faktorer	3
Övrigt, oklara orsaker	2
Totalt	117

Tabell 1b.

Belastningsskador hos skogsmaskinförare 1998-2002 (Arbetsmiljöverket).

Kroppsdel	Antal
Ej specificerad kroppsdel	23
Nacke, inklusive ryggrad och ryggkotor i nacken	12
Rygg, inklusive ryggkotor i ryggen	21
Övre extremiteter, ej specificerad	7
Skuldra och skulderled	9
Arm, inklusive armbåge	9
Hand	6
Finger, fingrar	1
Nedre extremiteter, ej specificerad	1
Höft och höftled	1
Ben, inklusive knä	1
Hela kroppen eller flera kroppsdelar, ej specificerad	3
Totalt	94

## **AUTOMATION**

De tekniska landvinningarna under de senaste decennierna har varit spektakulära. Processer som för 20 år sedan knappast var tänkbara att automatisera är möjliga idag, eller kommer att bli det inom överskådlig framtid. Fortsätter utvecklingen i samma takt är det rimligt att anta att möjligheterna i framtiden är i det närmaste obegränsade. Med det som förutsättning är det naturligt att fråga sig vad som egentligen ska automatiseras, hur långt automationen ska drivas och hur människans roll i det systemet ser ut (Nickerson, 1999).

### **Varför ska automation ske?**

Automation av system är ofta att rekommendera av ett antal olika skäl. Såväl Dekker (2004), Nickerson (1999) som Wickens och Hollands (1999) nämner ökad säkerhet, ökad ekonomisk vinst, att kunna utföra moment som annars hade varit omöjliga och att automatisera moment som människan föredrar att inte utföra, som bra skäl till automation.

Sheridan (2002) nämner ytterligare ett antal fördelar med automation. Hastigheten med vilken en modern dator behandlar data (i skrivande stund över 3 GHz) verkar vida överträffa kapaciteten hos en människa. Hur mycket är svårt att avgöra då en människas behandlingshastighet är svår att mäta. Sheridan (2002) talar vidare om, vilket även Dekker (2004) är inne på, robotars kapacitet att röra sig betydligt snabbare än en människa, den kan lyfta mångdubbelt tyngre objekt, arbeta med betydligt större precision och allt detta utan att bli trött. Dessutom är den betydligt mer robust och kan arbeta under mer extrema förhållanden. Ytterligare en fördel är att med hjälp av mer och mer sofistikerad teknik för fjärrstyrning kan förarlösa maskiner styras från i princip var som helst i världen.

### **Hur ska automation ske?**

På samma sätt som det finns uppenbara fördelar med automation finns det även fallgropar som det gäller att undvika. Det finns i dagsläget ingen generell regel som kan appliceras i varje situation. I stället används expertbedömningar för att lösa problemen. Hur uppgiftsfördelningen mellan människa och maskin ska gå till är ofta en iterativ process där olika lösningar provas och utvärderas. När fördelningsproblemen dessutom är av kognitiv karaktär uppstår problem då kunskapen inom området i dagsläget är bristfällig (Alm & Ohlsson, 2003).

För att kunna bestämma om eller hur ett system ska automatiseras krävs det att människans och maskinens styrkor och svagheter identifieras. Paul Fitts upprättade i början på femtiotalet en lista på vilka typer av operationer som bör utföras av människa respektive maskin. Denna lista kallas ofta Fitts MABA-MABA-lista (Man Are Better At – Machines Are Better At), eller bara Fitts lista. En variant av denna visas i tabell 2 (Sheridan, 2002).

Tabell 2.  
Fitts MABA-MABA-lista. (Hollnagel, 1999).

Egenskap	Maskin	Människa
Hastighet	Mycket överlägsen	Jämförelsevis långsam
Styrka	Mycket överlägsen gällande nivå och jämnhet	Jämförelsevis svag
Förmåga att arbeta konsekvent	Idealisk för konsekvent och repetitivt arbete	Inte tillförlitlig. Kräver inläring och blir trött
Kapacitet att hantera information	Hög. Informations-hastighet mäts i Mb/s	Låg
Minne	Idealisk för exakt reproduktion. Formellt och begränsat	Bra på att lägga upp strategier baserat på tillgänglig information
Resonerande förmåga	Snabb, noggrann	Långsam, oprecis
Känsla	Bra på kvantitativa uppskattningar. Dålig på att tyda mönster	Bra på att tyda mönster
Perception	Dålig på att hantera variationer i skriftligt och muntligt material. Dålig på att upptäcka ljudsignaler i brus	Bra på att hantera variationer i skriftligt och muntligt material

Denna lista kan, trots sin enkelhet, vara ett användbart hjälpmedel (Dekker, 2004).

### Problem i samband med automation

De tekniska landvinningarna under de senaste decennierna har varit stora. Det pekar mot att de största problemen vid automation i framtiden inte kommer att vara tekniska utan snarare psykosociala och etiska. Problemet kommer inte att vara att bestämma vad som kan, utan snarare vad som borde automatiseras. (Nickerson, 1999)

Införandet av ny teknik och automation har genom åren inte lett till att operatörer kunnat friställas i någon högre grad, utan snarare har dessa omplacerats till att övervaka systemet eller att syssla med underhåll av maskinerna (Sheridan, 2002). Vid automation av arbeten där det krävs stor skicklighet och utbildning hos operatören, riskerar kunskapsnivån att sjunka (Nickerson, 1999). Att överlåta mer arbete på maskinerna sparar visserligen pengar, men kan också leda till en oro för att förlora jobben hos arbetare, som saknar den tekniska kunskapen kring det automatiserade systemet (Sheridan, 2002).

I de högt automatiserade systemen är det enkelt att samla produktionsdata från vilka det är lätt att avgöra hur effektivt maskinoperatörerna arbetar. Denna övervakning kan få arbetarna att känna ångest eller rädsla för att de personliga uppgifterna ska användas emot dem eller hamna i orätta händer. Att samla data och övervaka på detta sätt kan fungera som både piska och morot beroende på hur den hanteras (ibid.).

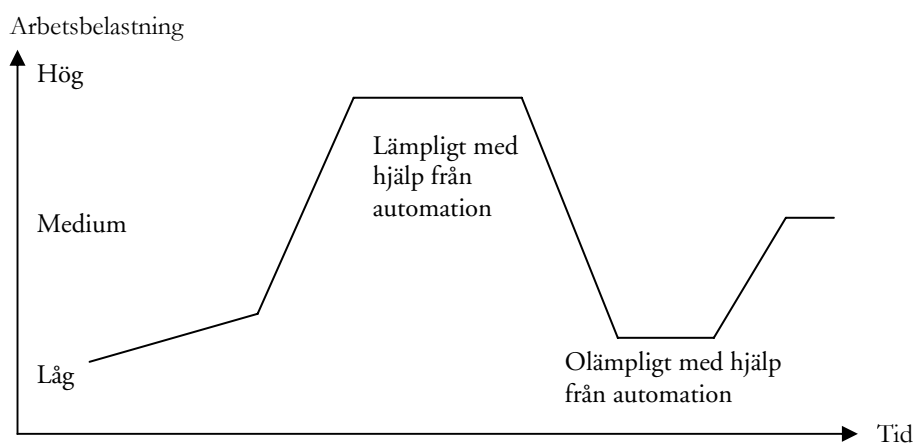
Ett problem som blir mer påtagligt med mer avancerade system är att även de utbildade operatörerna saknar den tekniska kunskapen som krävs för att förstå de komplexa systemen. Det är något som är förbehållet en liten grupp av specialister. Ett exempel på detta är bilmekaniker som inte förstår de avancerade datasystem som finns i moderna bilar. Om operatören inte förstår systemet kan det leda till en övertro att systemet klarar mer än det i själva verket gör. Det kan också leda till det motsatta, att systemet möts med skepsis och inte används fullt ut. (Sheridan, 2002) En ökad oförståelse om vad automatiken gör och hur den fungerar kan även leda till att operatören förlorar intresset för uppgiften och inte skaffar sig kunskap över skeendet. Om operatören måste ingripa uppstår det naturligtvis problem. Ytterligare en aspekt som kan läggas in i problematiken med att operatören inte förstår systemet är att detta kan skapa en falsk känsla av säkerhet. Som en följd av detta är det lätt hänt att operatören hoppar över kontroller av maskinen och ignorerar säkerhetsföreskrifter (Alm & Ohlsson, 2003).

Förutom att frambringa trötthet och att göra operatören uttråkad kan ett övervakningsjobb ge en känsla av att inte bidra med något meningsfullt i arbetet, vilket är oerhört viktigt för självkänslan. Detta kan leda till misstro mot systemet, ångest eller i värsta fall depression. I förlängningen kan det leda till att operatören skjuter ansvaret för produktionen ifrån sig själv till att ligga enbart på maskinen som han ska övervaka (Sheridan, 2002).

### **Adaptiva system**

Ett adaptivt gränssnitt där personliga inställningar lagras i en gemensam databas ökar individanpassningen. Det kan generera olika personliga ergonomiska lösningar gällande till exempel kommunikation, grad av interaktivitet, reglermöjligheter i systemet eller informationspresentation. Det kan innebära information genom såväl head-down som head-up displayer. Andra sätt att kommunicera med systemet kan vara med hjälp av taktila displayer eller röststyrning. Om tidshorisonten läggs ännu längre i framtiden kan det även vara intressant att studera ytterligare former av kommunikation, till exempel styrning med blickriktning eller neuronal styrning (styrning med tanken). Genom att införa nya sätt att interagera med systemet, eller att vidareutveckla redan existerande system, kan operatörens arbetssituation förbättras genom att individuellt anpassa användargränssnittet. Därmed kan både den fysiska och mentala arbetsbelastningen minskas, samtidigt som trivseln och arbetsförmågan ökar. (Alm & Ohlsson, 2003)

Adaptiva autonoma system kännetecknas av att arbetsfördelningen mellan operatören och maskinen är flexibel och beroende på situationen. Ett adaptivt system kan gå in och hjälpa föraren då denna belastas med en hög arbetsbörda, se Figur 6. Ett bra utformat adaptivt system har fördelarna att operatörens arbetsbörda kan regleras beroende på arbetsbelastning och att produktionen ökar samtidigt som arbetet inte blir rent övervakningsinriktat (Parasaruman, Mouloua & Hilburn, 1999; Wickens & Hollands, 1999).



Figur 6.  
Vid hög arbetsbelastning är det lämpligt att hjälpa operatören med automation.  
(Parasaruman, Mouloua & Hilburn, 1999).

## AUTOMATION INOM SKOGSBRUKET

Skälen att förorda automation av funktioner i skogsmaskinerna är naturligtvis olika beroende på vad syftet med automationen är. De olika utgångspunkterna hos intressenterna gör att prioriteringarna blir helt olika beroende på vem som tillfrågas (Staland, 2002).

Sedan mekaniseringsepoken inleddes på 1950-talet har produktiviteten stadigt ökat. Den teknik som används i dagens maskiner kan betecknas som mogen och en ny satsning krävs för att kunna öka produktiviteten och lönsamheten ytterligare. För att detta ska kunna ske krävs sannolikt att funktioner i skogsarbetet automatiseras (Löfgren, Bergkvist, Brunberg, Hallonborg, Norin & Thorsén, 2002).

Ett minst lika viktigt skäl för automation är maskinförarnas arbetsituation. Den fysiska arbetsmiljön har förbättrats avsevärt, men samtidigt har den allt högre arbetstakten och antalet kvalificerade beslut ökat den mentala belastningen. Det medför en ökad risk för stressrelaterade symtom och belastningsskador, vilket i förlängningen kan leda till sjukfrånvaro, utslagning och rekryteringsproblem. (ibid.) Med mer automatik i maskinens funktioner kan en möjlighet till mikropausar ges och musklerna kan återhämta sig (Frumerie, 1998).

## DATAPRESENTATION

Det finns, i princip, två typer av information i samspelet mellan operatör och maskin, direkt och indirekt. Den direkta informationen är den som föraren tar in från omgivningen utan några andra hjälpmedel än sinnena. En skogsmaskinförare ser till exempel direkt hur trädet faller och hör hur kapsågen sågar. I de fall då föraren inte kan se, höra eller på annat sätt förnimma det som krävs för att utföra en uppgift, måste denna indirekta information presenteras för föraren på något sätt. Det kan till exempel vara svårt att avgöra diameter eller utmatad längd på trädet. Denna information presenteras vanligen med någon typ av display (Alm & Ohlsson, 2003).

## Val av display

Generellt sett kan begreppet display definieras som varje metod att presentera information. Det betyder att alla sätt som människan kan ta in data kan användas för presentation av information. Visuella (via synen), auditiva (via hörseln), taktila (via känseln) och olfaktoriska (via luktsinnet) displayer kan därför bli aktuella. De i särklass vanligast metoderna att presentera indirekt information är med visuella eller auditiva displayer. Det finns ett antal riktlinjer som är lämpliga att följa vid val av mellan dessa två. Till exempel är visuella displayer lämpliga att använda då meddelanden är långa, komplexa, inte kräver omedelbar reaktion samt då belysningen är god. Auditiva displayer bör väljas då förhållandena är de motsatta (Alm & Ohlsson, 2003).

## Kodning

Information som inte är en direkt representation eller reproduktion av omvärlden kallas för kodad information, det vill säga att den ursprungliga informationen omvandlas till en ny form. För att ett kodningssystem ska vara tillfredsställande krävs, enligt Alm och Ohlsson (2003), att det uppfyller följande tre kriterier nedan.

*Upptäckbarhet* – Det mest grundläggande kravet. Den kod som används måste vara möjligt att upptäcka under alla miljöförhållanden.

*Diskriminerbarhet* – Det måste vara möjligt att diskriminera mellan olika koder, det vill säga välja bort den som inte är relevant.

*Meningsfullhet* – Kodningssystemet bör vara meningsfullt för användaren för att denne ska tolka informationen rätt.

Kodning kan även användas för att presentera flera dimensioner av data i en enda symbol. Till exempel kan färgen representera en dimension, storleken en annan, formen en tredje och så vidare. För mycket kodning kan dock leda till att söktiden efter den rätta informationen blir lång och kodningens tänkta, underlättande, funktion får därmed motsatt effekt (Wickens & Hollands, 1999).

## Vanliga problem med presentation av data

Dekker (2004) nämner några fällor som bör undvikas när displaysystemet utformas.

*Mode error* – Användaren tror att datorn befinner sig i ett visst ”mode” och handlar utifrån detta på ett korrekt sätt. Datorn befinner sig dock i ett annat ”mode” och agerandet resulterar i en felhandling.

*Tappa bort sig i menyer* – Ofta har datorn endast en eller ett fåtal displayer men i det närmaste obegränsat med information att presentera. Det kan därmed vara svårt för operatören att hitta rätt data.

*Informationsöverflöd* – Ifall för mycket data presenteras på en och samma gång blir det svårt för operatören att sälla ut det viktiga.



*Inte upptäcka förändringar* – Många displayer visar data i form av digitala värden. Det kan vara svårt att se förändringar och relatera dessa till ett idealvärde. Operatören måste ofta och koncentrerat titta på displayen.

## **SIMULATOR SOM ARBETSVERKTYG**

Att använda en simulerad miljö för inläring av komplicerade förfaranden är inget nytt. Flygsimulatorens patenterades redan 1929 av E. A. Link och användes som grund i flygutbildningen av en halv miljon piloter under andra världskriget. I dag används simulatorer även för forskning och utveckling och är speciellt användbara då det gäller att kartlägga mänskligt beteende vid varierande arbetsbörda eller för att undersöka vilken reaktion olika händelser ger (Parker, Cardullo, Watts & Douglas, 2002). Att använda en simulator vid utbildning eller forskning är inte alltid lämpligt. Om simulatoren inte är tillräckligt verklighetstrogen finns risken att resultaten inte stämmer överens med tester gjorda i en verklig situation. Dels för att simulatoren kan mötas med skepticism av testpersonerna, och dels för att resultaten eller de inlärd färdigheterna inte är överförbara till verkligheten (Farmer, van Rooij, Reimersma, Jorna & Moraal, 1999).

Ofta läggs dock alltför mycket resurser ner på att skapa en så verklighetstrogen simulator som möjligt, trots att detta kanske inte är nödvändigt. Sheridan (2002) anser att det oftare handlar om en vilja från ägaren att visa upp en dyr och avancerad simulator, snarare än nyttan med den som verktyg. I vissa fall måste dock en simulator vara väldigt verklighetstrogen, såsom för träning av piloter eller för vissa undersökningar där en ytterst komplex situation ska undersökas. Dessutom krävs dessa för att se om en simulator med lägre grad verklighetsåtergivning är tillräcklig eller för att värdera dess resultat. I de flesta fall räcker det dock med en något enklare simulator. Det gäller speciellt när den ska användas i grundläggande tränings- och inläringssyften.

Skeptiker till användning av simulatorer ifrågasätter ofta om testpersoner agerar på samma sätt i en simulator som i verkligheten. I en verklighetstrogen simulator så är det ingen tvekan om den saken. Testpersonerna associerar händelserna med verkligheten och engageras på samma sätt. Först när övningen är färdig återgår de till känslan av att det inte är verkligt. Det är dock helt klart att ingen luras att tro att det är verkligheten de upplever, men reaktionerna på händelserna är desamma (Sheridan, 2002).

### **Simulator i utbildningssyfte**

Simulatorer kan med fördel användas för att träna upp nya operatörer. Miljön i inläringsscenarioet kan utformas och presenteras med full kontroll över skeendet. Dessutom kan uppgifternas svårighetsgrad anpassas till elevens kapacitet och inläringen kan göras effektivare, då det är lättare för läraren att registrera och analysera resultaten och ge omedelbar feedback till eleven (Farmer m.fl., 1999).

Ibland finns det inte möjlighet att träna på en uppgift i det verkliga systemet. Då kan en väl utvecklad simulator vara ett värdefullt utbildningsverktyg. Det kan vara situationer då uppgiften är farlig för en ovan operatör eller då andra säkerhetsaspekter behöver vägas in. Ibland finns de yttre omständigheterna inte heller tillgängliga eller återkommer endast vid enstaka tillfällen. Det är till

exempel inte möjligt att träna på en uppgift i ökenmiljö i Sverige. Den viktigaste faktorn när det gäller att använda simulatoren som utbildningsverktyg är dock den ekonomiska. Det är som regel betydligt billigare att låta eleverna lära sig i en simulator än i den verkliga situationen. (ibid.)

Vad gäller användningen av simulatorträning i skogsbruket så visar erfarenheterna från en yrkesteknisk skola<sup>1</sup> att studenterna är bättre förberedda för verkligheten. Dessutom har produktiviteten, gällande hanteringen av maskinen, ökat betydligt jämfört med föregående årskullar vid samma skede i utbildningen (Anttonen, 2004).

### Simulator som forskningsverktyg

Användningen av simulatorer används också inom forskning och utveckling. Med hjälp av simulatoren kan olika fel och nödsituationer simuleras och det mänskliga beteendet, i de situationerna, kan undersökas och analyseras. Att utföra tester i laboratoriet gör det är lättare att ha total kontroll över experimentet, vilket inte är möjligt i verkligheten. Det kan dock vara en nackdel eftersom laboratoriemiljön inte motsvarar verklighetens många oberoende variabler (Sheridan, 2002).

Tidigare har simuleringar varit vanligt inom flyg-, rymd- och försvarsindustrin, medan det varit alltför dyrt för andra branscher. I och med att datorerna på senare tid blivit allt mindre och billigare har också simulatoren gjorts tillgänglig för till exempel fordonsindustrin, inom medicinsk forskning och för marina applikationer. Behovet av att genomföra simuleringar har ökat i och med ett genomgående krav på lägre risker hos allmänheten. Detta visar sig bland annat inom det medicinska området där det kan vara svårt att få tag på försökspersoner vid riskabla tester (ibid.).



Figur 7.  
Skogsforsks simulator (Eget fotografi).

---

<sup>1</sup> North Carelia College of Further Education, Valimo, Finland

I det traditionella utvecklingsarbetet görs först en prototyp, som testas i verkligheten, vilket är väldigt kostsamt och tidsödande. Med simulering kan detta steg undvikas och dåliga lösningar kan sorteras bort på ett tidigare stadium (Löfgren, 2003).

## **TEKNISKA SYSTEM**

En rad olika tekniska system används, eller kan komma att användas, inom skogsbruket i framtiden. Nedan följer en övergripande beskrivning av de tre systemen GPS, Head-up display och talgränssnitt för att ge en bakgrund då begreppen används i rapporten.

### **GPS**

Förkortningen GPS står för Global Positioning System och är ett amerikanskt system för bestämning av positioner med hjälp av satelliter. Det utvecklades ursprungligen av det amerikanska försvaret för robotnavigering, men har nu fått stor civil användning. Genom att kombinera data från flera olika satelliter erhålls latitud, longitud och eventuell höjd över marken med en noggrannhet på ett tiotal meter. Med hjälp av olika tekniska lösningar kan dock denna exakthet ökas ända ner till millimeternoggrannhet (Nationalencyklopedin).

Att använda GPS i skogsbruket blir allt vanligare. Användning av GPS i skog medför dock sämre noggrannhet än på öppen mark. Ju tätare skogen är, desto sämre blir noggrannheten då störningarna från trädskronorna blir mer påtagliga. Ofta uppstår problem för mottagaren då den inte lyckas få kontakt med de fyra satelliter som krävs för att få fram en position i tre dimensioner. Dessutom kan signalen studsas bland träden vilket ger ett brus som försämrar precisionen. Det kan avhjälpas något med hjälp av att ha en extern antenn eller att mäta under en längre tid då ett medelvärde räknas ut, vilket minskar risken för stora fel. På öppen mark kan relativ GPS, då en referensstation med känd position jämför den beräknade positionen med den verkliga, minska störningar av olika slag. I tät skog är detta dock inte till så stor nytta då referensstationen inte kan korrigera för trädens störningar, eftersom den inte är placerad i exakt samma miljö som GPS-mottagaren (Forsberg, Berglund & Malm, 2001).

### **Head-up display**

Head-up display, eller siktlinjesindikator, används i dag inom många områden men utvecklades från början till det militära flyget. En bild projiceras på en glasskiva eller på vindrutan vilket gör att användaren slipper fokusera om mellan närseende och fjärrseende. (Nationalencyklopedin). Glasskivan är konstruerad så att den reflekterar vissa utvalda våglängder av ljus samtidigt som den är tillräckligt genomskinlig för att användaren ska kunna se bortom den projicerade bilden. Bilden i sig är inställd så att fokus ligger i oändligheten, vilket också bidrar till minskade ackommoderingsproblem. Head-up displayens primära användningsområde är att visa kritiska data, vilket inom flyget till exempel kan vara hastighet och höjd (Tannas, 2002).

## Talgränssnitt

För att kunna styra funktioner med rösten måste problemet med automatisk röstigenkänning lösas. De första försöken gjordes på 1940-talet men tog inte fart förrän datortekniken blev mer allmän under 1960-talet. Det första kommersiella programmet lanserades 1973 och hade en vokabulär på cirka hundra ord, medan det i dag finns det betydligt mer sofistikerade system med över 100 000 ord. I dag fokuserar forskningen på system som kan hantera spontant tal från en godtycklig användare. De skulle kunna användas där det i dag redan finns enklare röststyrda system som till exempel biljettbokning och väderförfrågningar (Blomberg & Elenius, 2000).

Automatisk taligenkänning skapar en helt ny möjlighet för kommunikation med en dator. En fördel är att talet är vårt naturliga sätt att kommunicera på, vilket ger oss en psykologisk fördel genom att det sker på människans villkor. Ytterligare en fördel är att händer och ögon lämnas fria för andra uppgifter, vilket skapar möjlighet för ökad effektivitet (Blomberg & Elenius, 2000).

## Metod

Metoddelen beskriver hur arbetet med projektet har gått tillväga alltifrån litteraturstudie och uppgiftsanalys, till testerna av de framtagna koncepten. Metoden som använts grundar sig på ett traditionellt tillvägagångssätt för denna typ av studier. Arbetsgången består i att först identifiera problemet, därefter arbetas en lösning fram som sedan testas och jämförs med verkligheten, för att se om en förbättring åstadkommit.

## LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudien ska innehålla en sammanfattning och analys av den kunskap som finns inom området. Ett vanligt sätt är att gruppera ihop kunskap kring olika områden som är centrala för problemet i fråga. När problemet och syftet med rapporten formuleras, lokaliseras vanligtvis en rad områden där kunskap krävs, vilka sedan fungerar som utgångspunkt för disposition av litteraturgenomgången (Patel & Davidsson, 1991).

## KOGNITIV UPPGIFTSANALYS

Till skillnad från en vanlig beteendecentrerad uppgiftsanalys, där fokus ligger på vad operatören utför, kan en kognitiv uppgiftsanalys dessutom ge en djupare förståelse för tankegången hos föraren när denne utför en uppgift. En kognitiv uppgiftsanalys är enligt Seamster, Redding och Keampf (1997), lämplig att använda när uppgiften uppfyller något av följande kriterier.

- Mycket träning krävs för att utföra uppgiften effektivt.
- Kräver assimilering av mycket kunskap eller information.
- Kräver mycket beslutstagande eller problemlösning.
- Medför hög arbetsbelastning eller tidspress.
- Kräver att flera underuppgifter utförs samtidigt.

- Miljön är dynamisk.
- Utförs automatiskt av expertoperatörer.
- Operatören har svårt att uttrycka sin tankegång då uppgiften utförs.

För att samla in och analysera data finns det ett antal olika metoder och tekniker. Vilken som är mest lämplig att använda är beroende av den studerade uppgiftens karaktär, målet med analysen, projektets resurser och skickligheten hos analytikern. Några av dessa metoder beskrivs nedan (Seamster, Redding & Keampf, 1997).

### **Observation**

Att observera en operatör när han utför sitt arbete är en effektiv metod för att skapa en första, grundläggande förståelse för ämnet, men kan även vara mycket användbar för att samla data längre in i den analytiska processen. Observation kan användas för att identifiera olika strategier för problemlösning, även då operatören själv inte är medveten om dessa utan handlar automatiskt. Det är också en bra metod för att identifiera den information som krävs för att utföra en uppgift, vilka deluppgifter som utförs samt verifiering av operatörens beskrivningar av sitt arbete (Seamster, Redding & Keampf, 1997).

### **Muntlig arbetsbeskrivning**

Detta är en metod för att utforska vad operatören tänker på när han utför en handling. Testpersonen beskriver vad han gör och varför. Det kan ske fortlöpande under tiden uppgiften utförs men också i för- eller efterhand. Att använda denna metod för att inhämta data är även detta ett bra sätt för att skaffa en grundläggande förståelse för området som ska studeras. Det krävs dock att testpersonen på ett bra sätt kan uttrycka hur han tänker i varje delmoment av uppgiften. (Seamster, Redding & Keampf, 1997)

### **Semistrukturerad intervju**

Som namnet antyder är detta en blandning av en öppen och en strukturerad intervju. Frågorna, med eventuella efterföljande följdfrågor som kan uppkomma under intervjun, ställs i en bestämd ordning. I och med att intervjun är uppbyggd av varierande fasta och öppna frågor, kan intervjuaren få svar på exakt de frågor han söker. Samtidigt har den intervjuade möjligheten att berätta fritt om saker som han tycker är viktiga och som intervjuaren annars kanske missar. Detta kan dessutom ge intervjuaren en uppfattning om hur frågorna uppfattas av den intervjuade (Lantz, 1993).

### **Dataanalys**

De data som samlas in genom observationer och intervjuer måste bearbetas och rapporteras. Dels för att göra resultaten överskådliga och dels för att de ska kunna användas i efterföljande projekt eller i andra sammanhang. I den rapporterade delen beskrivs den kognitiva uppgiftsanalysens mål, en övergripande förklaring av arbetet och dess uppgifter, vilka uppgifter som valts ut för analys och varför, samt hur urvalet av testgrupp gått till. Vidare beskrivs vilket material som använts vid datainsamlingen, hur insamlingen av data gått till, hur data har analyserats och förhållandet mellan olika typer av analyser. Slutligen

rapporteras och tolkas resultaten och slutsatser med avseende på det övergripande problemet dras (Seamster, Redding & Keampf, 1997).

## **KONCEPTFRAMTAGNING OCH UTVECKLING**

Denna fas bygger på valda delar ur Liedholms kompendium, Systematisk konceptutveckling (1999). Eftersom arbetssättet i första hand inriktar sig mot mekaniska produkter, har endast delar av Liedholms idéer tagits tillvara och sedan anpassats till konceptframtagningen i detta projekt. Konceptfasen delas in i tre delar, vilka redovisas nedan.

### **Granskning av problem**

Inledningen av konceptutvecklingen börjar med en fördjupning i problemet och att ett syfte och mål med idéerna formuleras. Det är också viktigt att undersöka var kunskapsfronten ligger, om liknande problem lösts tidigare av antingen konkurrenter eller i andra branscher.

### **Skapa och granska koncept**

Målet med denna del är att skapa de koncept som sedan ska ligga till grund för det fortsatta utvecklingsarbetet. Detta kan ske med hjälp av olika idégenereringsmetoder som till exempel brainstorming eller fokusgrupper. Under det första skedet gäller det att ta fram så många konceptidéer som möjligt. Dessa ska därefter granskas för att undersöka för- och nackdelar och möjliga behov av justeringar.

Principen för brainstorming är enkel men effektiv och handlar om att utnyttja en gruppssamlade fantasi, kompetens och erfarenhet för att hitta lösningar och idéer kring ett specifikt problem. Metoden går ut på att deltagarna samlas och på ett öppet och fritt sätt improvisera fram alla möjliga lösningar på problemet i fråga. Grundregeln för metoden är att all kritik är förbjuden. Alla deltagare ska uppleva att det är tillåtet att föreslå precis vad som helst utan några kommentarer eller någon kritik. Gruppen som utför sessionen måste bestå av minst två personer och bör inte vara större än att alla kan göra sin röst hörd. Det är också viktigt att deltagarna har en positiv inställning till metoden. Det kreativa arbetet med idégenereringen kan bli lidande om någon deltagare i gruppen har en negativ inställning eller fäller nedlåtande kommentarer om vissa idéer. Alla förslag dokumenteras och först efteråt får de olika uppslagen granskas kritiskt. Sedan sker en gallring bland idéerna och endast de bästa idéerna blir kvar (Landqvist, 1994).

### **Utvärdering och val av koncept**

Att arbeta vidare med fler än tre koncept är inte praktiskt möjligt. Därför är det viktigt att utvärdera och jämföra dem inbördes, så att de idéer som återstår är de bästa. Utvärderingen och val av de slutgiltiga koncepten sker i tre steg.

1. Först utvärderas om, eller i vilken grad, koncepten uppfyller det syfte och de mål som tidigare satts upp för projektet. Om så inte är fallet finns det två alternativa lösningar. Antingen ändras kraven eller så förkastas konceptet.
2. Koncepten jämförs sinsemellan med hjälp av någon typ av utvärderingsmetod. På konceptnivån bör en enkel metod väljas då det endast finns en begränsad mängd kunskap om koncepten. Fördelen med att använda sig av en utvärderingsmetod är att en objektiv granskning tvingas fram. En nackdel kan vara att resultaten av utvärderingen tolkas alltför bokstavigt. Svaren från utvärderingen säger ingenting om huruvida koncepten kommer att fungera eller inte, utan bör endast användas som vägledning.
3. Ett fåtal koncept väljs för vidareutveckling. Valet ska baseras på resultatet från utvärderingsmetoden och på granskningen av koncepten i tidigare fas. Naturligtvis är det inte, som Liedholm uttrycker det, förbjudet att använda sig av känsla och personligt tyckande vid valet av lämpliga koncept.

## UTVÄRDERING I SIMULATOR

Det finns en rad olika frågeställningar att ha i åtanke när ett experimentellt test ska utformas. Det gäller att bestämma hur testet ska se ut, hur det ska gå till, vilka förutsättningar som ska gälla och framför allt vad som ska analyseras. Därefter väljs en testgrupp ut och beslut tas om dess utformning, till exempel vilken typ av personer som ska ingå och hur många (Sheridan, 2002).

### Test

För att inte resultaten av simulatortesten ska bli missvisande gäller det att testen utförs på ett lämpligt sätt. För att det ska kunna göras är det viktigt att fastställa vad det är som ska undersökas, för att sedan kunna välja rätt utvärderingsmetod. En frågeställning kan vara huruvida undersökningen huvudsakligen fokuserar på hur operatören uppfattar och reagerar på olika yttre omständigheter eller om målet är att undersöka hur operatören manövrerar spakar. Det är som regel lättare att mäta till exempel resultaten av en prestation innefattande motoriska eller perceptuella moment än en som är av mer kognitiv karaktär. Till exempel är beslutsfattande en komplicerad process som det är svårt att definiera entydiga prestationskriterier för (Farmer m.fl., 1999).

Ett vanligt misstag är att skapa en test med alltför många oberoende variabler med för många dimensioner. Forskaren inser snart att antalet kombinationer är enormt och att tiden inte räcker till för att göra ett så omfattande experiment som ursprungligen var planerat. Genom att på förhand genomföra testet med forskaren själv eller en kollega som försöksperson, inses detta redan innan den egentliga insamlingen av data tar vid. Dessutom erhålls en relativt god bild över vad resultatet kommer att visa, vilket minskar risken för att fel saker undersöks (Sheridan, 2002).

Jordan (1998) menar att det allt som oftast finns en på förhand klar bild över vad som ska undersökas samt hur det ska gå till. Dock händer det lika ofta att planerna måste revideras på grund av speciella omständigheter och beroende

på vad som är praktiskt möjligt. En rad olika faktorer kan vara orsak till att omfattningen av ett test måste minskas. Det kan röra sig om tidsbrist inför en rådande deadline, brist på resurser både gällande finansiella faktorer och plats att utföra testerna samt tillgängliga testpersoner och deras tid.

## **Deltagare**

Valet av deltagare beror till stor del på hur långt utvecklingen av produkten har nått eller om det rör sig om en produkt som redan finns på marknaden. Det beror också på vilken typ av test eller utvärdering som ska utföras och syftet med denna. Det kan vara alltifrån att göra små undersökningar bland kollegor, att använda sig av expertutlåtande, en verklig användare till att undersöka hela användarpopulationen (Jordan, 1998).

Det finns många olika skäl till att förorda en viss storlek på testgrupper som används i undersökningar. Ett beslut måste tas om vilken typ av undersökning som ska utföras och vilken sorts data som önskas utifrån denna. Beroende på detta val kan sedan en lämplig försöksgrupp utses. Är skälet till undersökningen att identifiera svagheter och styrkor hos produkten och få en djupgående beskrivning av det som utprovats, så bör en kvalitativ undersökning utföras. Är målet i stället att få ett statistiskt underlag angående till exempel val mellan olika lösningar eller för att se om produkten gillas, så ska en kvantitativ undersökning ske (ibid.).

Sheridan (2002) påpekar att det i vissa fall, av olika skäl, kan vara tillräckligt och till och med bättre med en liten grupp testpersoner, där alla är väl insatta i uppgiften som ska utföras, än att ha en större grupp som består av noviser. Är uppgiften svår kan resultaten bli missvisande om försökspersonerna inte har den rätta kompetensen. Däremot förloras styrkan av ett statistiskt underlag, vilket stärks med en stor grupp. Detta minskar därmed möjligheterna att förkasta ett felaktigt antagande som är falskt i verkligheten.

Genom att förändra ordningen på testerna minskas inlärningseffektens påverkan av resultatet. Inlärningseffekten förekommer trots träning och genom att göra försöken i olika ordning tar påverkan ut varandra när ett medeltal räknas fram. (Sheridan, 2002) I skördarsimulering har inlärningseffekten registrerats vid tidigare försök och beror där mycket på ett förändrat arbetssätt jämfört med verkligheten. Då en professionell förare kör simulatören lär han sig med tiden att arbetet inte kräver lika stor fokusering på kvalitetsarbetet som i verkligheten. Därmed kan han öka till exempel matningshastigheten och låta matningen ske kontinuerligt i stället för i omgångar, vilket då förändrar resultatet. (Brander & Nordén, 2004).

## **Material**

Testerna gjordes i Skogforsks skogsmaskinsimulator som är en Valmet Harvester Simulator version 3.0, från Oryx Simulations AB. Den bygger på en Valmet 911.1 varifrån hela det interna datorsystemet är taget. Den har ett synfält på 80 grader och är fast monterad, det vill säga att förarmodulen inte rör sig utan endast bilden på skärmen. Simulatören är pc-baserad, till skillnad mot tidigare simulatorer som var baserade på Silicon Graphics-system, vilket var betydligt dyrare (Lind, 2005).



Genom att läsa av CAN-bussen kan arbetssekvenser sparas och sedan användas för studier av hur reglagen har använts. Utifrån dessa data är det sedan möjligt att utläsa spakreglagens utslag i storlek och tid samt om, och hur länge, knapparna varit intryckta. På så vis kan en jämförelse göras genom att studera skillnaderna mellan hur arbetet utfördes innan och efter en förändring. Mer information om simulatoren finns i Bilaga 10 (ibid).

### Statistisk kontroll av resultat

Sheridan (2002) påpekar att det finns en fara i att försöka bevisa statistisk signifikans utan någon förståelse för förutsättningarna för statistiska analyser. Det gör att det finns en risk för att övergeneralisera resultaten. Resultaten gäller först och främst i den specifika miljö där testerna gjordes och inte nödvändigtvis någon annanstans. Sheridan (2002) påpekar därför att det är alltid säkrare att påstå för lite än för mycket.

För att visa hur tillförlitliga testresultaten kan en rad olika statistiska metoder användas. En av dessa är  $\chi^2$ -metoden som kan användas för att pröva om uppsatta hypoteser stämmer med det statistiska materialet som tagits fram. Med en viss hypotes kan ett visst mönster i observationsmaterialet förväntas. Om observationerna inte faller in i detta mönster, och  $\chi^2$ -värdet blir stort, så förkastas hypotesen. Värdet som räknas fram jämförs med ett tabellvärde som baseras på en vald signifikansnivå samt antalet frihetsgrader. Signifikansnivån beskriver hur stor risk det är att en riktig hypotes förkastas. En signifikansnivå på 95 procent medger alltså fem procentig risk att förkasta en riktig hypotes. Frihetsgraderna beror på antalet variabler som varierar fritt (Gellerstedt, 1997).

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{observerat} - \text{förväntat})^2}{\text{förväntat}}$$

## Genomförande

Då ingen av rapportförfattarna var särskilt insatt i skogsbruket när projektet drog igång avsattes en ansevärd mängd tid för att skapa en grundläggande förståelse för ämnet och tillhörande begrepp. Skogsforsks digra arkiv av arbetsrapporter, nyhetsbrev, videoinspelningar med mera har varit till stor hjälp. I samband med detta gjordes även en planering för arbetet i form av ett Gantt-schema (Bilaga 2), vilket på ett överskådligt sätt beskriver den planerade tidsfördelningen under projektet. Nedan följer projektets arbetsgång, i huvudsak en kognitiv uppgiftsanalys, framtagande av koncept och slutligen tester av dessa koncept.

### LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudien som gjordes fokuserades på mental och fysisk belastning och hur dessa problemområden behandlas inom skogsnäringen. Området automation blev mer intressant och relevant då mer av projektets fokus riktades mot detta. Dessutom studerades hur presentation av data ska ske för att underlätta för användaren då det blev en del av uppgiften. Den litteratur som användes blev sedan den teoretiska basen som behövdes för att kunna göra undersökningar inom området samt avgränsa problemet på ett korrekt sätt.

## KOGNITIV UPPGIFTSANALYS

I metodavsnittet nämns åtta fall då det är lämpligt att använda en kognitiv uppgiftsanalys för att studera en arbetsmetod. Då arbetet i en skogsmaskin mer eller mindre uppfyller samtliga åtta punkter, utfördes valda delar av en sådan analys för att utvärdera en skördarförarens tanke- och arbetsgång vid slutavverkning. Tillsammans med Brander och Erikssons (2004) studie om skördarförarens arbetscykler och reglageanvändning, gav detta en bra bild av totalarbetet vid slutavverkning.

### Observation

Vid tre separata tillfällen genomfördes observationer. Den första gjordes för att få en övergripande kännedom om arbetet och miljön i vilken det utförs. Under den andra observationen, som gjordes efter att det beslutades att fokusera på automatisk sortering, studerades sorteringen mer ingående. Den tredje observationen gjordes under en gallring för att i verkligheten få se hur detta arbete skiljer sig jämfört med slutavverkning.

Det framkom att föraren använder styrspakarna mer eller mindre konstant under körningen och ytterst få pauser i arbetet kunde observeras. Det visade sig också att den information som visas på apteringsdatorns skärm används en hel del. Ett par snabba ögonkast per träd var normalt och ibland användes skärmen mer, till exempel när problem inträffade.

Det observerades under sorteringen att stockar vid upprepade tillfällen upparbetades över andra, redan upparbetade sortimentshögar, men i en annan riktning. Det gjordes därför att beståndet var tätt och att många olika sortiment skulle sorteras upp på en begränsad yta. Det kan ske eftersom skördarföraren vet hur skotningen kommer att gå till och eftersom han på förhand har gjort upp om detta med skotarföraren. Grovt timmer läggs då ovanpå massaveden men i en annan vinkel. De olika sortimenten är lätta att särskilja och det grova timret skotas vanligtvis in först.

### Muntlig arbetsbeskrivning

Under de två observationstillfällena som avsåg slutavverkning, fick skördarföraren i detalj beskriva arbetsgången, hur han tänkte och i förväg planerade under avverkningen. Rapporteringen gjordes fortlöpande under arbetet och varade ungefär en och halv timme per gång. Det framkom att styrningen av kranen och aggregatet gjordes utan att föraren tänkte på hur han rörde spakarna eller tryckte på knapparna. Att denna del av arbetet sker omedvetet och så att säga sitter i ryggmärgen, är en indikation på att det inte är särskilt mentalt belastande. Det är det medvetna, informationsprocessande arbetet, där föraren studerar miljön och planerar fällning och upparbetning efter detta, som i huvudsak bidrar till den mentala belastningen.

Vid den muntliga arbetsbeskrivningen tog operatören upp ett problem som ansågs besvärande. Det berörde märkningen av avverkat virke vilket görs med papperslappar som häftas fast på virket när det lagts vid avlägget. Det märkningssystemet skapar bekymmer då lapparna blåser bort, snöas över, förstörs vid nederbörd eller dylikt.

## **Semistrukturerad intervju**

För att få svar på de frågor som fortfarande var obesvarade ställdes även öppna frågor där föraren kunde ge beskrivande och uttömmande svar. De finns beskrivna i Bilaga 4–6. Här framkom hur hänsyn togs till yttre faktorer i miljön såsom vind, sol, markunderlag, stigar samt telefon- och elledningar vid fällning och aptering. Under upparbetningen av trädet fokuserades den största delen av förarens uppmärksamhet på trädstammens beskaffenhet, det vill säga att leta efter till exempel krökar, skador eller röta.

Enligt föraren så är det individuellt hur mycket displayen används. Vissa förare använder apteringsinformationen ytterst lite medan andra gör det betydligt mer. Det har också med beståndet och mängden av sortiment att göra. Vid mer komplicerade avverkningar ökar användandet. Problem med den ljudsignal som ska markera byte av sortiment kan också göra att användningen av skärmen ökar. Ibland uteblir signalen vilket gör att föraren automatiskt tittar ner när han tror att det är dags för sortimentsbyte.

Vid det andra besöket fokuserades på både iakttagelser och frågor om sorteringen av trädstammarna. Det finns en mängd olika sortiment som varje trädslag kan delas upp i, beroende på bland annat kvalitet. Vanligtvis används dock bara sex olika sortiment, men variationer förekommer beroende på vilket område i landet som avses. De sex sortiment som arbetats med är uppdelade i tre olika klasser. Tall delas upp i grovtimmer, klentimmer och massa. Gran delas upp i timmer och massa och lövträd används bara till massa. Topografin visade sig inte vara något större problem även om upparbetat virke ibland kunde rulla iväg en liten bit.

Förutom att fälla och upparbeta träden, består en stor del av skördarbetet i att förenkla skotarens arbete i så stor utsträckning som möjligt. Det blir speciellt viktigt då skördaren och skotaren ägs av samma bolag och det är den totala effektiviteten i drivningen som räknas. Det är också viktigt för att samsyn mellan arbetskamraterna ska hållas på en god nivå. Skotningen förenklas av att skördarföraren är väl förtrogen med skotningsarbetet och vet hur det detta går till. Kort sagt så görs skotarens arbete effektivare om stickvägarna är raka och högarna är stora och sortimentsrena.

Under besöket vid gallringen bekräftades de idéer och tankar som tidigare hade funnits om detta arbete. Gallringsarbetet är betydligt mer komplicerat än arbetet vid slutavverkning, då hänsyn måste tas till de träd som ska stå kvar så att dessa inte skadas. Planeringen i körningen blir viktigare och mer krävande samtidigt som besluten blir fler då föraren måste avgöra vilka träd som har bäst tillväxtpotential och därmed ska stå kvar.

## **Dataanalys**

Målet med analysen av skogsmaskinförarens arbetssituation var att studera vilka problem som uppstår i skördarbetet. Först därefter kunde idégenereringsfasen inledas och koncept tas fram. Skördarföraren som iaktogs och intervjuades hade erfarenhet från tidigare undersökningar av liknande karaktär och kunde därför på ett bra sätt förklara sitt tillvägagångssätt i arbetet.

Tidigare studier har gjorts för att avgöra hur arbetscykeln för fällning och upp-  
arbetning av ett träd går till, men har till största delen fokuserats på de fysiska  
rörelserna vid spakreglage. Här har i stället fokus lagts på det mentala arbetet  
med planering av maskinens position, fällordning och aptering av träden. Med  
det insamlade materialet tillsammans med författarnas egna erfarenheter från an-  
vändning av simulatoren, gjordes en kartläggning av informationsflödet mellan  
föraren, maskinen och omgivningen. Denna kartläggning finns i Bilaga 7.

Utifrån analysen av det insamlade materialet identifierades en rad problem-  
områden vilka redovisas nedan.

- Föraren måste hela tiden växla fokus med blicken när han upparbetar trä-  
den. Det sker när han letar efter kvalitetsbrister hos trädet vid aggregatet  
och sedan kontrollerar vald trädsort, val av längd och sortiment med de val  
som apteringsdatorn gjort.
- Alla reglage utom pedalerna styrs med händer och fingrar vilket belastar en  
specifik del av hjärnan och begränsar möjligheterna till resursfördelning.
- De svåraste och mest erfarenhetskrävande delarna av skördaryrket handlar  
om att bedöma och bestämma vilken kvalitet det avvertrade trädet har.  
Föraren måste avgöra om det till exempel finns krökar, röta eller andra  
kvalitetsfel.
- Märkning av virket sker vid uppläggningsplatsen vid väg. Den sker med  
hjälp av vanligt papper och en häftapparat, vilket vid svår väderlek kan  
göra att lappar försvinner, snöas över, förstörs och så vidare.
- Reglagen används konstant under arbetets gång och medger ingen möjlig-  
het till mikropausar eller längre vila.
- Många förare låter bli att ställa om reglage och stol på grund av ointresse,  
tidsbrist eller för att det är besvärligt. Det leder till att föraren inte alltid  
har en bra arbetsställning vilket medför ytterligare belastningsproblem.
- Föraren måste vara uppmärksam och ta hänsyn till stigar, beståndsgränser  
och andra yttre faktorer såsom väder och vind, elledning och liknande.

De identifierade områdena användes sedan som grund i det fortsatta arbetet  
med att ta fram nya idéer för att hitta lösningar till problemen i fråga.

## **KONCEPTFRAMTAGNING OCH UTVECKLING**

Nedan följer en beskrivning av det arbete som genomfördes för att välja ut ett  
av de identifierade problemområdena och för hur koncept togs fram.

### **Val och granskning av problem**

Efter den kognitiva uppgiftsanalysen och identifieringen av de problemområ-  
den som finns i skördarmaskinförarens arbete kunde en vidare utveckling ske.  
För att kunna avgränsa vad projektet skulle utvecklas mot, gjordes en brain-  
storming av rapportförfattarna som baserades på resultaten från uppgiftsana-  
lysen. Idéerna som uppkom under stormningen sorterades upp i tre områden,  
nära framtid, framtid och avlägsen framtid. Därefter diskuterades vilka föränd-

ringar de olika idéerna skulle medföra med avseende på förarmiljön och informationsutbytet mellan människa och maskin, vilka för- och nackdelar införandet skulle få samt vilka tekniska svårigheter som skulle behöva överbryggas för att idéerna skulle vara genomförbara. Idéerna finns i Bilaga 8.

Efter att ha tagit fram idéer till lösningar eller på hjälpmedel inom problemområdena gjordes en genomgång tillsammans med handledarna inom vilket område som arbetet skulle fördjupas. Valet gjordes genom att se vilka idéer som verkade passa inom ramen för projektets syfte, mål och realism.

Valet föll på att försöka minska förarens mentala belastning genom att vidareutveckla och ytterligare bygga på de automatiska funktioner som tagits fram i tidigare projekt. Det skulle då medföra att operatörens uppmärksamhet mer kunde fokuseras på kvalitetsarbete, miljöhänsyn, omgivning och andra funktioner, där människan i jämförelse med maskinen är överlägsen. Dessutom skulle det ge bättre möjligheter till mikropaus, så att musklerna kan återhämta sig, vilket i förlängningen skulle kunna minska belastningsskadorna bland skogsmaskinförare. Utöver det bestämdes även att det skulle ingå i uppgiften att visualisera den viktigaste informationen för föraren på ett lämpligt sätt.

Att jämföra det moderna skogsbruket med andra branscher är svårt. Att arbeta i en så pass varierande miljö och med problem av så skiftande natur, är det ytterst få inom andra arbetsområden som gör. Vissa funktioner och arbetsuppgifter kan jämföras med andra maskinoperatörer såsom grävmaskinförare medan andra inte alls går att jämföra. De flesta jämförelser blir därför haltande och ger inte något direkt bidrag till studien.

Gällande tidigare forskning inom detta specifika område, automation av funktioner i skogsmaskiner, har en del arbete gjorts. På Skogforsk har ämnet berörts av bland andra Löfgren, Hallonborg, Brander och Eriksson. Tillverkarna har infört vissa funktioner som kan ses som automatiseringar. I Valmet-maskinerna finns en rad mindre kran- och aggregatfunktioner som automatiserats. Det kan till exempel vara att få hem svärdet eller en automatisk antislirfunktion, vilka även kan anpassas individuellt till föraren. Alla tillverkare har drivit sin automation ungefär lika långt och ingen skiljer sig nämnvärt från de andra. En utförligare presentation av dessa funktioner finns i Brander och Eriksson (2004).

### **Skapa och granska koncept**

Återigen togs brainstormingmetoden i bruk för att generera idéer till hur det valda problemområdet skulle kunna behandlas. Då sorteringsarbetet är en komplicerad del av arbetet i skördaren kom endast ett fåtal koncept fram, värda att arbeta vidare med. Idéerna granskades och utvecklades så pass att en senare utvärdering skulle vara möjlig. De fyra koncepten tycktes till en början vara rimliga idéer för att kunna minska den mentala arbetsbelastningen hos operatören. Förslagen redovisas nedan.

### 1. Manuellt förarbete.

Tanken med detta koncept är att operatören först visar maskinen hur sorteringen ska gå till genom att göra den första upparbetningen manuellt. Operatörens placering av stockarna lagras och när nästa träd av samma sort falls vet maskinen exakt hur de olika sortimenten ska placeras och kan göra detta automatiskt.

### 2. Sortering via tryckkänslig skärm.

Sorteringsförfarandet bygger på att operatören under det automatiska fällningsarbetet markerar var, och i vilken riktning virket ska placeras. Det sker på en touchdisplay som visar vilka områden relativt maskinen som finns tillgängliga att placera virke på.

### 3. Facksortering.

Operatören väljer här att placera högarna i förutbestämda fack som visualiseras för honom. Det område framför maskinen som är lämpligt att göra sorteringen inom delas upp i ett antal områden i vilka olika sortiment placeras.

### 4. Helautomatisk sortering.

Området kring maskinen läses av och topografin lagras och utvärderas av maskinen. Därefter avgörs det automatiskt hur, och på vilken plats, virket ska sorteras på ett optimalt sätt.

Att arbeta vidare med fyra koncept är åtminstone ett för mycket. Därför måste de koncept som i detta skede verkar ha störst potential väljas ut för vidare utveckling.

## Utvärdering och val av koncept

De fyra koncepten utvärderades sedan enligt Liedholms (1999) metod. Redan på den första punkten, där det gäller att utvärdera om, och i vilken grad de olika koncepten uppfyller det syfte och mål som tidigare satts upp, försvann två av idéerna. De fyra koncepten verkade på det här stadiet uppfylla kraven gällande minskad arbetsbelastning, men däremot faller koncepten ”sortering via tryckkänslig skärm” och ”helautomatisk sortering” på andra grunder. Att markera platsen på en skärm skulle medföra att föraren blir tvungen att släppa taget om styrreglagen och byta blickfokus vid varje sorteringstillfälle. Dessutom skulle de applikationer som krävdes för detta koncept troligen vara så pass avancerade att de inte rymdes inom de ekonomiska ramarna för projektet eller hinna tillverkas i tid. Idén att läsa av omgivningen runt maskinen valdes bort då den grundläggande tekniken inte finns att tillgå i dagens läge. Den teknik som finns för att läsa av denna typ av natur och miljö är alldeles för primitiv för att kunna användas praktiskt i realtid som skulle vara fallet här.

Att följa metoden och enligt punkt två jämföra de två kvarvarande koncepten sinsemellan visade sig vara svårt. Att uppskatta hur värdefulla deras egenskaper var gentemot varandra utan ett bra beslutsunderlag och innan de testats, ansågs vara en alltför osäker metod. Det var därför omöjligt att redan på det här stadiet utesluta något av de kvarvarande koncepten och tillsammans med handledaren på Skogforsk bestämdes det att båda koncepten skulle utvecklas vidare och testas i simulatormiljön.

## UTVÄRDERING I SIMULATOR

För att få en uppfattning om hur simulatortester brukar gå till och vilka tillvägagångssätt som används, gjordes en mindre genomgång av tillgängliga rapporter och artiklar i ämnet. Det mesta materialet hade sitt ursprung i undersökningar med bilsimulatorer och ganska snabbt insågs att arbetsgången inom området är relativt konsekvent. Många av de genomgångna undersökningarna behandlade utprovning av en ny funktion eller en ny utformning av en befintlig funktion. Mätningarna har då fokuserats på hur testpersonerna reagerar vid olika typer av situationer samtidigt som de manövrerar funktionen i fråga.

Undersökningen i det här projektet har en mer varierad miljö och en mer komplicerad förarsituation. Dessutom, till skillnad mot tester i personbilar, så måste även produktiviteten mätas. Det finns alltså en rad olika variabler som ska mätas och undersökas för att få ett bra och tillförlitligt resultat.

### Test

Testet gjordes i en virtuell miljö speciellt framtagen för denna undersökning. Till skillnad från andra befintliga miljöer i simulatorn gjordes denna mer komplicerad med hjälp av lutning, mer naturliga hinder och en utformning som kräver ett aktivt vägval. En beskrivning av miljön finns i Bilaga 11. Uppgiften var att testpersonen på så kort tid som möjligt skulle avverka området men samtidigt inte göra avkall på kvaliteten i arbetet.

För att arbetet inte skulle bli alltför omfattande krävdes vissa avgränsningar med avseende på vad som kunde anses intressant och relevant. För att få ett dataunderlag att utvärdera beslutades det att följande tre variabler skulle mätas.

- **Produktivitet**  
Genom att mäta den tid som krävdes för att avverka träden i scenariot, kan en jämförelse mellan koncepten, både sinsemellan och med dagens arbete, göras. Eftersom högarnas placering i arbetet är viktigt, gjordes dessutom en genomgång av resultatet avseende högarnas utseende och hur bra arbetet är förberett för skotning.
- **Subjektiv bedömning**  
Med hjälp av en NASA-TLX-undersökning gjordes en subjektiv bedömning av de nya koncepten och därmed kunde det avgöras hur de uppfattades av testföraren. Även förarens egen insats skattades vilket gav en möjlighet att bedöma hur han ansåg att arbetet hade utförts. Undersökningsformuläret och ytterligare information finns i Bilaga 9.
- **Användningen av reglagen**  
För att se hur de olika koncepten påverkade användningen av reglagen, lagrades data från testet via CAN-bussen, som läses av varje tiondels sekund med hjälp av en pc som är kopplad till simulatorn. Vid varje mättillfälle registreras vilka knappar som är intryckta och spakarnas utslag relativt ett givet, kalibrerat neutrallvärde. När det gäller knapparna markerar en nolla att den ej är intryckt och en etta att den är det. Förhållandet för spakarnas utslag är att 512 motsvarar neutralläget och mätvärdena 0 respektive 1 024 representerar de maximala utslagen åt vardera hållet. Uppmätta data fördes sedan över till Excel för analys.

För att få en uppfattning av hur testresultaten skulle komma att se ut och hur jämförelsen skulle gå till praktiskt, gjordes två tester av författarna själva. På så vis kunde de olika variablerna studeras och analyseras redan på förhand, vilket gav möjlighet till en snabbare analys och färre överraskningar i de verkliga testerna.

### **Deltagare**

Testerna kan ses som en inledande studie om hur automation av sorteringsarbetet kan utformas. Därför var en kvalitativ undersökning att föredra framför en kvantitativ. I detta skede i utvecklingen är inte ett omfattande statistiskt underlag det viktiga, utan mer djupgående resultat om hur funktionerna känns och fungerar. Dessutom ansågs det, i och med arbetets komplexitet, tvunget att använda professionella förare i testet.

En mindre studie med endast en förare bedömdes vara mest lämpad. Med denna typ av undersökning kan kvalificerade åsikter dokumenteras och en grundlig analys av funktionerna kan göras. Dessutom blir testerna väldigt tidseffektiva, vilket också var en viktig faktor att ta hänsyn till. Testet utfördes av Staffan Larsson som är skördarförare med mångårig erfarenhet även från skotning och servicearbete av skogsmaskiner. Han har de önskade egenskaperna som maskinförare, erfarenheter av simulatortester och han har också varit delaktig tidigare i projektet, i den kognitiva uppgiftsanalysen.

### **Testets genomförande**

Undersökningen genomfördes i Skogforsk simulator den 14 februari 2005. Testföraren fick först prova på de två koncepten samt att anpassa sig till den virtuella miljön under en timme. Därefter utfördes testerna i tre omgångar där de båda koncepten samt det traditionella avverkningssättet användes för att avverka testbeståndet. För att inverkan av inlärningseffekten inte skulle gynna någon av de använda metoderna, bestämdes att de skulle göras i olika ordning.

När alla omgångar av testet genomförts gjordes en jämförande studie mellan arbetsgången i dag och de nyframtagna idéerna avseende antal knapptryckningar och hur mycket spakarna användes, hur snabbt och effektivt arbetet utfördes samt hur föraren upplevde de olika arbetssätten. Jämförelse gjordes också mellan de två koncepten för att få en uppfattning om hur de uppfattades relativt varandra, vilken av de två metoderna som ger minst belastning samt hur de olika graderna av automation inverkar på arbetet.

### **Statistisk kontroll av resultat**

I syfte att redovisa undersökningens tillförlitlighet gjordes ett  $\chi^2$ -test för att pröva en hypotes. Hypotesen som sattes upp var att det inte finns några skillnader i resultaten mellan de två nya koncepten och den konventionella metoden. Denna hypotes testades på alla kategorier av data och prövades med en signifikansnivå på 95 procent.

I undersökningen jämförs de olika arbetsmetodernas medelvärden med varandra. När det totala medelvärdet från alla deltester räknats fram är det detta som blir det förväntade värdet i formeln. Endast två värden kan variera för att medelvärdet ska förbli detsamma. Är de låsta och medelvärdet känt, kan



det tredje värdet räknas fram. I och med att endast två värden kan variera finns det i våra undersökningar två frihetsgrader.

## Resultat

I resultatdelen presenteras först de två koncepten som tagits fram och som har testats i simulatören. Därefter redogörs för resultaten från tidsstudien och hur knappar och reglage använts samt resultat från den subjektiva bedömningen. Den del av testet som utfördes i dagens arbetsmiljö används som referensvärde. Sist i kapitlet presenteras testförarens omdömen om de två koncepten.

### SLUTGILTIGA KONCEPT

Nedan följer en beskrivning av de två koncept som valts att testas i simulatören. De bygger på två olika tillvägagångssätt vid sortering av virket. Det första konceptet bygger på att operatören visar maskinen hur sorteringen ska ske, medan i det andra konceptet sker sorteringen efter ett förutbestämt mönster. De beskrivs närmare nedan.

Båda koncepten har några gemensamma förutsättningar. Den viktigaste är att varje upparbetningsposition registreras relativt maskinen, vars position i ett verkligt scenario är bestämd med GPS. Informationen från upparbetningen som sortiment och volym lagras till den position där arbetet skett. Detta gör att ett visst utrymme reserveras för ett visst sortiment och därmed inte kan nyttjas för något annat. I och med positionslagringen kan de olika sortimenten sorteras upp på samma position och på så sätt automatiskt skapa sortimentsrena timmerhögar.

Båda koncepten innehåller dessutom en head-up display där information presenteras för föraren. Informationen är de apteringsdata som anses viktigast för operatören samt data som rör sorteringen, vilken är specifik för vardera konceptet.

### Manuellt förarbete

Detta koncept bygger på ett semimanuellt förfarande. Föraren genomför sorteringsfasen av det första trädet manuellt. Maskinen registrerar var de olika sortimenten från det manuellt upparbetade trädet placerats, och kan då, på egen hand, sköta sorteringsarbetet så länge de anvisade sorteringsplatserna är aktuella.

Arbetsgången blir då som följer. Första trädet fälls och föraren uppmärksammas via head-up displayen att det ej finns några förutbestämda platser för sortimenten som hör till detta trädslag, och att en manuell aptering krävs. De positioner som operatören använder för de olika sortimenten reserveras och lagras i minnet för nästkommande träd av samma trädslag. När föraren gör ett trädval som tidigare gjorts och där de uppsorterade högarna går att använda igen registrerar maskinen detta och sköter placeringen av aggregatet automatiskt. För att markera förändring från manuellt till automatiskt läge ändrar ramen på head-up displayen färg från grön till gul, se Figur 8 nedan. För varje nytt sortiment måste en manuell positionering göras för att maskinen ska kunna sköta sorteringen av nästkommande träd på egen hand.



Figur 8.  
Head-up display vid Manuellt förarbete där automatiken är igång. (Egen bild).

De uppsorterade högarna blir ogiltiga som upparbetningsplats när de har passerats av maskinens främre hjul. Skulle en placering i en förbipasserad hög eller på en position bakom hjulen önskas så är det möjligt att manuellt placera stoc-karna där, men de positionerna registreras inte för automatisk sortering av näst-kommande träd.

### Sortering i fack

Konceptet baseras på ett system med fem stycken förutbestämda fack, på vardera sidan om maskinen, i vilka de olika sortimenten placeras. Maskinen ger förslag på hur aktuellt träd ska sorteras, vilket godkänns eller förkastas av operatören beroende på yttre faktorer samt erfarenhetsmässiga beslut. Har ett träd sorterats upp kommer nästa träd av samma trädslag att automatiskt sorteras upp i samma fack om inte föraren aktivt ändrar detta.

Arbetsgången i konceptet blir som följer. Trädet fälls och maskinen ger, efter att trädval gjorts, ett förslag på hur de olika sortimenten ska placeras. Det bygger på ett förutbestämt sorteringsmönster, vilket visas på head-up displayen. Förslaget kan då antingen accepteras genom att låta arbetet fortgå eller så kan operatören ändra beslutet. Ändring av fack sker genom att flytta placeringen av ett eller flera sortiment. Orsaker till att ändra maskinens beslut kan till exempel vara att föraren planerar att lägga ett annat sortiment i det facket eller att det finns naturliga hinder i facket. När maskinen förs framåt sker en förändring av högarnas positioner relativt maskinen. En kontinuerlig uppdatering av facken sker och det sortiment som tidigare placerats längst från maskinen kommer med tiden att vara det som är närmast föraren.

Så länge maskinen kan utnyttja redan godkända sortimentshögar så görs detta automatiskt. Skulle däremot högen ha passerats, kommer ett nytt förslag från maskinen och förfarandet börjar om.

Head-up displayen, se Figur 9 nedan, visar förutom informationen från apteringsdatorn, även de fem möjliga sorteringsfacken på vardera sidan. När datorn bestämt hur sortimenten ska placeras visas detta för föraren. Operatören ser även vilket fack som är aktuellt för uppärbetning vid tillfället.



Figur 9.  
Head-up display vid sortering i fack. (Egen bild).

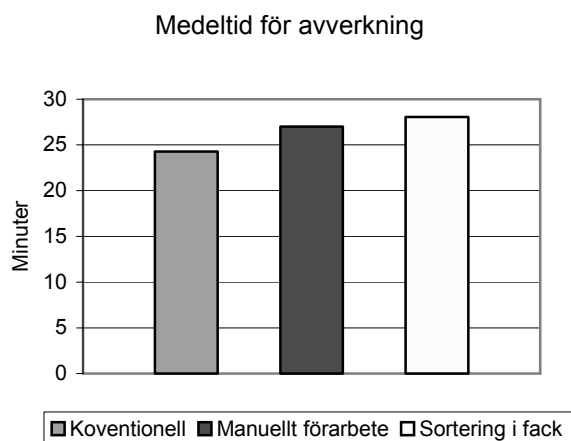
## TIDSSTUDIE OCH KONTROLL

Här presenteras resultateten från tidsstudien som gjordes i samband med testet. Även resultaten från den kvalitetskontroll som gjordes efter varje test med avseende på sorteringen och sortimenthögarnas utseende presenteras.

### Tidsstudie

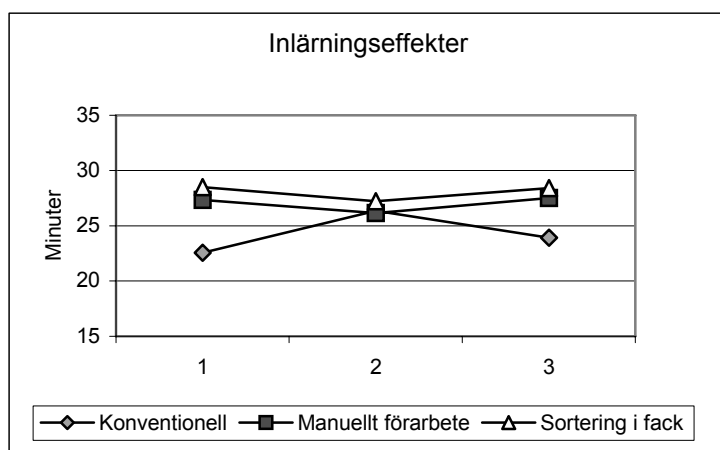
Tidsstudien gjordes genom att i efterhand räkna antalet avläsningar av CAN-bussen. Avläsningen sker tio gånger per sekund och den totala tiden för avverkningen fås genom att dividera antalet mätningar med tio eller 600, beroende på om tiden önskas i sekunder eller minuter.

Ett medelvärde från testomgångarna räknades ut för att jämföra de två koncepten sinsemellan och med det konventionella arbetet. Detta redovisas i Figur 10. Diagrammet visar att det inte blev någon tidsvinst med de nya koncepten. Tvärtom ökade tiden för att avverka testbeståndet.



Figur 10.  
Medelvärdet av den tid avverkningen tog med de olika arbetsätten.

För att se om inlärningseffekten påverkade undersökningen presenteras de individuella värdena från testen i en jämförande graf, se Figur 11. Av Figur 11 framgår att det inte går att uttyda några inlärningseffekter i denna studie då tiderna inte sjunkit konsekvent, trots att föraren övat mer.



Figur 11.  
Individuella avverkningstider för de olika koncepten för att identifiera inlärningseffekter.

### Kvalitetskontroll

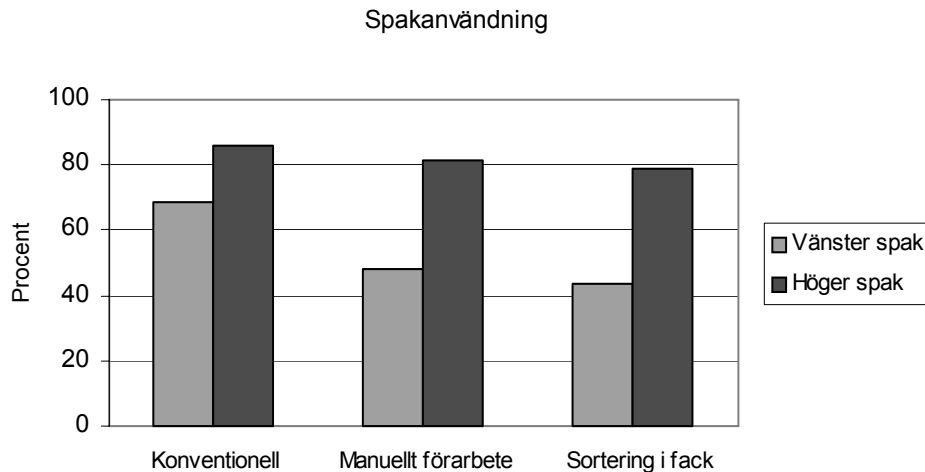
Testföraren fick efter varje genomfört test skatta hur bra sorteringsresultat han åstadkommit. Detta skattades på en skala mellan ett och fem, där fem var högsta betyg. Resultatet visar att sorteringen med de nya koncepten får samma medelvärde (3,67) som arbetet med den konventionella maskinen. Betygen finns i Bilaga 13.

### REGLAGEANVÄNDNING

I denna del presenteras resultaten från undersökningen av hur mycket reglagen har använts. I resultaten ingår, både spakutslag och knapptryckningar vilka i sin tur är uppdelade i två separata delar. En komplett förteckning över de data som registrerats under testerna finns i Bilaga 12.

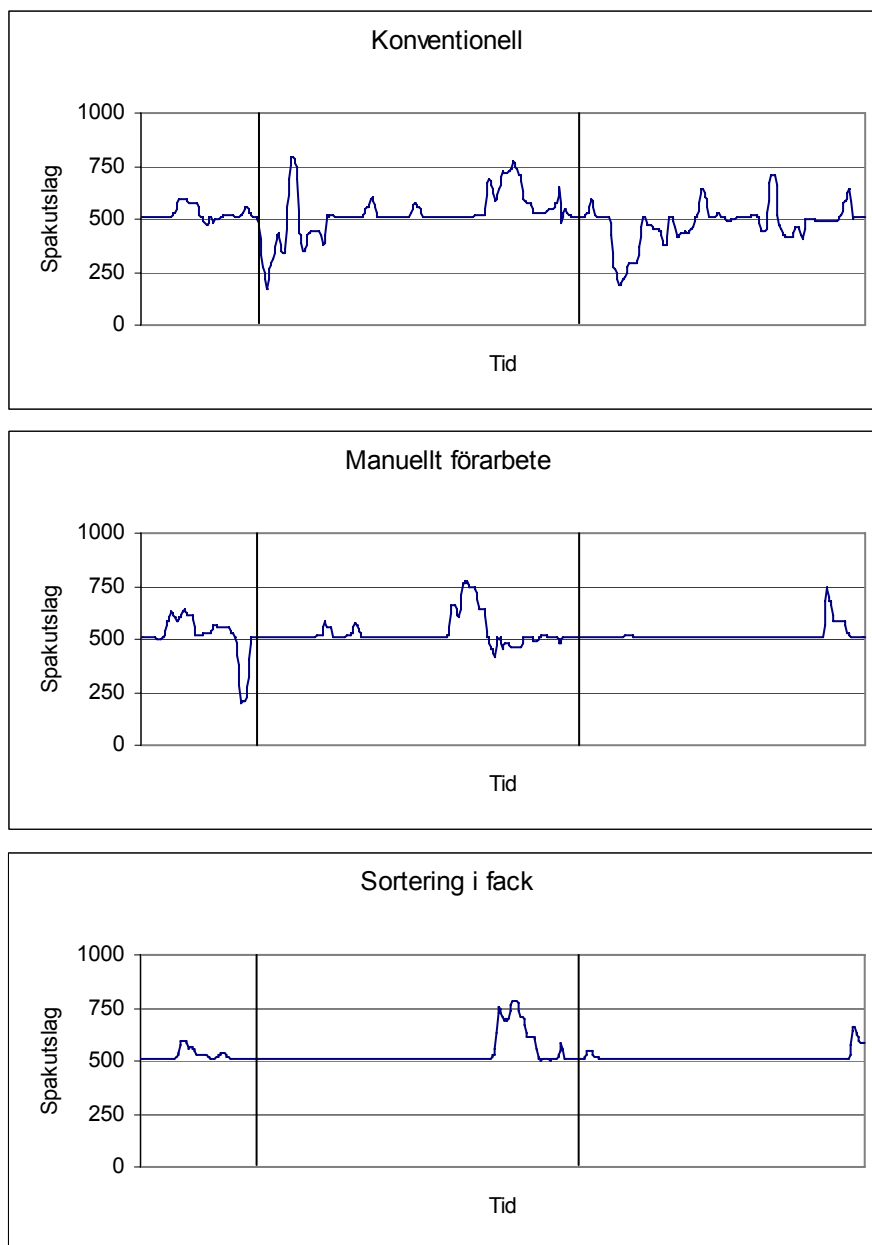
## Spakrörelser

I referensmätningarna, då föraren genomförde testscenariot på konventionellt sätt, rörde den vänstra spaken under 68,7 % av tiden. Denna siffra baserar sig endast på spakrörelserna, knapptryckningarna är inte medtagna i beräkningarna. Motsvarande värden för de två nya koncepten visade på en minskning i användningen av vänsterspaken till 48,1 % och 43,5 % för Manuellt förarbete respektive Sortering i fack. För den högra spaken är inte minskningen lika stor. Där är motsvarande värden, i samma ordning som för vänster hand, 85,8 %, 81,3 % och 78,6 %. Se Figur 12 nedan.



Figur 12.  
Procentuellt användande av vänster och höger spak.

Genom att visa spakrörelserna i en figur vid avverkning av ett och samma träd kan ytterligare jämförelser göras mellan de olika koncepten. Det visar sig att med hjälp av de nya koncepten blir spakarnas utslag betydligt mindre och även färre, speciellt för den vänstra styrspaken. Nedan i Figur 13 visas hur den vänstra spaken rörts i sidled, för att svänga kranen, under avverkningen av de första två träden i testscenariot. En mer komplett jämförelse av alla spakfunktioner för avverkningen av de två träden finns i Bilaga 12.



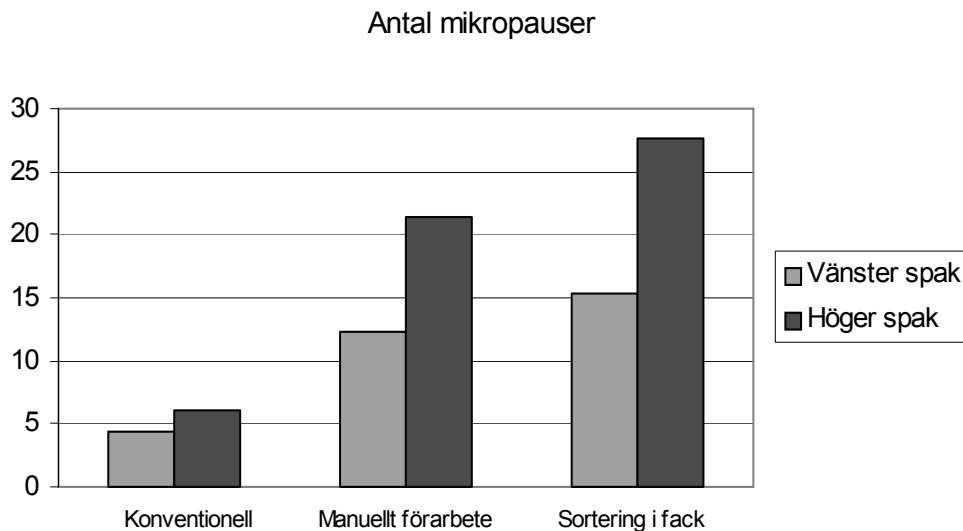
Figur 13.  
Spakutslag från den vänstra spakens sidledsrörelser för avverkningen av de två första träden under den tredje testomgången. Y-axeln visar spakutslaget mellan 0 och 1 024. Markeringarna på x-axeln indikerar när träden fälldes.

### Knapptryckningar

Såväl höger som vänster spaks knappar användes ungefär lika mycket. Det var ett väntat resultat då knapparna främst sköter aggregatets funktioner, såsom matarhjulens rörelser och trädval, vilka sköts manuellt även i de två nya koncepten. Registrerade data finns bifogade i Bilaga 12.

## Mikropauser

Liksom för spakrörelserna och antalet knapptryckningar räknades även medelvärden fram för antalet mikropauser för respektive koncept. Som mikropaus räknas ett uppehåll i all aktivitet på minst tre sekunder. Resultaten, som presenteras i Figur 14, visar på en kraftig ökning av möjligheterna för total avslappning för både vänster och höger hand.



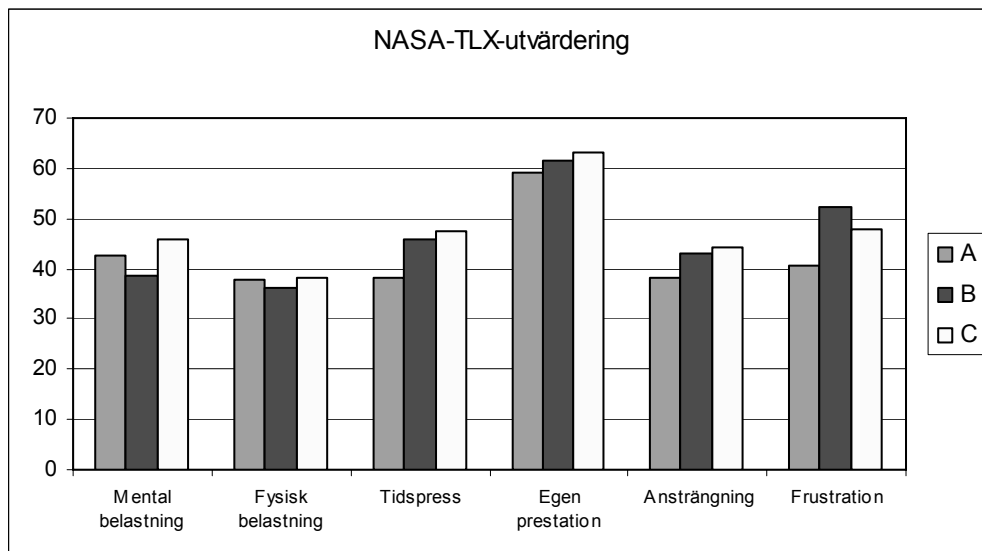
Figur 14.  
Medelvärden av antalet mikropauser för respektive scenario och spak.

## SUBJEKTIV BEDÖMNING

Den subjektiva bedömningen gjordes för att se hur testföraren upplevde de nya koncepten med avseende på mental och fysisk belastning, hur han upplevde tidspress, ansträngning och frustration samt den egna prestationen. Dessutom fick föraren lämna ett omdöme om hur de två koncepten uppfattades.

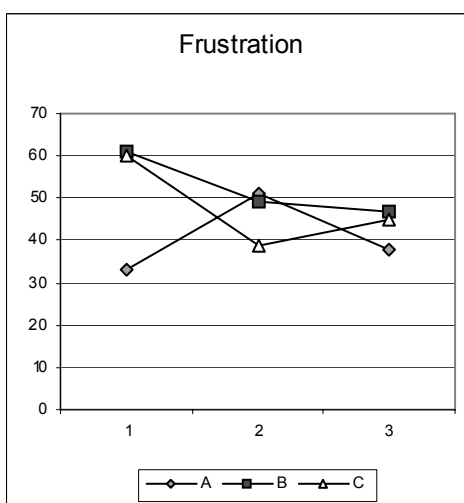
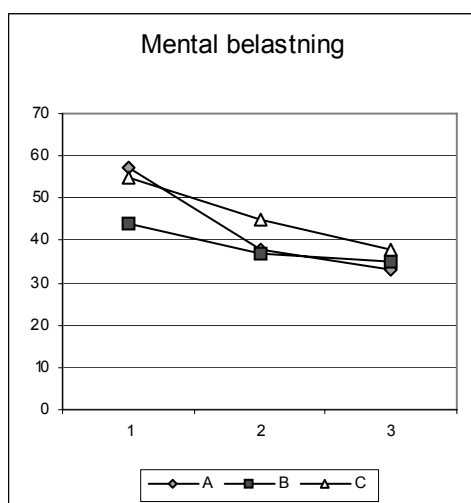
## NASA-TLX

Efter varje test fick föraren fylla i en NASA-TLX-utvärdering. Resultatet av utvärderingarna sammanställdes till ett diagram där de olika koncepten jämförs sinsemellan och mot referensvärdet. I diagrammet, Figur 15, är det medelvärdena från testerna som jämförs för att på så sätt minska de eventuella riskerna för påverkan från inlärningseffekter, yttre faktorer, tid på dygnet och liknande.



Figur 15. Resultatet från nasa-tlx-utvärderingen som gjordes i samband med testen. A representerar referensvärdet medan B och C är Manuellt förarbete respektive Sortering i fack.

Resultaten visar inte på några distinkta skillnader. Möjligen kan en viss skillnad avseende tidspress och frustration utläsas, där de nya koncepten visade sig vara sämre än referensvärdet. Under mental belastning ansågs Manuellt förarbete minst ansträngande men följer referensvärdet relativt bra förutom vid det första testet. Sortering i fack ansågs mest belastande men hade ungefär samma värde som referensvärdet efter den första testomgången men låg sedan något högre. Värdena sjunker kontinuerligt i och med att fler tester görs och att föraren lär sig konceptens funktion i simulatoren, vilket illustreras i Figur 16. När det gäller frustration så visade sig Manuellt förarbete vara mest frustrerande. Konceptet har dock ett lägre värde än referensvärdet vid test två, där Sortering i fack visade sig markant bättre. Vid test tre var de två nya koncepten på ungefär samma nivå och betydligt högre än referensvärdet vilket visas i Figur 17. I figurerna är A Konventionell, B representerar Manuellt förarbete och C Sortering i fack.



Figur 16 och 17. Diagram över hur Mental belastningen och Frustration varierade under testerna.



En sammanställning av resultaten från den subjektiva bedömningen finns i Bilaga 14.

### **Statistisk kontroll**

Den uppsatta hypotesen,  $H_0$ , som sa att inga skillnader förelåg mellan koncepten, testades på resultaten för att se om den stämde. För resultaten från den subjektiva bedömningen fanns att inga signifikanta skillnader mellan arbetsätten. Inte heller kan några skillnader uttydas när gäller antalet knapptryckningar, avverkningstid eller för spakrörelser för högra handen. Däremot föreligger det, med 95 procents signifikansnivå, skillnader i antalet mikropauser samt spakrörelser för den vänstra handen. En redovisning av resultaten från den statistiska kontrollen finns bifogad i Bilaga 15.

### **Omdöme**

Efter testerna fick föraren möjlighet att lämna ett omdöme om de två utarbetade koncepten och bedöma deras användning i verkligt arbete.

Sortering i fack ansågs något bättre då automationen finns med från och med första trädet. Särskilt vid slutavverkning med få sortiment och plan terräng ansågs detta koncept vara mycket fördelaktigt. Konceptet Manuellt förarbete ansågs dock mer flexibelt i och med att föraren kan placera högarna precis som han vill. Därmed kan sorteringen anpassas till miljön och samtidigt utnyttja automatiken. Båda idéerna ansågs, med vissa modifieringar och mer anpassning till verkligheten, vara möjliga att använda i det dagliga arbetet. Han poängterade noga nyttan med flexibilitet och önskade möjligheten att enkelt kunna skifta mellan automation och manuellt läge.

Testföraren föreslog också att man borde överväga en alternativ väg för förflyttning av kranen mellan avverknings- och upparbetningsplatsen. I de framtagna koncepten förflyttas aggregatet på snabbast möjliga sätt mellan de två platserna. Den föreslagna förändringen innebär att aggregatet i stället först skulle dras in mot maskinen och sedan förflyttas i sidled för att på så sätt minska risken för att slå i kvarstående träd eller andra hinder i omgivningen.

Head-up displayen upplevdes mycket positiv, eftersom han inte behövde titta ner på apteringsdatorns skärm. Det bidrog till en ökad kontrollmöjlighet av upparbetningen och en snabbare kontroll av apteringsdatorns val. Några större skillnader mellan de två olika displayerna upplevdes inte, men han ansåg att färgändringen, som sker då automatiken tar vid, var bra och tydlig.

## **Diskussion**

Diskussionen kring resultaten av testerna sker mot bakgrund av rapportens syfte, förbättring av arbetsmiljö samt att bibehålla produktiviteten. Då testerna endast genomfördes med en professionell förare går det inte att säkerställa den statistiska säkerheten i resultaten men det går ändå att urskilja tydliga tendenser avseende de båda nya koncepten när de jämförs med det konventionella arbetssättet.

De båda nya koncepten visade sig ha olika för- och nackdelar. Manuellt förarbete ansågs vara mer flexibelt medan Sortering i fack utnyttjade automationen mer effektivt. Möjligen skulle en kombination av de båda koncepten ge en mer komplett och en mer användbar sorteringsautomatik.

Avverkningstiden ökade för de nya koncepten, och därmed minskade produktiviteten, vilket inte kom som någon överraskning. Med tanke på att testföraren är professionell och dagligen arbetar på det konventionella sättet, vore motsatsen mer överraskande. Med mer övning under en längre tidsperiod hade antagligen resultatet sett annorlunda ut. Vad gäller inlärningskurvan visar resultatet att det inte går att utläsa några effekter av inläring, vilket också kan hänvisas till mängden träning. Hade mer träning varit möjligt hade med stor sannolikhet också inlärningskurvan fått ett annat utseende. Föraren hade då, innan testerna tog vid, hunnit passera det stadium då de nya funktionerna inte längre hade känts främmande och därmed förbättrat resultaten för varje test.

Att reglageanvändningen minskade i omfattning står klart efter att ha analyserat resultaten. Att minskningen är mer markant på den vänstra spakens rörelser är också tydligt men samtidigt inte förvånande, då koncepten i första hand automatiserar dessa. Den högra spakens rörelser, att snurra samt höja och sänka aggregatet, sköts manuellt precis som tidigare. Testresultaten visar även att möjligheterna för operatören att ta mikropauser varierade mellan de båda spakarna. Båda koncepten skapar rikligt med tillfällen till mikropauser för högerhanden medan det är mer sparsamt med tillfällen att vila för vänsterhanden. Det beror på den flitiga användningen av automatknappen, på den vänstra spaken, vid upparbetning av träden. En lösning på detta problem kan tänkas vara att införa en automatknapp även på den högra spaken så föraren kan alternera användningen och skapa fler mikropauser även för vänster arm. Som koncepten ser ut i dag skapas ändå, trots den ensidiga användningen av automatknappen, förbättringar i arbetsmiljön då de upprepade rörelserna i x- och y-led minskar på vänster spak.

Mycket av den frustration som testföraren skattat berodde på de problem som uppstod under testerna. Det kunde vara faktorer som att aggregatet ibland fastnade på ett sätt i simulatören men som inte kan ske i verkligheten eller att den virtuella miljön inte riktigt uppträder som i verkligheten, telefonsamtal samt andra störande element. Det kan också påverkat den mentala belastningen som är högre för de nya koncepten. Det troligaste skälet är dock samma orsak som att avverkningstiden är längre. Med mer träning och en längre tillvänjningsperiod hade de nya funktionerna känts mer naturliga och därmed krävt mindre av förarens resurser.

I testerna, och i arbetet med koncepten, har antalet sortiment begränsats till sex stycken, uppdelade på tre trädslag trots att det finns otaligt många fler i verkligheten. Efter diskussioner med kunniga inom området och föraren i den kognitiva uppgiftsanalysen, ansågs det vara en rimlig avgränsning. Att arbetet begränsades berodde till största delen på att det mest intressanta i det nuvarande skedet av automationsprocessen var att finna grundläggande förslag på hur en automatisk sortering kan se ut. Sorteringen kan utvecklas vidare då man tar ytterligare steg mot en helautomatisk skördare.

Trots den enkla utformningen ansågs head-up displayen vara ett bra hjälpmedel. Den bidrog till att minska ackommodationsproblemen som uppstår då föraren ändrar fokus mellan omgivningen och apteringsdatorn. Dess främsta funktion i koncepten var dock att göra föraren uppmärksam på huruvida sorteringsfunktionen är aktiv eller inte, samt hur sorteringen skulle göras.

I ett av deltesterna blev resultatet avseende antalet mikropauser för vänster hand, väldigt mycket lägre än i de andra två testerna med samma koncept (se Bilaga 12, kolumn C2). Vi har inte hittat någon bra förklaring till vad det beror på. Inte heller kunde testföraren komma med några förslag till varför de stora skillnaderna uppkommit.

Under testerna hade med största sannolikhet ett mer rättvisande resultat erhållits om testföraren fått mer tid till sitt förfogande att träna på de nya koncepten. På grund av förseningen i projektet var det tvunget att göra testet så tidigt som möjligt då koncepten stod klara. Med det som utgångspunkt blev de omständigheter som stormen över Sverige under januari 2005 förde med sig, än mer avgörande. Under den tidsperiod som testet var tvunget att utföras var arbetsbördan ytterst stor för föraren då maskinerna skulle köras dygnet runt. Det medförde att testet fick anpassas till det tidsfönster som uppstod då maskinen skulle servas under en förmiddag vecka sju.

Resultatet av sorteringen visade sig vara lika bra i de två nya koncepten som med konventionellt arbete. Det visar på att den automatiska sorteringen inte försämrar förutsättningarna för kommande skotningsarbete. Resultatet hade kunnat bli bättre för koncepten om simulatormiljön uppträtt på ett mer verklighetstroget sätt. I arbetet med de två nya koncepten medgavs inte samma möjlighet till kompensation som i det konventionella arbetet då vissa rörelser bryter automationssekvensen och tid förloras.

Tillsammans med tidigare testade automatiseringsfunktioner finns nu, genom att kombinera önskade funktioner, automatiserade funktioner för hela avverkningscykeln. Det innebär att föraren endast behöver greppa trädet manuellt och sedan, med hjälp av att trycka på automat- och nedtiltknappen, upparbetas och apteras trädet utan ytterligare inblandning av föraren.

Sammanfattningsvis kan sägas att båda koncepten förbättrar arbetsmiljön för föraren genom att framförallt minska användningen av reglagen och på så sätt skapa större möjligheter till mikropauser. Det är dessutom mycket troligt att mer övning skulle öka produktiviteten för de två koncepten samt sänka den mentala belastningen. Skulle dessutom de kvarvarande små problemen i mjukvaran elimineras skulle de produktiviteten antagligen öka ytterligare och dessutom bidra till ett bättre resultat i den subjektiva undersökningen.

## **METODKRITIK**

Eventuellt skulle man genomfört en utökad brainstorming, alternativt en fokusgrupp, med fler representanter från olika program inom Skogforsk. Att det angreppssättet inte utnyttjades berodde på risken att fastna i redan upptrampade spår och inte utnyttja fördelen att som ny komma med nya idéer.

Det är ett problem att endast använda sig av endast en person i den kognitiva uppgiftsanalysen och utvärderingen. De erhållna resultaten riskerar att bli anekdotiska snarare än representativa för branschen som helhet. Med ett större antal professionella förare hade fler synpunkter och fler åsikter kunna beaktats och en bredare bas för projektet hade kunnat erhållas. Även resultaten hade då blivit mer representativa med fler testpersoner samt att det ökat möjligheten att ta fram ett statistiskt säkert underlag. Det främsta skälet till att detta inte gjordes var den tid detta tagit i anspråk. Under ett projekt som endast omfattar 20 veckor, och där hela utvecklingsfasen av nya koncept ingår, skulle en större testgrupp både ta mycket tid under genomförandet, men även vid analysen av de data som genererats.

Testet hade kunnat göras bättre om mer tid hade lagts på att kalibrera simulatören och registrera och hantera alla problem som kunde tänkas uppstå i denna. Bland annat var dynamiken inte optimalt inställd. Träden var för lätta mot den verkliga situationen, vilket resulterade i att de föll för långsamt, matades för lätt genom aggregatet och framför allt att kranen krängde på ett okontrollerat sätt då lätta träd upparbetades med hjälp av automatiseringsfunktionerna. Mot slutet av projektet saknades det dock tid för att åtgärda dessa problem.

## Slutsatser

De nya funktionerna togs emot väl av testföraren som tyckte att arbetet skulle underlättas med en sorteringshjälp. De två koncepten visade sig ha olika styrkor och svagheter i arbetet. Manuellt förarbete är mer flexibelt och kan utnyttja automationen oberoende av förarens placering av sortimentet. Detta antas vara bättre då miljön är besvärlig och sortimenten många. Sortering i fack utnyttjar automationen från första trädet och minskar därför användningen av spakreglagen mer och möjliggör fler mikropauser samt uppfattades mer effektiv. Nackdelen är att då ett sortiment väljs att upparbetas manuellt kan inte automationen utnyttjas till efterföljande träd av samma trädslag. Detta koncept kommer troligtvis mest till sin rätt vid relativt behändig terräng och i jämna bestånd.

Genom att använda koncepten minskar användningen av spakreglagen och möjligheterna till mikropauser ökar kraftigt i jämförelse med det konventionella arbetet. Tydligast var förbättringen för den vänstra handen men en viss minskning kunde också konstateras av reglageanvändningen för den högra handen. Däremot ökade avverkningstiden något men orsakerna till detta kan härledas till ovana vid de nya funktionerna vilket också antas vara orsaken till resultaten i NASA-TLX-undersökningen.

Betygsättningen och en efterföljande okulär besiktning av avverkningsområdet visade att det inte är några markanta skillnader mellan sorteringsresultatet från de olika koncepten. Därmed kan det konstateras att de automatiska funktionerna sköter sorteringen på ett acceptabelt sätt.

Användningen av en Head-up display var något som upplevdes positivt och ansågs minska den mentala belastningen. Den tycktes också öka möjligheterna till planering samt minska ackommoderingsproblemen som finns i dagens arbete.

En kombination av de två koncepten, där metoden från Sortering i fack ligger som bas men med möjligheten att använda flexibiliteten från Manuellt förarbete, skulle ge en mer komplett sorteringsautomatik. Då skulle automatiken kunna utnyttjas även då föraren väljer att frånga det förutbestämde sorteringsmönstret. På det sättet utnyttjas Sortering i facks fördel med automatik i början samtidigt som en större flexibilitet med bibehållen automatik tillåts.

## Förslag till framtida forskning

För att få ett statistiskt säkert underlag i studien och därmed ett mer tillförlitligt resultat borde man att utföra testerna med fler professionella förare för att få fler synpunkter. I det testet skulle ytterligare fokus kunna läggas på att undersöka konceptens styrkor och svagheter innan en vidareutveckling sker. Det vore dessutom intressant att göra test där skillnaden i inlärningshastighet mäts mellan det konventionella arbetssättet och med de automatiseringar som tagits fram.

Head-up displayen, som i detta test först och främst används för att visualisera automatiken, men även visar den viktigaste apteringsinformationen, behöver utvärderas och vidareutvecklas. En grundlig analys angående displayens utformning, placering, färgval, eventuella problem vore intressant att testa för att se hur den påverkar arbetet.

Med mer forskning om hur sorteringen kan optimeras genom att hitta mönster, optimera antalet fack och dess storlek utifrån statistik från avverkningar, skulle en bättre sorteringsalgoritm kunna tas fram. Det behöver också analyseras om sorteringsmönstret med fem fack i 90 graders vinkel från maskinen sett är det optimala. Andra möjligheter som till exempel ett solfjädersmönster är ett alternativ.

Båda koncepten skulle kunna förbättras genom att aggregatets vinkel vid upp- och arbetning av träden registreras och används för att förbättra sorteringsresultatet genom jämnare och bättre sortimentshögar. För att detta ska bli till praktisk nytta för föraren måste även en effektiv algoritm för hur aggregatet ska ansättas mot trädet vid fällning skapas, då det är fällningsriktningen som har störst betydelse för hur sortimentshögar placeras.

I gallringsarbetet är kraven på flexibilitet och försiktiga rörelser större än vid slutavverkning, då de kvarstående träden ej får skadas. Konceptet Manuellt förarbete skulle kunna vara en möjlighet att anpassa till gallring genom att även registrera den väg som kranen fördes på väg ut till det avverkade trädet och låta den ta exakt samma väg tillbaka. På så sätt skulle även denna del av skördararbetet kunna täckas in av automatiken.

Att använda sig av röststyrning i skogsmaskinen skulle kunna vara en framtida möjlighet att fördela den mentala belastningen bättre. En analys av vilka funktioner som bör röststyras och hur det ska fungera i den rådande förarmiljön är något som kan minska belastningsproblematiken i dagens skördararbete.

Ytterligare alternativa styrningsätt för att fördela belastningen vore intressant att utreda. Styrning av kranen med hjälp av blickriktning kan vara ett sådant exempel. Detta ligger dock en bit fram i tiden men ändå inom en överskådlig framtid. Ett sådant styrsystem skulle ge stora möjligheter att förändra använ-

dargränssnittet då händerna frigörs från styrspakarna. Om ytterligare ett antal år framåt skulle neuronal styrning av maskinen och kranen vara en möjlighet för att ytterligare fördela uppgifter mellan olika delar av hjärnan.

## Referenser

- Alm, H. & Ohlsson, K. 2003. Automation inom skogsbruket: Människa – maskinaspekter på morgondagens kranarbete. Avdelningen för industriell arbetsvetenskap, Linköpings Universitet, Linköping.
- Ahlsén, B. 2004. Styrdon för automatiserad kranstyrning. Arbetsrapport 563, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1404–305X.
- Andersson, M. 1995. Apterling och virkeskännedom. Sveriges lantbruksuniversitet, Garpenberg. ISBN 91-576-5023-3.
- Anttonen, T. 2004. An Educational Organisation as a Utilizer of Forestry-Machine Simulator Training, i Proceedings of the International Seminar on Simulator-Based Training of Forest Machine Operators. 17–19 november 2004, Joensuu, Finland.
- Attebrant, M., Mathiassen, S. E. & Winkel, J. 1998. Belastningsergonomi och rationalisering i J. Winkel, M. Attebrant, & B-O. Wikström (red.). Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Arbete och Hälsa. Vetenskaplig skriftserie (1998:10), Arbetslivsinstitutet, Solna. ISBN 91-7045-470-1. [http://ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/1998/ah1998\\_10.pdf](http://ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/1998/ah1998_10.pdf) hämtad 2004-10-01.
- Bergkvist, I., Nordén, B. & Hallonborg, U. 2003. Drivaren är konkurrenskraftig. Resultat nr 14, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103–4173.
- Brander, M. & Eriksson, D. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. Arbetsrapport 562, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1404-305X.
- Brander, M. & Nordén, B. 2004. Utvärdering av automatfunktioner på engreppsskördare med en professionell skördarförare. Arbetsrapport 573, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1404–305X.
- Blomberg, M. & Elenius K. 2000. Automatisk igenkänning av tal, Institutionen för tal, musik och hörsel, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm. <http://www.ling.gu.se/~rj/asrblomberg.pdf> hämtad 2004-11-09.
- Dekker, S. 2004. On the other side of promise: What should we automate today? i D. Harris (red.). Human factors in the design of civil aircraft. Ashgate Ltd., Aldershot, UK, Under tryckning.
- Eklund, J. & Cederqvist, T. 1998. Belastningsergonomi i J. Winkel, M. Attebrant, & B-O. Wikström (red.), Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Arbete och Hälsa. Vetenskaplig skriftserie (1998:10), Arbetslivsinstitutet, Solna. ISBN 91-7045-470-1. [http://ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/-1998/ah1998\\_10.pdf](http://ebib.arbetslivsinstitutet.se/ah/-1998/ah1998_10.pdf) hämtad 2004-10-01.
- Ericson, M. & Odenrick, P. 1997. Arbetsfysiologi och belastningsergonomi i M. Bohgard, M. Ericson, S. Karlsson, P. Lövsund, P. Odenrick (red.). Arbete – Människa – Teknik. Prentent, Stockholm. ISBN 91-7522-414-3.
- Egermark, T. 2005. Kranspetsstyrning – en utvärdering av skogsmaskinstyrning i simulator. Arbetsrapport, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-4173 Under tryckning.
- Farmer, E., van Rooij, J., Reimersma, J., Jorna, P. & Moraal, J. 1999. Handbook of simulator-based training. Ashgate Publishing Ltd, Aldershot, UK. ISBN 0-7546-1187-6.

- Forsberg, M., Berglund, G. & Malm, D. 2001. GPS i skogsbruket – var står vi i dag, Resultat 16, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-4173.
- Frumerie, G. (red.) 1998. Nordiska ergonomiska riktlinjer för skogsmaskiner. Skogforsk, Uppsala. ISBN 91-7614-091-1.
- Gellerstedt, M. 1997. Statistiska metoder för kvalitetsutveckling. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-00428-1.
- Hallonborg, U. 1997. Ingen man på maskinen – En förarlös vision. Arbetsrapport 399, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-4173.
- Hallonborg, U. 1998. Drivare – En analys av maskiner för avverkning och transport. Arbetsrapport 392, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-4173.
- Hallonborg, U. & Nordén, B. 2000. Räkna med drivare i slutavverkningen. Resultat nr 21, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-4173.
- Halme, A. 1995. Mobile robotics in unstructured environments – some advanced applications, i C. Asplund, S. Gellerstedt, & I. Wästerlund (red.), *Documents from Robotics with applications to forestry*, Uppsatser och resultat, nr 285, Institutionen för skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg. ISSN 0282-2377.
- Hollnagel, E. 1999. From function allocation to function congruence, i S. Dekker & E. Hollnagel (red.), *Coping with computers in cockpit*, Ashgate Publishing Co, Aldershot, UK, sid. 29-53. ISBN 0-7546-1147-7.
- Jordan, P. 1998. An introduction to usability. Taylor & Francis Ltd, London, UK. ISBN 0-7484-0794-4.
- Landqvist, J. 1994. Vilda idéer och djuplodande analys: Om designmetodikens grunder. Carlssons Bokförlag, Stockholm. ISBN 91-7798-796-9.
- Lantz, A. 1993. Intervjumetodik: Den professionellt utförda intervjun. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-38131-X.
- Liedholm, U 1999. Systematisk Konzeptutveckling. Liu-IKP-Rapport 1077, Linköping.
- Linström, H. 1997. Barrträdens vedegenskaper och värde: samband med trädens tillväxtförutsättningar. Fakta. Skog, nr 11, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. ISSN 1400-7789.
- Lundberg, U. 2003. Psykisk stress och muskuloskeletala besvär: psykobiologiska mekanismer. Brist på vila och återhämtning större problem än arbetsbelastning. Läkartidningen, volym 100, nr 21, Läkartidningen förlag, Stockholm. ISSN 1652-7518.
- Löfgren, B., Hallonborg, U. 2004. Automation – en möjlighet att öka produktiviteten i drivning, i G. Frumerie (red.), *Utvecklingskonferens 2004*, Redogörelse 1, Skogforsk, Uppsala, sid. 133-139. ISSN 1103-4580.
- Löfgren, B. 2003. Nytt kraftfullt forskningsverktyg. Nytt från Skogforsk nr 3, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-6656.
- Löfgren, B., Bergkvist, I., Brunberg, T., Hallonborg, U., Norin, K. & Thorsén, Å. 2002. Temaprojekt – delautomatisering. Fas 1: Behov och möjligheter. Arbetsrapport 512, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1404-305X.
- Nickerson, R.S. 1999. Automation and Human Purpose: How do we decide what should be automated? i M.W. Scerbo & M. Mouloua (red.), *Automation technology and human performance: current research and trends*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, New Jersey, sid. 11-19. ISBN 0-8058-3135-5.
- Nordansjö, I. 2000. Kortvirkesmetoden – effektiv, ergonomisk, miljövänlig och ekonomisk drivning. Stencil, Skogforsk, Uppsala.

- Patel, R. & Davidsson, B. 1991. Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-30951-1.
- Parasaruman, R., Mouloua, M. & Hilburn, B. 1999. Adaptive aiding and adaptive task allocation enhance human-machine interaction i M.W. Scerbo & M. Mouloua (red.), *Automation technology and human performance: current research and trends*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, New Jersey, sid. 119–123. ISBN 0-8058-3135-5.
- Parker, M., Cardullo, F., Watts, M. & Douglas, D.W. Jr. 2002. Aircraft testing, i *AccessScience@McGraw-Hill*. <http://www.accessscience.com> hämtad 2004-12-07.
- Persson, R. 2003. Ökad automatisering: Psykologiska konsekvenser. Bulletin från Centrum för Yrkes- och miljömedicin. Årgång 21, nr 3, sid. 2-3, Lund/Malmö. ISSN 1400-2833. <http://www.ymed.lu.se/papers/bulletinen/2003n3.pdf> hämtad 2004-10-12.
- Schvaneveldt, R. W., Reid, G. B. & Gomez, R. L. 1998. Modeling mental workload, *Cognitive Technology*. Volym 3, nr 1, sid. 19–31. ISSN 1091–8388. <http://interlinkinc.net/Roger/Papers/Workload.pdf> hämtad 2004-12-14.
- Seamster, T. L., Redding, R.E. & Kaempf, G.L. 1997. Applied cognitive task analysis in aviation. Ashgate Publishing Ltd, Aldershot, UK. ISBN 0-291-39830-8.
- Sheridan, T. B. 2002. *Humans and automation: system design and research issues*, John Wiley & Sons Inc. Publication, Santa Monica, Kalifornien. ISBN 0-471-23428-1.
- Staland, F. 2002. Delautomatisering av skogsmaskiner – Brukarnas önskemål, Arbetsrapport 492, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1404-305X.
- Tannas, L. E. Jr. 2002. Electronic display, i *AccessScience@McGraw-Hill*, <http://www.accessscience.com> hämtad 2004-11-04.
- Wickens, C. & Hollands, J. 1999. Engineering psychology and human performance, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey. ISBN 0-321-04711-7.

## Internet

- Grand Darpa Challenge, Autonomous Ground Vehicles,  
<http://www.darpa.mil/grandchallenge04/index.htm>  
[http://www.darpa.mil/grandchallenge04/media/final\\_data.pdf](http://www.darpa.mil/grandchallenge04/media/final_data.pdf)  
 hämtade 2004-11-01
- NASA-TLX  
<http://iac.dtic.mil/hsiac/docs/TLX-UserManual.pdf>  
 hämtad 2004-10-25
- [www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)  
 hämtad 2004-09-21
- Nationalencyklopedin  
 Head-up display: [http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i\\_art\\_id=200226](http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=200226)  
 hämtad 2004-11-04
- GPS:  
[http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i\\_art\\_id=184594](http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=184594)  
 hämtad 2004-11-17  
 Kappmuskel:  
[http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i\\_art\\_id=221307](http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=221307)  
 hämtad 2004-12-07



Tillverkardata, hämtade 2004-11-19

[www.ponsse.com](http://www.ponsse.com)  
[www.eco-log.se](http://www.eco-log.se)  
[www.valmet.se](http://www.valmet.se)  
[www.rottne.se](http://www.rottne.se)  
[www.tigercat.se](http://www.tigercat.se)  
[www.gremo.se](http://www.gremo.se)  
[www.timberjack.se](http://www.timberjack.se)

[www.infomedica.se](http://www.infomedica.se)

[http://www.infomedica.se/sjd\\_fordjupning.asp?ImageID=1624&ArticleID=44696  
&PlaceHolder=2](http://www.infomedica.se/sjd_fordjupning.asp?ImageID=1624&ArticleID=44696&PlaceHolder=2)  
hämtad 2005-02-21

[www.valmet.se](http://www.valmet.se)

<http://www.valmet.se/Forest%5CForestwww%5CForestcom.nsf/pages/Photogallery>  
hämtad 2004-10-11

[www.timberjack.se](http://www.timberjack.se)

<http://62.13.47.43/timberjack/Standard/index.jsp>  
hämtad 2004-10-11

### Övrigt

Arlinger, J. 2005. Forskare vid Skogforsk, muntlig referens.

Lind, A. 2005. Kontaktperson på Oryx Simulation AB, muntlig referens.

Löfgren, B. 2004. Forskare vid Skogforsk samt handledare, muntlig referens.

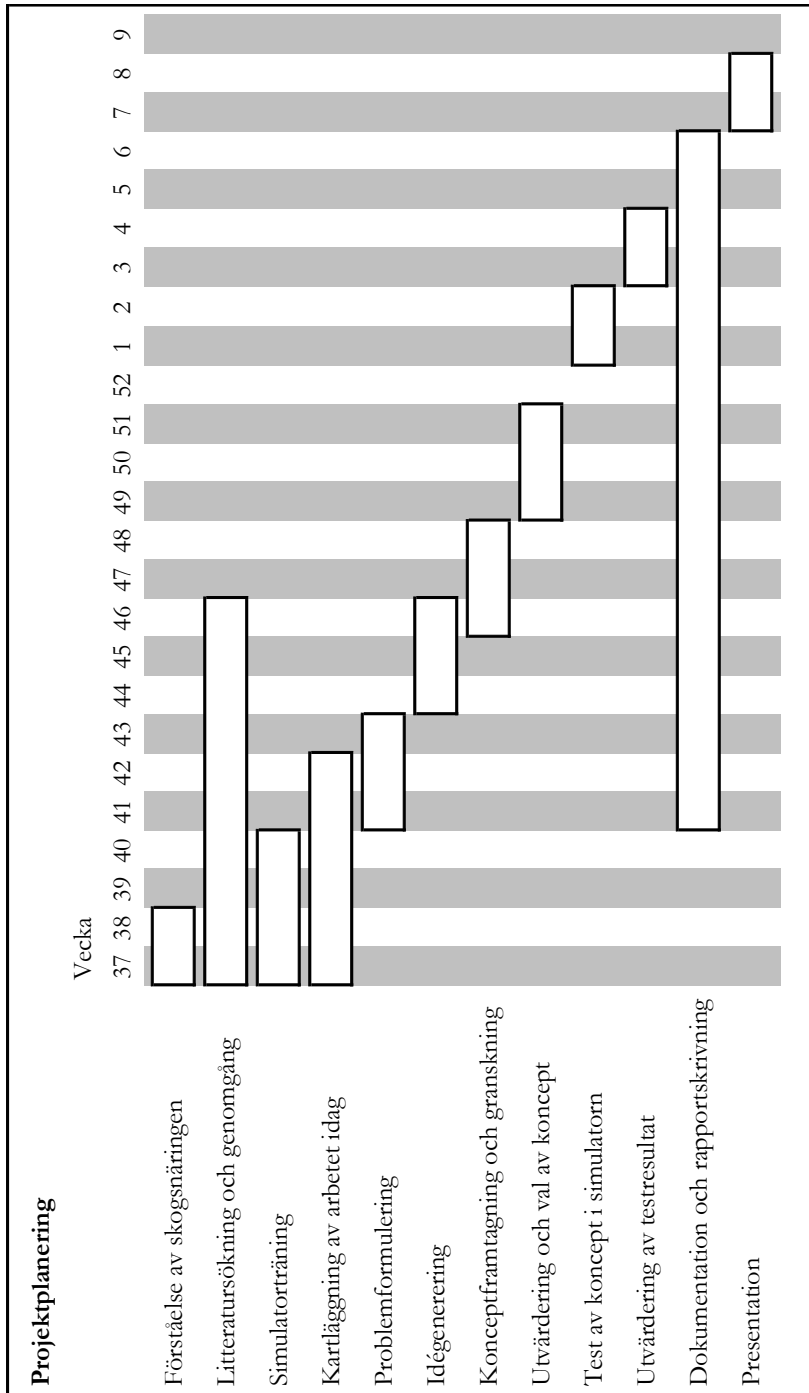
Informationssystemet om Arbetskadorna, ISA, vid Arbetsmiljöverket. 2004.

### Ordlista

Aggregat	Sitter längst ut på skördarens kran. Aggregatet klämmer åt om stammen samt kapar, matar och kvistar den.
Ansättning	Aggregatet greppar om trädet
Aptering	Uppdelning av trädstam i sortiment
CAN (Controller Area Network)	Dataenheten som överför styrsignalen från spakar till maskinen.
Drivning	Avverkning och utforsling av virke från skog till bilväg eller annan transportled.
Gallring	Beståndsvårdande utglesning av skog där de träd med störst tillväxtpotential lämnas kvar.
Hyttnivellering	Hytten känner av maskinens lutning och reglerar sig för att alltid stå så nära horisontellt läge som möjligt.
Högstubbe	Avbruten eller avsågad trädstam där en stubbe på en eller några meter står kvar.
Sortiment	Virke med beskaffenhet enligt gällande mättningsföreskrifter och instruktioner eller sorteringsregler.
Stamblock	Virke som är av hög kvalitet. Vanligen av tall.
Stickväg	Tillfällig väg i skogen för uppsamling av virkeshögar.
Toppar	Del av träd som är över massavedsbiten. Även kallat tull eller skate.
Upparbetning	Då maskinen kvistar och kapar trädet.



Planering i form av Gantt-schema





## Knappfunktion



Växling D-2-1

### Växling D-2-1

D = drive, full fart.

1-2 = lägre hastighet. Används vid t ex precisionskörning.

Maskinen kör i läge D (normalläge). Lång knapptryckning framåt ger läge 2, ytterligare lång knapptryckning ger läge 1. Du återgår till läge D med kort tryck framåt.

Differentialspärrar



Reset

### Differentialspärrar

Aktiverar differentialspärrarna, som förblir inkopplade så länge maskinen är i rörelse. Urkopplas med ny knapptryckning.

### Reset (längd- och diametermätning)

Ett kort tryck: nollställer längdmätning.

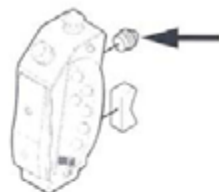
Två korta tryck: nollställer längd- och diametermätning.

Arbetsvarv

### Arbetsvarv

Aktiverar förinställt arbetsvarv. Avaktivera parkeringsbromsen, välj växel och dra knappen mot dig.

Du kan öka arbetsvarvet med 50 rpm per knapptryckning (grundinställning, kan ändras). Inställning görs i Maxi, under meny Basmaskin/Arbetsvarvtal.



Uppått aggregat

### Uppått aggregat

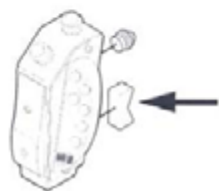
### Nedått aggregat

Kort tryck: aggregatet fälls ned trycklöst.

Långt tryck: trycker ned aggregatet aktivt med inställt tryck.



Nedått aggregat



### Teleskop in/ut

Tryck upp: teleskop in

Tryck ned: teleskop ut



### Manöverreglage

#### Grundläggande intervju med skördarförare

Intervjun var en kombinerad semistrukturerad intervju och observation och tog plats den sjuttonde september 2004 vid en slutavverkning i Källviken, utanför Tierp. Huvudskälet för intervjun var att få en grundläggande förståelse för hur arbetet i skördare går till. Rapportförfattarna tog plats bakom föraren Staffan Larsson i maskinen och åkte med under drygt 90 minuter. Under den tiden ställdes nedanstående frågor, arbetet i hytten observerades och övriga frågor kring skogsarbete och skogsmaskiner ställdes för författarnas egenintresse.

#### Hur planeras avverkningen och körningen?

Körningen under avverkningen måste planeras med hänsyn till vind, sol, bestånd och underlag. Planeringen av körvägar sker kontinuerligt och inte speciellt mycket i förväg utan erfarenheten säger vilken väg som är bäst och effektivast.

#### Vad finns det för hjälpmedel vad gäller planeringen?

Kartan visar området som ska avverkas, snitslar märker ut beståndsgränser och andra områden samt enskilda träd som ska stå kvar. Papperskartorna ska bort och helt ersättas av den digitala varianten.

#### Vad måste föraren tänka på?

Man måste tänka på stigar, telefon- och elledningar, underlagets beskaffenhet (berg, sankmark eller om det på annat sätt är känsligt) och liknande.

#### Vad fokuseras det mest på under arbetet?

Störst fokus under arbetet ligger på hur trädet ser ut, krökar, skador, röta och liknande. Körningen av kranen går automatiskt efter ett tag och föraren behöver inte tänka på hur han ska köra kranen utan bara var den ska.

#### Vilken typ av kvalitetsproblem är svårast att se?

Tallröta.

#### Vilka träd lämnas?

Det beror på var man avverkar, vilka anvisningar markägaren har gett eller vilken policy företaget har. Normalt lämnas lövträd, träd som står vid kärr, rösen, på bergknallar och liknande. Ett par stora stormfasta träd lämnas också samt en till tre högstubbar per hektar.

#### Beskriv en fällningscykel.

Först förs aggregatet till det träd som står på tur och aggregatet greppas kring stammen. Efter att trädet är kapat, stora träd kapas i omgångar så att föraren kan hålla koll på att de faller åt rätt håll, så används fällningsfunktionen. Därefter, medan trädet fortfarande faller, matar man och svänger samtidigt mot uppsågningsplatsen. Under matningen svängs även hytten ibland för att hjälpa matarhjulen.



### **Hur mycket används skärmen med apteringsdata?**

Det beror på hur beståndet ser ut och kvaliteten på trädet. Är det många olika sortiment används den mer. När det strular och det är mycket röta och sånt så används den också mer än om det bara flyter på.

### **Måste maskinen stå nära det träd som ska fällas?**

941: an orkar visserligen att ta även de stora träden med kranen helt ute men vanligtvis körs maskinen ganska nära de träd som ska avverkas.

### **Hur går sorteringen till?**

Sorteringen sker sortimentsvis och beroende på prislistan som laddats i datorn. Högarna görs inte större än att de träd som man når från en placering läggs i samma hög. Att backa tillbaka för att sortera görs endast om man bara något eller några träd av ett sortiment kvar i ett bestånd.

### **Vad är viktigast att tänka på vid automatisering av funktioner?**

Att de gör arbetet smidigare och att det maximalt tar lika lång tid som att göra arbetet manuellt. Annars kommer ingen använda automatiken.

### **Hur fungerar förarmiljön och arbetsförhållanden?**

Den nya maskinen är väldigt mycket bättre än den gamla 911: an. Belysningen vid mörker är relativt bra och hyttnivelleringen samt ljudisoleringen gör färden ganska trivsamt. Yttre backspeglar saknas eftersom de annars slås sönder ganska omgående. Stolen och styrreglage ställs om manuellt av varje förare för att passa just denne. Tempot i arbetet är väldigt högt vilket gör det svårt att ta sig tid till raster. Ibland är lunchen dagens enda rast och den kan vara så kort som 15 minuter. Dessutom sker ingen arbetscirkulering hos den här entreprenören.

### **Vad fungerar dåligt med maskinen?**

Kapsprickregleringen fungerar inte helt perfekt. Den gungar lite väl mycket. Dessutom är dämpningen på aggregatet ganska dålig. Det finns bättre men maskinen ifråga är utrustad med standardutrustningen som är den billigaste varianten.

### **Intervju med fokus på sortering**

Intervjun var även denna gång en typ av kombination mellan semistrukturerad intervju och observation. Sessionen tog plats på en slutavverkning utanför Skyttorp norr om Uppsala den 29 oktober 2004.

Nedanstående frågor ställdes under arbetet och skördarförare Staffan Larsson kunde då också visa vissa moment praktiskt för en ökad förståelse.

#### **Vilka sortiment finns det för varje träslag?**

Tall delas upp i grov, klen och massa. De finare träden som ska bli stamblock eller stolpar synas ut i förväg.

Gran delas upp i timmer och massa.

Lövträd används bara till massa.

#### **Är topografin ett stort problem?**

Nej, inte i normala fall. Det kan bli svårt vid extrem lutning. Finns det många större stenar eller om marken är väldigt hård slås topparna sönder i större utsträckning. Lutning är ett större problem för skotaren så upplägget måste planeras efter detta.

#### **Utgör kvarstående stubbar/högstubbar problem?**

Nej.

#### **Är det vanligt med rullande stockar?**

Nej det är inte så vanligt. Om det är mycket lutning får man tänka på hur man placerar stockarna. Stockar som placeras på andra stockar kan rulla iväg men de rullar vanligen inte så långt.

#### **Hur går tankegången vid placeringen av sortimentshögar? Följer man någon typ av system eller bara som det passar?**

Man kollar lutningen lite grann. Annars är det viktigaste att tänka på hur skotaren arbetar då den inte har lika god framkomlighetsförmåga som skördaren.

#### **Planerar man placering i förväg? Hur långt?**

Skotaren vill ha raka vägar för att arbeta effektivt. Annat att tänka på är i vilken ordning träden tas för att minimera sträckan som aggregatet rör sig. Även markens beskaffenhet, stenar och dylikt måste tas med i beräkningen.

#### **Hur mycket hänsyn tas till skotarens arbete, jämfört med skördningshastigheten och omgivning?**

Hela systemet är väldigt komplext. Det är slutresultatet som gäller, dvs. kostnaden för att få ut timret till vägen. Alltså måste hänsyn tas till skotarens arbete. Detta gäller då skördaren och skotaren ägs av samma företag då det är den totala kostnaden och tiden som räknas. Dessutom beror det lite på föraren, vissa skördarförare bryr sig inte så mycket om skotaren.

**Skulle det vara möjligt att sortera i olika högar genom att bara vinkla aggregatet?**

Det kan fungera om det är få träd (ett eller två) som upparbetas i samma hög. Annars blir högarna för stora och hamnar för tätt inpå varandra vilket gör skotarens arbete svårare.

**Får man lära sig något system i placeringen eller lär man sig själv? Tips från arbetskamrater, lärare, instruktörer och liknande?**

Staffan är självlärd. Det underlättar om man kört skotare innan.

**Höger-, vänster-, eller dubbelfäll? Vad tillämpas mest? Hur beror det på omgivning, topografi, markegenskaper o.s.v.?**

Det gäller att planera för skotarens arbete. Planera läggningen med avseende på stenar, kullar, blöt mark och så vidare.

**Vilken information skulle vara nödvändigast på en HUD?**

När stocken övergår från grov till klentimmer eller annat byte. Om datorn förväntas ändra kvalitet på stocken precis innan kapning gäller det att vara förutseende och ha flyttat aggregatet till rätt plats. Ibland piper det inte vid byte av stockkvalitet.

Längdgränserna är bra att ha med då man måste justera ibland för stamkrökar etc. Dessa ligger med tre decimeters mellanrum.

**Finns det något moment i körningen i dag som inte riktigt hinns med? Vad skulle han vilja fokusera mer på om han slapp köra kranen?**

Svårt att säga, man kanske blir lite hemmablind.

**Leder tidspressen till försämrad kvalitet? I så fall hur?**

Det är svårt att kvalitetsbestämma allt. Man får kompromissa mot slutprodukten.

**Försöker föraren i få med så mycket timmer på varje slag som möjligt eller snarare arbeta snabbt framåt?**

När det gäller frågan om man ska köra med breda slag råder det delade meningar. Bredare slag ger mer timmer i högarna vilket gör att skotarna kan ta mer vid varje stopp, alltså mindre tomkörning. Eventuellt leder detta till minskad total produktionskostnad.

**Hur viktigt är det att högarna är jämna?**

I högarna ute vid vägen ska det inte skilja mer än 30 cm i längdled. Ju bättre högarna som skördaren lägger upp desto snabbare går skotningen.

### Intervju angående gallring

Den 29 oktober 2004 gjordes ett besök vid en gallring ungefär en mil söder om Almunge. Detta gjordes för att se skillnaderna mellan gallring och slutavverkning. Då maskinerna som används vid gallring är betydligt mindre än de vanligen använda vid slutavverkning fanns det ingen möjlighet för att åka med utan observationen och intervjun med Åke Olander fick göras vid sidan om.

#### **Beskriv arbetsgången.**

Skördaren kör och apterar de träd som ska avverkas. På stickvägarna ses det till att skotaren kan ta sig fram och plocka upp högarna. Sedan körs och upparbetas det emellan stickvägarna och placerar timret åt sidan så skotaren kan plocka upp dem från stickvägen.

#### **Hur skiljer sig gallringsarbetet mot slutavverkning? Största skillnaderna? Lättare eller svårare?**

Gallringsarbetet är betydligt svårare. Hänsyn måste tas till omkringstående träd så att man inte skadar dem vid fällning.

#### **Hur noga planerar man stickvägarna i förväg? Går man i skogen eller improviserar man?**

Planering i förväg är A och O för ett lyckat gallringsarbete.

#### **Gör man dubbelfäll eller bara enkelfäll?**

Dubbelfäll. Högar läggs där de får plats och är lätta att komma åt för skotaren.

#### **Upparbetas en liten dunge där man kan placera timret?**

Nej. Det finns plats ändå.

#### **Vilken storlek är det på träden som gallras? Väljer man ut de största/minsta?**

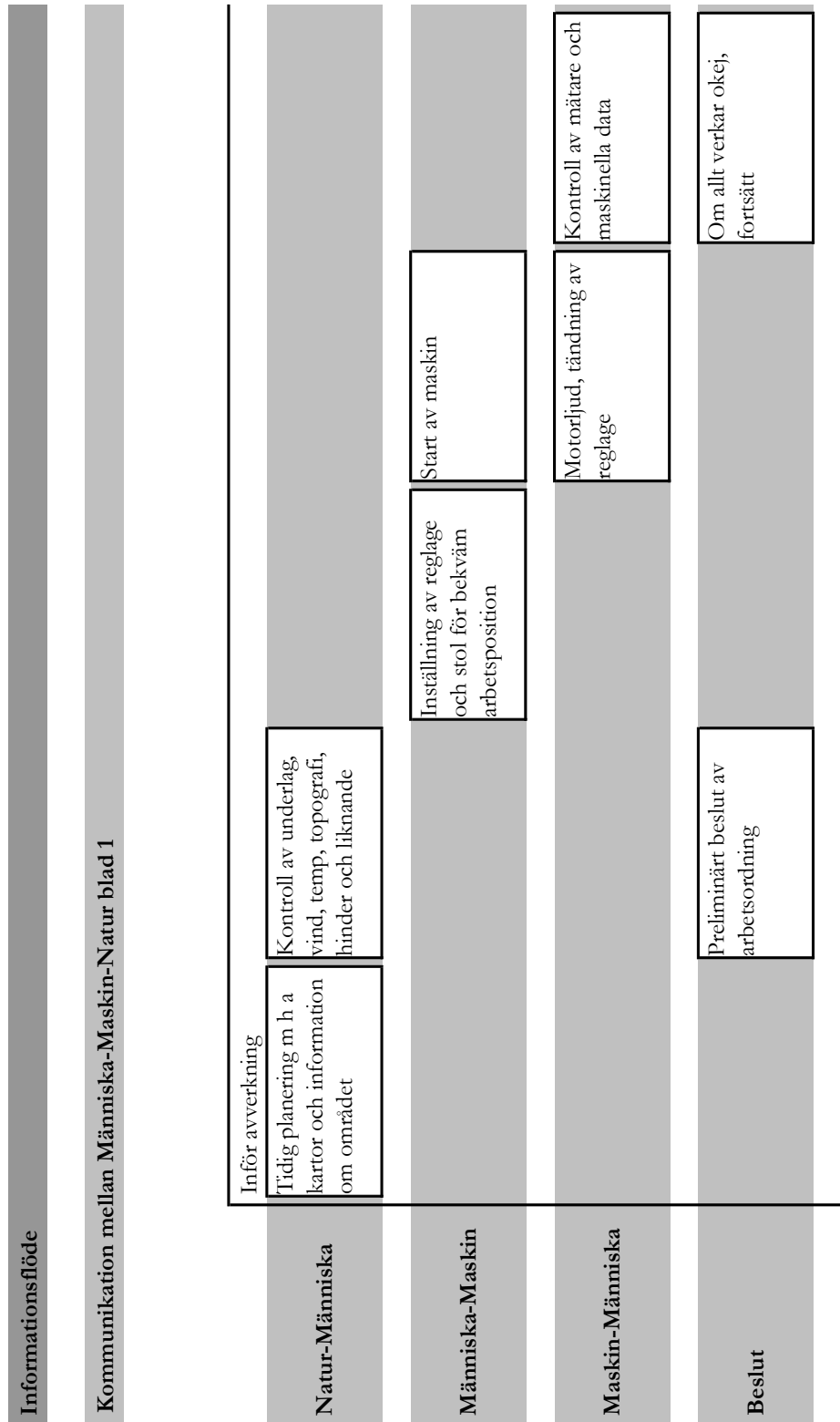
Nej, de träd som har bäst tillväxtpotential tillåts i första hand stå kvar.

#### **Hur ofta sker gallring och hur många hinner man med innan slutavverkning?**

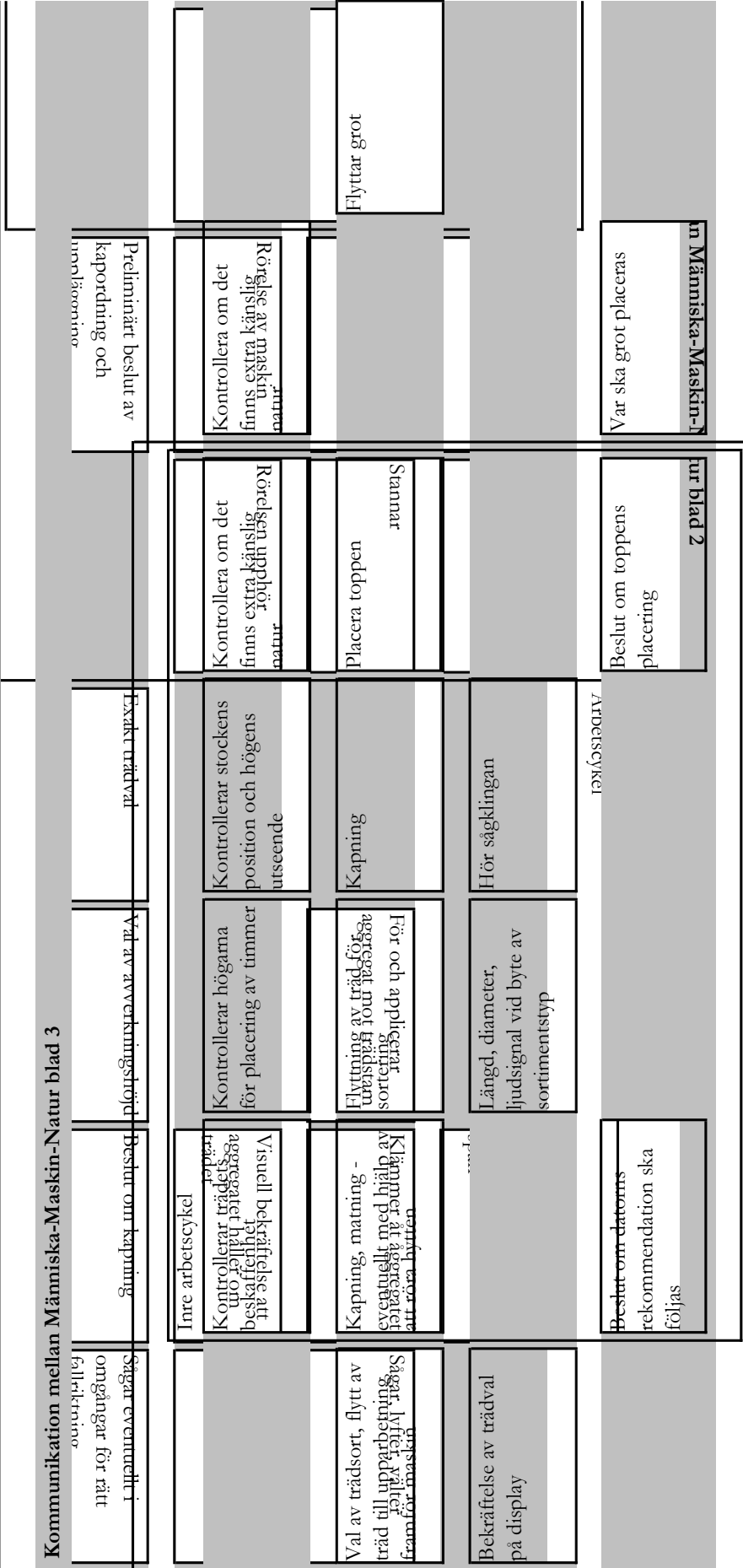
Gallring sker efter ca 30-40 år och det gör att det hinns med två eller tre gallringar.



Kommunikation Människa-Maskin-Natur



Informationsflöde



Informationsflöde

Resultat av idégenerering

Nära framtid

Applikation	Förändringar i förarmiljön	Förändringar i informationsutbytet	Fördelar	Nackdelar	Tekniska svårigheter
Kranspetsstyrning	Endast en spak i stället för dagens två. En annorlunda utformning på det reglaget	Kommunikationen för att styra kranen kräver bara en hand.	Kortare inlärnings- tid. Mer logisk styrning. Slipper koordinera rörelser med båda händerna. Fler möjligheter för användning av andra handen	Vana förare är redan intränade på konventionell styrning.	Inte beprövat än. Fördelarna är ej helt bevisade.
Delautomatisk upparbetning	Färre knapptryckningar och spakrörelser. Färre direkta beslut, mer kontrollarbete och korrigeringar.	Snabbare upparbetning. Bättre möjligheter till planering av fortsatt arbete. Möjlighet till mikropauser.	Tar stor del av förarens arbete som då kan känna sig uttråkad. Hindrar planering av avverkning då högarna alltid läggs på ett visst sätt?	Måste göras minst lika snabbt som det manuella arbetet. Sortering och upphögning.	
Head-up display	Väsentlig information på rutan istället för på skärmen.	Snabbare information till föraren.	Mindre huvud- och ögonrörelser. Mindre ackommodation. Plats på skärmen för annan info.	Kan vara problem vid olika väderlek och irriterande för ovana användare.	Komplex produkt. Fungerar i motljus?
Röststyrning, head-set	Vissa knappar kan tas bort. Head-set används för att registrera valen (kan även användas för telefon, comradio, rds-meddelanden osv.)	En annan del av hjärnan belastas och därmed kan beslut tas mer simultant.	Snabbare arbete, mer utjämnad belastning, mindre påfrestning på föraren.	Störande med head-set. Fungerar dåligt ihop med att lyssna på radio. Sladden kan vara i vägen. Dyrt med trådlöst?	Att endast order tas upp och inte brus. Att samman föra alla system som arbetar med ljud och tal. Olika förare, olika dialekter.



## Nära framtid

Applikation	Förändringar i förarmiljön	Förändringar i informationsutbytet	Fördelar	Nackdelar	Tekniska svårigheter
Informationssystem baserat på GPS	Inga kartor, order eller liknande på papper.	Information hämtas från display istället för papperskopior och omgivningen	Mindre förarbete med snitsling och markering. Snabbare uppdateringar av order och förändringar. Man kan ställa in stolen en gång och sedan sitta bra. Inga bekymmer med reglage och tidsbrist.	Förarna är vana vid pappersformat. Dålig exakthet på GPS. Svårt att byta snitsling mot flygfoto.	Dålig exakthet utan en fast punkt. Beräkningstungt.
Personlig stol			Man kan ställa in stolen en gång och sedan sitta bra. Inga bekymmer med reglage och tidsbrist.	Dyrt. Man sitter "för" bra vilket gör att man inte byter sittställning. Vad händer om systemet fallerar?	Stolen måste hålla för en extrem miljö med temperaturskifningar, smuts och vibrationer.
Strålkastare som lyser i förarens seenderiktning.	Någon typ av sensor som läser av var föraren riktar blicken.	Lättare att se trädens egenheter. Bättre input från naturen i mörker.	Lättare att planera avverkningen i mörker.	Kostsamt samt högre energiförbrukning.	Tekniken med sensorn som ska registrera förarens seenderiktning är komplicerad

## Framtid

Applikation	Förändringar i förarmiljön	Förändringar i informationsutbytet	Fördelar	Nackdelar	Tekniska svårigheter
Maskinen kan köras sakta framåt under uppabetning	Det måste finnas en möjlighet att skilja manöverdonet från kranstyrningen.	Mer att hålla reda på då körning sker samtidigt som uppabetning.	Effektivare avverkning.	Försivårar företarens arbete då han ska kontrollera uppabetningen och samtidigt köra framåt.	Svårare att bestämma placeringen av högarna och lägga i redan befintliga.
Koordinatbestämning av allt uppabetat timmer		Mer information finns tillgänglig	Underlättar vid skotning. Maskinen har lättare att lägga timmer i rätt hög.		Kräver exakt positionsbestämning. Kräver mer datakraft.
Automatisk märkning av timmer			Slipper manuell märkning med streckkodspapper. Minskad risk för att märkning försvinner.	För mycket märkning? Dyrt?	Hur ska avmärkningen ske? Klarar märkningen väderpårestningar? Vad händer vid sågverk/massabruk?
Automatisk uppabetning	Färre knappar och reglage. Annorlunda utformning av styrdon och knappsatser.	Färre knapptryckningar och spakrörelser. Färre direkta beslut, mer kontrollarbete och korrigeringar.	Snabbare uppabetning. Möjlighet till mikropausar. Mer fokus på kvalitet, miljöhänsyn och förflyttning av maskin	Risk för understimulering.	Mycket komplicerat system med positionsbestämning, diverse sensorer mm
Automatiskt trädval	Färre knappar.	Kontroll av maskinens val istället för ett eget aktivt val.	Slipper göra det manuella valet.	Utarmning av företarens arbetsuppgifter.	Hur gör man detta? Optiskt, kemiskt, mätning av densitet?

## Avlägsen framtid

	Förändringar i förarmiljön	Förändringar i informationsutbytet	Fördelar	Nackdelar	Tekniska svårigheter
Styr med hjälp av en handske med sensorer.	Helt ny typ av kranstyrning.	Direkt kommunikation genom kropps rörelser.	Logiskt och naturligt styrsätt. Kranen följer handens rörelser.	Mycket fysiskt arbete med relativt stora rörelser. Risk för ständigt återkommande extremlågen för hand	Helt ny kranstyrning. Mycket att utveckla.
Bestämning av trädets inre kvalitet.	Visuell presentation av kvalitet.	Mer information till operatören.	Lättare att bestämma kvaliteten.	och arm. Utarmar förarens arbets-uppgifter.	Hur scannar man trädets inre kvalitet.
Bestämning av trädets yttre beskaffenhet.	Visuell presentation av trädets utan grenar samt förslag på uppärbätning.	Mer information till operatören.	Fullt utnyttjande av trädets värde. Enkel överblick för operatören.		Svårt att scanna. Komlicerade dataprogram.
Möjlighet att enkelt ändra datorns val av sortering.	Någon typ av visuell display med touch screen-funktion.	Peka på skärm istället för att använda spakar.	Bara ett val, ingen placering. Timret hamnar där man vill och ändå möjlighet att planera nästa avverkning under tiden.	Mer användning av skärm istället för verklig anknytning. Fler stora rörelser med armarna.	En tryckkänslig skärm som klarar många timmars användning. Exakta koordinater i aggregatet.

## Avlägsen framtid

Applikation	Förändringar i förarmiljön	Förändringar i informationsutbytet	Fördelar	Nackdelar	Tekniska svårigheter
Ett adaptivt informationssystem där alla data lagras och finns tillgängliga.	Kan behövas ytterligare en skärm för att data ska kunna visas och utnyttjas.	Mer information finns tillgänglig för föraren.	Ett bättre arbete med avseende på kvalitet, produktion och liknande finns att tillgå.	Informationsöverflöd om inget annat i arbetet minskas.	Hur ska alla data presenteras på ett tillfredsställande sätt? Svårt med adaptivitet. Mycket datakraft.
Visualisering av omgivningen för trädval.	Bilden måste visas någonstans. Ytterligare bildskärm, förbättrad HUD, 3D-holografisk presentation.	Mer information presenteras för föraren.	Med en trädvalsfunktion behövs ingen manuell aptering av aggregatet då det sköts automatiskt.	Risk för informationsöverflöd.	Ett väldigt komplicerat projekt med dagens teknik.
Styra med tanken	Något måste mäta signalerna från hjärnan. En typ av hjälm. .	Spakrörelser behövs inte.	Krävs mindre fysiska rörelser.	Fullständig koncentration på arbetet krävs. Mentalt belastande.	Tekniken att styra något så stort och precist måste utvecklas.
Peka på träd för att hugga ned det.	Någon form av pekdon krävs.	Mindre kommunikation med maskinen och mer med omgivningen.	Direkt val ger en direkt återkoppling.	Större kroppsliga rörelser. Bra eller dåligt?	Svårt vid mörker? Vilken typ av pekdon ska användas?
Stol som följer kroppsrörelserna.	Kräver flexibla reglage och kräver mer utrymme.		Naturligt byte av kroppsställning är bra.	En skön position behöver inte vara bra ergonomiskt.	Ett flertal.



## Bilaga 9

### Nasa-tlx

NASA-TLX är en lämplig metod att använda sig av när det finns intresse av att inte bara mäta en operatörs prestation i en uppgift utan även att utvärdera hur denne upplever arbetsuppgiften. Testpersonerna får vikta sin upplevda belastning på sex olika faktorer som påverkar arbetsbelastningen vilka redovisas och förklaras enligt Wickens & Hollands (1999) nedan.

- Mentala krav Hur mycket mental och perceptuell aktivitet (tänkande, beslutsfattande, beräknande, sökande med blicken etc.) krävdes för att utföra uppgiften? Var uppgiften lätt eller svår, enkel eller komplex?
- Fysiska krav Hur mycket fysisk aktivitet (tryckande, dragande, svängande etc.) krävdes för att utföra uppgiften? Var uppgiften lätt eller krävande, snabb eller tidskrävande, vilsam eller arbetsam?
- Tidspress Hur mycket tidspress, med avseende på uppgiftens eller deluppgifternas tempo upplevdes vid utförandet dessa? Var tempot långsamt och makligt eller högt och stressigt?
- Egen prestation Hur nöjd var operatören med sin egen prestation? Till vilken grad lyckades denne uppfylla sina (eller experimentets) mål med uppgiften?
- Ansträngning Hur hårt arbete (mentalt och fysiskt) krävdes för att uppnå den givna prestationsnivån?
- Frustration Hur osäker, irriterad, stressad respektive säker, nöjd och avslappnad var operatören under utförandet av uppgiften?

Utvärderingsmetoden är uppdelad i tre steg. För att avgöra hur stor inverkan varje faktor har på den totala arbetsbelastningen för testpersonen, används parvis jämförelse mellan faktorerna. Då det finns sex olika faktorer finns det följaktligen femton möjliga jämförelser att genomföra. Testpersonerna får sedan vikta den upplevda arbetsbelastningen för varje faktor på linjeskalor, uppdelade i 20 jämnstora intervall. De båda skattade momenten omvandlas sedan till numeriska värden. För att sedan få ett mått på den totala arbetsbelastningen för varje testperson kombineras resultaten av viktningen och den parvisa jämförelsen. Detta görs genom att multiplicera de numeriska värdena för varje faktor med varandra och sedan dividera med femton.

(<http://iac.dtic.mil/hsiac>)

Olika testpersoner upplever givetvis arbetsbelastningen för en given uppgift olika och dessutom finns det utrymme för individuella tolkningar av vad arbetsbelastning verkligen innebär. Till exempel kan någon anse att den mentala belastningen är den viktigaste delen av den totala arbetsbelastningen oavsett hur mycket de ansträngde sig eller hur de presterade. Andra anser att om de presterade bra måste arbetsbelastningen ha varit låg eller vice versa.

Tester har dock visat att variationerna mellan testpersonerna har varit betydligt mindre än vid endimensionella uppskattningar av arbetsbelastningen.  
(ibid.)Utvärdering NASA-TLX

Namn \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_ Utprovat koncept \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Placera dina markeringar på linjen omsorgsfullt  
så att de motsvarar hur du upplevde testet!

**Mental belastning** – Hur mycket mental och perceptuell aktivitet (tänkande, beslutsfattande, beräkande, tittande, sökning med blicken etc.) krävdes för att utföra uppgiften?

Låg ●—————● Hög

**Fysisk belastning** – Hur mycket fysisk aktivitet (tryck, drag etc.) krävdes för att utföra uppgiften.

Låg ●—————● Hög

Låg ●—————● Hög

**Tidspress** – Hur mycket tidspress upplevde du under utförandet av uppgiften?

**Egen prestation** – Hur väl anser du att du uppfyllde testets (eller dina egna) mål?

Bra ●—————● Dålig

**Ansträngning** – Hur hårt var arbetet (både det fysiska och mentala) för att arbeta på din nivå?

Låg ●—————● Hög

**Frustration** – Hur osäker, irriterad, stressad respektive nöjd och avslappnad kände du dig under testet?

Låg ●—————● Hög

**Tack för din medverkan!**

### Skogforsks simulator

Simulatorn på Skogforsk har köpts in med medel från Nils och Dorthi Troedssons forskningsfond och är grunden i forskningsprojektet som är ett samarbete mellan Skogforsk, Komatsu Forest och Oryx Simulations AB. Utrustningen har tidigare använts i fem forskningsprojekt. För tillfället arbetar Löfgren och medarbetare på en rapport som dokumenterar en mätning som gjordes för att visa trovärdigheten i skördarsimulatorn. Detta genom att jämföra skillnaden i avverkningshastighet mellan skördarsimulatorn och verkligheten. Denna beräknas bli färdigställd under 2005. Den har efter det också använts för framtagandet av automatiska fällningsfunktioner (Brander & Eriksson, 2004) och senare också en mer utförlig användartest av dessa (Brander & Nordén, 2004). En utredning av ett nytt styrreglage (Ahlsén, 2004) och en undersökning om hur kranspetsstyrning kan förenkla lärandeprocessen (Egermark, under tryckning) har också utförts med simulatorns hjälp.

Simulatorn bygger på ett system där all simulering sker i realtid. Alla data kring masströgheter, geometrier, relationen mellan olika maskinelement och friktion programmeras för att kunna beräkna krafter, dynamik och i realtid presentera för användaren vad som händer. Den här principen lämpar sig bra för större, långsammare fordon då det är en väldigt beräkningstung metod men och ger möjlighet att göra simuleringar av tekniska lösningar som ej finns i dagens läge.

För att kunna lagra data från testsessioner används en fristående dator med ett program för att läsa av CAN-bussen i simulatorn. Avläsningarna sker tio gånger per sekund och registrerar alla spakrörelsers utslag och längd, antal knapptryckningar och tiden de varit intryckta samt tiden som testet tagit. Med hjälp av dessa data kan olika arbetssätt, funktioner och maskiner jämföras och analyseras.

Simulatorn är tillverkad av Oryx Simulations och var den som uppfyllde flest av de krav som ställdes vid inköpet. Förutom realtidssimuleringen är den dessutom frikopplad från fordonets styrsystem vilket möjliggör simuleringar av olika fabrikat och system för aptering och styrning. Den har dessutom programvara utvecklad för engreppsskördare, skotare och drivare och så är tillverkaren välrenommerad och har en etablerad position på marknaden för den här typen av simulatorer.





### Testscenario

Testscenariot går ut på att under så kort tid som möjligt avverka ett förutbestämt bestånd. Miljön är speciellt utformad för detta test och består av 39 träd (21 granar, tolv tallar och sex björkar) av varierande storlek. För att öka svårighetsgraden och realismen är terrängen kuperad och lutar svagt uppåt mot det vänstra hörnet av beståndet. Dessutom har ett antal stenar placerats ut för att skapa realistiska problem då dessa kan vara i vägen vid sorteringen. Nedan visas en bild av testmiljön.

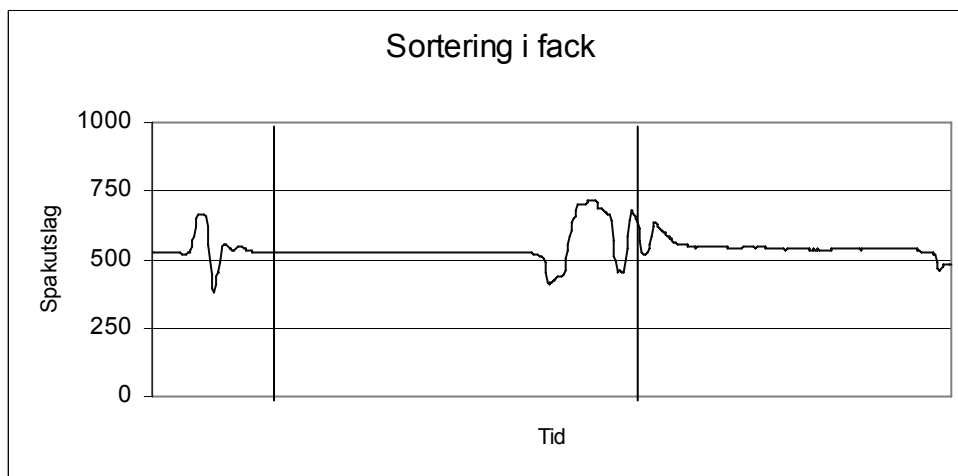
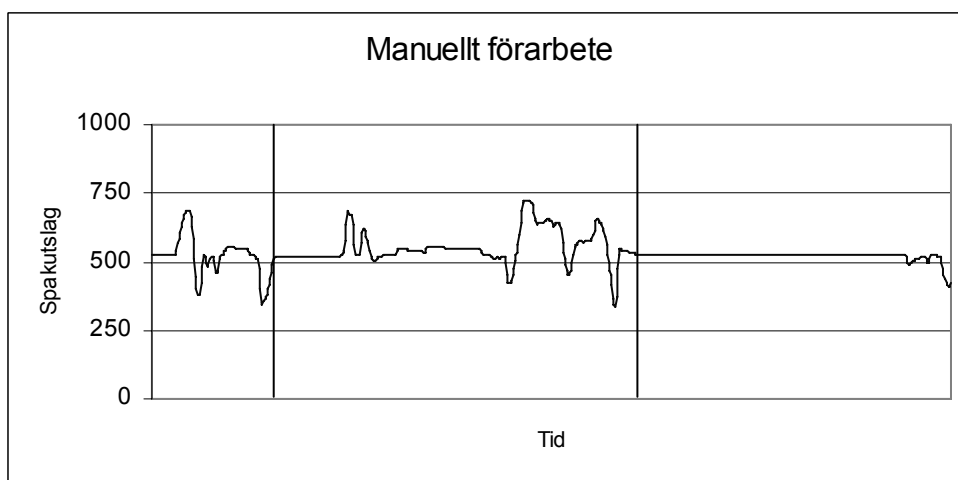
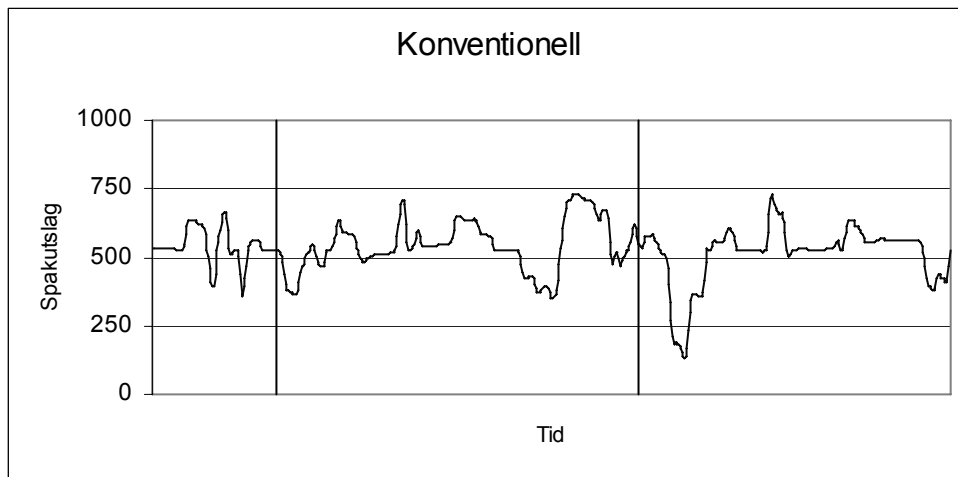




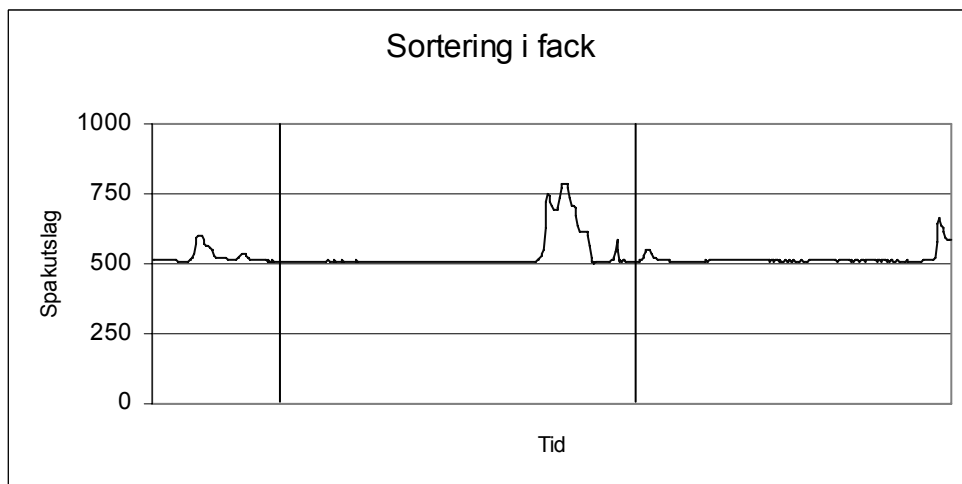
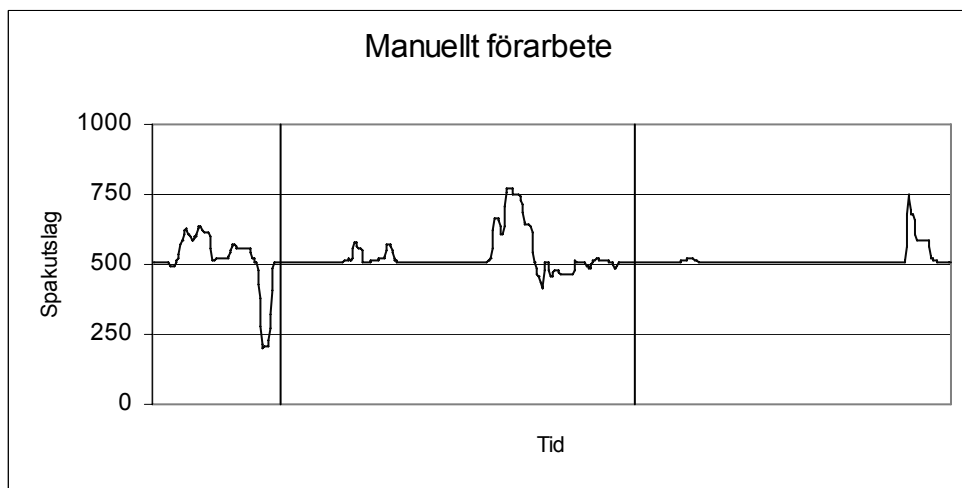
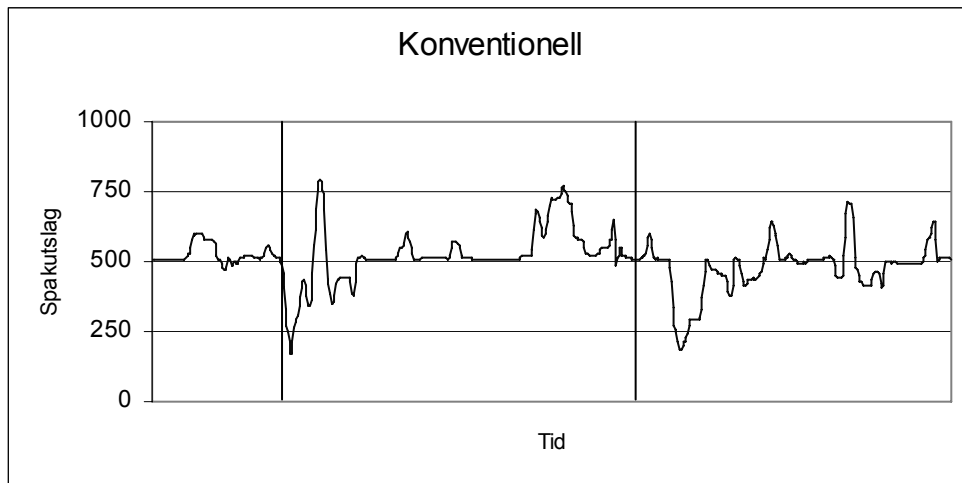
## Reglageanvändning

Spak/Mätning	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Medelvärden	A	B	C
Tid													
Mätningar	13524	15802	14335	16394	15679	16491	17080	16324	17041	Mätningar	14554	16188	16815
Minuter	22,54	26,34	23,89	27,32	26,13	27,49	28,47	27,21	28,4	Minuter	24,26	26,98	28,03
<b>Vänster</b>										<b>Vänster</b>			
Mikropaus	4	4	5	10	16	11	17	5	24	Mikropaus	4,333	12,33	15,33
Spakrörelser	9137	11320	9550	7779	7616	7981	7066	7236	7659	Spakrörelser	10002	7792	7320
Procentuellt användande	0,676	0,716	0,666	0,475	0,486	0,484	0,414	0,443	0,449	Procentuellt användande	68,73	48,13	43,53
Automatknapp	5543	5293	5531	6833	6138	6645	6316	6583	6031	Automatknapp	5456	6539	6310
Procentuellt användande	0,41	0,335	0,386	0,417	0,391	0,403	0,37	0,403	0,354	Procentuellt användande	0,375	0,404	0,375
Knapptryckningar	382	484	456	375	405	395	437	444	420	Knapptryckningar	440,7	391,7	433,7
<b>Höger</b>										<b>Höger</b>			
Mikropaus	5	6	7	14	25	25	22	34	27	Mikropaus	6	21,33	27,67
Spakrörelser	11631	13471	12363	13602	12472	13386	13577	12714	13340	Spakrörelser	12488	13153	13210
Procentuellt användande	0,86	0,852	0,862	0,83	0,795	0,812	0,795	0,779	0,783	Procentuellt användande	85,81	81,25	78,56
Knapptryckningar	241	250	194	235	248	259	278	215	258	Knapptryckningar	228,3	247,3	250,3

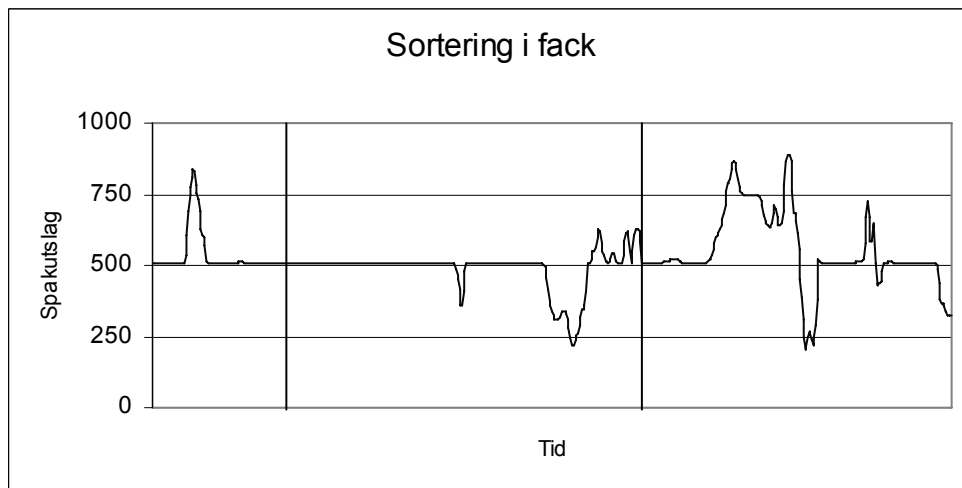
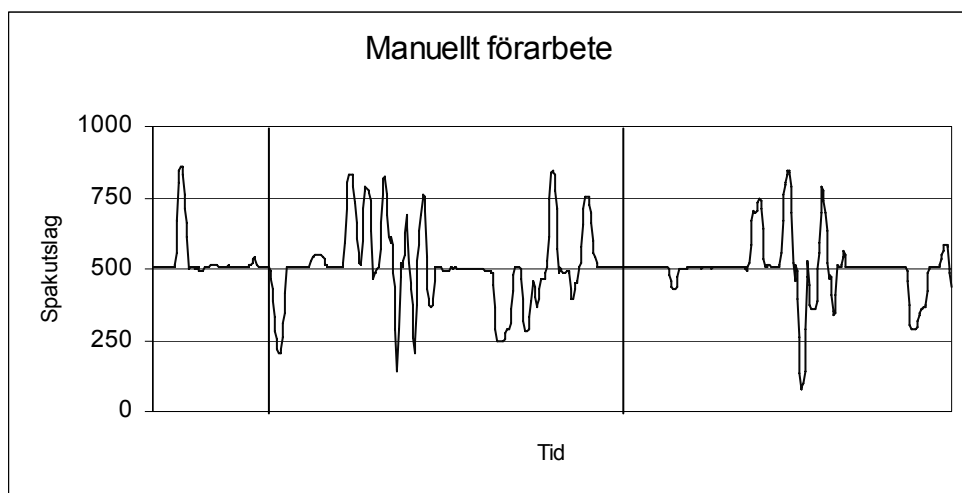
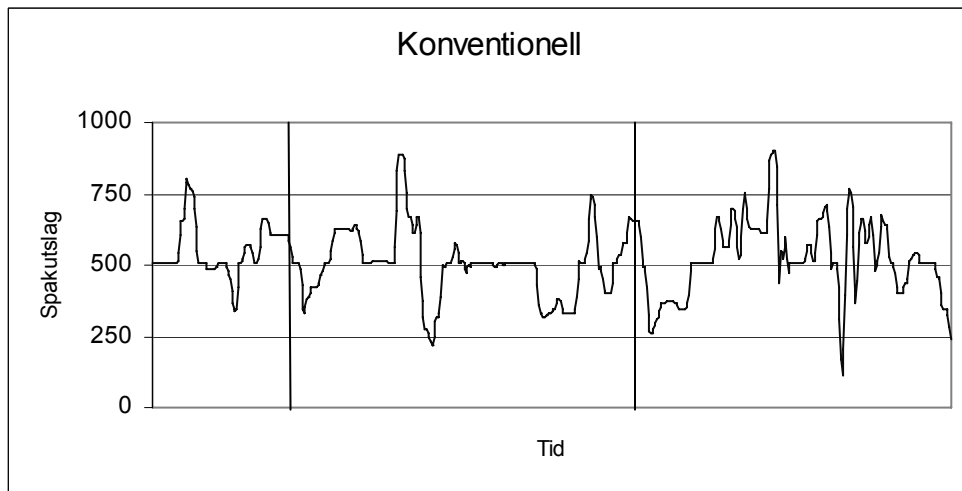
## Teleskop in/ut



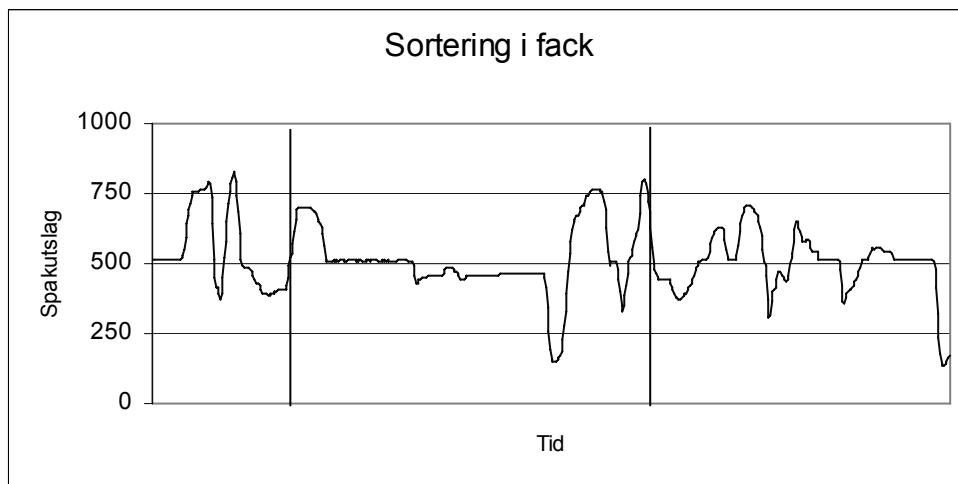
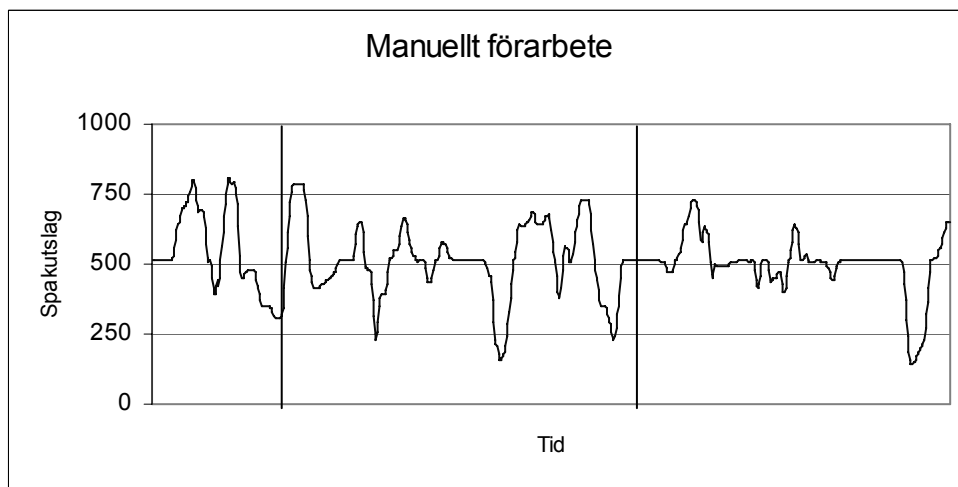
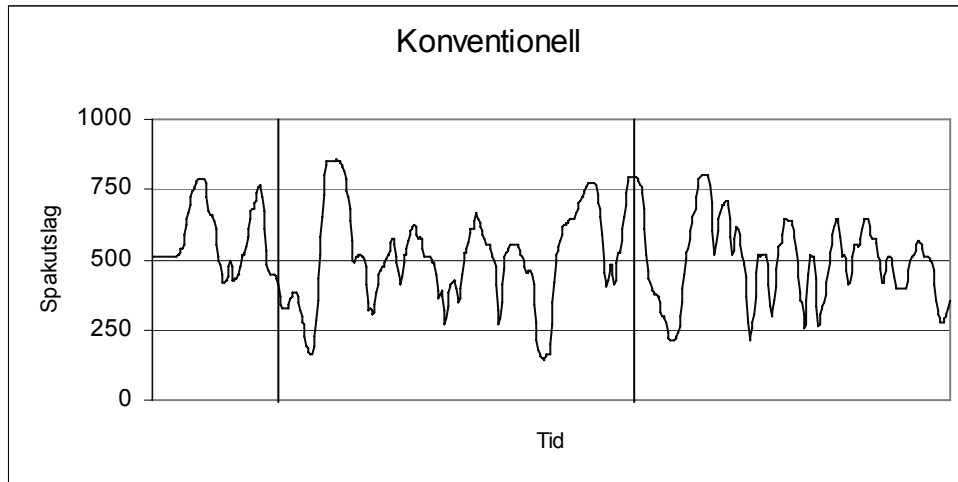
## Kran sväng



## Rotator



## Kran upp/ner







## Tidsstudie och sorteringskontroll

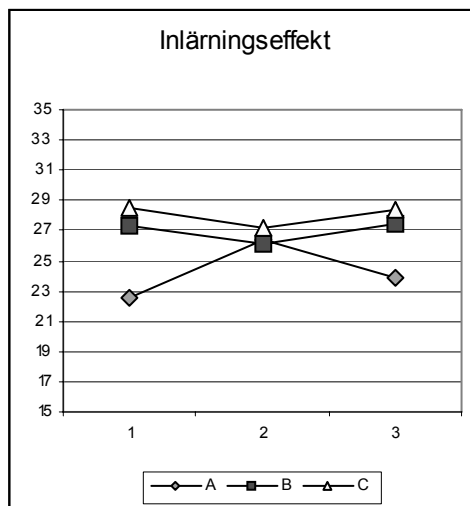
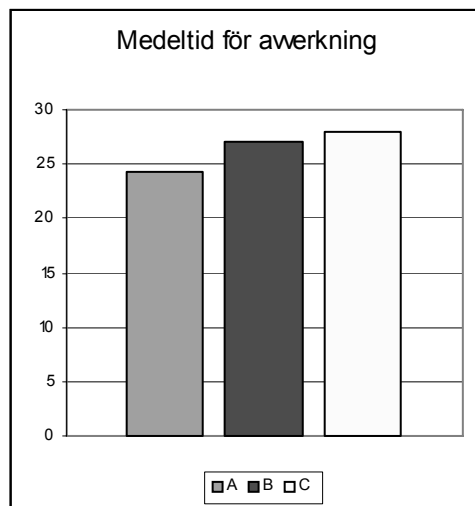
I nedanstående figurer är A=referensvärde, B=Manuellt förarbete, C=Sortering i fack.

### Tidsstudie

Koncept	A=Referensvärde			
	1	2	3	medel
Test				
tid [s]	13529	15807	14341	14559
tid [minuter]	22,55	26,35	23,90	24,27
betyg	3	4	4	3,66667

Koncept	B=Manuellt förarbete			
	1	2	3	medel
Test				
tid [s]	16400	15685	16497	16194
tid [minuter]	27,33	26,14	27,50	26,99
betyg	3	4	4	3,66667

Koncept	C=Sortering i fack			
	1	2	3	medel
Test				
tid [s]	17086	16330	17047	16821
tid [minuter]	28,48	27,22	28,41	28,04
betyg	4	4	3	3,66667

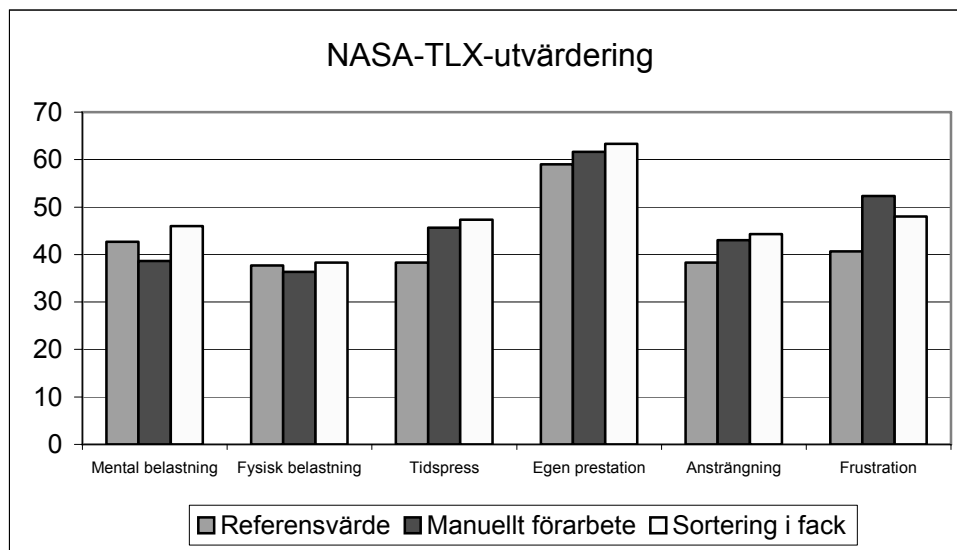




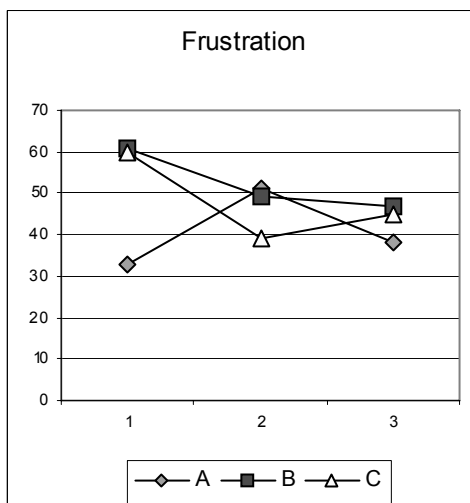
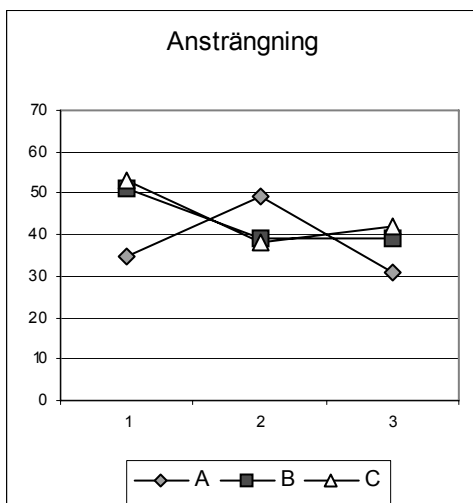
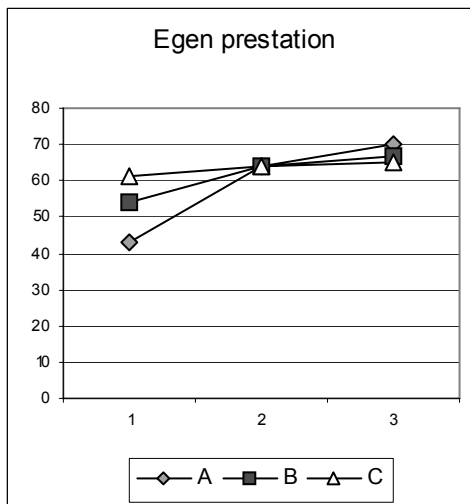
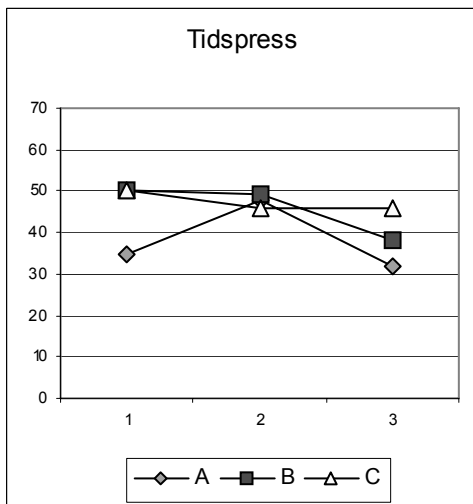
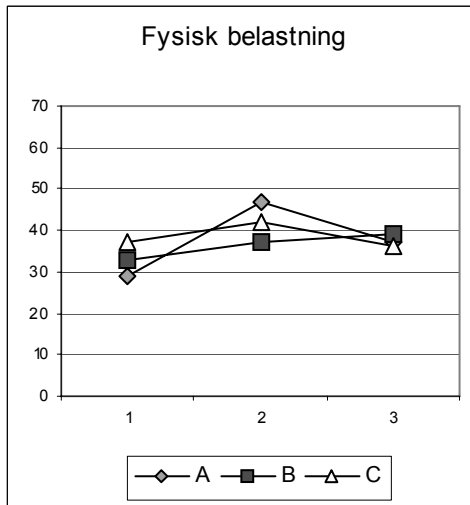
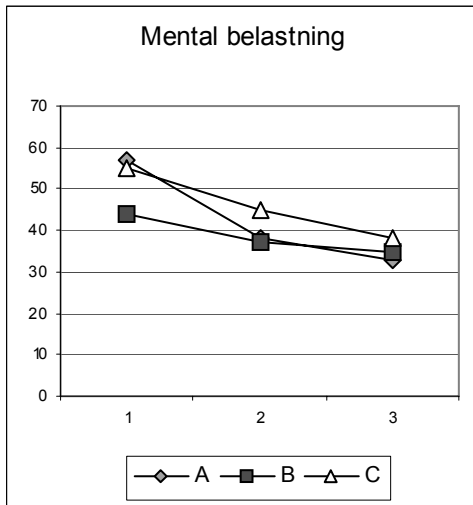
## Testresultat från NASA-TLX-undersökningen

### Utvärdering NASA-TLX

Utprovat koncept	A-Referensvärde				B-Manuellt förarbete				C-Sortering av fack			
	1	2	3	medel	1	2	3	medel	1	2	3	medel
Testomgång												
Mental belastning	57	38	33	42,7	44	37	35	38,7	55	45	38	46,0
Fysisk belastning	29	47	37	37,7	33	37	39	36,3	37	42	36	38,3
Tidspress	35	48	32	38,3	50	49	38	45,7	50	46	46	47,3
Egen prestation	43	64	70	59,0	54	64	67	61,7	61	64	65	63,3
Ansträngning	35	49	31	38,3	51	39	39	43,0	53	38	42	44,3
Frustration	33	51	38	40,7	61	49	47	52,3	60	39	45	48,0



I nedanstående figurer är A=referensvärde, B=Manuellt förarbete och C=Sortering i fack.



## Statistisk kontroll

 $\chi^2$ -test

	Frihetsgrader			Förväntat	$\chi^2$
	A	B	C		
Tid	24,26	26,98	28,03	26,42	0,287
<b>Vänster spak</b>					
Mikropauser	4,33	12,33	15,33	10,67	6,063
Spakrörelser	68,73	48,13	43,53	53,47	6,733
Automatknapp	0,375	0,404	0,375	38,47	0,144
Knaptryckningar	440,7	391,7	433,7	422	3,329
<b>Höger spak</b>					
Mikropauser	6	21,33	27,67	18,33	13,54
Spakrörelser	85,81	81,25	78,56	81,88	0,328
Knaptryckningar	228,3	247,3	250,3	242	1,176
<b>Subjektiva bedömningar</b>					
Mental belastning	42,67	38,67	46	42,44	0,635
Fysisk belastning	37,67	36,33	38,33	37,44	0,055
Tidspress	38,33	45,67	47,33	43,78	1,05
Egen prestation	59	61,67	63,33	61,33	0,16
Ansträngning	38,33	43	44,33	41,89	0,47
Frustration	40,67	52,33	48	47	1,48

För två frihetsgrader och en signifikansnivå på 95 procent är förkastelsegränsen 5,991. För information hänvisas till en statistisk tabell eller liknande.

