

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 563 2004

temaprojekt
DEL  UTOMATION



Styrdon för automatiserad kranstyrning

EXAMENSARBETE VID LINKÖPINGS TEKNISKA HÖGSKOLA

Benny Ahlsén
Foto: Björn Löfgren

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete, TMXD20, inom civilingenjörsprogrammet för maskinteknik, inriktning ergonomidesign. Arbetet utfördes på uppdrag av Skogforsk och omfattade 20 poäng. Projektarbetet gjordes i samarbete med Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik (IKP), vid Linköpings Tekniska Högskola.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Björn Löfgren, Skogforsk samt Linda Törnström, LiTH, för deras stöd under projekttiden.

Ett stort tack vill jag även rikta till Andreas Lind, Oryx simulations, för hans ovärderliga hjälp med programmeringen av simulatoren.

Jag vill även tacka eleverna från Jälla Naturbruksgymnasium, som hjälpte mig med testerna, Berndt Nordén, som gjorde tidsstudierna samt Staffan Larsson, skördarförare, för hans entusiasm och hjälpsamhet.

Uppsala, mars 2004

Benny Ahlsén

Sammanfattning

I detta examensarbete har ett nytt styrdon (Ergocommander) för skogsmaskiner testats och utvärderats. Styrdonet är tänkt som ett led i utvecklingen när kranspetsstyrning implementeras i skogsmaskinerna. Med ett styrdon i stället för två ska föraren kunna styra kranspetsen i tre dimensioner, samt manövrera vissa funktioner för grip och aggregat. Styrdonet ska genom sin utformning minska belastningsskador och den kognitiva ergonomin ska leda till minskad inlärningstid.

Genom en uppgiftsanalys studerades funktionsnyttjandet i en skördare och detta användes som underlag vid konceptgenereringen. Styrdonet testades sedan tillsammans med minispakar, i simulator, av blivande skogsmaskinförare. Testerna som innefattade skördare och skotare, tidsstuderades och utvärderades med avseende på snabbhet och precision.

Styrdonet som användes var inte optimalt utformat, varken ergonomiskt eller funktionsmässigt. Detta resulterade i att alla funktionskombinationer inte kunde användas.

Testresultaten för både skördare och skotare visar att minispakarna var effektivare, med avseende på snabbhet. Samtliga elever hade bättre testvärden. Även precisionen var bättre för skördare med minispakar. Resultaten var dock inte entydiga och varierade mycket. En av eleverna hade bättre resultat med Ergocommandern. Resultaten från mätningarna i skotartestet visar att tre av fyra elever utförde precisionsuppgiften bättre med Ergocommandern.

Slutsatsen är att fortsatta studier bör göras med ett styrdon, framtaget enkom för denna uppgift, med de ergonomiska och tekniska rekommendationer som finns beskrivna i rapporten. Studierna med Ergocommandern gav inte tillräckliga beslutsunderlag.

Abstract

In this thesis a new control device (Ergocommander) intended for forest machines has been tested and evaluated. The control device is a step of development to control the boom when boom-tip-control being implemented in forest machines. With one control device, instead of two, the driver should be able to control the boom-tip in three dimensions and some functions of the grapple and the harvester head as well. The design of the control device will decrease musculo-skeletal injuries and the cognitive ergonomics will result in reduced training time.

With a task analyse the use of the functions on a harvester were studied. This material was used later during the development of the concepts. Students from a forest school who will be drivers of forest machines tested the control device together with mini-joystick's in a simulator. The tests, which included a harvester and a forwarder, measured the time consumption at a performance and precision work.

The design of the control device (Ergocommander) was not optimal, neither concerned to ergonomics or functionality. This caused that all combinations of functions, could not be used.

The test results, both for the harvester and the forwarder, shows that mini-joystick's were more effective, concerned to performance. All students had better test result. The precision were better as well, for the harvester with mini-joystick's. The results were not unambiguous and had great variations. One student had better results with the Ergocommander. The results from the forwarder test shows that three out of four students performed the task of precision better with The Ergocommander.

The conclusion is that further studies needs to be made with a control device that is special designed to operate in forestry machines with the ergonomics and technical recommendation being described in the report. The studies with The Ergocommander did not generate enough values for decision.

Innehåll

Inledning	1
Skogforsk	1
Bakgrund	1
Frågeställningar	2
Avgränsningar	2
Rapportens disposition	3
Syfte	3
Teori	3
Maskinsystem	3
Skogsmaskinförarens fysiska belastning	7
Stress	11
Utvecklingstekniker	11
Metod	15
Systematisk konceptutveckling	15
Idégenerering	16
Funktionsanalys	16
Simulator som utvecklingsverktyg	17
Fältobservation	18
Intervju	18
Uppgiftsanalys	18
Genomförande	18
Fältobservation	18
Simulatorkörning	19
State of the art	19
Litteraturstudier	20
Krancykelföring	20
Intervju	22
Ergonomi	24
konceptgenerering	24
Installation av Ergocommandern	26
Tester	27
Resultat	30
Intervju/förarstudie	30
Tester	30
Skotare	32
konceptförslag	34
Diskussion	35
Slutsatser	37
Förslag till fortsatt arbete	37
Referenser	38
Internetreferenser	38
Muntliga referenser	38

Bilaga 1	Ergonomi- och FunktionsKriterier (EFK).....	39
Bilaga 2	Resultat: styrdon för skotare	41
Bilaga 3	EME-spak höger	47
Bilaga 4	EME-spak vänster.....	49
Bilaga 5	Intryck och tankar vid simulatorkörning.....	51
Bilaga 6	Inför fältstudier på skördare	53
Bilaga 7	Sammanfattning av frågor från fältobservation av skördare	57
Bilaga 8	Frågor till skördarförare i samband med tidsstudie i simulator	61
Bilaga 9	Sammanfattning av förarstudie i simulator.....	63
Bilaga 10	FM-träd skördare.....	65
Bilaga 11	FM-träd Skotare	69
Bilaga 12	Styrdonstest för skotare i simulatormiljö	71
Bilaga 13	Svar diskussionsfrågor skotare	73
Bilaga 14	Styrdonstest för skördare i simulatormiljö.....	75
Bilaga 15	Svar diskussionsfrågor skördare	77

Inledning

Detta examensarbete är en fortsättning på ett tidigare projektarbete vid Linköpings Universitet, där målet var att ta fram ett styrdon för skotare (Ahlsén, B. m.fl., 2003.) Det projektet resulterade i en lista över ergonomi- och funktionskriterier (EFK, bilaga 1), som är en vidareutveckling av en konstruktionskriterielista, beskriven under metodavsnittet, samt en mockup (Bilaga 2). I det här projektet har användningsområdet för styrdonet utvidgats till att även omfatta skördare och drivare. Under konceptfasen har därför problemen begränsats till hur funktionerna ska styras och var reglaget, för de vanligaste funktionerna, ska placeras (på eller bredvid styrdonet).

I rapportens inledningsavsnitt sker en kort presentation av Skogforsk, därefter ges bakgrunden till projektet, frågeställningar som ska utredas, avgränsningar som gjorts för projektet samt hur rapporten är disponerad.

SKOGFORSK

Skogforsk är det svenska skogsbrukets gemensamma forskningsinstitut, finansierat av staten och skogsnäringen (ca 25 % från vardera). På Skogforsk arbetar ca 110 personer, varav ca 70 forskare. Forskningen sker i form av tillämpad forskning inom en mängd olika områden; logistik, skogsteknisk utveckling, operativ planering, skogsvård, miljö- och naturvård, råvaruutnyttjande, förädling av skogsträd m.m. (<http://www.skogforsk.se>)

BAKGRUND

Skogsindustrin kännetecknas bland annat av en bransch med stark prispress på färdigvaran, vilket för skogsbruket innebär en kraftig kostnadspress. Produktutvecklingen inom skogsbruket och då framför allt den aktiva mekaniseringen under de senaste 40 åren, har gjort att lönsamheten i skogsbranschen har kunnat bibehållas på en acceptabel nivå, trots sjunkande råvarupriser. Mekaniseringsprocessen har drivits av skogsföretagen, understött av Skogforsk samt av maskintillverkarna. Under 1990-talet resulterade utvecklingsarbetet i högproduktiva, vältrimmade system. I dagens helt mekaniserade storskogsbruk, sker nästan all drivning med hjälp av en engreppsskördare och en skotare, ett så kallat tvåmaskinssystem. Under de senaste fem åren, har kostnaderna för att transportera ut virket till avhämtningsplatser, inte sjunkit på samma sätt som tidigare och man kan inte längre räkna med lika stora teknikframsteg som tidigare. (Löfgren, B. m.fl., 2002)

Då storskogsbruket är helt mekaniserat står branschen inför nästa utvecklingssteg. Maskinföraren tenderar till att bli en flaskhals i produktivitet utvecklingen, då föraren inte alltid kan utnyttja maskinernas kapacitet fullt ut. Detta leder till att förutom införandet av till exempel kranpetsstyrning i skogsmaskinerna, att även andra funktioner i förarens arbete måste automatiseras. Exempel på funktioner som kan automatiseras är kranrörelser, lossningsmomentet och informationsinhämtning. Kranpetsstyrning i kombination med automatiserade funktioner, förväntas minska förarens mentala belastning, vilket är viktigt med den allt högre arbetstakten i kombination med alla beslut som måste fattas under tidspress i dagens arbete. Den mentala belastningen har ökat och kan på sikt resultera i sjukskrivningar och svårigheter att rekrytera nya förare. Vid delautomatisering och utveckling av nya styrdon är det viktigt är att

förarens arbete inte utarmas, med avseende på sådant som utmärker skicklighet och möjligheter till individuell påverkan. (Löfgren, B. m.fl., 2002)

För att studera och utvärdera helt nya tekniska lösningar, system och metoder krävs det att man går nya vägar, dels av kostnadsskäl, dels på grund av att större delen av teknikutvecklingen som krävs är mer avancerad och pågår utanför skogsbrukets traditionella tillverkar- och FoU-led. (Löfgren, B. m.fl., 2002)

Dagens utveckling av datorer har möjliggjort avancerad realtidssimulering av en skogsmaskin till en inte allt för stor kostnad (Löfgren, B. m.fl., 2002). Skogforsk köpte in en simulator under sommaren 2003. Simulatorens är ett nytt forskningsverktyg på Skogforsk. För vidareutveckling av simulatorens har ett samarbete etablerats mellan Skogforsk och Oryx Simulations AB, som är tillverkare av simulatorens (Löfgren, B., 2003). Simulatorens bygger på skogsmaskiner av fabrikat Valmet som tillverkas av Komatsu Forest AB. Detta skapar möjligheter att använda simulatorens som ett FoU-verktyg. Den stora vinsten ligger i att förändringar i till exempel styrningen av olika funktioner kan studeras utan att en maskin måste byggas om. Projekttiden från koncept till färdig produkt blir på så sätt avsevärt kortare. Simuleringstekniken ger ett mått på användbarheten av en produkt som ännu inte finns fysiskt. (Löfgren, B. m.fl., 2002)

Det här projektarbetet ingår i temaprojekt Delautomatisering, som är skogsbrukets gemensamma satsning för att i framtiden kunna automatisera rutinartade funktioner i skogsmaskiner. De första skogsmaskinerna styrdes med ett sexspakssystem, vilket i dag har ersatts med ett tvåspakssystem. För att undvika den låsta arbetsställningen (ofta med belastningsskador som följd), som detta system innebär, har studier gjorts med endast ett enda styrdon. I detta projekt har tester genomförts och utvärderats med hjälp av simulatorens. Inga liknande jämförande studier har tidigare gjorts på skogsmaskiner.

FRÅGESTÄLLNINGAR

- Kan kranen och gripen/aggreatet i dagens komplexa skogsmaskiner styras med endast ett styrdon?
- Kan styrdonet utföra linjära rörelser (translateras) och rotera samtidigt utan att effektiviteten och användbarheten, med avseende på koordination och belastningsergonomi försämras?

AVGRÄNSNINGAR

I projektet genomfördes tester med skördare och skotare i en realtidssimulator. Trädhanteringen med drivare är likvärdig en skördares och testerna omfattade därför inte drivare. I skotartesterna kördes hela krancykler, då alla nödvändiga funktioner kunde integreras i det nya styrdonet. Skördartesterna fokuserades på hur det var att hantera kranstyrningen och manövreringen av aggregatet, med avseende på snabbhet och precision. I dessa tester avbröts krancykeln när fällningen av trädet var gjort. Inget arbete lades ner på att utforma styrdonet ergonomiskt optimalt.

RAPPORTENS DISPOSITION

Under varje huvudrubrik lämnas en kort beskrivning av avsnittets innehåll. Under teoriavsnittet sätts läsaren in i skogsbrukets befintliga maskinsystem. Därefter tas förarnas belastningssituation upp samt betydelsen av vilopauser. Sist under teoriavsnittet presenteras olika tekniker. Metodavsnittet beskriver de metoder som använts samt projektarbetets tillvägagångssätt. Avslutningsvis presenteras resultaten följt av en diskussion.

Syfte

Syftet har varit att testa och utvärdera ett nytt styrdon och jämföra detta med dagens konventionella minispakar när kranen på en skogsmaskin är försedd med kranspetsstyrning.

Teori

Avsnittet behandlar dagens maskinsystem – med engreppsskördare, skotare och drivare – följt av skogsmaskinförarnas belastningssituation, med avseende på ergonomi och stress. Sista avsnittet under teorin behandlar utvecklingstekniker samt simulatorm som hjälpmedel vid utvärdering av ny teknik.

MASKINSYSTEM

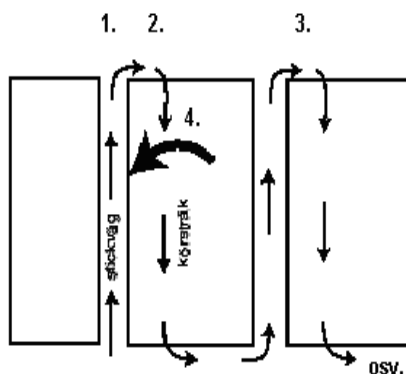
Under detta avsnitt beskrivs arbetsmiljön, arbetsmönster och arbetsmetoder för de tre maskintyperna

Engreppsskördare

I ett tidigt skede vid mekanisering av gallringar, upparbetades träden i stickvägen med stora processorer. För att få tillräckligt mycket virke koncentrerat på upparbetningsplatsen, sammanfördes träden med vinschar. Även kranar med upp till 15 meters räckvidd prövades. Tekniken med engreppsskördare introducerades i mitten av 1980-talet (figur 1a). Tekniken innebar att avverkning av träd kunde göras både från en stickväg och inne i ett bestånd. Vid avverkning inne i ett bestånd kompletterades avverkningen i stickvägarna, med avverkning i stråk mellan stickvägarna (figur 1b). (Brunberg, T., 2000)



Figur 1a.
Engreppsskördare, Timberjack 1470D.
Foto: Timberjack AB



Figur 1b.
Avverkningslagets ordinarie metod”
dragning av stråkträd.

Till 90 % består arbetet med en engreppsskördare av upparbetning, det vill säga krankörning och kvistning-kapning. Resterande tid ägnar föraren åt att

förflytta maskinen mellan olika uppställningsplatser (Löfgren, B. m.fl., 2002). Det är viktigt att en skördarförare vet vilka krav den efterföljande skotningen ställer (se avsnitt om skotare), för att skotningsarbetet ska bli så effektivt som möjligt. Med en engreppsskördare utförs både fällning och upparbetning av samma enhet i kranspetsen, aggregatet (figur 2). Engreppsskördare finns i flera storleksklasser, anpassade för antingen gallring eller slutavverkning.



Figur 2.
Skördaraggregat, Timberjack H762.
Foto: Timberjack AB

Arbetsmönster vid slutavverkning

I slutavverkning går skördaren fram med en arbetsbredd på 15–18 m, längs beståndskanten. Trädfällningen sker med en hydrauldriven kedjesåg. Matarhjul drar sedan trädet genom aggregatet. Kvistningen sker samtidigt som trädet matas genom aggregatet med hjälp av stamomslutande knivar. Samtidigt som trädet matas genom aggregatet mäts längd och diameter med ett mätthjul i aggregatet. Måttuppgifterna matas automatiskt in i maskinens apteringsdator, som räknar ut optimal uppdelning av stammen, med hjälp av inlagda prislistor. Föraren kan sedan acceptera förvalet eller justera det utifrån observerade kvalitetsegenskaper på stammen. Uppdelningen av stammen i stockar sker sedan med samma såg som används vid fällningen. Utmatningen av uppkapade stockar styrs så att de hamnar i sortrena högar (virke av samma sortiment). Produktiviteten vid slutavverkning i Sverige ligger i snitt på 20 m³fub/timme (fub: fast under bark). (Nordansjö I., 2000)

Arbetsmönster i gallring

I gallringsarbetet används mindre skördare än vid slutavverkning. De arbetar på ca 4 m breda stickvägar med 18–20 meters individuellt avstånd. Samtliga träd i stickvägen och de träd som gallras ut mellan stickvägarna, fälls och upparbetas. Föraren upparbetar så att riset hamnar som skydd för mark och rötter i stickvägen och placerar virket i sortimentsrena högar längs densamma. Skördarföraren planerar oftast själv stickvägsnätet och väljer utefter givna direktiv vilka träd som ska avverkas. Det är viktigt att föraren skapar goda förutsättningar för den efterföljande uttransporten (skotningen) samt minimerar skador på mark och kvarlämnade träd, vilket även gäller vid slutavverkning. Föraren ska även visa den naturhänsyn som gäller för platsen och lämna föreskrivna träd och orörda områden. Produktiviteten vid gallring ligger i Sverige på i snitt 10 m³fub/timme. (Nordansjö I., 2000)

Arbetsmiljön

Allt avverkningsarbete (slutavverkning och gallring) utförs i hytten (figur 3) och mycket arbete har därför lagts ner på att göra hytten till en bra arbetsplats med avseende på stol, reglage, instrument, sikt, buller, vibrationer och temperatur (Nordansjö I. 2000). Trots detta leder det ganska låsta arbetet ofta till belastningsskador (Nordansjö I. 2000). Antalet anmälda arbetssjukdomsfall för skogsmaskinförare (skotare och skördare), visar att det framför allt är i områdena nacke–skuldra, rygg, arm, hand och handled, som problemen uppstår (se avsnitt belastningsergonomi). Regelbundna pauser är därför en viktig del i arbetet med skördare. Dessutom är det viktigt att variera arbetet, genom att arbeta på marken med planering, uppföljning och service. (Nordansjö I., 2000)



Figur 3.
Hyttmiljö, Timberjack 1070.
Foto: Timberjack AB.

Skotare

Skotare (figur 4) transporterar upparbetat virke ut från skogen till en bilväg. Lastkapaciteten varierar mellan 7–18 ton. Lastning och lossning utförs med en kran försedd med en grip. Kranen som är av vikarmsmodell har en räckvidd på upp till 10 meter. Vid gallring används mindre skotare än vid slutavverkning. (Nordansjö I., 2000)



Figur 4.
Skotare, Valmet 890. Foto: Komatsu Forest AB.

Arbetsmetodik

Skotningen består till 50–75 % av kranarbete, vilket kräver minst ett års träning, för att uppnå fullgod produktivitet. Stickvägssystemet och virkesuppläggningsen är de faktorer som till störst del har inverkan på hur effektivt skotningsarbetet blir. Föraren ska genom mjuka kranrörelser undvika att gripen kommer i gungning. För att undvika ris och mossa i lasset bör gripen lyftas lite

i samma moment som den sluts kring stockarna. Buntarna bör även jämnas mot grinden, för att jämna vältor (virkeshögar) lättare ska kunna byggas upp vid avlägget (uppläggningsplats för utskotat virke). (Nordansjö I., 2000)

Skotarföraren ska i sin tur skapa så goda förutsättningar som möjligt för nästa led i kedjan, biltransporten. Stockarna placeras i sortrena jämndragna vältor. Vältorna ska vara fria från grenar och annat oönskat skräp samt lätt tillgängliga för lastbilens kran. (Nordansjö, I., 2000)

Drivare

Kombimaskiner för drivning studerades redan på 1970- och 80-talet. Målsättningen var att sänka kostnaderna och få en effektivare organisation med färre inblandade maskiner. De första "drivarna" i Norden var skotare utrustade med ett utbytbart avverkningsaggregat. Efter att träden avverkats byttes aggregatet mot en skotargrip, varpå virket skotades ut med samma basmaskin. Allt virke lastades från marken. Den senaste generationen drivare klarar att göra en stor del av upparbetningen direkt i lasset, vilket effektiviserar arbetet väsentligt (figur 5). Drivaraggregatet har försetts med en grip, vilket möjliggör lastning och lossning med samma aggregat. (Hallonborg, U. m.fl., 2003)



Figur 5.
Drivare, Valmet 801 combi. Foto: Komatsu Forest AB

Arbetsmetodik

Drivaren är en kombination av skördare och skotare som fäller och upparbetar träd direkt i lastutrymmet, för att sedan transportera ut virket till en avläggningsplats. Förutsatt att drivaren kan lägga det mesta av virket direkt i lasset, kan den ge billigare slutavverkning, än dagens tvåmaskinsystem (engreppsskördare och skotare). Momentet att plocka virke från marken försvinner, vilket sparar in mycket tid. I slutavverkning och kanske i sena gallringar kan drivaren förses med ett brett vridbart lastutrymme som riktas in efter fällriktningen. Allt virke kan då upparbetas direkt i lasset och tiden för lastning, cirka 15–25 % av total maskintid i ett skördarsystem, kan i stället nyttjas till avverkning. Med fast lastutrymme i gallring, kan ungefär halva lasset upparbetas direkt. Därefter skymms sikten av det lastade virket. (Hallonborg, U. & Nordén B., 2000)

SKOGSMASKINFÖRARES FYSISKA BELASTNING

Belastningsergonomi

Långa arbetspass med stillasittande arbetsställning i fordonshytter har visat sig ge upphov till arbetsskador. Av antalet anmälda arbetsskador åren 1998–2002, så berodde hela 80 % på belastningsfaktorer (tabell 1). Hur dessa belastningsskador var fördelade på olika kroppsdelar redovisas i tabell 2 nedan (en kvinna arbetade som skogsmaskinförare under åren 1998–2002, därför presenteras även kvinnor i tabellen).

Tabell 1.

Arbetsskador för skogsmaskinförare 1998–2002. Källa: Arbetsmiljöverket.

Misstänkt orsak	Män	Kvinnor	Totalt	Andel
Belastningsfaktorer	94	0	94	80,3
Kemiska eller biologiska ämnen/faktorer	6	0	6	5,1
Vibrationer	2	0	2	1,7
Buller	10	0	10	8,6
Sociala eller organisatoriska faktorer	3	0	3	2,6
Övrigt, oklart	2	0	2	1,7
Samtliga	117	0	117	100

Tabell 2.

Anmälda belastningsskador på skogsmaskinförare 1998–2002. Källa: Arbetsmiljöverket.

Anmälda belastningsskador 1998–2002 för skogsmaskinförare	År					Totalt
	1998	1999	2000	2001	2002	
Kroppsdel (ej specificerade)	–	5	1	–	17	23
Nacke, inkl. ryggrad & ryggkotor i nacken	4	1	5	2	–	12
Rygg, inkl. ryggrad & ryggkotor i ryggen	2	2	4	13	–	21
Övre extremiteter (ej specificerade)	–	–	2	5	–	7
Skuldra och skulderled	1	1	2	5	–	9
Arm, inklusive armbåge	1	–	5	3	–	9
Hand	2	–	1	3	–	6
Finger, fingrar	–	–	–	1	–	1
Nedre extremiteter (ej specificerade)	–	–	1	–	–	1
Höft och höftled	–	–	1	–	–	1
Ben, inklusive knä	–	–	–	1	–	1
Hela kroppen och flera delar (ej spec.)	–	–	2	1	–	3
Totalt	10	9	24	34	17	94

Reglageplacering

För att föraren steglöst ska kunna ändra arbetsställning i hytten (Löfroth C. m.fl., 2003), ställs stora krav på styrdonens och pedalernas utformning samt placering. Om pedaler helt undviks kan en större variation i arbetsställningen uppnås. Pedaler kan däremot vara ett sätt att minska antalet funktioner, som i dag är förlagda på hand eller finger. Ur belastningsergonomisk synvinkel, bör handmanövrerade styrdon, som ska manövreras snabbt, placeras under armbågshöjd, både för sittande och stående arbetsställning (Bohgard, M. m.fl., 1997).

Styrdon

Styrdonens utformning och hur väl de är anpassade för föraren, styr till stor del hur effektivt föraren kan överföra kommandon till maskinen (Bohgard M. m.fl., 1997). Storlek, placering, identifierbarhet, känslighet, motstånd och utslag är faktorer som generellt har stor inverkan för ett styrmons användbarhet.

Om styrdonets utslag är små och dess motstånd litet, så minskar oftast muskelbelastningen. Rekommenderade optimala manöverkrafter för fingermanövrerade reglage är 2–5 N. För handmanövrerade reglage är de cirka tre gånger så höga, 5–15 N (Löfroth C. m.fl., 2003). Det finns också bättre möjligheter att ge armen stöd och stabilitet, om styrdonets utslag är små. Tester av styrdon med olika motstånd, inom intervallet 5–15 N, har visat att styrdon med högre motstånd ger upphov till större muskelbelastning, vilket är logiskt. Precisionen blev dock sämre i styrdonet med minst motstånd. (Eklund, J. & Cederqvist, T., 1998)

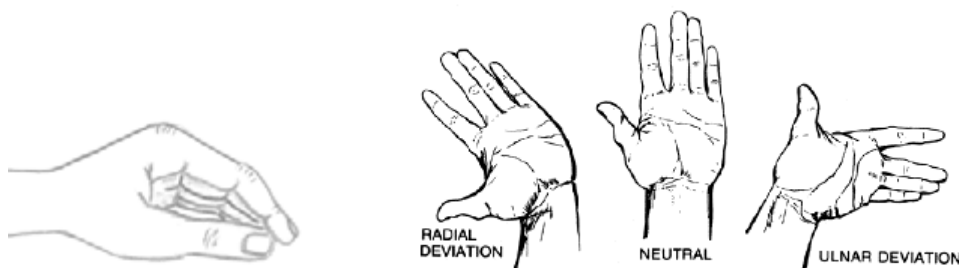
Nedan nämns några punkter som är viktiga att beakta när ett nytt styrdon ska utformas (Bohgard M. m.fl., 1997):

- Styrdonets uppgift och betydelsen av denna uppgift för hanteringen av hela maskinen eller systemet.
- Om styrdonet ska utformas för snabba eller precisionskrävande uppgifter eller för att manövreras med stora krafter.
- Målgruppen med styrdonets utformning och under vilka förutsättningar det ska användas.
- Om föraren utför andra uppgifter samtidigt som styrdonet hanteras.
- Övergripande krav arbetsuppgiften ställer.

(Bohgard, M. m.fl., 1997).

Handens anatomi

Människans hand är konstruerad som ett gripverktyg, att användas såväl med stor kraft som med stor precision. Handens funktionella utgångsställning (figur 6a) är den ställning som belastar muskulaturen minst och som handen eftersträvar vid vila. Ställningen fås då underarmen hålls i ett läge mitt emellan pronation (handflatan riktad nedåt) och supination (handflatan riktad uppåt), handleden är i ett neutralt läge (figur 6b), samt 30–40 % dorsalflekterad (böjd mot handryggen) (Jonsson B., 1984). Denna handposition bör eftersträvas vid utveckling av nya styrdon.



Figur 6a.
Handens funktionella utgångsställning.

Figur 6b.
Handens positioner.

Minispakar

Minispakar (figur 7a) används av samtliga skogsmaskintillverkare och de utseendemässiga skillnaderna är små, medan de funktionsmässigt skiljer en del. Valmets minispakar finns för både skördare och skotare, med den skillnaden att skördarspakarna har något annorlunda geometri och knappar (motsvarande EME-spakarnas funktioner). En ”hatt” har tagits fram (av Swelog) till mini-

spakarna, för att avlasta handlederna (figur 7b). Knappaletterna för skördare har några fler funktioner. Slaglängden för minispakarna är ca ± 30 mm, framåt/bakåt och höger/vänster och vippornas utslag är ca 5 mm.



Figur 7a och b.
Till vänster minispak.
Till höger Swelogs
lösning för trötta
handleder.
Foto:
Lars Davner, Skogen

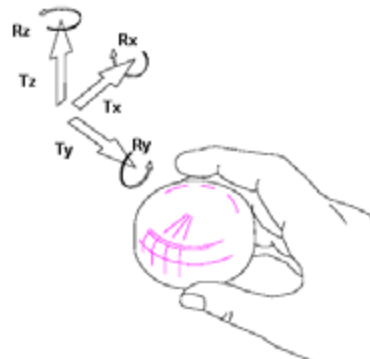


Ergocommander

Ergocommander (figur 8a) används bland annat till att styra industrirobotar och modeller i 3D-ritprogram. Styrdonet har sex frihetsgrader (figur 8b), translation i x-, y- och z-led (T_x , T_y , T_z) samt rotation kring x-, y- och z-axlarna (R_x , R_y , R_z). Ergocommanderns diameter är 60 mm och slaglängden är $\pm 1,5$ mm (translationer) och $\pm 4^\circ$ (rotationer). (<http://www.3dconnexion.com>)

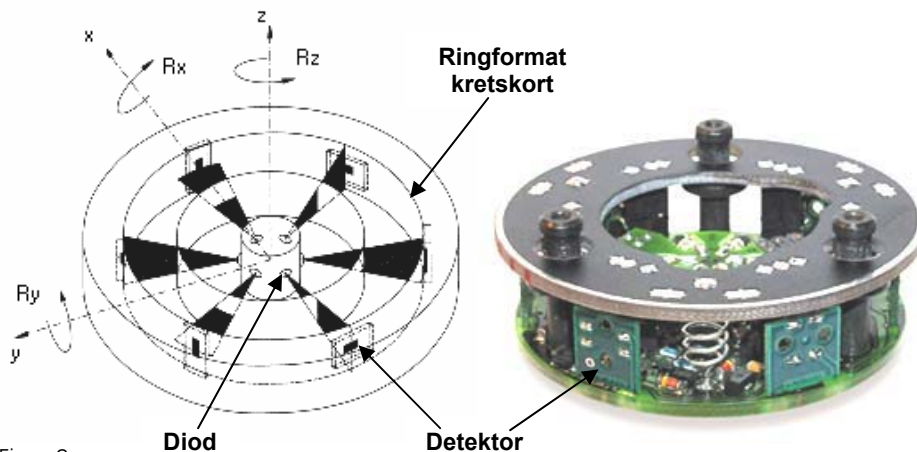


Figur 8a.
Ergocommander. Foto: Egen bild.



Figur 8b.
Ergocommanderns frihetsgrader. Källa:
3Dconnexion.

Ergocommandern har sex stycken dioder monterade kring centrum på ett cirkulärt kretskort (bottenplattan i figur 9), med 60° förskjutning. I ytterkanten på kretskortet sitter motsvarande antal detektorer. Mellan dioderna och detektorerna sitter ett rörligt, ringformat kretskort, försett med sex rektangulära, smala öppningar (figur 9). (<http://www.3dconnexion.com>)



Figur 9.
Ergocommanderns uppbyggnad och funktion. Källa: 3Dconnexion

Ljusstrålarna från dioderna sänds ut radiellt och parallellt (i förhållande till bottenplattan) mot sensorerna. Ljusstrålarnas banor skärs av det rörliga, ringformade kretskortet, vars skårer rör sig relativt bottenplattan. Detektorerna mäter positionen på ljusstrimmorna som projekteras från dioderna, via skårorna. Skårorna är orienterade antingen horisontellt eller vertikalt (de horisontella skårornas ljusstrimmor fångas upp av vertikala sensorer och vice versa). Med detta symmetriska mätsystem kan de rörliga skårornas avvikelse relativt sensorerna mätas. Avvikelsen omvandlas sedan till elektrisk spänning och transformeras till lokala koordinater. (<http://www.3dconnexion.com>)

För att omvandla spänningarna $UL1-UL6$, till translationerna T_x, T_y, T_z och rotationerna R_x, R_y, R_z nyttjas en vanlig transformationsmatris (figur 10).

$$\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ R_x \\ R_y \\ R_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} UL1 \\ UL2 \\ UL3 \\ UL4 \\ UL5 \\ UL6 \end{pmatrix}$$

Figur 10.
Transformationsmatris. Källa: 3Dconnexion.

MAXI-systemet

MAXI är ett maskinstyrningssystem för samtliga funktioner i skördaren och aggregatet. Systemet är utvecklat för Komatsu Forest ABs maskinprogram. I systemets PC görs alla inställningar för bland annat kran och aggregat. För varje enskild kranfunktion kan ett antal parametrar ändras och anpassas för individen. Några viktiga parametrar är funktionernas hastighet, start- och stoppramper (fördröjning vid aktivering), dödband (spelet) samt progressionen.

STRESS

Stress definieras som kroppens, psykets och hjärnans reaktioner på olika typer av påfrestningar, utmaningar och krav. Stressreaktionens syfte är att mobilisera kraft för att klara av dessa påfrestningar eller utmaningar. Genom Studier av musklers elektriska signaler vid olika belastningar (EMG-studier) och genom att mäta hormonhalter i saliv eller blod, kan muskelaktivitet respektive hormonnivåer kartläggas för olika arbetsmönster och typer av stresspåverkan. Vid studier av denna typ har det visat sig att muskulär och mental stress förstärker varandra ömsesidigt (Kindenberg U., 2002). Risken för stressrelaterade belastningssjukdomar är därför stor, när tidspress, bristande egenkontroll och bristande arbetstillfredsställelse, förekommer i kombination med en ergonomiskt bristfällig arbetssituation. (Kindenberg U., 2002)

Mental stress kan även orsakas av för låga krav (Kindenberg U., 2002). Ett exempel är enformiga, högautomatiserade arbeten, där utövaren måste vänta in ett arbetsmoment, utan att kunna påverka dess innehåll (Kindenberg U., 2002). Detta kan vara en risk med, att i allt för hög grad automatisera kranarbetet i skogsmaskiner.

Återhämtning

Muskler som arbetar statiskt får begränsad syretillförsel och bristande ämnesomsättning på grund av att de arbetar sammandragna. Ensidigt muskelarbete under tidspress resulterar i att kroppen inte får tillräckligt med pauser för återhämtning. När kroppen och vävnaderna inte får tid för återhämtning och att reparera skadade muskelfibrer, ökar risken för inflammationer och smärttillstånd. Återhämtningen kan bestå av att variera arbetsuppgifterna, med rörelser av en annan karaktär, eller av en minutlång paus. (Kindenberg U., 2002).

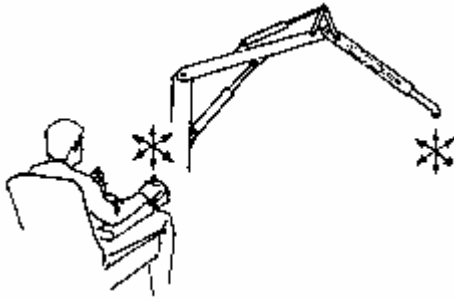
Förekomsten av mikropauser är avgörande för hur fort en muskel tröttnas ut under arbete (Jonsson B., 1984). En mikropaus är ett minst sekundlångt avbrott inskjuter i arbetet (Jonsson B., 1984). Ett arbete där vilopauserna aldrig blir längre än 1 sekund, kan ur fysiologisk synpunkt, jämföras med en helt statisk muskelkontraktion (sammandragning) (Jonsson B. 1984). Skogsmaskinförare sitter stilla i samma arbetsställning under långa arbetspass. De enda avbrotten (förutom lunchrast) är vid haveri av olika slag, till exempel kedjebrott.

UTVECKLINGSTEKNIKER

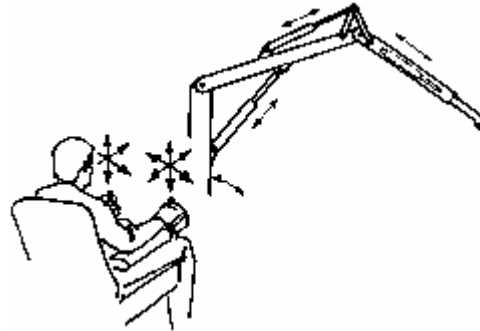
Kranspetsstyrning och röststyrning är två tekniker som i framtiden sannolikt kommer att införas i skogsmaskiner. Här ges en grundläggande beskrivning av teknikerna och vilka fördelar de förväntas medföra samt ett avsnitt om simulatortorn som verktyg vid utveckling av ny teknik.

Kranspetsstyrning

Kranspetsstyrning innebär att kranpetsen styrs analogt med ett enda styrdon. Upp/ner på styrdonet motsvaras av upp/ner på kranpetsen och så vidare (figur 11). Rörelsen upp/ner beskriver en lodrät bana och rörelsen ut/in en vågrät. En rörelse med styrdonet i en viss riktning styr alltså flera hydraulcylindrar samtidigt. (Löfgren, B. m.fl., 1994)



Figur 11.
Kranspetsstyrning. (Löfgren, B. m.fl., 1994)



Figur 12.
Konventionell styrning. (Löfgren, B. m.fl., 1994)

I dagens skogsmaskiner manövreras kranen med olika typer av tvåspaksreglage. En spakrörelse i en riktning styr en viss hydraulcylinder på kranen (konventionell styrning). Således måste flera spakrörelser kombineras för att nå önskad position med kranspetsen (figur 12).

Längre livslängd på kranarna

Skillnaden mellan en bra och en mindre bra förare är stor. De sämre förarna kör mer ”on/off” med spakfunktionerna, vilket gör krankörningen mer ryckig och påkänningarna på cylindrar och i kranleder ökar, såväl som hyttvibrationerna. Med kranspetsstyrning kan funktioner som ändlägesdämpning i cylindrarna samt accelerations- och hastighetsbegränsningar, läggas in i datorprogrammet. Dessa funktioner i programvaran leder till mjukare krankörning och minskade påkänningarna i lederna. Även hyttvibrationerna minskar. (Löfgren, B. m.fl., 1994)

Snabbare inläring

I dagens maskiner används tvåspaksreglage i olika utförande. Många förare har svårigheter med att kombinera rörelserna med dessa två spakar. Kranen är dessutom komplicerad att använda, vilket ytterligare försvårar arbetet. Med en vikarmskran kan föraren nå en position på rörelsebanan på en mängd olika sätt. Med en förenklad styrning behöver föraren inte tänka på hur kranen är konstruerad. I arbetet med engreppsskördare leder detta till att föraren i stället kan ägna sig åt de huvudsakliga arbetsuppgifterna, som aptering, trädval, etc. I dag är inläringstiden för att uppnå en fullgod produktionstakt minst ett år. Med förenklad styrning skulle denna tid kunna reduceras kraftigt. (Löfgren, B. m.fl., 1994)

Minskad belastning på förarna

Intervjuer med maskinförare visar att över hälften har haft besvär med nacke, axlar eller rygg. Många skogsmaskinförare får ont i dessa kroppsdelar redan efter ett eller några års körning. Det har visat sig att många förare omedvetet spänner sig under krankörning och en förenklad krankörning skulle kunna medföra en mer avspänd körning. (Löfgren, B. m.fl., 1994)

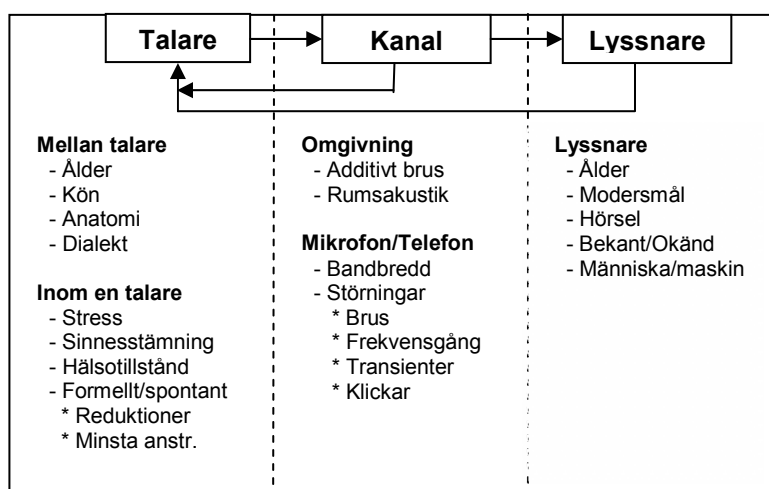
Röststyrning

De första försöken med automatisk igenkänning av tal, började i slutet av 1940-talet, men inte förrän inpå 60-talet, då datortekniken blev mer allmän, tog forskningen fart på allvar. 1973 lanserades det första kommersiella ordigenkänningsystemet, som hade hundra ord i dess vokabulär. I dag är forskningen till stor del inriktad på att bygga system som kan hantera spontant tal från

godtyckliga användare, som exempelvis i dialogsystem för databassökning på Internet eller biljettbokning. Med automatisk taligenkänning får människan en helt ny kanal för datorkommunikation. Talet är vår naturliga kommunikationsväg, där kommunikationen sker på människans villkor och inte maskinens, vilket ger en psykologisk fördel. Dessutom kan operatören utföra andra uppgifter samtidigt, eftersom ögonen och händerna lämnas fria. (Blomberg M. & Elenius K., 2002)

Svårigheter med variationer i talet

Talsignalens stora variation är den grundläggande problematiken med taligenkänning. Män, kvinnor och barn har olika röster med bland annat olika grundtoner. Storleken på talorganen har en avgörande betydelse för frekvenslägena, vid vokal- och konsonantbildning. Lyssnandet är en aktiv process där lyssnaren tar hjälp av sina kunskaper om talaren, ämnet, språket och sammanhanget i allmänhet. För en taligenkännare däremot uppstår problem, eftersom inte alla dessa talljud (fonem) kan modelleras på ett bra sätt. Ett sätt är att ha flera uttalsvarianter, av ett och samma ord, för att ta hänsyn till avvikelser. Nackdelen med detta är att antalet möjligheter vid igenkänningsprocessen växer, vilket leder till ökad komplexitet. Figur 13 visar olika orsaker till talets variationer. Talet påverkas markant om talaren är förkyld eller täppt i näsan, men kan även påverkas av talarens sinnesstämning. Akustiska störningar, i form av efterklang i rum eller buller, påverkar signalen likväl som frekvensgången i telefoner och mikrofoner. (Blomberg M. & Elenius K., 2002)

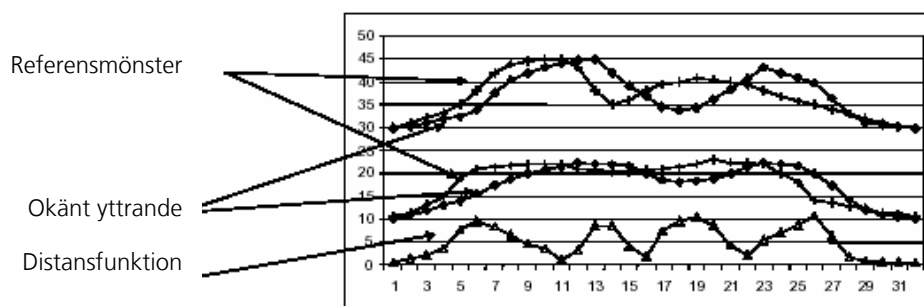


Figur 13. Faktorer som påverkar talsignalen. (Blomberg M. & Elenius K., 2002)

Identifiering

På den akustiska analysen följer en beslutsprocess, i vilken det bestäms vilka ord som sagts. Metoderna för detta kan delas in i några huvudinriktningar, kunskapsbaserade metoder och mönsterigenkänning. Kunskapsbaserade metoder försöker i hög utsträckning utnyttja allmän fonetisk kunskap om tal. Mönsterigenkänning var den första metoden som fick en bred användning och som i första hand utnyttjades för ordigenkänning. I denna metod nyttjas ingen fonetisk information. Ett tidigare sparad uttal visar informationen om ordet. En tvådimensionell matris beskriver några analysparametrars tidsvariation för varje yttrande (figur 14). Igenkänningsprocessen fungerar så, att det ord ur den

lagrade vokabulären, som har minst distans till det okända ordet, är det ord som metoden kommer att välja. (Blomberg M. & Elenius K., 2002)



Figur 14. Visuell redovisning av hur avståndet mellan ett yttrande och referensmönstret för ett ord, i igenkänningsvokabulären, beräknas. (Blomberg M. & Elenius K., 2002)

Vid identifiering av ett ord krävs normalt att hänsyn tas till taltempot, vilket nästan aldrig är exakt detsamma för två skiljda yttranden av samma ord. En korrigerig vid jämförelse av ord sinsemellan, är därför nödvändig. Mönsterigenkännande system lämpar sig därför bäst för små vokabulärer (ordmängder). (Blomberg, M. & Elenius, K., 2002)

Röststyrning ger en ganska direkt respons. Normalt får användaren vänta en bråkdel sekund för att vara säker på att yttrandet är klart innan svar kan ges (Elenius K., 2003). Talaren kan också använda en knapp, när ett kommando ges, för att undvika oavsiktliga kommandon. (Elenius K. 2003) Tanken med att använda röststyrning i skogsmaskiner är att reducera antalet knappstyrda funktioner, så ytterligare en knapp vid röststyrning kan vara en nackdel.

Simulatorn

Simuleringsbilden som visualiserades var $1,8 \times 2,5$ m (figur 15). Tredimensionella effekter var inte så framträdande, vilket medförde ett begränsat djupseende. En ljudanläggning som återgav motorvarv, sågljud etc. var kopplad till simulatorn. Skogforsks simulator hade ingen rörlig plattform, vilket för övrigt fanns framtaget till dessa simulatorer. Inredningen (stol, spakar och reglage) var densamma som i Valmets maskiner.



Figur 15. Simulator. Foto: Nils Jerling, Skogforsk.

I simulatören fanns programvara för skotare (modell Valmet 860), skördare (Valmet 911) och drivare (Valmet 801 C). Två olika stolar användes. En skotarstol med minispakar och en skördarstol (användes även till drivaren) med EME-spakar (bilaga 3 och 4). Skotaren hade vikarmskran, skördaren teleskopkran och drivaren parallellkran (figur 16 a och 16 b).



Figur 16 a.
Teleskopkran.



Figur 16 b.
Parallellkran.

Studie gav basbestånd

2003 genomfördes mätningar på ett befintligt skogsbestånd (Löfgren) i samband med en slutavverkning. Trädens brösthöjdsdiameter mättes (130 cm ovan mark) och trädens koordinater positionerades med GPS. Informationen lades sedan in i en databank, varpå beståndet återskapades i simulatören. Föraren som utfört avverkningen i skogen gjorde sedan en identisk avverkning i simulatormiljö. Avverkningarna tidsstuderades av Berndt Nordén, för att resultaten sedan skulle kunna analyseras och jämföras. Med detta tillvägagångssätt skulle skillnader mellan simulator och verklighet kartläggas.

Metod

Under rubriken systematisk konceptutveckling användes idégenereringsmetoden för att ta fram EFKn och beskrivs av den anledningen. Därefter beskrivs simulatören som verktyg vid utveckling och utvärdering av ny teknik. Sist i kapitlet beskrivs fältobservation som metod samt tillämpad intervjumetod.

SYSTEMATISK KONCEPTUTVECKLING

Målsättningen är att skapa en s.k. konstruktionskriterielista, där de viktigaste egenskaper som produkten bör uppfylla presenteras. Inledningsvis i konstruktionsprocessen måste konstruktören fördjupa sig i problemet och formulera mål och syfte för produkten. Det är viktigt att undersöka var spjutspetskunskapen inom området ligger (state of the art). Liknande problem kan ha lösts tidigare, kanske inom helt andra områden. "Input" vid upprättande av konstruktionskriterielistan kan vara kundönskemål eller problembeskrivning från uppdragsgivaren. (Liedholm U., 1999)

Kritisk granskning av problemet

Inledningsvis ska problemet granskas kritiskt ur alla tänkbara synvinklar. Konstruktören ska skapa förståelse för omständigheterna kring uppgiften och dess syfte, samt beskriva vad lösningen till problemet ska göra, utan att säga hur det ska göras. När problemet definieras är följande fem frågor viktiga att beakta (Liedholm U., 1999):

- Vad är problemet?
- Vem har problemet?
- Vad är målet?
- Vilka bieffekter ska undvikas?
- Vilka begränsningar finns för att lösa problemet?

State of the art

Har liknande problem lösts tidigare och hur har de lösts? Det är viktigt att undersöka om någon liknande produkt redan finns på marknaden, genom att söka i patentdatabaser, studera litteratur inom området och analogier från andra områden, som har liknande uppgifter. (Liedholm U., 1999)

Konstruktionskriterielista

Konstruktionskriterielistan redovisar de egenskaper som produkten bör ha. Den används som underlag för produktutvecklingsprocessen och ger nödvändig information vid utvärderingen av olika koncept. Genom att arbeta systematiskt och följa en checklista minskar risken för att någon viktig produktenskap glöms bort. Egenskaperna ska inledningsvis formuleras lösningsoberoende och kan vara formulerade som krav eller önskemål. Kraven ska helst vara kvantifierbara eller mätbara. Egenskaperna blir mer produktspecifika vartefter projektet pågår. (Liedholm U., 1999)

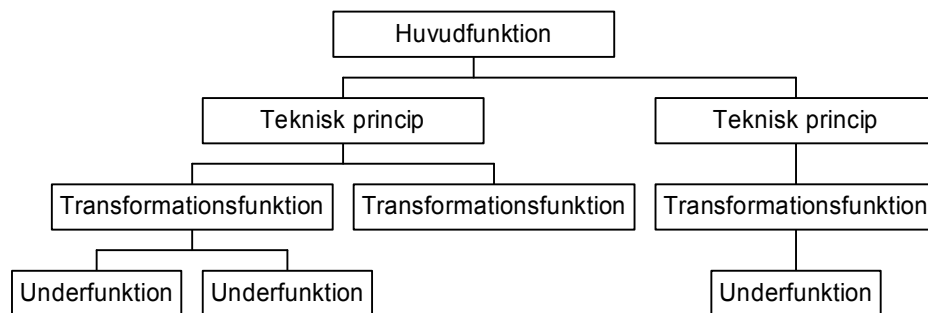
IDÉGENERERING

En morfologisk analys är kanske den mest systematiska och analytiska metoden av alla, vilket gör den lämplig för ingenjörer. Problemet delas upp i alla dess dimensioner eller delfunktioner, för att sedan utreda varje enskild del och söka alla tänkbara lösningar till varje delproblem. Vid diskussion om de formulerade delproblemen kan på så sätt konstruktören känna sig fri från existerande lösningar. De olika lösningarna på delproblemen jämförs sedan systematiskt. I en morfologisk matris visualiseras nya kombinationsmöjligheter och tanken är att kombinationer av olika lösningar på delproblemen ska leda till en optimal lösning. Detta systematiska tillvägagångssätt minskar risken att någon lösning glöms bort. (Olsson K.-O., 2001)

FUNKTIONSANALYS

Funktionsanalysens syfte är att reda ut vad produkten ska göra, redogöra för produktens funktioner och att etablera ett antal olika medel/principer för att lösa dessa funktioner. (Liedholm U., 1999)

Med hjälp av ett funktions-/medelträd (FM-träd) kan idéer och koncept, som framkommit under konceptgenereringsfasen visualiseras på ett överskådligt sätt. Funktions-/medelträdet visar hur alternativa lösningsprinciper, med tillhörande underfunktioner, hör ihop (Figur 17). En funktion beskriver en uppgift som det tekniska systemet ska utföra. Ett medel visar hur en funktion ska förverkligas och kan vara en lösningsprincip, maskinsystem, komponenter, m.m. Högst upp i funktions-/medelträdet återfinns huvudfunktionen. Närmast under huvudfunktionen placeras tekniska principer som tagits fram genom till exempel brainstorming. Dessa utgör huvudmedlen i FM-trädet.



Figur 17.
FM-träd.

Med hjälp av ett funktions-/medelträd (FM-träd) kan idéer och koncept, som framkommit under konceptgenereringsfasen visualiseras på ett överskådligt sätt. Funktions-/medelträdet visar hur alternativa lösningsprinciper, med tillhörande underfunktioner, hör ihop (figur 17). En funktion beskriver en uppgift som det tekniska systemet ska utföra. Ett medel visar hur en funktion ska förverkligas och kan vara en lösningsprincip, maskinsystem, komponenter, m.m. Högst upp i funktions-/medelträdet återfinns huvudfunktionen. Närmast under huvudfunktionen placeras tekniska principer som tagits fram genom till exempel brainstorming. Dessa utgör huvudmedlen i FM-trädet. Transformationsfunktionerna beskriver övergripande de tekniska principernas uppgift för att omvandla input till output. Underfunktionerna kan till exempel vara styrfunktioner, kontrollfunktioner eller hjälpfunktioner. Lösningalternativ (medel) för att realisera transformationsfunktionerna tas likväl som för de tekniska principerna, fram genom idégenerering. Varje lösningalternativ presenteras i en ny ”gren” i FM-trädet. (Liedholm U., 1999)

Funktions-/medelträd kan bli stora och svåröverskådliga. Ett alternativ är då att lista de lägsta funktionerna i trädet, med tillhörande medel, i en så kallad morfologisk matris. En morfologisk matris visualiserar ett problems delfunktioner (underfunktioner) och lösningar i en tvådimensionell matris (tabell 3). (Liedholm U. 1999) Funktions-/medelträd kan bli stora och svåröverskådliga. Ett alternativ är då att lista de lägsta funktionerna i trädet, med tillhörande medel, i en s.k. morfologisk matris. En morfologisk matris visualiserar ett problems delfunktioner (underfunktioner) och lösningar i en tvådimensionell matris (tabell 3). (Liedholm U., 1999)

Tabell 3.
Morfologisk matris.

Funktion	Medel			
Delproblem 1	Lösning 1	Lösning 2	Lösning 3	m.fl.
Delproblem 2	Lösning 1	Lösning 2	–	m.fl.
Delproblem 3	Lösning 1	Lösning 2	Lösning 3	m.fl.

SIMULATOR SOM UTVECKLINGSVERKTYG

Simulatorn utvecklades i första hand för att lära upp nya maskinförare, men nyttjas även för utveckling och utvärdering av nya tekniker. Kostnaden och tiden för utveckling av ny teknik kan minskas kraftigt tack vare tester i virtuell miljö. Resultat på hur prestationen för förare och arbete påverkas, vid införande av ny teknik, kan erhållas avsevärt snabbare. (Löfgren, B., 2003)

FÄLT OBSERVATION

Fältobservation som metod kan med fördel användas, när en produkt som redan finns på marknaden ska studeras. Produkten observeras då i sin naturliga miljö. Fältobservationen är deltagande om observanten har möjlighet att ställa frågor till föraren, i samband med observationen. (Jordan P. W., 1998)

INTERVJU

Halvstrukturerad intervju

En halvstrukturerad intervju bygger på att frågorna ställs i en bestämd följd, med följdfrågor inom samma område. Kombinationen av öppna och fasta svar kännetecknar också denna intervjuform. Respondenten ger sin syn på det som intervjuaren tycker är viktigt, samtidigt som intervjuaren får en uppfattning om hur meningsfulla frågorna är för den intervjuade. Denna intervjuform ger även utrymme för respondentens kreativitet och egna utvecklingsidéer. (Jordan P. W., 1998)

UPPGIFTSANALYS

Med uppgiftsanalys är det möjligt att kartlägga arbetet och dess krav på förare och maskin under olika driftsförutsättningar. Fysisk uppgiftsanalys är en analys av handhavandet och hur arbetet utförs. Med kunskap om var kranen har varit positionerad och hur föraren har nyttjat spakar och knappar, kan bland annat underlag skapas, för automatiseringar av olika kranfunktioner. Med CAN-buss mätningar kan erforderlig information erhållas. (Löfgren, B. m.fl., 2002)

CAN-buss mätning

CAN-buss, Controller Area Network, dataöverföringsleden för maskinens styrsystem. I en CAN-buss registreras varje funktion eller kranrörelse som föraren aktiverar. Genom att läsa av CAN-bussen fås fullständig information om vilka funktioner som föraren använt samt under hur lång tid de har varit aktiva.

Tidsstudie

Vid en tidsstudie mäts tiderna för varje delmoment under en arbetscykel. En tidsstudieman följer arbetet och registrerar när ett nytt arbetsmoment påbörjas.

Genomförande

I detta kapitel redovisas arbetets genomförande i kronologisk ordning.

FÄLT OBSERVATION

I upptakten av projektet, den 28–29 juli 2003, gjordes en fältobservation i Larsbo, Uppland. Observationen gjordes i samband med en slutavverkning av ett bestånd, som senare skulle återskapas i Skogforsks simulator. Syftet med observationen var att få en inblick i arbetsmönster och arbetsmetoder, för skördare och skotare, i en slutavverkning.

Skördaren arbetade radvis och kapade träden framför och till höger om maskinen. Under upparbetningen kvistades träden framför maskinen och kapades i sortimentshögar till vänster om maskinen. Anledningen till att träden kvistades framför skördaren var att riset skulle hamna i körstråken (figur 1) och på så sätt minska markskadorna. Under detta moment var föraren mycket aktiv

med kran och rotator (aggregatets roteringsfunktion). Ibland flyttade föraren ris som hamnat snett. Sortimenten lades i olika högar för att skotarföraren lätt skulle kunna skilja dem åt. Kedjebyten fick göras relativt ofta (tre tillfällen dag ett). CAN-bussmätningar gjordes under hela avverkningsarbetet, vilket innebär att all spak- och funktionshantering läses av med en dator. Alla spakfunktioner samt gas- och bromsning (totalt ca 50 funktioner) registrerades. Dessa data skulle senare användas för att analysera vilka funktioner som används i en skördare, vid en slutavverkning.

Skotaren var Valmet 890, en stor skotare, eftersom skogen var förhållandevis grov. Skotningen kördes sortimentrent, på grund av att det fanns stora volymer av varje sortiment. Samma skotningsrutt kördes alltså flera gånger. Timret skotades ut först, eftersom massaveden ibland fungerade som upplag för timret.

Samtidigt med observationen mättes och antecknades längd, diameter och sortiment på det upparbetade virket. Sortimentshögarnas position mättes in med hjälp av GPS (Löfgren B). Med dessa insamlade data skulle en identisk avverkningsplats återskapas för skotaren i simulatören.

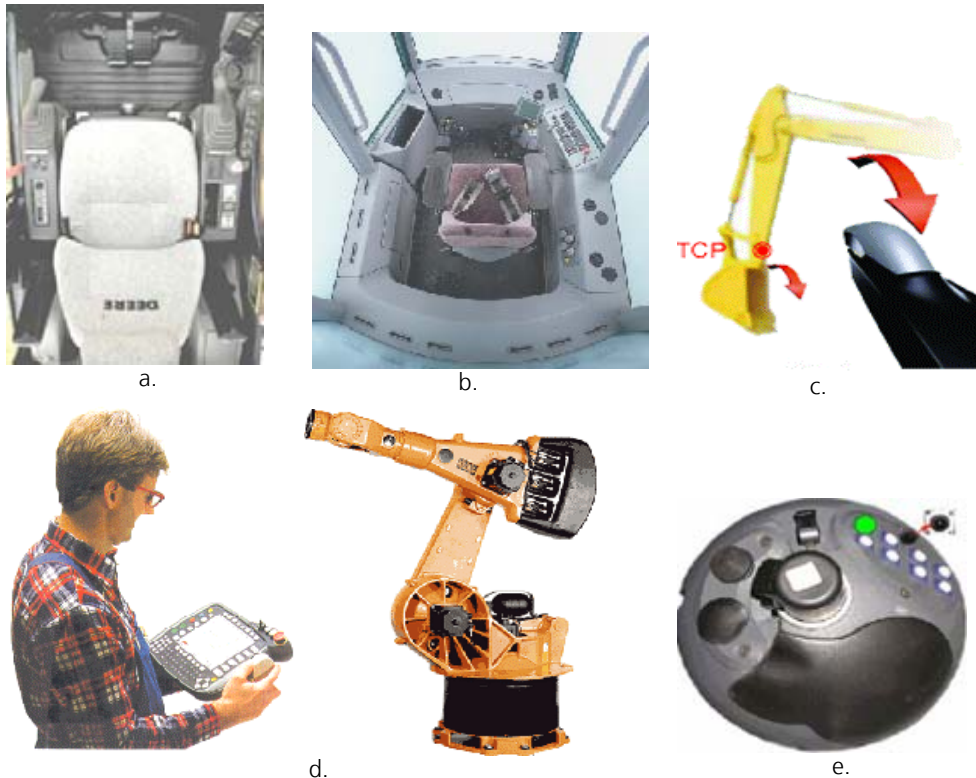
Både skördaren och skotaren tidsstuderades (Nordén, B).

SIMULATORKÖRNING

Simulatören har varit ett oerhört värdefullt verktyg i projektet och utnyttjades framför allt i inledningsfasen, för att få insikt i förarnas arbetssituation. En instruktionsbok över maskin- och aggregatstyrning användes som komplement för att skapa förståelse för alla funktioner (Instruktionsbok MAXI, 1999). Vid varje tillfälle som simulatören användes, antecknades eventuella oklarheter och tankar (bilaga 5). Gemensamt för de tre skogsmaskinerna var, att det begränsade djupseendet i simulatören försvårade avståndsbedömningen vid precisionsarbetet. Nedan beskrivs de viktigaste erfarenheterna från simulatorkörningen, med respektive maskin.

STATE OF THE ART

För att få idéer på reglagelösningar söktes analogier från andra liknande områden. De områden som granskades, förutom de olika skogsmaskintillverkarna, var grävmaskiner och industrirobotar (figur 18 a–e). Resultatet från undersökningen visade att både tillverkare av skogsmaskiner och grävmaskiner använde nästan uteslutande tvåspakssystem. Det visade sig dock att tillverkaren för Ergocommandern, 3Dconnexion, hade tagit fram en lösning för grävmaskiner med kranspetsstyrning. En Ergocommander, med vilken kranen och skopan styrdes, hade integrerats i armstödet (figur 18 c). För övrigt var de individuella skillnaderna tillverkarna emellan små. Funktionsplaceringen och designen skiljde dock en del mellan skogsmaskintillverkarna. De industrirobotar som granskades styrdes med Ergocommander.



Figur 18.

a. Förarmiljö grävmaskin, John Deere. b. Förarmiljö skotare, Timberjack. c. Grävmaskin med Ergocommander integrerad i armstöd. d. Industrirobot manövrerad med Ergocommander. e. Skördarspak, Ponsse.

LITTERATURSTUDIER

Syftet med litteraturstudierna var att få en bredare kunskap, framför allt om arbetsmönstret med engreppsskördare, eftersom kunskaperna inom detta område var bristfälliga. Artikelsökningen gjordes framför allt i Skogforsks arkiv, där all dokumentation över tidigare tester, studier, rapporter etc. fanns. Vid fältobservationen var det svårt att hinna med att notera och anteckna alla moment. Videofilmer om skördararbetet användes därför som komplement, för att studera arbetsmetodiken och krancyklerna. Det samlade resultatet från litteraturstudien gav en detaljerad bild av arbetet med engreppsskördare. Detta material låg sedan delvis till grund för intervjufrågorna, vid fältobservation i Stynsbo.

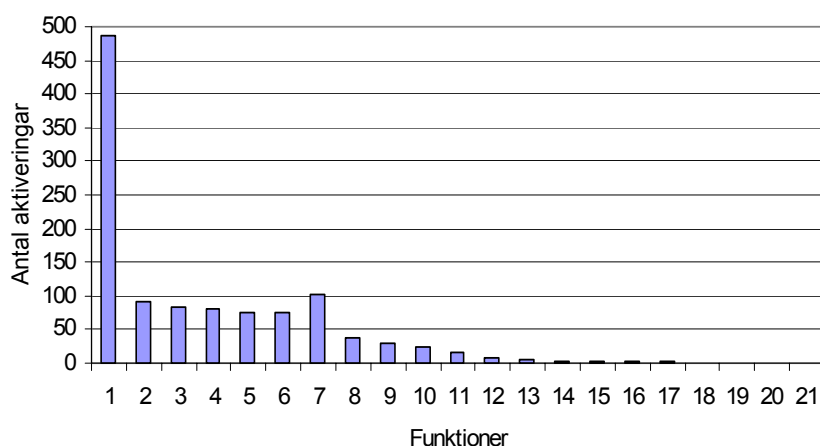
KRANCYKELANALYS

Under en slutavverkning med en skördare, Valmet 911, gjordes en datainsamling (Löfgren, 2003), genom att läsa av CAN-buss-porten. Utifrån dessa data gjordes sedan en krancykelanalys för att se vilka funktioner som användes mest frekvent. Dessa data implementerades i Excel för att, med grafer och diagram, åskådliggöra funktionsfrekvensen. Genom att studera graferna kunde en hierarkisk bild över cyklerna kartläggas och detaljstuderas.

En 53 minuter lång tidsperiod studerades och redovisas i figur 19. Funktionerna *kran upp/ner*, *rotator*, *teleskop in/ut* och *kran sväng*, redovisas inte i diagrammet. Dessa funktioner användes i stort sett oavbrutet. De manövreras genom att föra högerspaken framåt/bakåt, höger/vänster och vänsterspaken framåt/bakåt, höger/vänster, enligt ovan nämnda ordning (bilaga 3 respektive 4).

Vissa funktioner aktiverades under en lite längre period när de väl användes, till exempel automatknappen, vilket inte framgår av diagrammet nedan. Antalet aktiveringar anges inom parentes efter funktionsnamnet. Knapparna T1–T4, är sortimentsknappar och nyttjandet av dessa berodde således på i vilket bestånd skördaren arbetade.

Det bör poängteras att av de funktioner som användes mest frekvent (funktion 1–12), manövrerades 9 av dessa (12), med tummarna (fet stil nedan) och resterande 3 med pekfingerarna.

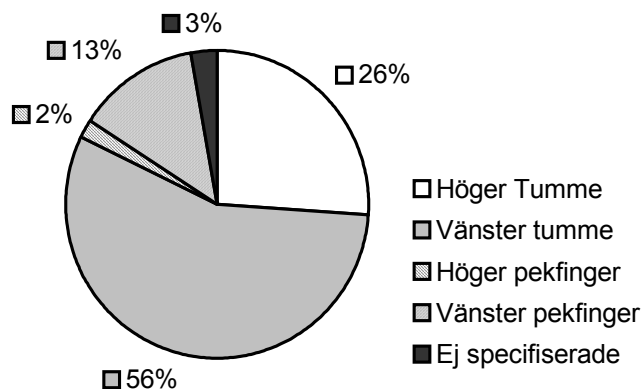


Figur 19.
Funktionsnyttjandet i en skördare vid slutavverkning.

Funktioner:

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Automatknapp + farthållare (486) | 13. Stegning plus (9) |
| 2. Aggregat öppna (92) | 14. T3 (Löv1) (9) |
| 3. Aggregat stäng (83) | 15. T4 (Löv2) (6) |
| 4. Manuell matning back (81) | 16. K2 (6) |
| 5. Upptilt (74) | 17. Reset (4) |
| 6. Nertilt (74) | 18. Kryp fart (3) |
| 7. T1 (Tall) (47) | 19. Auto-levelling (3) |
| 8. T2 (Gran) (41) | 20. Kniv stäng-hjul öppna (2) |
| 9. Manuell kap (38) | 21. Arbetsvarv (1) |
| 10. Manuell matning fram (29) | 22. Stegning minus (1) |
| 11. Kaptvång (23) | 23. Neutral (1) |
| 12. Kniv öppna-hjul stäng (17) | 24. Fram (1) |

Av de övriga tolv funktionerna (funktion 13–24), kunde några anpassas individuellt. Exempelvis kunde funktionen ”Fram”, ställas in för manövrering antingen med fot eller finger. Det var också delvis antropometriska mått (människans mått, storlek och form), som avgjorde vilka fingrar som användes för manövrering. Av de ovan redovisade 24 funktionerna, användes samtliga funktioner minst en gång, under den observerade tidsperioden. Totalt manövrerades hela 82 % (56+26) av dessa med tummarna och 15 % med pekfingerarna (figur 20).



Figur 20.
Fingrar som manövrerar de mest nyttjade funktionerna.

INTERVJU

Den 3 oktober 2003 gjordes en intervju med en skördarförare i Stynsbo norr om Uppsala. Intervjun gjordes i samband med en fältobservation vid en slutavverkning. Intervjun var halvstrukturerad, eftersom det fanns en relativt klar bild av målsättningen med intervjun. Nedan följer en sammanfattning av intervjun. Frågor och fullständiga svar återfinns i bilaga 6 och 7. Föraren hade många års erfarenhet av arbete med engreppsskördare. Han körde mest slutavverkningar, men hade även en del erfarenhet av gallringsarbete. Föraren ansåg att slutavverkning var mer mentalt belastande än gallring, på grund av att det högre arbetstempot krävde fler snabba beslut. Vid gallring sjunker arbetstempot på grund av att föraren måste välja träd, samt ta hänsyn till kvarstående träd, för att undvika stamskador. För det mesta ansätter föraren aggregatet mot trädet, direkt vid kapstället. Om däremot sikten vid marken är skynd på grund av buskar, ansätts aggregatet högre upp och matas ner manuellt.

I slutavverkningar fokuserar föraren sig på turordningen, i vilken träden ska fällas. Maskinen körs ibland fram och tillbaka, eftersom föraren eftersträvar att upparbeta ett sortiment åt gången och för att försöka koncentrera virket i få högar för att underlätta skotningsarbetet. Trädfällningen sker oftast åt samma håll (enkelslag), vilket gör att ris undviks i högarna, samt att det ger bredare körväg för skotaren.

Kranarbetet sker inom en vinkelsektor på 150–180°. För att säkerställa fällriktning efter fällkapet, ger oftast föraren trädet en knuff med hjälp av någon av funktionerna Utskjut, Kran sväng eller Nertilt. För att upptäcka eventuell röta, tittar föraren i första hand på spånet vid avskiljningen (mörkare spån vid röta). Om föraren inte hinner uppfatta färgen på spånet, kan sortimentet avgöras genom att titta på stubbe eller trädets tvärsnitt.

Vid upparbetning, då Automatknappen används, avbryter ofta föraren för att köra manuellt. Funktioner som då används flitigast, är utskjut (vid sortering) samt Manuell matning back (träden behöver ofta kvistas om). Träden kvistas oftast framför skördaren så att riset hamnar i dess körväg och kapas därefter upp i högar bredvid skördaren. Det tyngsta virket (timret) läggs närmast skördaren. Föraren får via en dator information om när sortimentet ändras vid upp-

arbetningen. Ett pip hörs vid sortimentsbyte, vilket gör att föraren inte behöver titta på displayen hela tiden. Han behöver dock vara vaksam på längdmätningen, som visas på displayen. Om mät hjulet studsar eller slirar kan virkeslängden bli fel. Detta måste då korrigeras manuellt. Via displayen ges föraren information om vad datorn (med förinlagda prislistor) ”tänkt” ska ske med trädet. Vid stamkrökar sneglar föraren på displayen, för att kontrollera om matningen avstannar eller om manuell kapning måste göras. Kapningen sker då vid lämplig standardlängd före stamkröken.

Skördaren Valmet 921.1 har en teleskopkran. Eftersom denna maskin hade ett stort aggregat i förhållande till krankapaciteten, så innebär det att skördarföraren fick köra maskinen relativt nära större träd, för att orka lyfta dessa.

Förarstudie i simulator

En kompletterande intervju och observation (deltagande fältobservation) gjordes i Skogforsks simulatorrum den 7 november 2003. Observationen genomfördes i anslutning till en tidsstudie. I inledningsskedet fick föraren beskriva en krancykel och berätta hur han tänkte under de olika momenten (se nedan).

1. Skördaren positioneras på lämplig uppställningsplats. Om upparbetningen sker åt vänster, placeras skördarens vänstra hjulpar några meter in från upp-
arbetsplatsen.
2. Utvalt träd okulärbesiktas, vilket innebär att föraren kikar efter eventuella
stamkrökar och gör en snabb bedömning av längdindelningen.
3. Aggregatet ansätts så långt ner som möjligt på trädet. Om föraren inte har
fullgod sikt vid fällkapet, på grund av buskar eller sly, kan aggregatet vridas
försiktigt runt trädet. Detta för att undvika sågning i eventuella stenar.
4. Aggregatet trycks mot trädet, för att säkra fällriktning.
5. Kapning
6. Nertilt
7. Föraren kontrollerar att svärdet är hemma. Om inte används funktionen
svärdräddning.
8. Trädval.
9. Snabb planering över hur virkeshögarna ska placeras.
10. Kvistning och kapning. Stockarna placeras i högar. Eftersträva högar med
jäma ändar.
11. Kranen styrs i riktning mot nästa träd, samtidigt som toppbiten släpps i
körvägen (aggregat öppna oftast).
12. Upptilt.
13. När träden, som kan nå ifrån uppställningsplatsen har avverkats, flyttas
skördaren framåt, för att skapa utrymme för nya högar och för att nå nya
träd.

Nedan följer en sammanfattning från observationen. För frågor och fullständiga svar se bilaga 8 och 9.

Vid manuell matning måste föraren tänka på om trädet matas från höger eller vänster, när funktionen aktiveras. En sensor som kände av fällriktningen (rotatorns läge) skulle underlättat, eftersom matningen då skulle bli konsekvent. Vid manuell matning ville de flesta förare att aggregatet skulle ha minimal accelerations- och bromssträcka, så ett reglage av skrollhjulstyp fanns därför inget behov av. Ett sådant reglage kunde däremot vara ett alternativ för funktionerna öppning/stängning av aggregat eller ökat knivtryck.

Att styra vissa funktioner i skördare med röststyrning kunde vara en lösning. Av säkerhetsskäl ansågs det lämpligt med en funktion som inte direkt påverkade kranen. Trädval kunde vara en lämplig funktion.

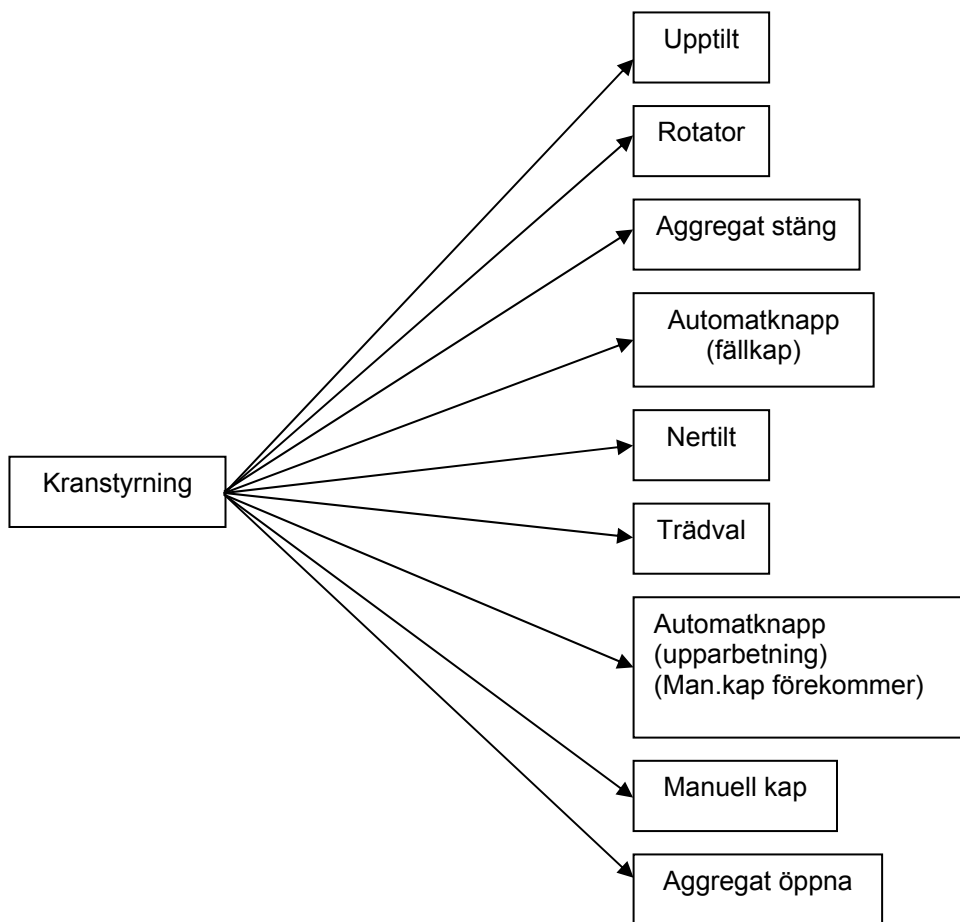
Via olika signaler (pip) från datorn, visste föraren vilket sortiment datorn växlade till vid upparbetning. Han behövde därmed inte släppa blicken från arbetsfältet. När pipsignalerna ljuder roterade föraren aggregatet eller använde utskjutet, för att påbörja en ny sortimentshöjning. När automatfunktionen användes matades ibland trädtoppen igenom aggregatet utan åtgärd, och manuell matning kunde då vara nödvändig.

ERGONOMI

Pedalstyrda funktioner medförde ofta att arbetsställningen blev låst. Det kunde däremot vara ett alternativ, om föraren hade möjligheten att variera, det vill säga ibland styra med fot och ibland med hand eller finger. Justeringen av armstöd och stol var krångliga, vilket medförde att många förare inte gjorde sina individuella inställningar när de påbörjade sina arbetspass. Detta skulle kunna bli mycket bättre och borde ske automatiskt, när föraren loggade in i datasystemet. Varje förare borde ha en optimal stolinställning i en individuell användarprofil som aktiverades vid inloggning. Att köra ett helt arbetspass med fel stolinställningar kan lätt leda till belastningsskador (Nordansjö, I., 2000). Föraren i intervjun var ca 190 cm lång och hans underarmar fick inte fullt stöd, vilket gjorde att han hade armstöden längre ner och arbetade med en större armbågsvinkel, än de rekommenderade 90°. Knappsatserna skulle kunna förses med "blindskrift". I och med detta skulle föraren kunna orientera sig mellan funktionerna, utan att behöva sänka blicken från arbetsfältet. Nertilt och manuell kap var funktioner som föraren ansåg vara svåra att aktivera samtidigt (placering på spak, se bilaga 2).

KONCEPTGENERERING

De funktioner som används i en skördare vid en problemfri krancykel (figur 21), togs fram genom krancykelanalysen. För var och en av dessa funktioner gjordes sedan ett FM-träd (bilaga 10). Kranstyrningen räknades som en funktion. Möjliga lösningar för hur de olika funktionerna skulle manövreras, togs sedan fram och fördes in under respektive träd. I FM-träden fördes också in med vilken kroppsdel funktionerna skulle manövreras. Genom att "simulera" kranstyrning med styrdonet, skapades en känsla för, vilka kran- eller aggregatfunktioner som kunde kombineras på styrdonet och manövreras simultant. Dessa kombinationer (tabell 4) skulle sedan provköras i simulatorm, för att få fram det mest funktionella alternativet till testerna.



Figur 21.
Störningsfri krancykel.

Tabell 4.
Konceptförslag skördare
(förkortningar: Aggregat öppna/stäng, Manuell matning fram/back).

Nr	Rotation kring			Translation i		
	x-axel	y-axel	z-axel	x-led	y-led	z-led
1	Upp-/Nertilt	Aggregat ö/s	Rotator	Kran hö/vä	Kran ut/in	Kran upp/ner
2	Aggregat ö/s	Upp-/Nertilt	Rotator	Kran hö/vä	Kran ut/in	Kran upp/ner
3	Aggregat ö/s	Man.matn.f/b	Rotator	Kran hö/vä	Kran ut/in	Kran upp/ner

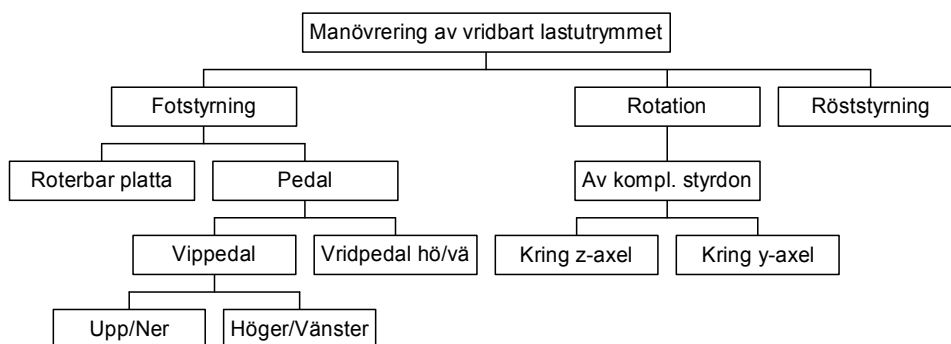
För skotare fanns redan sedan tidigare projekt ett framtaget koncept, med hur funktionerna skulle placeras (se bilaga 11). Detta koncept hade inte provats i simulator och provkördes därför, tillsammans med ett annat alternativ (tabell 5), för att finna det bästa alternativet inför testerna.

Tabell 5.
Konceptförslag skotare.

Nr	Rotation kring			Translation i		
	x-axel	y-axel	z-axel	x-led	y-led	z-led
1	-	Grip	Rotator	Kran höger/vänster	Kran ut/in	Kran upp/ner
2	Grip	-	Rotator	Kran höger/vänster	Kran ut/in	Kran upp/ner

På en drivare finns samma funktioner som på en skördare, förutom på de modeller som har vridbart lastutrymme. Av den anledningen togs det fram ett antal olika förslag för funktionen vridbart lastutrymme. Förslagen presenteras i ett FM-träd (figur 22). Funktionen innebär att lastutrymmet vrids så att träden hamnar direkt på lastutrymmet vid upparbetning.

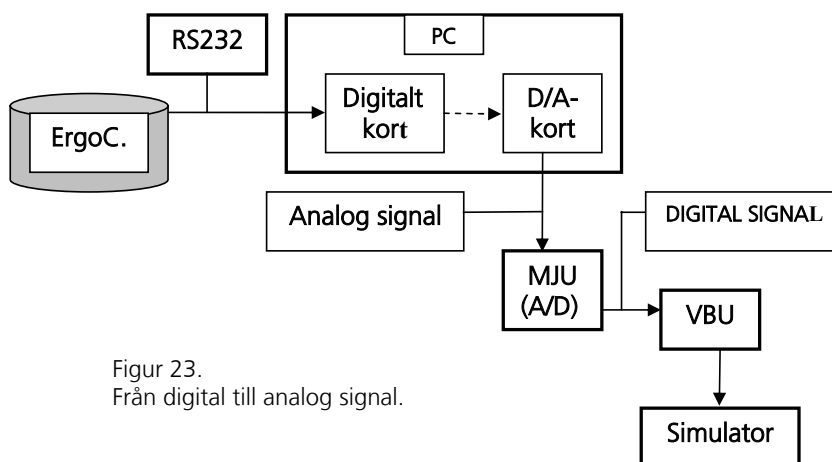
FM-träd manövrering av vridbart lastutrymme



Figur 22.
FM-träd över vridbart lastutrymme.

INSTALLATION AV ERGOCOMMANDERN

För att kunna använda Ergocommandern i simulatören köptes ett D/A-kort, vilket transformerar digitala signaler till analoga. Signalens väg från Ergocommandern in till simulatören beskrivs i grova drag i figur 23.



Figur 23.
Från digital till analog signal.

Ergocommandern skickar digitala signaler med ett standardgränssnitt, RS232, in till en PC. I PC:n bryter en programvara ner de digitala signalerna i korta sekvenser (ca 1/1 000s) och ser till att dessa samplas ihop och hamnar på rätt plats. Ett D/A-kort transformerar sedan dessa sekvenser till kontinuerliga analoga signaler. Dessa skickas sedan ut från PC:n in till MJU:n (Machine Joystick Unit) i simulatören, där de analoga signalerna åter transformerar till digitala signaler. Signalerna går sedan in i VBU:n (Valmet Base Unit, styrdatorn) och slutligen in i simulatordatorn.

En distans tillverkades för att kunna montera Ergocommandern i lämplig arbetshöjd på skotarstolen, (figur 24). För att på ett enkelt sätt kunna flytta funktionerna mellan olika frihetsgrader, på Ergocommandern, användes en provisorisk kopplingsdosa.



Figur 24.
Distans för montering.

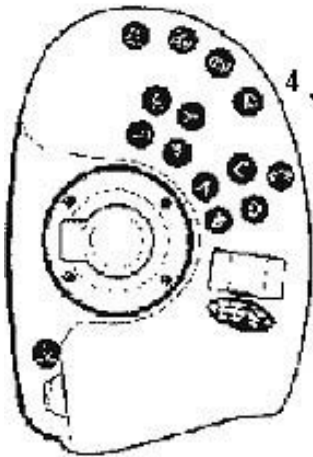
TESTER

Testerna genomfördes vid tre tillfällen: 30 januari, 6 och 13 februari 2004. Testerna genomfördes med fyra elever, som utbildade sig till skogsmaskinförare, vid Jälla Naturbruksgymnasium. Eleverna gick i årskurs två och var i slutskedet på sin skotarutbildning. Skotarutbildningen var på totalt 150 timmar och av dessa var ca 100 timmar ren skotarkörning. Skördarutbildningen påbörjades inte förrän i årskurs tre och ingen av eleverna hade tidigare kört skördare.

Testerna fokuserades på precision och snabbhet för kranstyrning och manövrering av skotargrip respektive skördaraggregat. Kranpetsstyrning tillämpades för både minispakar och ErgoCommandern. Eleverna fick inledningsvis möjlighet att bekanta sig med respektive styrdon samt provköra testscenarierna, innan testerna påbörjades. Funktionsbeskrivningar för respektive styrdon fanns bredvid förarstolen. Samtliga tester tidsstuderades (Nordén B). Vid testtillfällena fick eleverna ett antal frågor att beakta och besvara efter genomförda tester. Frågorna diskuterades vid testdagens slut för att ge eleven möjlighet att utveckla sina svar (bilaga 13 för skotare, 15 för skördare). För detaljerad beskrivning av testscenarier samt diskussionsfrågor, se bilaga 12 respektive 14.

Skördare

Vid skördartestet med minispakar användes skotarspakar, på grund av att stolen inte skulle behöva skiftas till testet med Ergocommandern. Inga hela arbetscykler med upparbetning kördes i testerna och den enda funktion (utöver kranstyrning och aggregatmanövrering) som användes, kapfunktionen, hade förlagts på funktion nr. 4, intervalltorkare, på höger palett (figur 25 a, 25 b).



Figur 25 a.
Spakpalett höger, Valmet 860

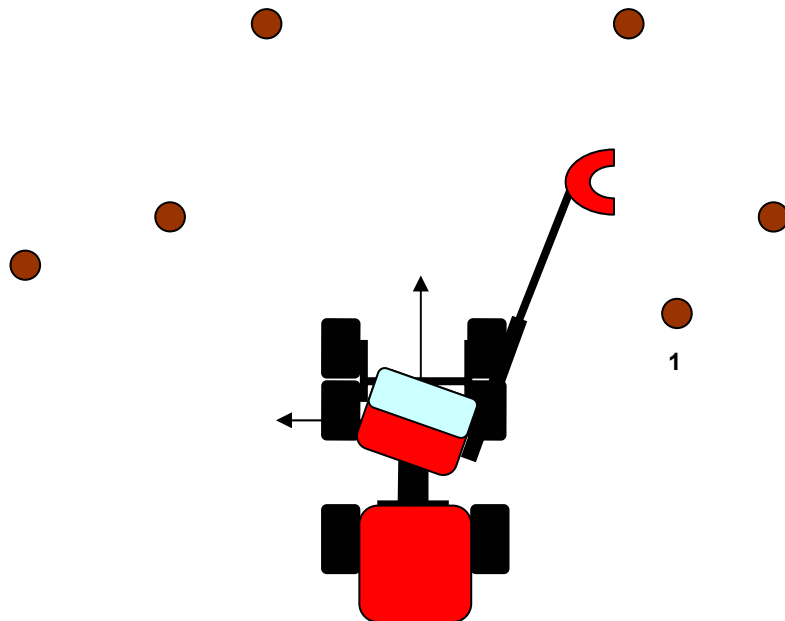


Figur 25 b.
Minispak höger, Valmet 860.
Foto: Lars Davner, Skogen.

Testscenariot för skördare var uppbyggt enligt figur 26. Skördaren var uppställd på en förbestämd utgångsposition, varifrån samtliga träd skulle apteras, utan att skördaren skulle förflyttas. Träden var placerade på olika avstånd, sett ifrån skördaren, för att olika funktionskombinationer skulle nyttjas. Träden hade försetts med en 10 cm bred kapzon, inom vilken eleverna skulle kapa träden. Kapzonerna var placerade på olika höjd för samtliga träd.

Uppgiften var att först ansätta aggregatet mot trädet (nr 1), kapa inom kapzonen, öppna aggregatet och upprepa samma mönster med nästa träd (moturs), tills alla träd var fällda. Programmeringen var utförd så att träden försvann efter varje fällkap. Anledningen till detta var att inte ta fokuseringen ifrån snabbhets- och precisionsmätningarna (vilket risken kunde varit om hela uppdragsförloppet inkluderats i testet). Efter varje avslutat test avlästes vilka träd som kapats inom kapzonen, samt testets totala tid. De moment som tidsstuderades var:

- Från kranaktivering tills aggregatet hade manövrerats till ett läge intill första trädet (Kran ut i resultatdelen).
- Från ett läge intill valt träd, tills fällkap är gjort. (Ansättning i resultatdelen).
- Från kranen aktiverats tills aggregatet var i ett läge intill följande träd i ordningen. (Kran ut).



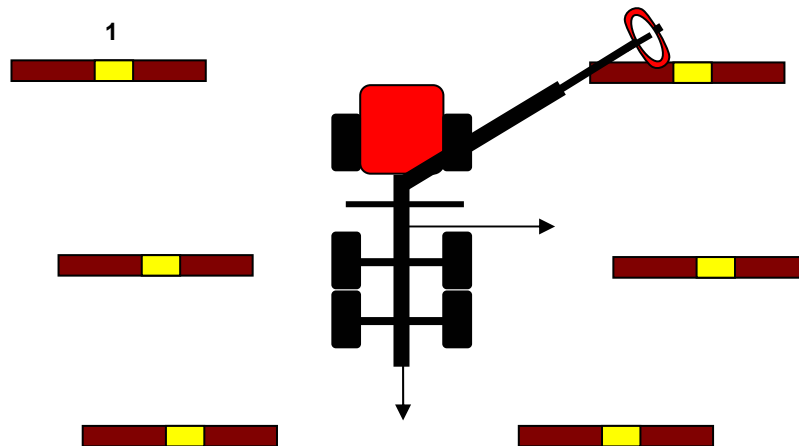
Figur 26.
Testscenario skördare.

Skotare

Testscenariot för skotare var uppbyggt enligt figur 27. Sex stockar var utplacerade på marken på olika avstånd ifrån skotaren. Detta för att styrdonen skulle testas med så många olika funktionskombinationer som möjligt. Samtliga stockar skulle lastas utan att skotaren förflyttades. Stockarna var försedda med en optimal gripzon, placerad på mitten (ljusa fälten figur 27), inom vilken eleverna skulle ansätta gripen.

Uppgiften var att greppa stockarna inom greppzonen och lasta dem på lastutrymmet. Stocken (nr 1) skulle lastas först och sedan nästföljande (moturs sett uppifrån) till sista stocken låg på lastutrymmet. Efter avslutat test avlästes eventuella differenser mellan grip och gripzon. De moment som tidsstuderades var:

- Från kranaktivering, tills gripen var i ett läge ovanför första stocken. (Kran ut i resultatdelen).
- Från att gripen befann sig ovanför utvald stock, tills stäng grip hade aktiverats (Gripmomentet i resultatdelen)
- Från att stäng grip aktiverats, tills stocken befann sig i ett läge ovanför lastutrymmet. (Kran in)
- Från att stocken befann sig ovanför lastutrymmet, tills öppna grip hade aktiverats och stocken lagts på lastutrymmet. (Lastning)
- Ny krancykel



Figur 27.
Testscenario skotare.

Resultat

INTERVJU/FÖRARSTUDIE

- Pedalstyrda funktioner – en alternativ lösning om möjligheten att alternera finns, det vill säga, antingen styra med pedal eller med fingerreglage.
- Automatiskt inställning (individuellt anpassad) av förarstol vid inloggning i datasystemet.
- Knappfunktioner med ”blindskrift”. Föraren skulle hitta funktionerna, utan att sänka blicken från arbetsfältet.
- Nertilt och manuell kap – svårt att aktivera samtidigt (placering på spak, se bilaga 2).

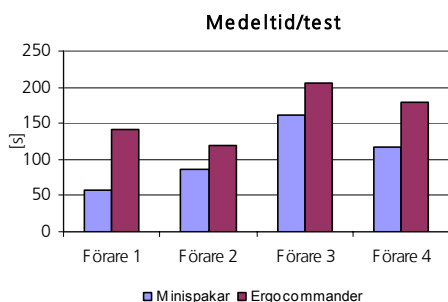
TESTER

Skördare

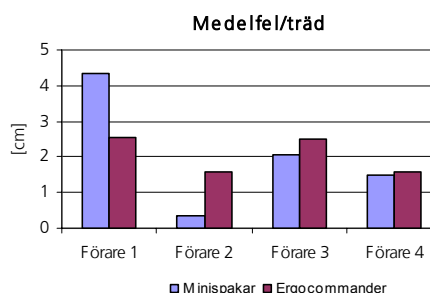
Att en skördare ska kunna manövreras med ett enda styrdon, inom de närmsta åren, är inte realistiskt. Att däremot kunna styra kranen och flertalet aggregatfunktioner med ett styrdon, visade sig vara fullt möjligt. Funktioner på samtliga rotationsriktningar testades inte. Translationer gick relativt bra att kombinera med Ergocommandern, medan en translation med en rotation fungerade sämre (blev oftast antingen eller). Kombinationen *Kran sväng med Rotator* fungerade inte bra med Ergocommandern (eleverna fick först köra *Kran sväng* och sedan *Rotator* eller tvärtom). Kombinationerna *Utskjut med Rotator* fungerade bra, samt *Kran sväng med Utskjut*. Rotatorfunktionen fungerade mycket bra, medan Utskjutet fungerade dåligt (okänd anledning) Eleverna hade svårt att köra mjukt med Ergocommandern, på grund av att start- och stoppramporna inte var optimala.

Kranspetstyrningsprogrammet fungerade bra för skördarens teleskopkran.

Samtliga förare genomförde skördartesterna snabbare med minispakarna, än med Ergocommandern (figur 28). Skillnaderna var stora och för den föraren som var skickligast med minispakarna (förare 1), var skillnaden hela 148 % (tabell 6). För de övriga tre var skillnaden mellan 28 och 52 %.



Figur 28.
Genomsnittlig tid skördartest.



Figur 29.
Medelfel/träd ansättning skördartest.

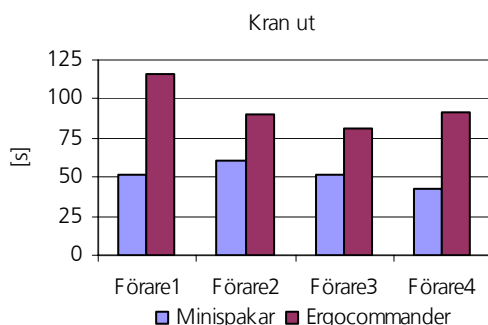
Precisionen (hur förarna lyckades att kapa inom kapzonen) var bättre med minispakarna för 3 av 4 förare (figur 29). Här var inte resultaten entydiga. Förare 1 hade i snitt 41 % mindre kapfel/träd med Ergocommandern, medan förare 2 hade hela 375 % mindre kapfel/träd med minispakarna (tabell 6). De övriga två förarna var 6 respektive 20 % bättre med minispakarna.

Tabell 6.
Procentuella skillnader testvärden för skördare.

Differens [%]	Precision	Snabbhet	Kran ut	Ansättning
Förare1	-41	148	127	248
Förare2	375	36	48	-23
Förare3	20	28	56	9
Förare4	6	52	114	25

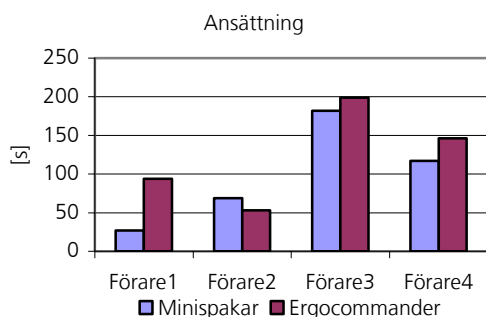
I tabell 6 och 7 redovisas procentuella skillnader för elevernas värden (med minispakar kontra Ergocommander) från tidsstudier och programmerade precisionsmätningar. Negativt värde innebär att eleven har haft lägre tid (för delmomentet) med Ergocommandern än med minispakarna.

Resultatet från tidsstudien visar att samtliga förare genomförde momenten kran ut (från kranaktivering till lägen intill nästföljande träd) betydligt fortare med minispakarna (figur 30). Skillnaderna var mellan 48 och 127 % (tabell 6).



Figur 30.
Kran ut, tidsstudie skördartest.

Resultatet från summan av ansättningsmomenten (från lägen intill valda träd till utförda fällkap, figur 31) visar att förare 2 hade 23 % kortare tid med Ergocommandern. Övriga tre förare hade kortare tider med minispakarna. Förare 1 hela 248 %, medan skillnaderna för förare 3 och 4, var 9 respektive 25 % (tabell 6).



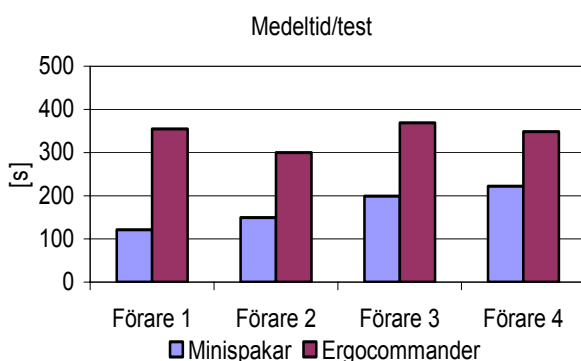
Figur 31. Ansättning, tidsstudie skördartest.

SKOTARE

Att styra en skotare med endast ett styrdon fungerade bra. Samtliga kran- och gripfunktioner (totalt 5 st) kunde fördelas på styrdonets sex frihetsgrader. Translationerna gick bra att kombinera med Ergocommandern, medan en translation med en rotation fungerade sämre. Funktionskombination *Kran höj/sänk* tillsammans med *Kran sväng* fungerade bra. Gripfunktionen fungerade inte helt bra med Ergocommandern (fick aktiveras flera gånger för att stängas helt).

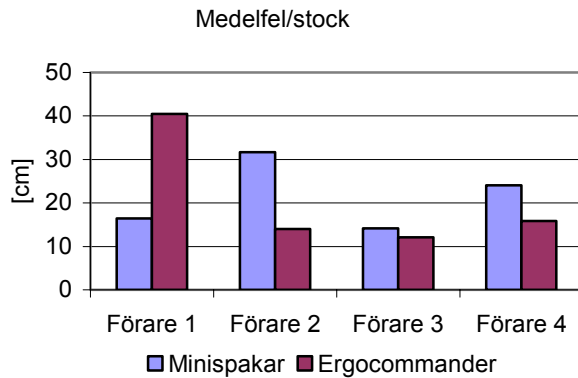
För skotarens vikarskran fungerade inte kranpetsstyrningsprogrammet optimalt.

Samtliga förare genomförde skotartestet snabbare med minispakarna (figur 32). Skillnaden var överlag stor, men även med stora individuella skillnader förarna sinsemellan (mellan 57 och 193 %, tabell 7).



Figur 32. Genomsnittlig tid skotartest.

Tre av fyra förare hade bättre precision (att greppa stocken inom ett bestämt område) med Ergocommandern (mellan 15 och 56 %), medan den fjärde (förare 1) hade markant bättre resultat med minispakarna (147 %) (figur 33, tabell 7).

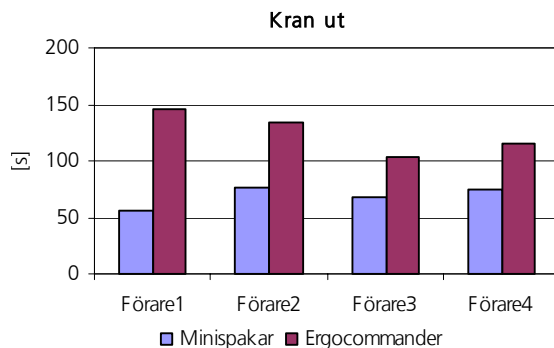


Figur 33.
Medelfel/stock skotartest

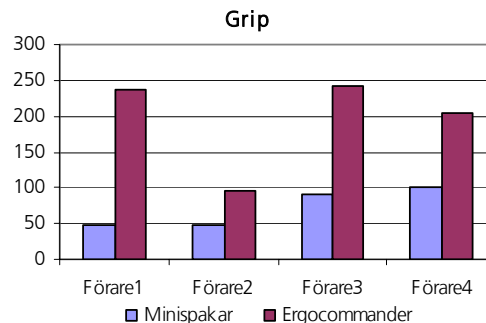
Resultatet från tidsstudien visar att för samtliga moment som tidsstuderades, uppmättes kortare tider, för samtliga förare med minispakarna, förutom förare 3, Kran in (3 % kortare tid med Ergocommandern). De individuella skillnaderna var stora även i skotartestet (figur 34 a–d). Kran ut: 53–161 %, Grip: 94–384 %, Kran in: 86–170 %, Lastning: 13–108 % (tabell 7).

Tabell 7.
Procentuella skillnader testvärden för skotare.

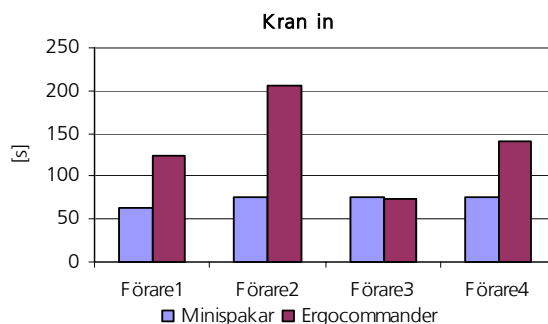
Differens [%]	Precision	Snabbhet	Kran ut	Grip	Kran in	Lastning
Förare1	147	193	161	384	95	80
Förare2	-56	100	74	94	170	51
Förare3	-15	85	53	163	-3	108
Förare4	-34	57	55	101	86	13
Benny			73	6	1	17



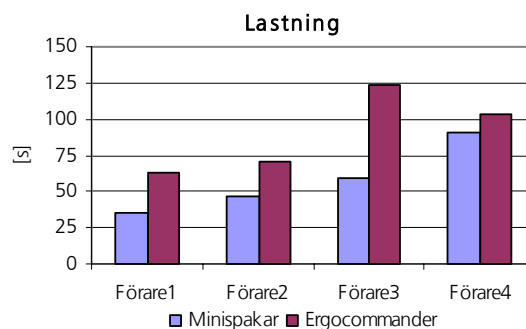
Figur 34 a.
Kran ut, tidsstudie skotartest.



Figur 34 b.
Grip, tidsstudie skotartest.



Figur 34 c.
Kran in, tidsstudie skotartest.



Figur 34 d.
Lastning, tidsstudie skotartest.

En tidsstudie gjordes även på mig själv, i skotartestet med Ergocommandern. Resultatet visar att skillnaden mot elevernas testvärden med minispakar, för momenten *Grip* och *Kran in*, var 6 respektive 1 %. För momenten *Kran ut* och *Lastning* var skillnaden 73 respektive 17 % (tabell 7).

KONCEPTFÖRSLAG

Inga fullständiga tester gjordes på skördare med de funktioner som krävdes för att köra en hel krancykel. Några slutgiltiga koncept kan därför inte lämnas. Samtliga translationer och de rotationer som testades (Ry och Rz) fungerade bra (undantag, se diskussionsavsnittet). Inga tester genomfördes med *Upp tilt/Nertilt* med rotation kring x- eller y-axeln. Med tillgängligt testmaterial ser konceptrekommendationen för skördare ut enligt följande:

Tx: Kran höger/vänster

Ty: Kran in/ut

Tz: Kran upp/ner

Ry: Aggregat öppna/stäng

Rz: Rotator

För de övriga funktionerna som används mest frekvent, togs några konceptidéer fram (tabell 8) utifrån FM-träden (bilaga 10). Testerna av dessa rymdes inte inom ramarna för projektet och får därför anses vara på idéstadiet.

Tabell 8.
Konceptförslag, övriga funktioner på skördare.

Förslag Nr	Övriga funktioner				
	Agg.ö/s	Automatknapp	Man.Matn.F/b	Trädval	Man.kap
1	–	Fingerreg./Pedal	Fingerreg./Pedal	Röststyrn.	Fingerreg.
2	Fingerreg.	Fingerreg./Pedal	–	Röststyrn.	Fingerreg.
3	–	Fingerreg./Pedal	Fingerreg./Pedal	Röststyrn.	Fingerreg.

I skotartestet fungerade samtliga translationer och de rotationer som användes (Ry och Rz) bra. Bara ett alternativ med *Öppna/stänga gripen* testades (rotation kring y-axel), på grund av förseningar med kranpetsstyrningsprogrammet. Utifrån detta testmaterial ser konceptrekommendationen ut enligt:

Tx: Kran höger/vänster

Ty: Kran in/ut

Tz: Kran upp/ner

Ry: Öppna/stäng grip

Rz: Roter grip

Som alternativ till gripfunktionen (Rotation kring y-axel), kan knapp, skrollhjul eller fingersensorer vara tänkbara lösningar (bilaga 11: FM-träd).

Konceptet för drivare är tänkt att vara identiskt med skördarens, med tillägg för vridbart lastutrymme (figur 22), avsnitt konceptgenerering).

Diskussion

I diskussionsavsnittet beskrivs bristerna med Ergocommandern, följt av en diskussion kring testresultat och orsaker till uteblivna testresultat. Slutligen diskuteras metodval.

Ergocommanderns utformning (figur 8b) uppfyllde inte de ergonomiska riktlinjer, med avseende på utformning och slaglängd (eleverna påpekade den dåliga ergonomin), som tagits fram i tidigare projekt (translationer ± 10 mm, rotationer ca ± 15 – 20° , bilaga 2). Slaglängden var $\pm 1,5$ mm för translationerna och $\pm 4^\circ$ för rotationerna (<http://www.3dconnexion.com>). Detta medförde att start- och stoppramper samt utslagets hastighet, var svåra att kalibrera. Efter testerna fick eleverna känna på mockupen (modell av styrdon, se bilaga 2, sid 45), för att få en känsla för hur styrdonets utformning egentligen var tänkt. De var överens om att mockupen kändes bättre, med avseende på både ergonomisk utformning och slaglängd.

På grund av Ergocommanderns extremt korta slaglängd, var det svårt att styra flera funktioner simultant. Eleverna hade märkbart svårt att ”träffa” funktionerna rätt, eftersom det krävdes lite finkänslighet, för att inte komma åt en oönskad funktion (resulterade bland annat i tappade stockar). Detta var inte bra ur belastningsergonomisk synpunkt, eftersom eleverna använde mer kraft än nödvändigt, när de inte fick kranen dit de ville. Utskjutets begränsade funktion resulterade i att eleverna ofta fick upprepa styrkommandot.

Testerna genomfördes under en treveckorsperiod, och de elever som genomförde testerna sist (förare 1 och 2), hade kört skotare mellan 5 och 10 timmar mer än de övriga två. Det var en tydlig skillnad och förare 1 och 2 hanterade minispakarna bättre, Eleverna var vid testtillfället i slutskedet av skotartutbildningen och hade ett bra arbetstempo med minispakarna, med vilka de kört mellan 90–100 timmar. Ergocommandern hade de provat ca 20–30 minuter före testerna. Förutsättningarna för styrdonen var således inte likvärdiga. Eleverna hade vissa problem med att träffa träd/stockar rätt med aggregat/grip, på grund av det begränsade djupseendet. Detta påverkade testtiderna, men troligtvis lika mycket för båda styrdonstyperna.

Skördartestet, med funktionerna *Upptilt/Nertilt*, kunde inte genomföras (på grund av förseningar med kranpetsstyrningsprogrammet) och gjordes därmed om utan dessa funktioner. Det spekulerades innan testerna om huruvida funktioner i tre olika rotationsriktningar skulle gå att kombinera, vilket inte kunde besvaras. Att inte kombinationen *Kran sväng med Rotator* fungerade påverkade naturligtvis effektiviteten i testerna. En elev poängterade att kombinationen *Utskjut med Rotator* kändes bra. Funktionskombination som fick bäst respons var *Kran sväng* tillsammans med *Utskjut*. Flera elever poängterade att Rotatorfunktionen kändes bra. Arbetet med drivare påminner mycket om skördararbetet. Drivarens reglage och styrdon är snarlikt skördarens. Sammantaget innebär detta att slutsatserna för skördare även innefattar drivare.

I skotartestet gjorde den korta slaglängden på Ergocommandern att det var svårt att kombinera en translation med en rotation och kunde därför inte utvärderas. Eftersom inte gripfunktionen fungerade som tänkt, kvarstår frågan om gripfunktionen förlagd på en rotation har en negativ inverkan på effektiviteten.

Kranspetsstyrningsprogrammet fungerade inte så bra för vikarmskranen, vilket påverkade testresultaten en del. Eleverna fick restriktioner att inte räta på kranleden mellan vipparm och lyftarm, eftersom kranen då ofta åkte ner i mar-ken (eleverna fick styra kranspetsen mot hytten, innan kranen kunde lyftas på nytt). Kranen kunde därför inte alltid styras i den tänkta körbanan.

Vid det sista testtillfället gjordes en tidsstudie på mig själv, i skotartestet med Ergocommandern. Detta gjordes i testsyfte, eftersom eleverna hade stora problem med att ”träffa” funktionerna rätt (jag hade kört skotare med Ergocommandern några timmar och kunde hantera dess känslighet lite bättre). Den stora skillnaden i *Kran ut* berodde mycket på att utskjutet fungerade dåligt. Skillnaden i lastningen berodde delvis på att rotatorn inte gick att kombinera med kran sväng.

Resultatet från testerna kom att påverkas av en rad olika faktorer, som var till nackdel för Ergocommandern. Utformningen och utslagets storlek var framför allt de faktorer som drog ner resultatvärdena. Att utskjutet fungerade dåligt med Ergocommandern påverkade resultatet, framför allt för momenten *Kran ut* och *Grip*. Tidsstudien på mig själv i skotartestet visade att elevernas värden för Gripmomentet, till stor del berodde på problemen med att träffa funktionen rätt. Med minispakarna gick det problemfritt att styra flera funktioner samtidigt och i kombination med elevernas vana att hantera dessa, gick testerna med minispakarna väsentligt mycket snabbare. Det var svårt att ställa in hastighet, dödband samt start- och stoppramper för Ergocommandern, på grund av dess korta slaglängd. Eleverna påpekade att det var svårt att köra vissa funktioner mjukt, vilket var en direkt följd av detta. Eleverna hade olika mycket erfarenhet med minispakar, vilket bidrog till de varierande testresultaten.

Uppgiftsanalysen gav ett bra basmaterial för att kunna motivera funktionernas placering vid konceptgenerering, samt för att kritiskt kunna granska de befintliga styrdonen.

Simulatorn var ett ovärderligt verktyg under hela projektiden och projektet hade inte varit genomförbart utan den (åtminstone inte till samma kostnad och lika smidigt). En nackdel med simulatorn var det begränsade djupseendet, vilket hade inverkan på testtiderna. Eleverna hade vissa svårigheter med träffa träd/stockar när aggregat eller grip skulle stängas.

Slutsatser

- Principiellt fungerade det bra att styra båda krantyperna (med kranpetsstyrning), med endast ett styrdon. Minispakarnas större slaglängd gjorde dock att dessa var lättare att hantera och koordinera.
- I skördartestet lärde sig eleverna hantera Ergocommandern på några minuter (bortsett från att vissa funktioner inte fungerade fullt ut). Inlärningstiden för kranstyrning bör kunna reduceras avsevärt med Ergocommandern, jämfört mot dagens tvåspakssystem.
- De funktioner utöver kranstyrningen som kunde testas på Ergocommandern fungerade bra framför allt rotatorn. Slaglängden måste dock vara större för att styrdonet ska fungera till denna typ av maskiner.

Förslag till fortsatt arbete

Effektiviteten med att använda funktioner på flera rotationsriktningar, kunde inte testas på ett relevant sätt. Detta bör göras med en fullt fungerande prototyp, innan några slutsatser kan dras.

Från min sida fanns önskemål om att förlägga funktionerna *Upptilt/Nertilt* (på skördare) på rotation kring x-axeln (figur 8b). Då detta koncept inte kunde testas i projektet, bör fortsatta studier med detta bedrivas.

Då förutsättningarna inte var de bästa med Ergocommandern (på grund av slaglängd och utformning) bör fortsatta studier göras med en skräddarsydd prototyp. Längre tester bör göras för att även kunna utvärdera belastningsergonomi.

Referenser

- Ahlsén, B, Appelgren, Å. & Brander, M. 2003. Kranmanövrering – Ett styrdon för kranpetsstyrning i skotare. Projektarbete. Linköping: Linköpings Universitet. LiTH-IKP-R-1288.
- Bergkvist, I., Nordén, B. & Hallonborg, U. 2003. Drivaren är konkurrenskraftig. Resultat från Skogforsk Nr. 14. Uppsala: SkogForsk.
- Blomberg, M. & Elenius, K. 2002. Blomberg, M. & Elenius, K. 2002. Automatisk igenkänning av tal, Stockholm: Institutionen för tal, musik och hörsel.
- Bohgard, M., Ericson M., Karlsson S., Lövsund P. & Odenrick P. 1997. Arbete–Människa–Teknik. Stockholm. Prevent. ISBN 91-7522-414-3.
- Brunberg, T. 2000 Engreppsskördare i gallring. Arbetsrapport nr 464. Uppsala: SkogForsk.
- Hallonborg, U. & Nordén, B. 2000. Räkna med drivare i slutavverkning. Resultat nr 21. Uppsala: SkogForsk.
- Jonsson, B. 1984. Rörelseorganens funktionella anatomi och biomekanik. Stockholm.
- Jordan, P. W. 1998. An Introduction to Usability. London: Taylor & Francis Ltd. ISBN 0-7484-0762-6 paperback ISBN 0-7484-0794-4 cased.
- Kindenberg, U. 2002. Vad händer med våra muskler vid stress – om sambandet mellan fysisk och psykisk belastning. Solna: Arbetsmiljöverket. Första upplagan. ISBN 91-7464-421-1.
- Lantz, A. 1993. Intervjumetodik. Lund: Studentlitteratur. ISBN 91-44-38131-X.
- Liedholm, U. 1999 Systematisk konceptutveckling. Rapport1077. Linköping: Institutionen för Konstruktions- och produktionsteknik.
- Löfgren, B. 2003. "Nytt kraftfullt forskningsverktyg" i Nytt från SkogForsk, nr. 3, Uppsala: SkogForsk.
- Löfgren, B., Attebrant, M., Landström, M., Nordén, B., Petersson, N. F. 1994. Kranpetsstyrning – en utvärdering, Redogörelse nr 1. Uppsala: SkogForsk.
- Löfgren, B., Bergkvist, I., Brunberg, T., Hallonborg, T., Norin, K. & Thorsén, Å. 2002. Temaprojekt – delautomatisering Fas 1: Behov och möjligheter, Arbetsrapport nr 512. Uppsala: SkogForsk.
- Löfroth, C., Erikson, G., Frisk, S. & Thor, M. 2003. Ergonomisk checklista för skogsmaskiner. Arbetsrapport nr. 534. Uppsala: SkogForsk.
- Nordansjö, I. 2000. Kortvirkesmetoden – effektiv, ergonomisk, miljövänlig och ekonomisk drivning. Stencil. Uppsala: SkogForsk.
- Olsson, K.-O., 2001. Olsson, K.-O. 2001 Idégenerering–Kreativitet. Linköping: Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik.

INTERNETREFERENSER

<http://www.skogforsk.se> (Hämtat 2004-02-06)

(<http://www.3dconnexion.com>) (Hämtad 2004-02-10)

MUNTliga REFERENSER

Elenius K. Institutionen för tal, musik och hörsel, Stockholm (2003-10-21).

Ergonomi- och FunktionsKriterier (EFK)

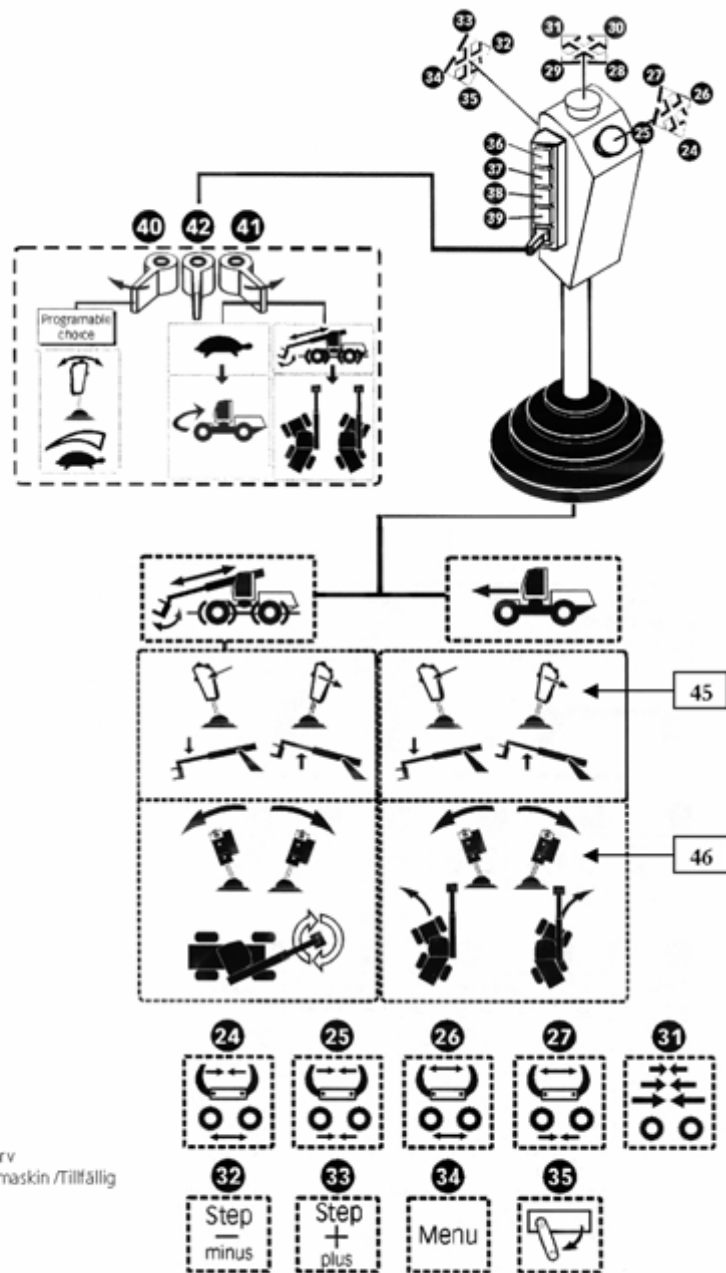
1. Styrdonet ska tillämpa kranpetsstyrning.
2. Styrdonet ska vara hastighetsstyrt.
3. Styrdonet ska möjliggöra effektivare manövrering än dagens minispakar.
 - i. Kranen ska kunna manövreras samtidigt som föraren kör skotaren.
 - ii. Styrdonets utformning ska möjliggöra snabb och effektiv kranpetsstyrning.
4. Styrdonet ska kunna hanteras i svår terräng.
5. Styrdonet ska medföra kortare inläringstid, än för dagens minispakar.
 - i. Kran och kranhuvud ska manövreras med ett enda styrdon.
 - ii. Styrdonets utformning ska möjliggöra styrning simultant, i tre dimensioner.
6. Styrdonets utformning ska möjliggöra kranstyrning med god precision.
7. Styrdonet ska vara utformat så att god belastningsergonomi uppnås.
 - i. Styrdonets utformning ska möjliggöra varierad fattning.
 - ii. Styrdonet ska kunna styras med höger- eller vänster hand.
 - iii. Styrdonet ska manövreras enbart med fingrarna, för att minimera statisk muskelbelastning på stora muskelgrupper i axlar, nacke och rygg.
8. Föraren ska klart känna maximalt utslag på styrdonet.
9. Styrdonet ska vara tillgängligt för föraren.
 - i. Styrdonet ska placeras på ett antropometriskt riktigt sätt, genom individuella inställningar.
 - ii. Styrdonet ska vara lätt att greppa efter avbrott i arbetet.
10. Styrdonet ska ge föraren feedback av styrdonets rörelser i förhållande till kranpetsen.
 - i. Styrdonet ska vara elastiskt upphängt, för att ge föraren känsla av både kraft och position.
 - ii. Styrdonet ska ha kännbara spår i x-, y-, z-led, så att föraren känner när styrningen i en specifik riktning sker.
11. Styrdonet ska vara utformat så att god kognitiv ergonomi uppnås.
 - i. Styrdonet ska ”tala om” för föraren hur det ska manövreras.

Resultat: styrdon för skotare

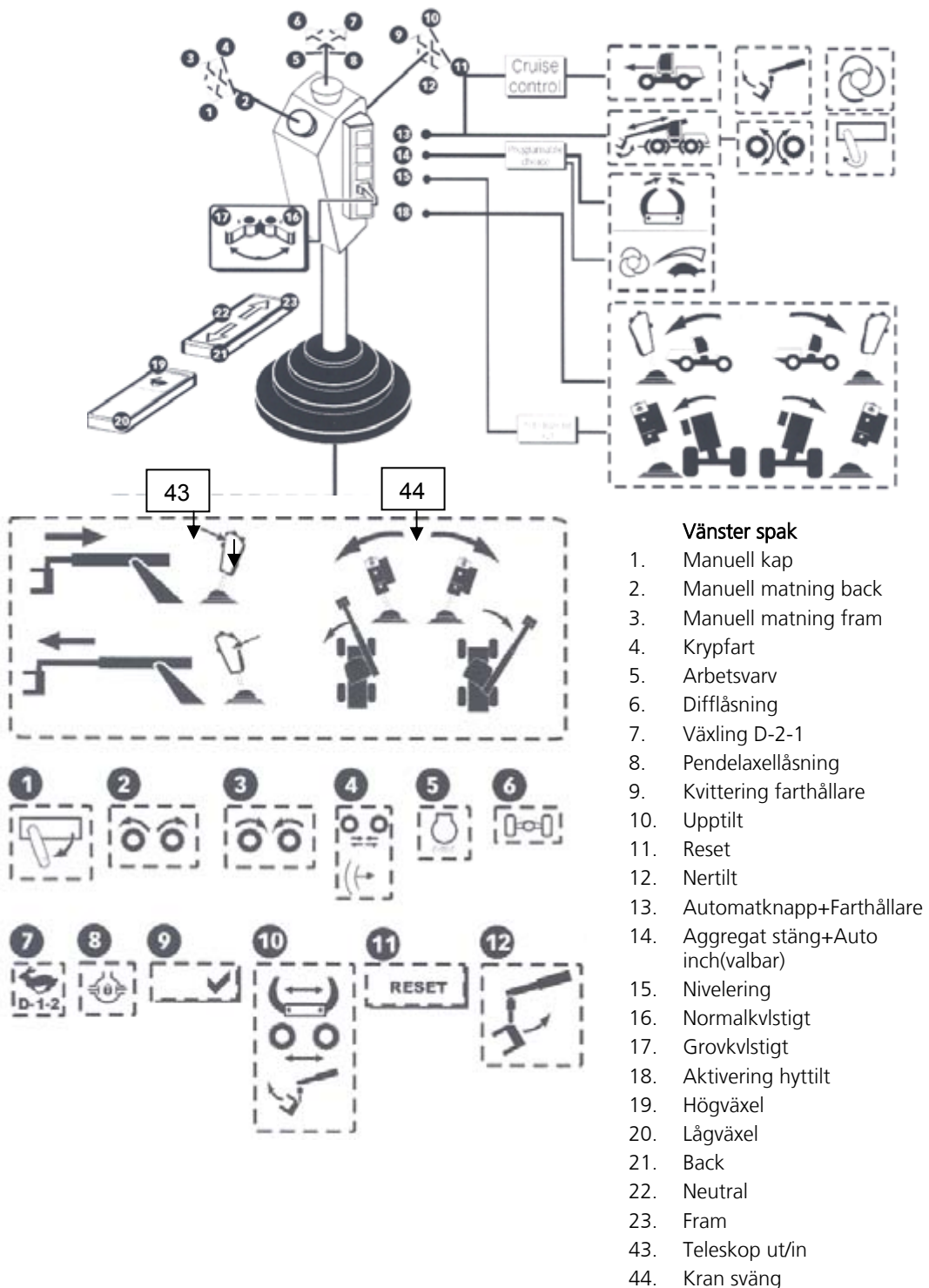


- Styrdonet ska vara hastighetsstyr
- Styrkulans diameter ska vara ca 50 mm
- Styrkulan ska vara invändigt fjädermonterad, vilket möjliggör varierad fattning.
- Styrdonets slaglängd bör vara ca 10 mm i varje translationsriktning och ca 15–20° för rotationerna.
- Skotargripen roteras genom rotation av styrdonet kring z-axeln.
- Öppning/stängning av grip sker genom rotation av styrdonet kring y-axeln, alternativt fingersensorer på styrkulan.
- Ett ergonomiskt utformat stöd för handloven ger stabilitet och motverkar ofrivilliga utslag med styrdonet i stötig miljö.
- Endast fingrar används vid manövrering av styrdonet, vilket anses fördelaktigt ur belastningssynpunkt.
- En snäppfunktion möjliggör skiftning av styrdonet mellan höger och vänster sida, vilket ger variation i arbetet.

EME-spak höger



EME-spak vänster



Intryck och tankar vid simulatorkörning

Skördare

Avståndsbedömningen var påfallande komplicerad. Alltför ofta kördes aggregatet in i stammen. I en verklig situation skulle det ha orsakat en trädskada på stammen. Det var svårt att göra små utslag med reglagen och resultatet blir att aggregatet körs in felaktigt i stammen. Intuitivt roteras aggregatet åt fel håll allt för ofta. Är det verkligen logiskt rörelsemönster?

Ibland var det svårt att se vilket trädslag som hade apterats, om maskinen kommer väldigt nära in på trädstammarna. Detta gällde gran och tall, då stammarna såg mycket lika ut långt ner på träden. Det var svårt att känna när hytten är riktad framåt och det är därför svårt att orientera sig. När ett träd kapas är det lätt att det hamnar snett, med trädtoppen väldigt nära skördaren, vilket leder till lite ”plockepinn-liknande” virkeshögar.

Det är svårt att få någon blick över tvärsnittet, för att kunna göra en kvalitetsbedömning, efter fällkapet.

Ibland hamnar aggregatet nästan under trädet, när aggregatet tilltas till flytläge. Då trädvalet är gjort och kapningen påbörjats är det mycket lätt att knuffa på en tidigare kapad stock, med nästkommande, om inte aggregatet simultant höjs lite.

Det kan vara svårt att se uppdriftsförloppet, om det sker nära skördaren.

Oftast matas en väl lång ”toppbit” igenom aggregatet utan åtgärd.

Skotare

Från början är det liksom vid rotation av aggregatet i skördare, svårt att rotera gripen i önskad riktning. Det känns fel att en translation med styrdonet ska styra en rotation av gripen. När höger joystick förs åt vänster, roterar gripen moturs (sett uppifrån). Styrningen av kranarmen känns avig. Om båda minijoysticken förs mot föraren går lyftarmen uppåt och vipparmen ut från föraren. Rent instinktivt tycker man att kranspetsen borde röra sig mot hytten i ovan nämnda fall. Vippknapparna som styr utskjut (sitter på vänster minijoystick) och grip (höger minijoystick) känns ganska bra, men manövreras ofta i fel riktning. Djupkänslan i simuleringen är mycket begränsad och det är därför svårt att gripa tag om stockarna. Överblicken över arbetsfältet och kranarmen är begränsad, vilket förmodligen försvårar arbetet. Om arbetet i stället utförs i en översiktsbild, genom att zooma ut, blir det enklare att se var kranarmen befinner sig i det tredimensionella rummet.

Drivare

Drivaren i simulatoren är en Valmet 801 Combi. Den har en parallellförd kran, vilken upplevs mer lättmanövrerad än skotarens vikarmskran, men är svårare än en teleskopkran. Svårigheten är att kombinera utskjutet med övriga kranrörelser. 801an är inte utrustad med ett vridbart lastutrymme, vilket gör att träden måste upparbetas bredvid lastutrymmet. Därefter lastas och sorteras

virket på drivaren. Att inte ha ett vridbart lastutrymme på en drivare, innebär att föraren måste lägga ner virket på marken och sedan plocka upp det. Detta momentet är tidskrävande och många av fördelarna med att lasta direkt i lastutrymmet går förlorade. Dessutom skymmer grinden sikten. Djupkänslan i den panorerade bilden upplever jag som sämre än vid simulatorkörning med skördare. En orsak kan vara att drivaraggregatet är klumpigare och skymmer sikten mer än aggregatet som sitter på skördaren i simulatortorn.

Inför fältstudier på skördare

1. Vid vilka tillfällen används utskjutet och när förflyttas skördaren för att kunna komma åt träd?
 - i. Strävar föraren efter att arbeta med kranen så nära skördaren som möjligt, på grund av av trädtyngden?
 - ii. Skiljer sig detta arbetsmönster beroende på om det handlar om slutavverkning eller gallring?
 - iii. Kan det vara effektivt om kranarmen efter upparbetning, automatiskt (med något kommando från föraren) intar någon förprogrammerad position, för att minimera spakhanteringen?

2. Hur tänker föraren vid ansättning av aggregatet mot trädstammen, vilken ansättningsvinkel används? Är det oftast samma vinkel?
 - i. Kunde rent av aggregatet programmeras att inta en standardvinkel, i förhållande till kranarmen, när aggregatet tiltas upp, för att minska spakhanteringen?
 - ii. Ska aggregatet inta samma position som för senast kapat träd?
 - iii. Vilka för-/nackdelar finns med den typen av positionering?

3. Stänger föraren alltid aggregatet i rätt avskiljningshöjd från början, eller finns det tillfällen då föraren manuellt matar ner aggregatet mot marken? Är det förstnämnda något som tillämpas redan från första gången föraren påbörjar sin träning (verkar tidsineffektivt, eftersom det krävs stor precision)?
 - i. Om inte nermatning sker, är orsaken att föraren vill undvika onödiga slirskador på stammen?
 - ii. Om nermatningsmomentet behövs, kan momentet vara intressant att automatisera, hur? (röststyrt, knapp...)
 - iii. Lyfter föraren trädet i fällmomentet, även vid lite grövre träd och inte bara vid avverkning av klinttimmer?
 - iv. Varför lyfter föraren trädet?
 - v. Om ja ovan, kunde det vara ett vettigt automatiseringsmoment, att kran upp aktiveras då avskiljning påbörjas?
 - vi. Kan det ur ett belastningsergonomiskt perspektiv, vara vettigt att med en enda knapp styra detta förlopp (aggregat stäng = nermatning), lyft och kapning)?

4. Ställer föraren alltid skördaren i en sådan vinkel mot trädet, att han ser kapnsnittet, efter att ha avskiljt trädet? Eller tittar han på stubben eller displayen för att kunna upptäcka eventuell röta (bedöma stamkvalitet/sortiment)? (Själv tycker jag att det är mycket svårt att se tvärsnittet vid simulatorkörning)
- i. Kunde en kamera i aggregatet överföra denna information till föraren?
5. Vilket avstånd mellan aggregatet och marken är brukligt att använda vid upparbetningen?
- i. Ingriper föraren ofta manuellt vid upparbetningen?
 - ii. Skiljer sig detta från bestånd till bestånd (slutavverkning/gallring)?
 - iii. Vilket/vilka moment är vanligast att föraren korrigerar eller utför manuellt?
 - iv. Bibehålls samma höjd över marken på aggregatet under hela upparbetningsprocessen eller justerar föraren höjden manuellt under upparbetningens gång?
 - v. Om ja ovan, kunde detta vara ett moment att automatisera, det vill säga att aggregatet intar en standardhöjd efter att trädet avskiljts?
 - vi. Var skulle det vara lämpligt att placera ett reglage för detta eller skulle det kunna vara röststyrt?
 - vii. Upparbetas trädet framför skördaren eller flyttar föraren riset efteråt?
6. När det finns stamkrökar behöver föraren "lätta" lite på knivtrycket i aggregatet. Matar föraren manuellt vid stamkrökar, eller används alltid automatknappen?
- i. Ger föraren reglaget bara ett kort tryck så att knivarna "studsar till" och återgår sedan eller öppnar han knivarna helt ibland, det vill säga hålls funktionen intryckt?
 - ii. Är reglaget för denna funktion lämpligt placerat? (27: höger tumme uppåt; kniv öppna-hjul stäng).
 - iii. Om föraren vid matning framåt, håller aggregat *öppna* intryckt, öppnas knivarna med öppningspulser. När används denna funktion och vad är skillnaden mot att använda funktionen under delfråga i?
 - iv. Hur skulle föraren vilja att detta reglage såg ut och var skulle det vara placerat (på styrdonet eller på ett kompletterande funktionsreglage)?
 - v. Är det främst, eller rent av bara vid stamkrökar, som funktionen "*kniv öppna-hjul stäng*" och vice versa används?
7. När trädet har upparbetats krävs två knapptryckningar om föraren vill utföra aggregat öppna och upptilt separat (*upptilt 2ggr* el. *upptilt-aggregat öppna*). Detta för att aggregatet ska vara i utgångsposition att ansätta mot nästa träd (*öppna aggregat* och *upptilt*). Är anledningen till detta att föraren eventuellt behöver korrigerar stockar eller ris efter upparbetning?

- i. Är denna knappkombination individuell eller vad är orsaken till att inte dubbeltryck på uppått alltid används (verkar det mer logiskt)?
- 8.** Vilken är den stora skillnaden vad det gäller spak-/reglageanvändning, vid gallring och slutavverkning? (Till exempel reglaget för grov-/normalkvistigt)
- i. Växlar föraren ofta mellan grov- och normalkvistigt under en körning på ett och samma bestånd, till exempel för gallring eller slutavverkning? (Vid dimensioner under 90 mm sker inte någon förbigång och förkvistning av följande stock)
 - ii. Händer det att föraren vid grovkvistiga träd samtidigt trycker på *aggregat stäng* vid matning, vilket resulterar i ett högre kniv- och vals-tryck samt lägre matningshastighet. Varför görs detta? En lägre matningshastighet borde resultera i att grova kvistar blir svårare att avlägsna.
 - iii. Upplever föraren slutavverkning eller gallring, som mest mentalt och/eller belastningsergonomisk ansträngande (statiskt/dynamiskt)?
- 9.** Används alltid automatknappen vid avskiljning av trädet, förutom vid behovet av förkap?
- i. När används förkap?
- 10.** Hur stora utslag görs normalt med kranen i sidled, vilket vinkelspann arbetar kranen emellan? (det blir stora högar på en och samma plats då jag själv kör i simulatören).
- i. Vilken/vilka funktioner används främst vid uppkapning i högar (virkessortering) (rotator, utskjut, framkörning...)?
 - ii. Hur sorterar föraren virket?
 - iii. Skulle sorteringen kanske kunna automatiseras?
 - iv. Behöver stockarna ofta läggas tillräta efter uppkapning? Det vill säga använder föraren ”gripfunktionen” ofta?
 - v. Lägg massa och röta i samma högar?
- 11.** När tittar föraren på displayen och vilken information är det då han söker?
- 12.** Vilka moment fokuserar föraren på när han tänker ansätta aggregatet mot ett träd? Vilka moment belastar föraren mentalt och vilka går på ”ryggmärgskänsla”? (tänker han på vilket trädslag som ska avveras eller fokuserar han på var på trädet ansättningen ska ske?)
- 13.** Vid körning i simulator får man kapa av sista toppbiten (kan bli ganska långa bitar) manuellt, på grund av att den annars matas igenom aggregatet utan åtgärd. Är detta det tillvägagångssättet som används ute i skogen också (eller är det en brist i simulatören)?

Sammanfattning av frågor från fältobservation av skördare

1. Skördaren som observerades hade ett stort aggregat i förhållande till krankapaciteten, vilket påverkade möjligheten att kapa stora träd långt ut från skördaren. Om kapningen ändå utfördes fick föraren släpa aggregatet i backen mot skördaren, tills tillräcklig kraft erhöles för att orka lyfta trädet från marken. Maskinen som observerades (en Valmet 921.1) hade en teleskopkran. Maskiner utrustade med vikarmskran är starkare. Aggregaten som användes vid gallring var oftast lättare och träden mindre, vilket möjliggör arbete lite längre från skördaren. Vid aptering av mindre träd används dock utskjutet flitigt. Föraren kunde sällan dra nytta av en sådan funktion, eftersom han sällan apterade träd enligt några givna mönster. Föraren backade ibland skördaren vid sortering, eftersom han oftast eftersträvade att upparbeta ett sortiment åt gången. Trädfällningen skedde oftast åt ett och samma håll (enkelslag), vilket resulterade i en bredare väg för skotaren samt att ris i högarna undveks.
2. Oftast greppade föraren trädet från höger eller vänster, beroende på om han körde enkel- eller dubbelslag. Stenar kunde ligga i vägen på marken, vilka gjorde åtkomsten begränsad. Det varierade dock mycket och ibland greppade förarna även träden framifrån och någon förprogrammerad vinkel såg föraren ingen större fördel med.
3. Föraren grep allt som oftast direkt tag om stammen på det ställe där trädet skulle avskiljas. Vid rotben eller då föraren inte såg tillräckligt bra vid apteringsstället, på grund av buskar, fattade han greppet lite högre upp, för att sedan mata ner aggregatet försiktigt. Föraren lade på ett visst lyftmoment ibland, men oftast aktiverade han *utskjut* eller *kransväng*, beroende på var trädet stod i förhållande till skördaren, för att trädet skulle falla i en viss riktning. Vid kraftiga vindar fick skördarföraren arbeta utefter vindriktningen, för att undvika att träden faller över skördaren. Således var ett lyftmoment inte så relevant att automatisera. Ur säkerhetssynpunkt vore det inte bra om *aggregat stäng*, automatiskt följdes av kapning, eftersom det ibland behövdes förkap, för att få ett träd i önskad riktning, eller för att undvika risken att kapa i sten.
4. Föraren tittade i första hand på spånet vid avskiljningen, för att upptäcka röta (mörkare spån vid röta). Om föraren inte hann uppfatta färgen på spånet vid avskiljningen, kunde han avgöra sortiment genom att titta på stubben eller på kapsnittet. Om en stock lades i fel hög sorterades denna vid skotningen. En kamera på aggregatet för att kunna visualisera kapsnittet på displayen inne i hytten, uppfattades som en positiv innovation. Problemet var den utsatta placeringen med spån och annat som förorenar.
5. Markavståndet vid upparbetningen var mycket varierande och berodde på terrängen och storleken på träden. Föraren ingrep en hel del manuellt och då främst med utskjutet i samband med sortering, men även en hel del med manuell matning back, då omkvistning ofta behövdes. Träden kvistades oftast framför skördaren så att riset hamnade i dess körväg och kapades

därefter vid sidan av. Det blev således en hel del krankörning vid upparbetningen.

6. Föraren kapade alltid trädet vid lämplig standardlängd, innan stamkrökar. Biten med stamkröken gick alltid som vrak, vilken inte fick motsvara mer än 1 % av total avverkningsvolym. Föraren kan få mata tillbaka manuellt om han inte upptäckte stamkröken i tid. Funktionen med öppningsimpulser användes framför allt om matarhjulen slirade mot stammen, för att minska motståndet i aggregatet.
7. Arbetsmetoden med dessa funktioner var individuell. Föraren som intervjuades använde *aggregat öppna* i kombination med *upptilt*, på grund av att *aggregat öppna* var mer direkt, medan *upptilt* hade lite fördröjning. Fördröjningen gjorde att timingen när toppbiten skulle släppas framför skördaren, samtidigt som kranen förflyttades i sidled, försvårades. Annars tyckte föraren att funktionen med att *öppna aggregatet* och *upptilt*, med ett enda knapptryck var bra.
8. Föraren som intervjuades körde mest på slutavverkningar, men hade även en del kunskaper från gallringsarbete. Vid gallringsarbete fokuserade föraren främst på vilka träd han skulle gallra ut, att bland genom annat titta på trädkronorna. Vid slutavverkning blir det flera snabba beslut, på grund av ett högre tempo, vilket gör att slutavverkningarna mer mentalt belastande. Föraren behövde inte selektera träd på samma sätt och inte heller tänka på stamskador på kvarstående träd. Det var inte speciellt vanligt förekommande att föraren växlade mellan normal- och grovkvistigt vid körning i ett bestånd. Högre kniv- och valstryck, i kombination med en lägre matningshastighet, användes då träden hade grova kvistar, för att knivarna skulle ansättas med ett hårdare tryck mot stammen, vilket gjorde kvistningen lättare. Föraren undvek att använda funktionen *grovkvistigt* i normalkvistigt skog. Funktionen *grovkvistigt* medförde att aggregatet matade förbi kapstället och förkvistade en accelerationssträcka för nästkommande stock, innan det gick tillbaka till kapstället. Denna funktion var således lite långsammare.
9. Användandet av automatknappen var även den något som skiljde lite från förare till förare. Föraren i intervjun använde oftast funktionen. Vid behov av förkap användes inte automatknappen vid första sågsnittet, på grund av att föraren endast hade ett snitt på sig. Annars blev han tvungen att tilta ner aggregatet innan ett nytt fällkap kunde göras med automatknappen. Förkap användes bland annat då föraren ville säkerställa säkerställa en viss fällriktning på ett svåråtkomligt träd.

10. Skördarföraren arbetade med kranen inom ett sektorsegment på ca 150–180° lite beroende på maskinkapacitet. Vissa skogsbruksskolor förespråkade att träd stående längre än 5,5 m från skördaren inte skulle fällas. Föraren som intervjuades påpekade att slagen måste vara tillräckligt breda, för att skotaren inte skulle köra upp med hjulen i högarna (5,5 m ansågs väl lite). Utskjutet användes mycket vid sortering. Det var inte ofta som förarna efterjusterade stockarna, eftersom det tog extra tid (berodde lite på hur noggrann föraren var från början). Virket sorterades enligt följande; Gran timmer; Tall timmer; Gran massa; Tall massa + gran röta (fick ej vara någon röta i granmassan, enligt Korsnäs). Sorteringen skedde efter hur tungt virket var. Således lades det tyngsta virket närmast skördaren.
11. Föraren sneglade på displayen i syfte att kontrollera att stockarna fick rätt längd (kunde bli fel om mät hjulet hoppade eller slirade). Om längdmätningen blev fel fick föraren backa manuellt och nollställa längdmätningen. Via displayen såg även föraren vad datorn bestämt skulle göra med trädet. Då föraren till exempel upptäckte en stamkrök, sneglade han på displayen och kontrollerade att matningen stannade av eller om han tvingades ta över manuellt.
12. Ansättningen satt väl förankrad i rutinen hos en van förare. Fokus låg i stället på att se ut i vilken ordning närmsta träden skulle fällas, för att inte lägga virket så utspritt och underlätta för skotningen. Han kunde till exempel först fälla en gran, sedan köra fram lite och fälla en ny gran, för att slutligen backa tillbaka skördaren en bit. Detta för att få större högar med samma sortiment. Föraren behövde vara vaksam på om det fanns buskar eller stenar kring trädet, vilket annars kunde resultera i att kedjan hoppade av eller brast.
13. Problemet med långa toppbitar var inte ett problem som bara existerade i simulatormiljö, utan fanns även ute i fält. Föraren fick vara på alerten med *manuell kap* för att toppbiten inte skulle skjutas iväg och hamna på fel ställe. Föraren ”pulstryckte” på automatknappen för att hamna på rätt kapställe.

Frågor till skördarförare i samband med tidsstudie i simulator

1. Knapp (14) kan ges funktionen *aggregat stäng*. Hur var aggregatinställningarna för denna funktion vid fältobservationen i Larsbo?
2. Vilka olika fabrikat på skördare har du kört?
 - i. Vilka skillnader finns när det gäller reglagen?
 - ii. För- respektive nackdelar med olika lösningar?
3. Vad anser du om reglaget för manuell matning? Känns det logiskt att trädet matas åt vänster, när knappen förs åt höger? (jag själv matar åt fel håll vid simulatorskörning)
4. Görs trädvalet direkt efter att kapsnittet är gjort?
 - i. Kan det göras tidigare?
 - ii. Vad krävs för att detta ska kunna göras (beslutsunderlag)?
5. Vad tror du om att ha ett ”rent” styrdon, det vill säga ett reglage som föraren endast styr kranrörelser och aggregatrörelser med, och ett kompletterande styrdon med alla knappar för aggregatfunktionerna (trädval, matning etc.)? Eller ett styrdon för kranmanövrering och alla aggregatfunktioner på ett kompletterande styrdon?
6. Tror du att en typ av skrollhjul skulle kunna vara användbart, vid vissa funktioner, till exempel *aggregat stäng*? Föraren skulle då lättare kunna reglera knivtryck, genom att ”rulla” på skrollhjulet, i stället för att trycka på en knapp.
7. Tror du att föraren skulle avlastas (ur ett belastningsergonomiskt perspektiv), om någon eller några funktioner förlades på fotpedaler?
 - i. Vilka nackdelar ser du med att eventuellt styra vissa funktioner med fötterna?
8. Vad tror du om att styra någon funktion med rösten?
 - i. I så fall vilken känns mest lämpad (trädval)?
 - ii. Ser du några nackdelar med att använda rösten som ”manöverdon” i denna arbetsmiljö?
9. När maskinen förflyttas har tillverkarna löst det på lite olika sätt, Ponsse har exempelvis en miniratt i anslutning till armstödet. Har du provat olika lösningar och i så fall, vilken föredrar du?

10. Iakttar föraren displayen under upparbetningen och i så fall varför?
- i. Tittar föraren på displayen när det kommer ett pip vid sortimentsbyte?
 - ii. Hinner föraren reagera när det piper till, så att han kan lägga nästa sortiment i en ny hög?
 - iii. I simulatören är det väldigt svårt att hantera slutbiten på ett träd. Det släpar oftast i marken när man vill placera det i en annan hög. Sker samma sak i verkligheten och i så fall, hur gör föraren för att lösa detta problem?
11. Hur långt efter att föraren valt sortiment påbörjas upparbetningen?

Sammanfattning av förarstudie i simulator

1. Traditionell aggregatinställning för funktionen *aggregat stäng*, det vill säga höger tumme åt vänster (funktion 25).
2. Föraren hade endast kört Valmets maskiner och saknade erfarenheter från övriga tillverkare. Han visste dock att skillnaderna är relativt stora, både till utseende och funktionsmässigt. Många förare upplever Valmets styrdon som klumpiga.
3. Det beror på fällriktning. Föraren måste tänka på om trädet matas från höger eller vänster. Viss förvirring kan uppstå. En funktion som känner av åt vilket håll trädet fälls och således också rotatorns position, skulle vara bra. Matningen skulle då bli konsekvent och föraren skulle slippa tänka på från vilket håll trädet matas.
4. Trädvalet görs direkt efter nertilt, men kan göras tidigare. Arbetsmönstret kan skilja sig något från förare till förare. Om skördaren går i bestånd med till exempel 90 % tallar, kan föraren programmera tall som förval i datorn. Datorn väljer då tall direkt efter fällkap. Om föraren sedan apterar andra träd än tall, så måste han göra trädvalet innan fällkapet.
5. Nästan alla inom skogsbruket är mycket konservativa och främmande för förändringar. Förändringar kräver invänjning, men att styra enbart kranrörelser med ett styrdon och aggregatfunktioner med ett annat, kan säkert vara en positiv sådan.
6. Vid matning vill föraren att aggregatet ska ha full fart direkt vid aktivering samt ha en väldigt kort stoppträcka. Vid denna funktion finns nog därför inget behov av ett reglage med skrollfunktion. Det skulle kanske vara ett alternativ för öppning/stängning av aggregat eller ökat knivtryck.
7. Risken med att lägga vissa funktioner på pedaler är att arbetsställningen blir låst. Pedalstyrda funktioner kan dock vara ett alternativ att delvis arbeta med. Föraren bör i så fall ha kvar valmöjligheten. Ett varierat arbetsmönster är ju att eftersträva.
8. Om röststyrning ska användas i skördare, är det nog lämpligt att börja med en funktion som inte direkt påverkar kranen, av säkerhetsskäl. Trädval låter intuitivt som en vettig funktion att styra med rösten.
9. Endast provat Valmets lösning.
10. Signalerna är olika långa när datorn växlar till klentimmer eller massa, därför behöver föraren inte titta på displayen. Han roterar då aggregatet eller använder utskjutet för att påbörja en ny sortimentshöj, vilket inte är några problem med att hinna med. Slutbiten kan vara svår att hantera och matas ibland igenom utan åtgärd. Manuell matning kan vara nödvändigt.
11. I en direkt följd efter.

Noteringar och synpunkter

Ergonomi

Armstöden var inte bra ergonomiskt utformade. Föraren som observerades vid simulatorkörning, var runt 190 cm lång och hans armar fick bara stöd på ytterkanten av armstöden. Han kunde inte arbeta med en 90° vinkel i armbågsleden (vilket rekommenderas), eftersom han då nästan omgående fick smärta i axlarna. I stället arbetade han med armstöden långt ner och med en större armbågsvinkel. Justeringen av armstöden var onödigt krånglig, vilket kunde resultera i att föraren inte gjorde de inställningar som var bäst för honom. Stolinställningarna borde kunna ske automatiskt när föraren loggar in i systemet med sin användarprofil. Knappsatserna borde utrustas med någon typ av "blindskrift" för att föraren lättare skulle kunna orientera sig, utan att behöva titta ner på knapparna. Körriktningväljaren på pedal användes mest i verkligheten (finns även på spak). *Nertilt* och *manuell kap* är ur en antropometrisk synvinkel, funktioner som var svåra att aktivera samtidigt.

Aptering och upparbetning

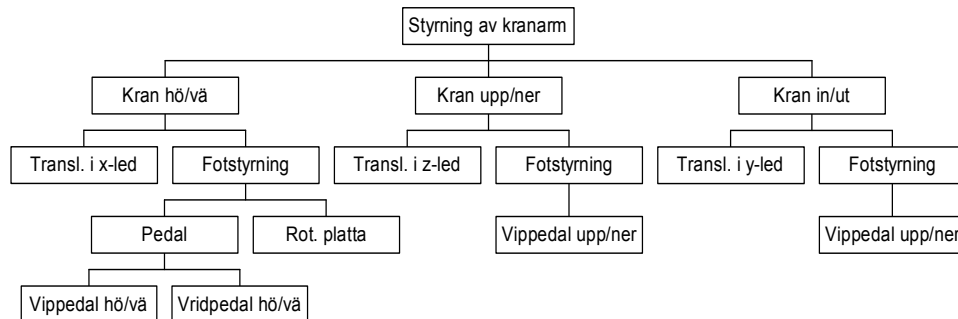
Apteringen skedde redan innan aggregatet hade ansatts mot ett träd. Träden var tyngst på södersidan, vilket utnyttjades vid fällning. Aggregatet ansattes mot trädet med varierande vinklar, beroende på i vilken position om skördaren trädet stod. När föraren arbetade med mycket utskjut, ansattes aggregatet med baksidan mot skördaren, för att få ökad stabilitet. Om sågkedjan var slö kunde kapsnittet lätt bli snett, vilket resulterade i att sågsvärdet fastnade (hände vid 10–15 % av fällkapen) och funktionen svärdräddning måste användas. Funktionen innebar att kvistknivarna öppnades, svärdmatningen aktiverades och aggregatet matades bakåt. I verkligheten var det lätt att köra fast trädet vid fällning, vilket sällan inträffade i simulatormiljö. Matningen påbörjades, medan föraren flyttade trädet till upparbetningsplatsen. Om grova träd upparbetades, gjordes detta nära marken och helst med rotändan stödjande mot marken. Detta för att undvika uppspjälkning, på grund av fallhöjden, vid uppkapning. För att upptäcka röta tittade föraren i första hand på spånet, om det ändrade färg under fällkapet. Han kunde även titta på stubben om det inte var ris eller buskar i vägen. Hade inte röta upptäckts vid detta läge, påbörjades kvistning/kapning. Upptäckte föraren röta vid uppkapningen kunde han gå in i en meny och ändra sortiment. Vid toppbitarna måste föraren vara extra alert, annars var risken stor att toppbiten matades genom aggregatet utan åtgärd. Antingen genom att använda manuell matning eller om automatknappen användes, så minskade matningshastigheten minska automatiskt vid klenare dimensioner.

Sortering

Timret kapades upp först och sedan roterade föraren aggregatet, för att lägga massan i en ny upparbetningshög. Vid sortering kunde timret läggas över massastockarna, eftersom timret skotades ut först. Gran- och tallmassa skiljdes åt vid sortering och granröta lades tillsammans med tallmassa. Toppbitarna sparades ner till en diameter på 50 mm.

FM-träd skördare

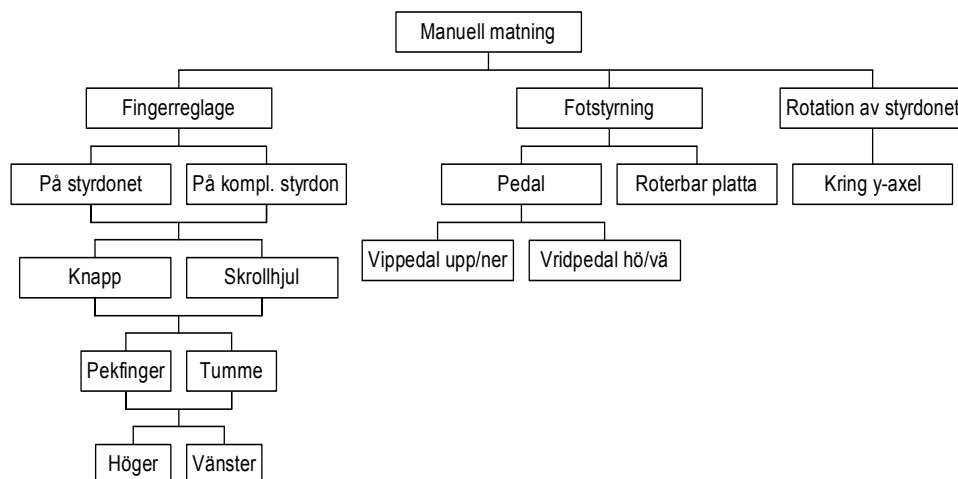
FM-träd Styrning av kranarm



Krankörning

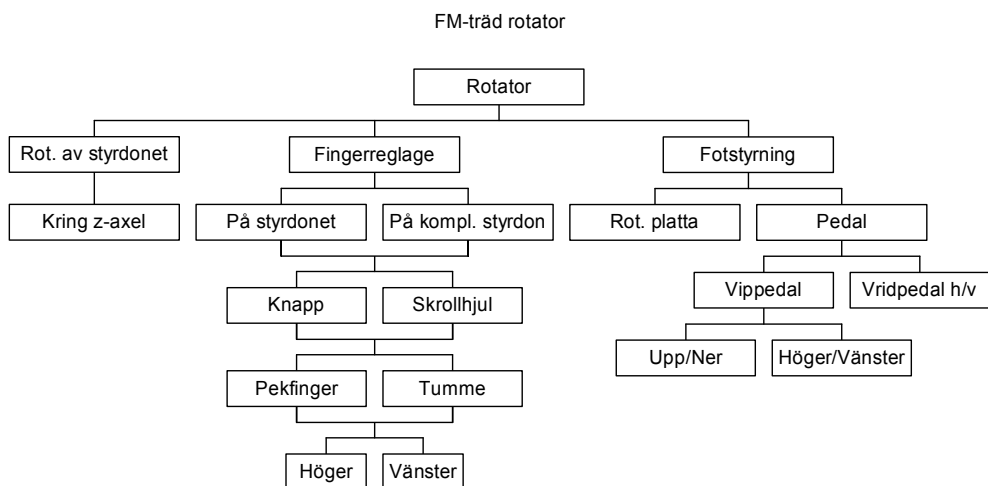
Manövrering av kranarmen i xyz-led, för att positionera aggregatet till utvalt träd.

FM-träd manuell matning fram/back



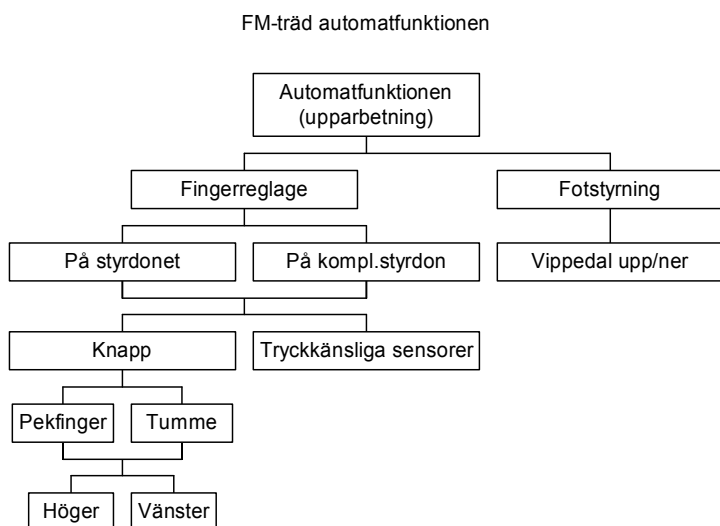
Manuell matning fram/back

Trädet matas manuellt genom aggregatet.



Rotator

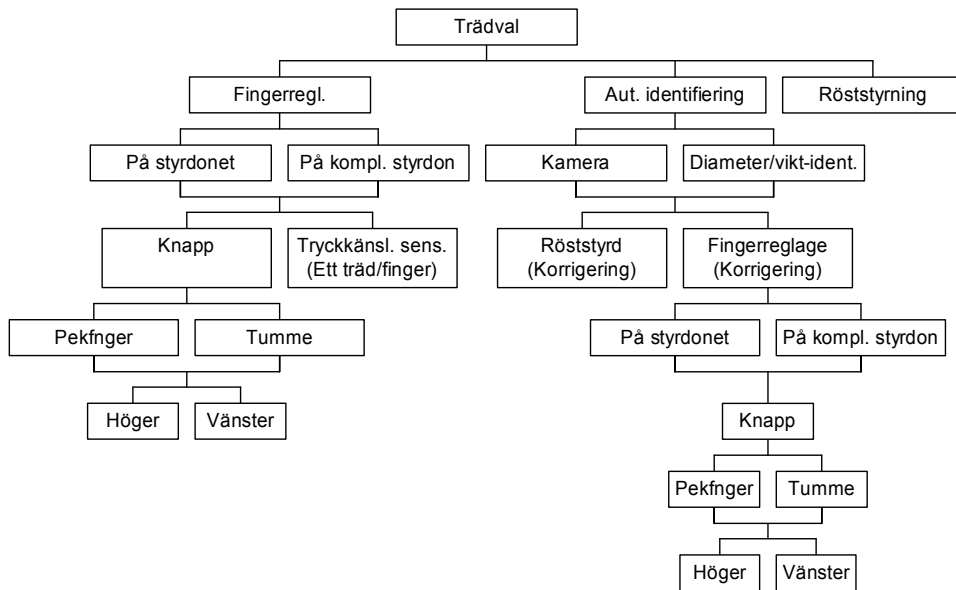
Aggregatet roteras för att ansättas mot trädets med lämplig vinkel (varierar från träd till träd).



Automatknapp

Trädets matas med automatik genom aggregatet, kvistas och kapas, i för varje enskilt träd, lämpliga, uträknade längder (beror bland annat på inställningar med optimeringsprogram).

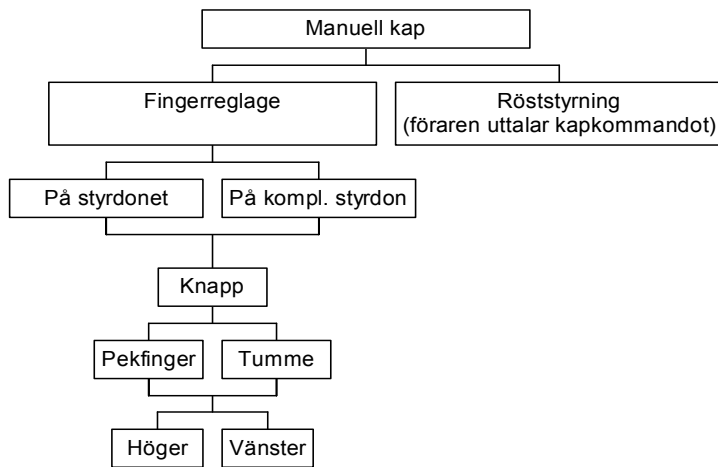
FM-träd trädval



Trädval

Trädsortiment väljs.

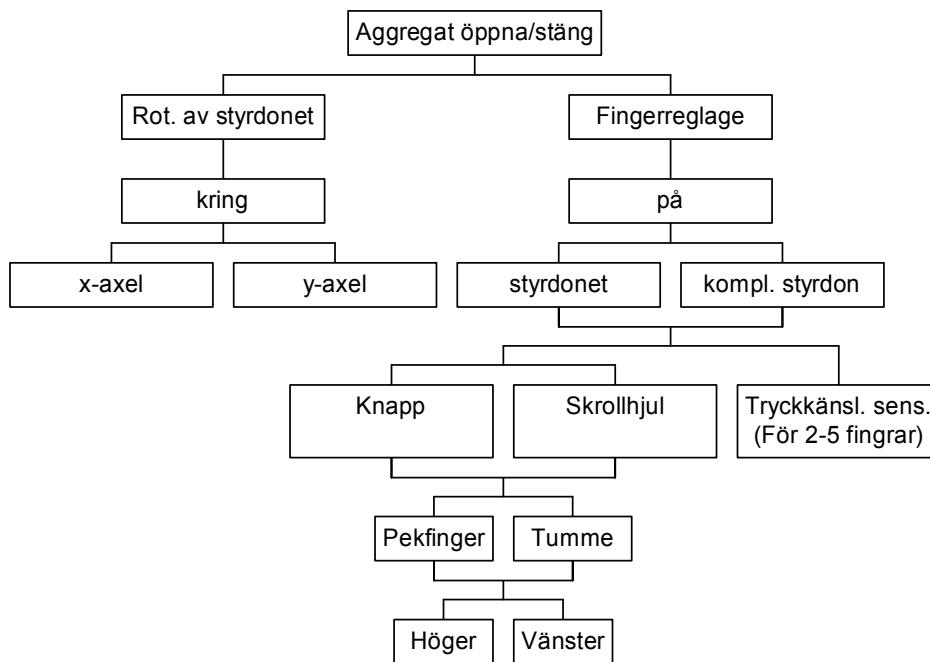
FM-träd mauell kap



Manuell kap

Sågsvärdet sågar igenom trädstammen. Används bland annat vid behov av förkap.

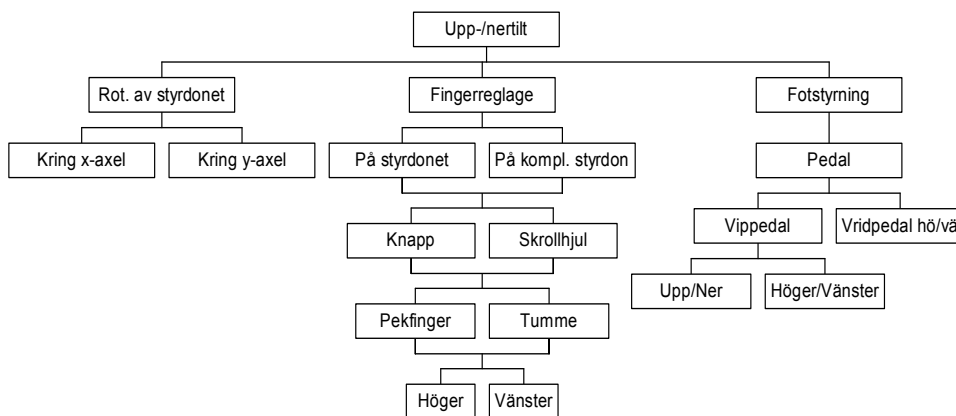
FM-träd Aggregat öppna/stäng



Aggregat öppna/stäng

Aggregatet sluts om en trädstam. Knivarna styr in trädet i aggregatet och matarhjulens sluts kort därefter med en liten fördröjning (aggregat öppna sker omvänt).

FM-träd upp-/nertilt

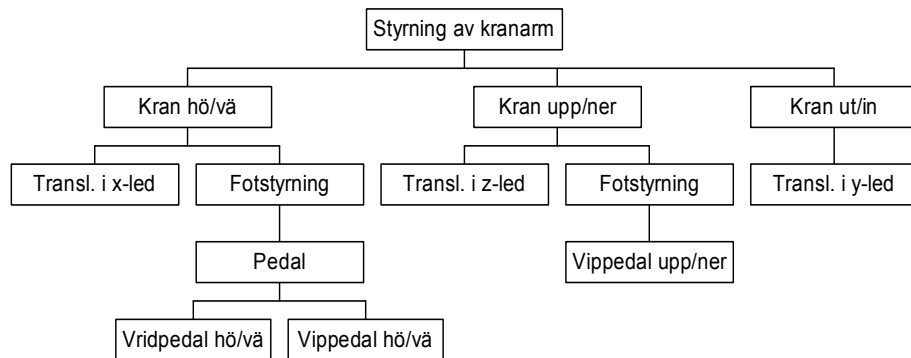


Upp/tilt/nertilt

Då *nertilt* aktiveras försätts aggregatet i flytläge när ett träd fälls mot marken, eller om *nertilt* hålls intryckt, trycks aggregatet mot trädstammen, för att ge trädet en fällriktning. Aggregatet tiltas upp lodrätt, när funktionen *upptilt* aktiveras, för att kunna ansättas mot ett nytt träd.

FM-träd Skotare

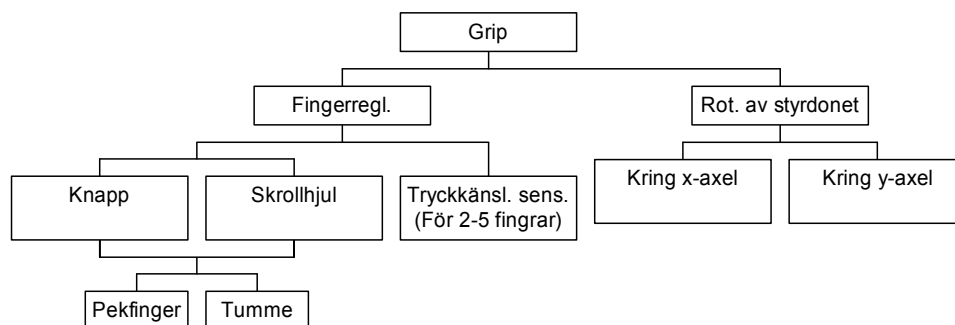
FM-träd styrning av kranarm (kranspetsstyrning)



Krankörning

Styrning av kranarmen i xyz-led, för att positionera gripen till valda stockar.

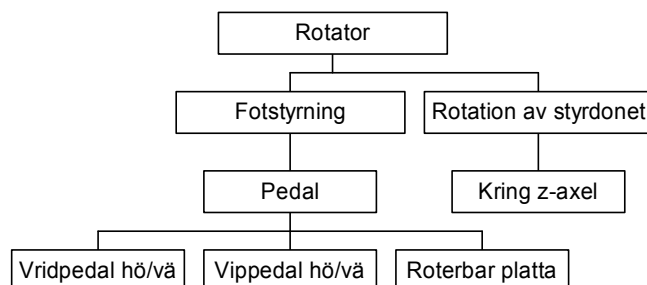
FM-träd gripfunktionen



Grip öppna/stäng

Gripen öppnas eller stängs kring stock/stockar på mark eller lastutrymme.

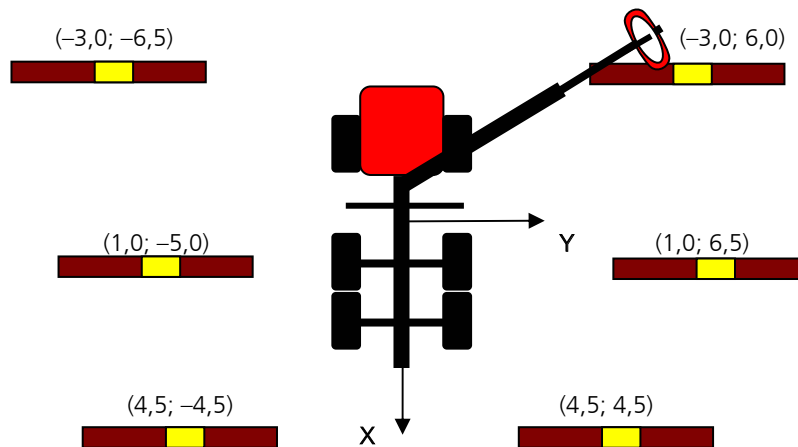
FM-träd rotator



Rotator

Gripen roteras med- eller moturs.

Styrdonstest för skotare i simulatormiljö



Testuppbyggnad

- Testscenario
- 6 stycken, 4 meter långa stockar ligger på olika avstånd från skotaren.
- Stockarna ligger inom en vinkelsektor på ca 270° (135 – 405°, enligt ovan).
- Stockarna är försedda med ett optimalt greppområde, markerat kring stockarnas mittpunkt (ljusmarkerat ovan). Bredden på greppområdet är lite smalare än gripens bredd.

Genomförande

- Stockarna ska greppas från en och samma uppställningsposition (skotaren ska inte flyttas under testet).
- Föraren ska greppa stockarna inom de ljusmarkerade områdena, för att därefter placera dem på valfri plats på lastutrymmet.
- Snabbhet/Precision
- Mät tiden från det att föraren aktiverar kranen, tills gripen befinner sig i ett läge ovanför ljusmarkerat område på utvald stock (snabbhet).
- Mät tiden från att gripen befinner sig ovanför utvald stock, tills ”stäng grip” har aktiverats (gripen slutits om stocken) (precision).
- Mät tiden från det att ”stäng grip” aktiverats, tills stocken befinner sig i ett läge ovanför lastutrymmet (snabbhet).
- Mät tiden från att stocken befinner sig ovanför lastutrymmet, tills ”öppna grip” har aktiverats och stocken lagts på lastutrymmet. (precision)

- Diskussionsfrågor skotare
 - a. Vilket sektorsegment upplevs svårast att arbeta i (vilket träd)?
 - b. Vilken betydelse har avståndet mellan skotare och stock, för precisionen, det vill säga är det svårare att greppa en stock som ligger längre bort från skotaren?
 - c. Känns någon kranfunktion ologisk eller knepig?
 - d. Känns någon funktion med kran eller grip riktigt bra?
 - e. Vilken funktionskombination känns bäst (till exempel rotera grip–kran upp/ner)?
 - f. Vilken funktionskombination känns minst bra?
 - g. Känns någon/några funktion/-er bättre på minispakarna?
 - h. Vilket styrdon tror du att du snabbast skulle lära dig hantera?
 - i. Känns det bättre eller sämre att bara styra med bara en hand?
 - j. Tror du att du skulle kunna styra effektivt även med vänster hand, om styrdonet enkelt kunde flyttas till andra armstödet?
 - k. Förslag på förbättringar/idéer?

Utvärdering

- Mätningar
- Mät skillnaden i avstånd (i cm), mellan önskvärt grepp (i detta fall inom det gula området) och greppet som föraren fattat. (programmering)
- Tidsstudie m.h.a. Ingenjör Berndt Nordén.

Kommentarer

- Marken vid testområdet är lätt kuperad.

Svar diskussionsfrågor skotare

a. Vilket sektorsegment upplevs svårast att arbeta i (vilken stock)?

Svar: – Den andra stocken som ska lastas (1.0, –5.0)
– Stockarna vid skotarens bakre hjulpar (4.5, –4.5) och (4.5, 4.5)

b. Vilken betydelse har avståndet mellan skotare och stock, för precisionen (är det svårare att greppa en stock som ligger långt ifrån skotaren)?

Svar: – Svårare om stocken ligger långt ifrån skotaren.
– Ju närmare skotaren stocken ligger, desto svårare att greppa den.

c. Känns någon kranfunktion ologisk eller knepig?

Svar: – Ingen.
– Gripen.

d. Vilken funktion med kran eller grip känns bäst?

Svar: – Kran höj/sänk.
– Kran höj/sänk är bra när man lärt sig den.

e. Vilken funktionskombination med kran och/eller grip känns bäst?

Svar: – Kran höj/sänk i kombination med kran sväng.

f. Vilken funktionskombination känns minst bra?

Svar: – Rotator och grip.

g. Känns någon/några funktion/-er bättre på minispakarna?

Svar: – Rotator och grip.

h. Vilket styrdon tror du att du snabbast skulle lära dig att hantera?

Inget svar.

i. Känns det bättre eller sämre att bara styra med ena handen?

Svar: – Känns ovant att bara styra med ena handen.

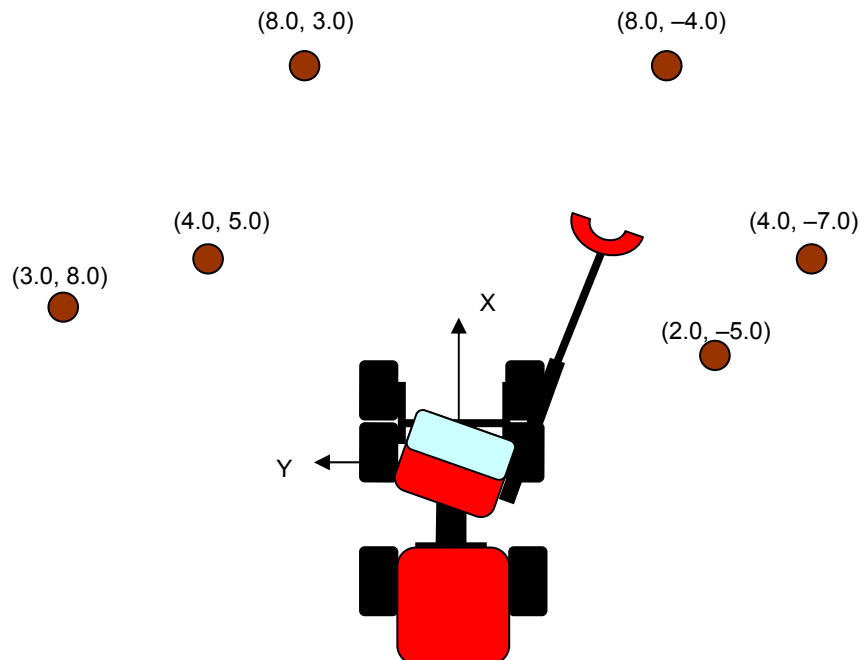
j. Om styrdonet (Ergocommandern) kunde flyttas till andra armstödet, tror du då att du skulle kunna styra effektivt, även med vänster hand?

Svar: – Nej, det krävs mer precision än då minispaken hanteras med vänster hand, eftersom alla funktioner manövreras med ett styrdon.

k. Förslag på förbättringar/ideer?

Inget svar.

Styrdonstest för skördare i simulatormiljö



Testuppbyggnad

- Testscenario
- 6 stycken träd står placerade på olika avstånd från skördaren och inte på en tänkt cirkelbåge (olika radier från skördaren). Föraren får genom detta upplägg nyttja olika funktionskombinationer.
- Träden är försedda med en kapzon (ett vitmarkerat, ca 10 cm brett, horisontellt band).
- Kapzonen är placerad på olika höjd för varje enskilt träd

Genomförande

- Samtliga träd ska ansättas med aggregatet från en och samma uppställningsposition (skördaren ska inte flyttas).
- Trädet med koordinaterna (2,0 – 5,0) ska kapas först och sedan i turordning moturs.
- Träden ska kapas i den vitmarkerade zonen, därefter ska *aggregat öppna* aktiveras (trädet försvinner efter fällkapet).
- Efter att *aggregat öppna* aktiverats ska aggregatet ansättas mot nästa träd.
- Snabbhet/Precision
- Mät tiden från att föraren aktiverat kranen, tills aggregatet har manövrerats till ett läge intill valt träd (snabbhet).

- Mät tiden från att kranen manövrerats tills ett läge intill valt träd, tills fällkap aktiveras (precision).
- Mät tiden från att kranen aktiveras tills aggregatet har manövrerats till ett läge intill nästa träd.
- Diskussionsfrågor skördare
 - a. Vilken betydelse har ansättningshöjden för precisionen?
 - b. Vilket sektorsegment upplevs svårast att arbeta i (vilket träd)?
 - c. Känns någon kranfunktion ologisk eller knepig?
 - d. Känns någon funktion med kran eller grip riktigt bra?
 - e. Vilken funktionskombination känns bäst?
 - f. Vilken funktionskombination känns minst bra eller rent av dålig?
 - g. Känns någon/några funktion/-er bättre på minispakarna?
 - h. Vilket styrdon tror du att du snabbast skulle lära dig hantera?
 - i. Känns det bättre/sämre att bara styra med bara en hand?
 - j. Tror du att du skulle kunna styra effektivt även med vänster hand, om styrdonet enkelt kunde flyttas till andra armstödet?
 - k. Förslag på förbättringar/idéer?

Utvärdering

- Mätningar
- Mät differensen (i cm) från fällkapet till kapzonen, om dessa inte sammanfaller. (programmering)
- Tidsstudie med hjälp av Berndt Nordén.

Kommentarer

- Marken vid testområdet är lätt kuperat.

Svar diskussionsfrågor skördare

a. Vilken betydelse har ansättningshöjden för precisionen?

- Svar: – Svårare ju högre kapstrecket var placerat.
– Bättre precision i höjd med ögonen.
– Ingen.
– Svårast då kapzonen var lågt placerad.

b. Vilket sektorsegment upplevs svårast att arbeta i (vilket träd var svårast att ansätta mot)?

- Svar: – Andra från vänster (4,0; 5,0),
– Första från vänster (3,0; 8,0), på grund av låg placering.
– Spelar ingen större roll. Om något, så de längst ifrån skördaren.
– Likvärdigt.

c. Känns någon kranfunktion ologisk eller knepig?

- Svar: – Ingen. (tre svar)
– Kran upp/ner kändes lite konstigt till en början.

d. Vilken funktionskombination, med kran och/eller aggregat, känns bäst?

- Svar: – Krans sväng och utskjut. (2 svar)
– Utskjut och rotator.
– Utskjut och kran höj/sank.

e. Vilken funktionskombination, med kran och/eller aggregat, känns minst bra?

- Svar: – Kran upp/ner i kombination med någon annan funktion.
– Vet ej. (tre svar)

g. Känns någon/några funktion/-er bättre på minispakarna?

Inget svar.

h. Vilket styrdon tror du att du snabbast skulle lära dig att hantera?

Inget svar.

i. Känns det bättre eller sämre att bara styra med ena handen?

Svar: — Man känner sig inaktiv med handen som inte styr. Om man med den andra handen kunde manövrera knappar, för exempelvis trädval, så kunde det vara en bra lösning.

j. Om styrdonet (Ergocommandern) kunde flyttas till andra armstödet, tror du då att du skulle kunna styra effektivt, även med vänster hand?

Svar: — Nej, det skulle vara svårt att styra med vänster hand.

Följdfråga på (j). Minispakarna styrs ju med både höger- och vänster hand?

Svar: — Detta styrdon kräver mer precision, eftersom alla kranfunktioner sitter på ett och samma styrdon.

Kommentarer:

- En utformning på styrdonet som är bättre anpassad för handen.
- Många funktioner var väldigt svårt att köra mjukt, med Ergocommandern.