

# **JTI-rapport**

Lantbruk & Industri

**331**

## **Förebyggande av belastningsskador vid arbete med armstödsburna reglage i mobila arbetsmaskiner**

Niklas Adolfsson, Kurt Öberg  
och Anna Torén



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

---

**2004**



# Förebyggande av belastningsskador vid arbete med armstödsburna reglage i mobila arbetsmaskiner

*Armrest control levers in mobile working machines  
– prevention of musculoskeletal disorders*

Niklas Adolfsson, Kurt Öberg och Anna Torén



# Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning .....	7
Summary .....	8
Inledning .....	8
Besvär i rörelseorganen.....	9
Maskinfunktioners karakteristiska hos arbetsmaskiner .....	10
Handens och armens anatomi.....	11
Ny teknik.....	13
Skogsskördare .....	13
Hjullastare .....	15
Syfte .....	16
Frågeställningar.....	16
Avgränsningar .....	17
Metod och genomförande .....	17
Försökspersoner .....	17
Fältförsök .....	19
Laborieförsök.....	22
Resultat .....	25
Muskuloskeletala besvär .....	25
Maximala volontära rörelseomfånget .....	25
Fältförsök .....	26
Laborieförsök.....	28
Diskussion.....	30
Slutsatser.....	31
Referenser .....	32
Personliga meddelanden.....	34
Bilaga 1. Förteckning över armstödsburna reglage i studien.....	35
Bilaga 2. Förarnas svar på frågorna om komfort och obehag.....	39
Bilaga 3. Förarnas svar på frågorna kring arbetsfunktion .....	41



## Förord

Detta projekt genomfördes av JTI och Ergonomitjänst i samarbete med Caldaro AB, Parker Hannifin AB, Valtra Traktor AB och Volvo Wheel Loaders AB. Medel till löner för deltagande forskare och mätutrustning har finansierats av VINNOVA.

Forskare Anna Torén, AgrD, vid JTI var projektledare. Professor emeritus Kurt Öberg, vid Ergonomitjänst, ansvarade för antropometriska mått, förarintervjuer och användandet av goniometrar. Han deltog också i fältexperiment och experiment med mock-up. Biträdande forskare Niklas Adolfsson, agronom, ansvarade för sammanställningen av resultaten och rapporten, samt deltog i fältexperiment och experiment med mock-up. JTI:s prototypverkstad deltog i konstruktionen av mock-uper som användes. Docent Sten Gellerstedt (SLU) deltog under planeringen av projektet.

Uppsala i oktober 2004

*Lennart Nelson*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik





## Sammanfattning

Yrkesförare har rapporterat belastningsproblem i nacke, skuldra, underarm och ländrygg i arbeten där det används armstödsplacerade reglage. Detta gäller främst inom skogsnäringen där armstödsburna reglage använts under lång tid. Mot bakgrund av att variationen i arbetet har betydelse för uppkomsten av belastningsbesvär är det viktigt att studera eventuella negativa effekter på föraren vid användning av armstödsplacerade reglage. Besvär kan även uppkomma om någon av armens, handens eller fingrarnas leder under långa stunder inte har ett naturligt neutralläge när reglagen används, t.ex. långvarigt pronerad handled. Detta kan leda till inflammationer i muskler och senfästen.

Syftet med projektet är att ge förslag till ergonomiskt väl utformade och placerade armstödsburna reglage i hjullastare och skogsmaskiner. Målet är att minska risken för arbetssjukdomar hos förare till följd av olämpligt utformade och placerade reglage. I projektet studerades de armstödsburna reglage som föraren ofta aktiverar i vanliga arbeten med de studerade maskinerna. Främst undersöks 1- till 2-axliga elektriska joysticks med proportionella utslag och aktiveringsfunktioner (knappar) placerade på eller i anslutning till dessa reglage.

Ledvinkelrörelser studerades med vinkelgivare på hand och arm hos förare, både i fält och i laboratorium. Förarna intervjuades med hjälp av frågeformulär kring frågor som rörde reglagetyp, arbetsfunktion m.m. i fält. Sedan gjordes en ergonomisk bedömning av reglagen där två reglage tillhörande skogsskördare och ett reglage tillhörande hjullastare studerades i laboratorium.

De huvudsakligen jämförda tre typerna av reglage, minispak i skogsskördare, joystick i hjullastare och linjärspak i hjullastare har alla tre sina fördelar och nackdelar så det går inte att utifrån denna studie avgöra vilken som är bäst för arbete i arbetsmaskiner. Minispaken innebär att föraren vid arbete med skördare sitter med underarmen pronerad och handleden extenderad och att samtliga leder arbetar mer statiskt, särskilt armbågen. Arbete med joystick i hjullastare har sina risker i och med att pekfingrets MCP-led och handleden arbetar i extenderat läge. Nackdelen med linjärspakarna i hjullastare är att handleden används i ett extenderat läge. I övrigt visar användningen av de tre spaktyperna inte på några säkra risker i denna studie.

Vid jämförelse av reglageanvändning i laboratorium är det viktigt att ha en bra simulering av förarnas arbete, för att kunna erhålla en representativ reglageanvändning.

Ju kortare hand förarna har, desto större rörelseomfång har de i handleden. Ju längre förarna är, desto mer utåtvinklat ställer de in armstödet vid arbete med minispak. Ju kortare förarna är, desto längre framskjutet ställs armstödet in i förhållande till stolen.

## Summary

Professional drivers have reported musculo-skeletal disorders in the neck, shoulders, forearms and in the low-back region when working in cabins with armrest control levers. Two common types of levers are the wrist-arm lever, which activates the wrist, elbow and shoulder; and the finger-wrist lever, which activates the fingers and the wrist only.

The objective was to give proposals on factors to consider when designing ergonomic and well located armrest control levers.

Eight wheel loader drivers and eight forest harvester drivers participated in the field and laboratory study, where the use of armrest control levers were studied. A questionnaire, electrogoniometers and a video camera were used in the field study and electrogoniometers and mock-ups were used in the laboratory study.

The field study began with a questionnaire about the drivers' musculo-skeletal health and their opinion on the cabins' working environment in their working machines. Then the drivers were asked to carry out their usual working tasks, but at the same time being monitored with the goniometers and a video camera. Variables studied in the field, and laboratory, study were joint angles of the thumb (distal interphalangeal joint), forefinger (metacarpophalangeal joint), forearm (pronation-supination), wrist (flexion-extension, ulnar and radial deviation) and elbow (flexion-extension).

In the laboratory study a "normal" and an alternative working position were studied in a wheel loader mock-up and a forest harvester mock-up. One wrist-arm lever were studied in the wheel loader mock-up. In the forest harvester mock-up, a wrist-arm lever and a finger-wrist lever were studied. Furthermore, the position of the levers were studied in the mock-ups.

The results show that 50 % of the drivers had suffered from musculo-skeletal symptoms in the neck region the past 12 months and 50 % of these drivers (four forest-harvester drivers) had had symptoms in the neck the past seven days. The results from the field study also show that the maximal range of movement during work is smaller for the forest harvester drivers using finger-wrist two-axis levers than for the wheel loader drivers using wrist-arm levers.

Further studies have to be made concerning the armrest control levers design and placement in the cabins.

## Inledning

Förarens arbete i en mobil arbetsmaskin karakteriseras av ständig styrning av maskinen och dess verktyg (t.ex. skopa eller kran med skördaraggregat). Detta sker i en skakig och låst arbetsställning där föraren hela tiden koncentrerar sig. Reglagen, som styr skopa eller kran, är vanligen kombinationsreglage med vidhängande knappsats placerade i armstödens förlängning eller bredvid armstödet. De olika funktionerna styrs genom repetitiva finger-hand- eller hand-arm-rörelser framåt-bakåt och/eller i sidled.

## Besvär i rörelseorganen

Yrkesförare har rapporterat belastningsproblem i nacke, skuldra, underarm och ländrygg i arbeten där det används armstödsplacerade reglage. Detta gäller främst inom skogsnäringen där armstödsburna reglage använts under lång tid. Ett tidigt fall av besvär i nacke/skuldra hos skogsmaskinförare rapporterades av Håkanson (1974). Bostrand (1984) meddelar att förarna år 1978 hade en högre frekvens av smärta i nacke och skuldra, jämfört med huggare och kontorspersonal. Jonsson et al. (1983) rapporterar att 65 % av förarna haft besvär i nacke eller skuldra de senaste 12 månaderna. Detta bekräftas av Pontén (1988) där 50 % av 1174 förare rapporterade samma sak. I Finland fann Nevala et al. (1990) dessa besvär hos nästan 90 av 100 studerade förare och Hänninen (1992) fann problemen hos 40 % av 918 förare. Hagen (1992) och Dale (1993) uppger att 50-60 % av maskinförare i Norge rapporterar samma besvär. Törnquist (1998) studerade 343 förare och kom till liknande resultat, där 32 % av förarna meddelade allvarliga eller mycket allvarliga besvär i nacke eller skuldra. Flam et al. (1992) rapporterade belastningsproblem hos förare av grävmaskiner. Mer än 80 % av förarna hade haft besvär i nacke, skuldra eller rygg det senaste året. Problemen vid denna typ av arbete liknar de som rapporteras från annat stillasittande arbete där armar och händer hela tiden används, t.ex. musarm vid arbete vid tangentbord till datorer (se t.ex. Jensen et al., 1998; Cook et al., 2000) och vid montering inom t.ex. elektronikindustrin.

Orsakerna till hälsoproblemen är flera. Förarna utför dag efter dag samma exakta, snabba och enformiga rörelser med huvud, armar och händer. En del maskinarbeten, t.ex. i en skogsskördare, saknar dessutom naturliga pauser. En annan orsak är att föraren under reglagearbetet hela tiden är uppmärksam och aktivt tittar sig omkring. Bidragande är också om arbetet sker i en skakande och lutande maskin, där föraren omedvetet spänner musklerna.

Mot bakgrund av att variationen i arbetet har betydelse för uppkomsten av belastningsbesvär (Björkstén & Jonsson, 1977; Winkel & Westgaard, 1992) är det viktigt att studera eventuella negativa effekter på föraren vid användning av armstödsplacerade reglage. När det gäller muskelspänningen måste dess storlek, duration och repetitivitet analyseras och utvärderas gentemot modeller för belastningsskador på ett sätt som utförts av t.ex. Mathiassen & Winkel (1991). Vid studium av de låga belastningar som det rör sig om vid arbete med reglage i armstöd är dock existerande modeller för belastningsdos inte tillräckliga för att definiera risken för besvär utan bör ytterligare utvecklas.

Besvär kan även uppkomma om någon av armens, handens eller fingrarnas leder under långa stunder inte har ett naturligt neutralläge när reglagen används, t.ex. långvarigt pronerad handled. Detta kan leda till inflammationer i muskler och senfästen.

Hälsoproblemen kan också förvärras av höga produktionskrav, skiftarbete, arbete i mörker och störningar i arbetet. Långa arbetsdagar med lång resväg och osäkerheten om att få fortsatt arbete förstärker också problemen.

## Maskinfunktioners karakteristiska hos arbetsmaskiner

För att kunna utforma manöverorgan, som styr arbetsmaskinens funktioner, behövs en beskrivning av hur ofta, hur länge vid varje tillfälle och under hur stor del av arbetspasset som funktionerna används. Det behövs också en beskrivning av hur föraren ska hantera dessa funktioner.

Styrningen av t.ex. kranen och aggregatet på en skogsmaskin sker med omedveten uppfattningsförmåga. Där inträffar en överinlärd följd av manövrerörelser som svar på ett upprepande av liknande syn-, hörsel- och känselintryck. Med överinläring menas en inläring som är grundligare än vad som är direkt nödvändigt, men det är en färdighet som är bra att använda även vid ogynnsamma förhållanden (NEO, 1996).

Val av träd och beslut av kvalitetsgräns sker däremot oftast efter ett regelbaserat beslut. Även dessa beslut är omedvetna och bygger på ett snabbt igenkännande av mönster. Vid val av träd kan mönstret vara krontaket utseende, stammarnas täthet etc. (Gellerstedt, 2002).

En förarens beslut kan delas in i tre nivåer. De snabbaste besluten utförs omedvetet och är överinlärd genom en ständig upprepning.

Nästa nivå av beslut är baserade på inlärd regler och sker till stor del också omedvetet.

De mest krävande besluten sker när föraren medvetet måste söka information och använda sitt långtidsminne. Dessa beslut är baserade på kunskap och föraren kan efter arbetspasset minnas sina val (Gellerstedt, 2002).

Funktioner som utförs på en hög medveten (kognitiv) nivå kan oftast bara utföras en i taget. De som sker vid en låg omedveten nivå kan utföras parallellt och i snabb följd.

Beslut som verkställs när objektet rör sig, t.ex. då aggregatet ändrar kapställe på stocken, kräver extra stöd. Detta stöd kan vara bra sikt, stora tydliga siffror på bildskärmen och att knapparna "Öka" respektive "Minska" sitter bra till. Vad som absolut måste undvikas under arbetet är att förarens omedvetna tankebanor störs av att finna rätt knapp. Förarens korttidsminne får inte hindras av detta, då dess kapacitet är begränsad (Ottoson, 1987).

Utformning av en knapps läge, form och yta måste göras så att sinnena för känsel och läge automatiskt tolkar ett mönster. På en panel där knappens inte följer kranspakets rörelser är det en fördel om handen har flera referenser att utgå ifrån. Handen kan t ex orientera sig från kranspaken, en kant och/eller något annat kännetecken på panelen.

De knappar som manövreras då trädet faller eller upparbetas bör sitta vid tummen eller pekfingeret. De ska placeras så att de enkelt nås och att handen direkt känner igen dem. De knappar som har med programinställningar i datorn att göra, såsom trädslag och kvalité, kan aktiveras med pekfinger, långfinger och ringfinger. De knappar som styr funktioner som sällan används och som föraren måste se för att hitta bör ha annan färg, form, läge och yta än de som ska kännas igen enbart med handen.

## Handens och armens anatomi

För att kunna utforma en bra manöverpanel måste man ta hänsyn till handens anatomi. Vidare måste man beakta att människor har olika stora händer. Handens längd på svenska män varierar från ca 18,5 cm till ca 20,5 cm. I Nordamerika är mannens hand nästan en cm kortare (Jürgens et al., 1990).

Den minst belastande reglageplaceringen är vid 100-110° armbågsvinkel. Handen bör generellt hållas något utåtvriden under arbete, vilket innebär att vinkeln horisontalplan - hand blir ca 10-20° (Hansson, 1992). Ledkapseln och musklerna kring lederna är då avslappnade. De broskytor som då belastas är de som bäst tål långvarig belastning.

Handen är gjord för att gripa med, men inte för att spela piano med. Handen och fingrarna kan nämligen böja sig med stor precision, men dess sträckmuskler är inte lika väl utvecklade. De muskler som sträcker fingrarna är också olika på olika fingrar.

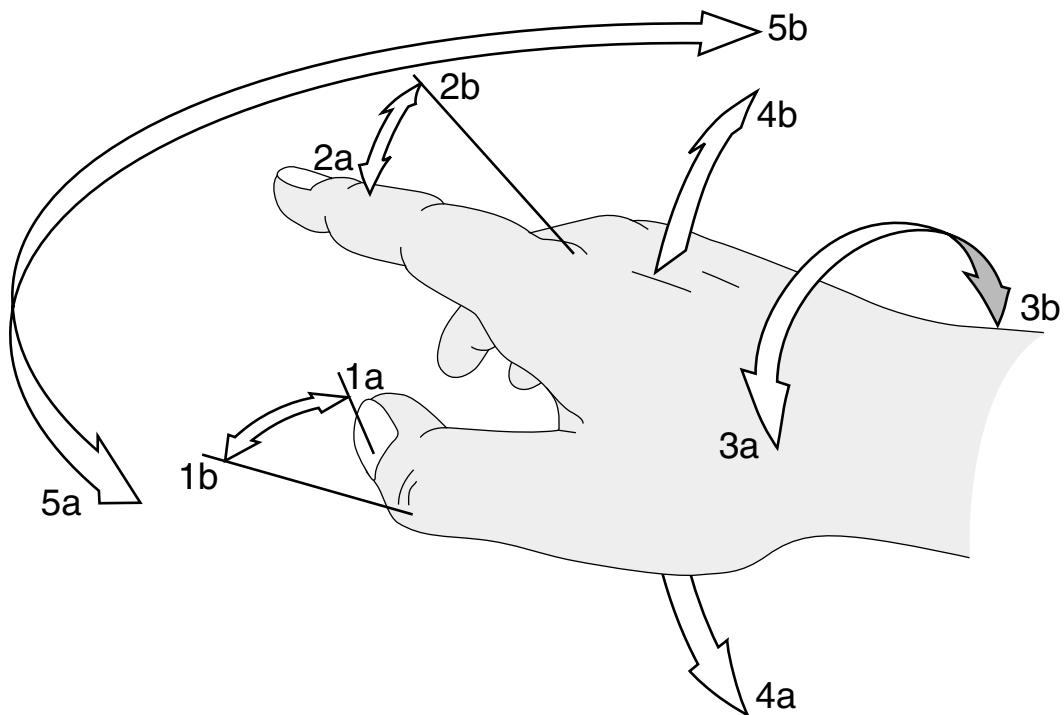
Lillfingrets sträckmuskel är sammanvuxen med handens gemensamma fingersträckarmuskel. Pekfingret däremot har en egen sträckmuskel, vilket gör den mera rörlig. Tummen är ytterligare rörlig och är människans rörligaste finger.

Hur fingersträckarna utvecklas är olika hos människor. En pianist utvecklar en synnerligen rörlig hand. En maskinförare kan knappast utveckla samma rörlighet. Föraren använder handen både till stadiga grepp och till knapptryckningar. Dessutom klämmer eller skär sig föraren då och då vilket ofta ger nedsatt funktion av fingrarna.

Tabell 1 nedan visar rörelseomfång i några leder i hand och arm. I figur 1 visas sedan rörelserna.

Tabell 1. Handens ungefärliga rörelseomfång (Palastanga et al., 1990).

Led	Rörelseomfång, grader
Tummens distala interphalangealled, flexion 1a – extension 1b	45°
Pekfingrets metacarpophalangealled, flexion 2a – extension 2b	135°
Underarmens rotationsrörelse, pronation 3a – supination 3b	180°
Handledens flexion, 4a	80-90°
Handledens extension, 4b	50-60°
Handledens radialdeviation, 5a	20°
Handledens ulnardeviation, 5b	45°



Figur 1. Handens och armens rörelser (se tabell 1 för förklaring).

### Fingerställning vid knappmanövrering

Vid utformning av en panel bör man ta hänsyn till att handen främst är ett griporgan. Det innebär att knapparna ska sitta så att de trycks något inåt mot handen. Knappar som manövreras av tummen bör sitta så att tummen kan röra sig mot handen (Palastanga et al., 1990).

Lyft av fingrarna styrs av muskler i underarmen. På grund av det långa avståndet mellan underarmen och fingrarna är den rörelsen inte så snabb. De snabba finger-rörelserna styrs av muskler i handen. De långa musklerna står för kraft och rörelser medan handens korta muskler svarar för precision.

De fyra viktigaste knapparna på en instrumentpanel bör placeras så att deras läge i det närmaste överensstämmer med fingertopparnas läge i den vilande handen. Avståndet är då mellan långfingret och ringfingret mindre än mellan långfingret och pekfingret. Mellan ringfingret och lillfingret är avståndet något större. Tummen kan sköta två knappar eller en vippa, då den lättast och snabbast förflyttar sig i sidled.

Vid böjda fingrar blir rörelseomfånget mindre och vid maximalt böjda fingrar ligger fingrarna tryckta mot varandra utan möjlighet att nämnvärt föras isär. Orsaken är att ligamenten spänns alltmer vid böjning. Detta är en anatomisk realitet och måste beaktas vid placering av instrumentpanel med tillhörande reglagetangenter och manöverorgan. Vid spakrörelser i kombination med knapptryckning måste hänsyn tas till spakens rörelseriktning.

## Ny teknik

Allt fler typer av arbetsmaskiner övergår till elektrohydraulik som ger möjlighet till en friare reglageplacering. Elektrohydraulik, och då framför allt digital sådan, öppnar också nya möjligheter till automation och för individuell anpassning av t.ex. en funktions acceleration. Många reglage manövreras ofta med stor precision, vilket tyvärr kan medföra att arm/hand/finger fixeras. I lastmaskiner pågår ett skifte vad gäller styrreglage, där allt fler modeller har elektrohydrauliska reglage placerade i förarstolens armstöd istället för bredvid stolen (Andersson et al., 1993; Höglund, 1997; Ekbladh & Tullgren, 1999). Detta kan innebära att föraren sitter alltmer ”låst” med armarna och manövrerar reglagen med finmotoriskt arbete. De armstödsburna reglagen kan delas in i finger-hand-spakar och hand-arm-spakar. Finger-hand-spaken karakteriseras av att endast handleden och fingrarna behöver aktiveras medan hela armen aktiveras då en hand-arm-spak används.

Redan på ritbordet bestämmer konstruktören vilka förare som bör köra maskinen. Behov av utrymme, räckvidd etc. i maskinhytten baseras på information om användarpopulationen. Idag synes reglage främst vara utformade för manliga förare i Västeuropa och USA, som i genomsnitt är större och starkare än män i andra världsdelar och kvinnor. Marknaden för arbetsmaskiner expanderar och omfattar idag fler kvinnor än tidigare.

För att maskinen bäst ska passa anatomiska variationer i en population behöver vi veta hur relevanta landmärken på kroppen relaterar till varandra och till arbetsplatsen i ett tredimensionellt rum. Traditionellt har endimensionella anatomiska mått av personer i en artificiellt begränsad arbetsställning använts (t.ex. 95:e percentilen av ögonhöjden). Idag kan tredimensionella digitala humanmodeller ge bättre beslut. De visar en hel populations variation av anatomiska landmärken i relation till en arbetsplats. Utveckling av verktyg för utformning av arbetsplatser, som beskriver fler dimensioner i en population, pågår vid amerikanska universitetsinstitutioner och maskinföretag som John Deere, Caterpillar, m.fl. Det rör sig om en digital tredimensionell human modell, en databas med tredimensionella antropometriska data i en naturlig arbetsställning, landmärkens rörelsebanor och demografiska data (Duncan et al., 2000).

## Skogsskördare

I en skogsmaskin används vanligen hand-arm-manövrerad spak eller finger-hand-manövrerad spak, t.ex. minispak, för att styra kran och skördaraggregat (figur 2 och 3). Spakarna finns både till höger och till vänster om föraren.

Spakarna förs framåt/bakåt och/eller åt höger/vänster. Manövrering av hand-arm-spaken innebär ett helhandsgrepp som aktiverar relativt stora muskler i armen och skuldran. Vid precisionsrörelser måste även armbågs- och/eller skulderleden användas. Finger-hand-spaken ger däremot ett penngrepp. Precision ges genom finger- och handledsrörelser. Denna spak ger möjlighet till avlastning av armens tyngd på armstödet under arbetet och viss möjlighet till varierande handställningar.



*Figur 2. Joystick, hand–arm-spak (Valmet)*



*Figur 3. Minispak, finger–hand-spak (Ponsse)*

Ett mindre vanligt reglage i skogsmaskiner är finger–arm-reglaget. Där hålls reglaget i ett fingergrepp medan rörelsen fram/bak utförs med armbåge och skuldra. Rena fingerreglage förekommer inte för styrning av frekventa kran- och aggregatfunktioner i skogsmaskiner. Troligen på grund av att arbetsställningen blir ännu mer låst och att skakningarna i maskinen ger en osäkrare styrning.

En skogsskördarens kran och aggregat styrs med hjälp av två spakar och ett antal knappar. Arrangemanget av spakar och knappar är olika på olika skördarmodeller, vilket gör det svårt att beskriva hur en skogsskördare manövreras. I ett exempel från en Timberjack 870 används vänster spak till att svänga kranen och styra teleskopfunktionen. Höger spak används till att styra sågbladet, lyftfunktionen på kranen och rotera hytten (Gellerstedt, 2002).

Kortfattat kan arbetsgången vid fällning av träd beskrivas på följande sätt (Gellerstedt, 2002): först planeras den väg föraren ska ta genom terrängen och sedan väljer föraren preliminärt ut de träd som ska fällas. Därefter positionerar föraren maskinen och styr kranen mot det första trädet som ska fällas. Samtidigt kontrollerar föraren trädets kvalitet. Aggregatet placeras sedan mot trädet och trädet fälls. Genast drar föraren omkull trädet och börjar kvista det. Allt eftersom kvistningen utförs, kapar föraren trädstocken. I anslutning till en kapning markeras stocken av föraren med en färgmarkering via en färgspruta på aggregatet. Timret placeras i en hög så att skotarföraren sedan snabbt kan lyfta upp det på skotarens lastflak. Till sist placeras grenarna från trädet på ”vägen” så att skördaren och skotaren kan köra på grenarna och därmed skona marken.

Många av de mest frekventa funktioner som behövs för att styra en skogsskördare placeras i knappar antingen på hand–arm-spaken eller på en panel runtom hand–finger-spaken. Knapparna på hand–arm-spaken är lätta att finna då de alltid är i samma läge för fingrarna. Knapparna på en panel runt spaken är däremot svårare att finna och identifiera. Knapparna sitter inte på spaken och följer därmed inte dess rörelser. Det innebär att handen har en rörlig referens för orientering gentemot knapparna, vilket gör det svårare att hitta dem.



Totalt krävs drygt 50 olika funktioner för att styra en skördare. Fördelning av funktioner mellan vänster och höger hand är ofta ojämn och är inte alltid utförd enligt rekommendationerna i Ergonomiska riktlinjer för skogsmaskiner (Gellerstedt et al., 1999). Armstödet och manöverpanelens utformning och möjligheter att anpassas till individen har betydelse för hur avspänt föraren kan arbeta med reglagen. En ofta iakttagen brist är att armstödet baktill inte kan regleras i höjdlid.

## Hjullastare

Hjullastare kan, liksom skogsskördarna, ha olika typer av spakar installerade för att styra skopa, pallgafflar och dylikt, men oftast bara till höger om föraren. Undantaget är en styrspak till vänster om föraren som under arbete ersätter ratten (Volvo: Comfort Drive Control, CDC). Spaken eller spakarna i en hjullastare är oftast av hand-arm-typ och kan utföra en eller två funktioner plus de funktioner som finns i knappar. De vanligaste är linjärspakar och en-spaken (här kallad joystick) (figur 4 och 5).



Figur 4. Linjärspak, hand-arm-spak (CAT)



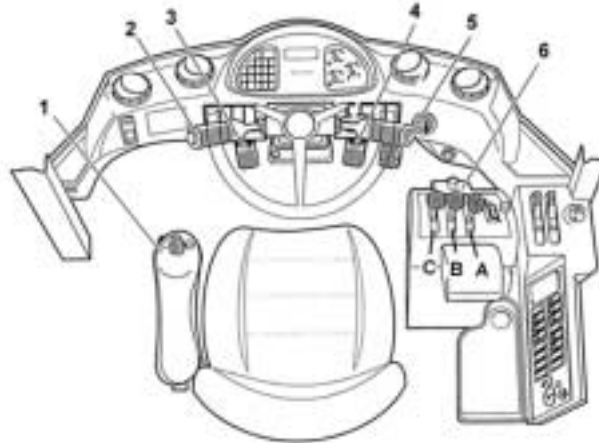
Figur 5. Joystick, hand-arm-spak (Volvo)

Linjärspakarna består av två eller tre spakar som sitter bredvid varandra beroende på hur många funktioner som ska utföras. De är relativt korta och kan föras framåt eller bakåt. Joysticken är placerad där linjärspakarna annars sitter och den är relativt hög. Spaken förs framåt/bakåt och/eller åt höger/vänster. Även till denna spak kan en tredje funktion kopplas genom att en linjärspak placeras till vänster eller till höger om joysticken.

Joysticken anses vara olämplig på de större hjullastarna då spakens manövrering är känslig för slag och stötar, som lätt uppkommer vid körning i t.ex. grustag (pers. medd., Armö, 2003). På de större maskinerna används därför nästan enbart linjärspakarna. Joysticken är däremot mycket vanlig på kompakthjullastarna.

En hjullastarförare kan hantera maskinen på följande sätt (Figur 6): föraren styr maskinens riktning med vänster hand, antingen med hjälp av en CDC (1) eller en ratt, och manövrerar redskapet (t.ex. skopa) med höger hand (6). Växelväljare (2), bromspedaler (3, 4) och gaspedal (5) bestämmer riktning och körhastighet.

Föraren manövrerar ofta samtidigt flera funktioner i redskapet, parallellt med styrning av maskinen och reglering av dess hastighet. Vid användning av linjärspakar (figur 4) sitter 3:e funktionen (C, för t.ex. timmergrip) närmast föraren, därefter 2:a funktionen ”tilt” (B) och längst ut 1:a funktionen ”lyft” (A).



Figur 6. Interiör i Volvo 220D; 1) armstöd med CDC (comfort drive control), 2) växelväljare, 3) vänster bromspedal, 4) höger bromspedal, 5) gaspedal, 6) spakställ: A) spak för lyftfunktion, B) tiltspaken, C) manöverspak tredje hydraulfunktion.

## Syfte

Syftet med projektet är att ge förslag till ergonomiskt väl utformade och placerade armstödsburna reglage i hjullastare och skogsmaskiner. Målet är att minska risken för arbetssjukdomar hos förare till följd av olämpligt utformade och placerade reglage.

## Frågeställningar

- Vilka antropometriska mått ska användas vid utformning av maskinhytter för att passa förarens krav på räckvidd och utrymme i mobila arbetsmaskiner?
- Vilken storlek/form ska arm/hand- och hand/fingerreglage ha för att kunna användas av olika förare med olika kroppsstorlek och -konstitution?
- Vilken spännvidd bör utslaget ha på olika typer av arm/hand- och hand/fingerreglage (grader mot ett plan) för att upplevas funktionellt?
- Vilka för- och nackdelar finns för olika principer för placering av knappar runt eller på en spak (bl.a. sträcka/böja fingrar, knapp på eller bredvid spak)?

## Avgränsningar

I projektet studeras de armstödsburna reglage som föraren ofta aktiverar i vanliga arbeten med de studerade maskinerna. Främst undersöks 1- till 2-axliga elektriska joysticker med proportionella utslag och aktiveringsfunktioner (knappar) placerade på eller i anslutning till dessa reglage.

## Metod och genomförande

Ledvinkelrörelser studerades med vinkelgivare på hand och arm hos förare, både i fält och i laboratorium. Förarna intervjuades med hjälp av frågeformulär kring frågor som rörde reglagetyp, arbetsfunktion m.m. i fält. Sedan gjordes en ergonomisk bedömning av reglagen där två reglage tillhörande skogsskördare och ett reglage tillhörande hjullastare studerades i laboratorium.

## Försökspersoner

Åtta förare (män) av hjullastare (HFP) och lika många förare av skogsskördare (SFP) deltog både vid försöken i fält och i laboratoriet. Förarna fick fylla i ett besvärformulär från Nordiska ministerrådet (Kuorinka et al., 1987) före fältmätningarna. Formuläret består av frågor som berör besvär i olika kroppsdelar hos en person, såsom nacke, skuldra och handled. Formulärets frågor gäller för två tidsperioder, nämligen besvär försökspersonerna haft de senaste sju dagarna samt de senaste tolv månaderna.

Tabell 2 visar data om hjullastar- och skogsmaskinförarnas ålder, vikt, längd, hur många år de kört hjullastare respektive skogsskördare och det antal timmar per år de kör. Hjullastarförarna och skördarförarna har i genomsnitt samma ålder, vikt och kroppslängd. Hjullastarförarna har längre körvana men färre körtimmar per år jämfört med skördarförarna. Tabell 2 visar även vilken spaktyp förarnas ordinarie maskiner var utrustade med. De armstödsburna reglagen kan delas in i finger-hand-spakar och hand-arm-spakar. Finger-hand-spaken karakteriseras av att endast handleden och fingrarna behöver aktiveras medan hela armen aktiveras då en hand-arm-spak används. De spaktyper som studerades var joystick (J) och linjärspak (L) (hand-arm-spakar) på hjullastare, minispak (M; finger-hand-spak), joystick (J) och så kallad kattskalle (K) (hand-arm-spakar) på skogsskördare. De studerade spaktyperna redovisas med maskinfabrikat och figurer i bilaga 1.

Tabell 3 visar maskinernas fabrikat och modellnummer samt den spaktyp som var monterad. På hjullastarna från CAT var endast linjärspakar monterade och på Volvos kompakthjullastare var endast joysticker monterade. Förarnas ordinarie maskiner användes vid fältförsöken.

Tabell 2. Försökspersonernas ålder, vikt, längd och kördata (HFP=hjullastarförare, SFP=skördarförare, J=joystick, L=linjärspak, M=minispak och K=kattskalle).

Hjullastarförare	Ålder, år	Vikt, kg	Längd, cm	Körvana, år	Körtimmar, h/år
HFP1 J	20	71	178	0,4	1300
HFP2 J	58	77	180	33	1000
HFP3 J	29	68	176	1	400
HFP6 J	25	110	188	4	750
HFP4 L	56	90	178	36	1700
HFP5 L	53	100	198	30	1000
HFP7 L	26	92	179	5	1050
HFP8 L	30	89	179	10	1050
Medelvärde	37	87	182	15	1031
Spridning	20-58	68-110	176-198	0,4-36	400-1700

Skördarförare	Ålder, år	Vikt, kg	Längd, cm	Körvana, år	Körtimmar, h/år
SFP1 M	30	85	175	10	1700
SFP2 M	48	70	176	16	1750
SFP3 M	35	96	196	10	1500
SFP5 M	33	93	191	2	1500
SFP8 M	43	106	184	8	1500
SFP4 J	28	73	177	4	800
SFP6 K	29	78	190	7	1000
SFP7 K	42	82	181	14	1000
Medelvärde	36	85	184	9	1344
Spridning	28-48	70-106	175-196	2-16	800-1750

Tabell 3. Fabrikat och modellbeteckningar på studerade maskiner samt dess spaktyper (J=joystick, L=linjärspak, M=minispak och K=kattskalle).

<b>Hjullastarfabrikat, -modell och spaktyp</b>
CAT – 972G (3 förare), L, hand–arm-spak
CAT – 988F, L, hand–arm-spak
Volvo – L35, J, hand–arm-spak
Volvo – L40, J, hand–arm-spak
Volvo – L45B (2 förare), J, hand–arm-spak
<b>Skogsskördarfabrikat, -modell och spaktyp</b>
CAT – 550 (2 förare), K, finger–hand-spak
Ponsse – HS 16, M, finger–hand-spak
Rottne – 2004, M, finger–hand-spak
Timber Jack – 1270C, M, finger–hand-spak
Timber Jack – 1470D, M, finger–hand-spak
Timber Jack – 8070B, M, finger–hand-spak
Valmet – 911.1, J, hand–arm-spak

## Högerarmsmått

Tabell 4 visar några högerarmsmått hos hjullastarförarna och tabell 5 visar några högerarmsmått hos skogsskördarförarna. De högerarmsmått som uppmättes var underarmslängd, handlängd och handbredd.

Tabell 4. Högerarmsmått (mm) på hjullastarförarna.

	Underarmslängd	Handlängd	Handbredd
HFP1	465	185	210
HFP2	480	200	230
HFP3	455	185	200
HFP4	470	180	200
HFP5	530	200	210
HFP6	520	200	225
HFP7	460	180	205
HFP8	470	185	205
Medel	481	189	211
SD	28,1	9,0	11,2

Tabell 5. Högerarmsmått (mm) på skogsmaskinförarna.

	Underarmslängd	Handlängd	Handbredd
SFP1	480	190	220
SFP2	465	185	215
SFP3	540	220	250
SFP4	470	190	225
SFP5	510	205	215
SFP6	500	190	217
SFP7	470	185	220
SFP8	500	205	240
Medel	492	196	225
SD	25,6	12,5	12,9

## Fältförsök

I fältförsöken gjordes både studier av förarnas arbetsställningar och arbetsrörelser, samt intervjuer av förarna. De variabler som studerades var grepptyp, ledläge och rörelse på tumme och pekfinger, samt läge och rörelse i handleden. Även studier av kompenserande rörelser i armbåge gjordes. Mättekniken i fält bestod av videofilmning och elektrogoniometri.

Hjullastarförarnas arbetsmoment bestod av storsäckstransporter från ifyllningsplats till lagerplats med modifierad pallgaffel (Volvo L45B, HFP 1 och 3), flytt av skrotbilar på bilskrot med pallgaffel (Volvo L35, HFP 6), markarbeten med skopa (Volvo L40, HFP 2), samt lastning av kross och grus med skopa (CAT 972G, HFP 4, 7 och 8; CAT 988F, HFP 5). Skördarförarnas arbetsmoment bestod i alla fallen (SFP 1-8) av att fälla, kvista, kapa och placera trädstammar. Några skördar-

förare jobbade med gallring och några med slutavverkning, men arbetsmomenten var lika vad gäller reglageanvändningen.

### Ledvinklar

Elektrogoniometrarna möjliggjorde att ledernas vinkelläge, variation och varaktighet under arbetets gång kunde mätas. De uppmätta lederna finns illustrerade i inledningen. Elektrogoniometrarna och dataloggern var av märket Biometrics Ltd. En enaxlig givare (typ F35) användes till tummens flexion/extension i distala interphalangealleden (DIP-led) och en till pekfingrets flexion/extension i metacarpophalangealleden (MCP-led). En tvåaxlig givare (typ SG65) användes för att mäta handledsflexion/extension samt handledens ulnar- och radialdeviation. En torsionsmeter (typ Q180) användes för underarmens pronation/supination och en enaxlig givare (typ SG150) användes för att mäta armbågens flexion/extension. Mätvärdena från goniometrarna lagrades i en datalogger (typ P3X8) med en frekvens på 10 Hz. Goniometrarna applicerades med hjälp av enkel- och dubbelhäftande kirurgtejp. Dataloggern, som vägde 0,6 kg, hängdes i en rem runt nacken på försökspersonen. Figur 7 visar hur och var givarna var applicerade.

För att erhålla ett reproducerbart referensvärde nollställdes givarnas mätvärden då armen, handen och fingrarna var i aktivt utsträckt läge längs med kroppen (figur 8). Detta referensvärde är inte detsamma som det anatomiska nollvärdet mellan två rörelseriktningar, utan endast ungefär detsamma.



Figur 7. Goniometrarnas placering på högerarmen.



Figur 8. Armen och handens ställning då goniometrarna nollställdes.

Insamlade mätvärden (ledvinklar) överfördes från dataloggern till en PC och bearbetades sedan i ett kalkylprogram (Microsoft® Excel). Ur mätvärdena beräknades försökspersonernas maximala volontära rörelseomfång (MVR), maximala arbetsrörelseomfång (MAR) och genomsnittligt ledläge (GL) för varje uppmätt led. MVR visar hur stort rörelseomfång försökspersonen hade när han själv (volontärt) böjde leden maximalt, MAR visar hur stort rörelseomfånget var då det var som störst under en definierad arbetscykel och GL visar medelvärdet på ledläget under en definierad arbetscykel.

Goniometrarna registrerade positiva och negativa mätvärden utifrån nollvärdet på goniometrarna (tabell 6). Flexion gav positiva mätvärden och extension negativa mätvärden. Pronation gav negativa mätvärden och supination positiva mätvärden. Positiva mätvärden gavs av ulnardeviationen och negativa av radialdeviationen.

Tabell 6. Betydelsen av goniometrarnas positiva och negativa mätvärden per led.

Led	Positiva värden	Negativa värden
Tummens DIP-led, flexion/extension	Flexion	Extension
Pekfingrets MCP-led, flexion/extension	Flexion	Extension
Underarmens pronation/supination	Supination	Pronation
Handledens flexion/extension	Flexion	Extension
Handledens ulnar-/radialdeviation	Ulnardeviation	Radialdeviation
Armbågens flexion/extension	Flexion	Extension

## Videofilmning

Varje förare videofilmades i fältstudien då mätningarna gjordes med elektrogoniometrarna. Den digitala videokameran (Panasonic NV-DS99) monterades på bakrutans högra sida (i färdriktningen) så att högerarmen syntes klart och tydligt liksom lite av vad som hände utanför hytten. Figur 9 och 10 visar exempel på vyer från kameran mot föraren i en hjullastare respektive en skogsskördare. Videofilmerna användes främst för att kunna se när förarens arbetscykel startade och slutade men också som en back-up för att kunna kontrollera mätvärdena. För att synkronisera videokameran och dataloggern filmades dataloggern med videokameran vid start och slut på mätningen.



Figur 9. Kameravy från hjullastare.



Figur 10. Kameravy från skogsskördare.

### Frågeformulär

Komfort, obehag och arbetsfunktion utvärderades med hjälp av frågeformulär. Efter körningen tillfrågades föraren om upplevd komfort och obehag enligt en checklista (Chair Evaluation Checklist) modifierad från Helander och Zhang (1997). Frågorna var indelade i en grupp för obekvämlighet och i en grupp för bekvämlighet. Upplevd arbetsfunktion, dvs. hur väl föraren anser sig kunna arbeta i förarhytten, utvärderades med hjälp av ett efter Schackel et al. (1969) modifierat frågeformulär (Öberg et al., 1998).

### Laboratorieförsök

En ergonomisk bedömning gjordes av tre reglage i ergonomilaboratoriet. Två reglage tillhörde skogsskördare (Ponsse respektive Valmet Partek) som var av typen minispak och joystick och ett reglage tillhörde hjullastare (Volvo) som var av typen joystick (bilaga 1).

### Mock-up

Två hyttmock-uper (hyttmodeller) användes i ergonomilaboratoriet för att simulera användningen av de reglage som styr skopa respektive kran med skördaraggregat. Mock-upen av hjullastarhytten (figur 11) kom delvis från Volvos hjullastarmodell 220D och mock-upen av skogsskördarhytten (figur 12) kom delvis från Be-Ge, Frameco, Valmet Partek och Ponsse. I hjullastarmock-upen var reglaget och armstödet skilt från stolen och från varandra medan de var integrerade med stolen och med varandra i skogsskördarmock-upen.

### Ledvinklar

Under studierna i ergonomilaboratoriet gjordes även mätningar av ledvinkelrörelser med elektrogoniometri. Mätningarna gjordes under en "körning" där hjullastarföraren fick följa en hjullastares skoprörelser och skördarföraren fick följa en skogsskördares kranrörelser på en 25-tums TV-skärm (figur 13). TV-skärmen placerades ungefär en meter framför stolen.





Figur 11. Hjullastarmock-up.



Figur 12. Skogsskördarmock-up.

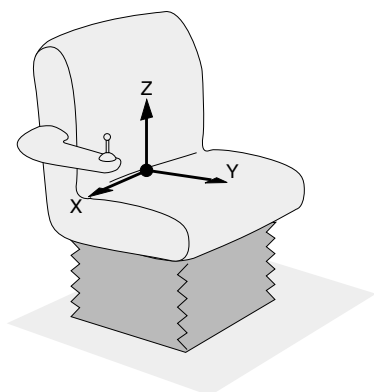


Figur 13. Bild från en mätning under laborieförsöken (skogsskördarmock-up).

Videofilmerna var ca 30 sekunder långa vardera och var inspelade under fältförsöken. Försökspersonerna fick följa samma videoinspelning inom respektive förargrupp.

## Armstöds- och reglageplacering

För mock-uperna fastställdes ett koordinatsystem, där x var sidled (växande åt höger), y längsled (växande framåt) och z höjdlid (växande uppåt) enligt högerhandsregeln (figur 14).



Figur 14. Koordinatsystemet i mock-upen.

Det origo som alla mätningar utgick från var stolens referenspunkt (SRP). SRP är den mittpunkt där ryggstöd och sits möts (SS 2863). Variabler som mättes i hjullastarmock-upen var sitshöjden, armstödet och reglagets tredimensionella position samt armstödet och reglagepanelens lutning (i sagittalplanet). Variabler som mättes i skördarmock-upen var sitshöjd, armstödet tredimensionella position, armstödet och reglagepanelens lutning (i sagittalplanet) samt armstödet vridning kring y-axeln. En tumstock användes för att mäta avstånd och en pernumeter användes för att mäta lutningen på armstöd och reglage i mock-upen.

## Samband mellan antropometriska mått och armstöds- och reglageplacering i skogsskördare

Det gjordes också en statistisk beräkning av om det fanns något samband mellan några antropometriska mått hos korta respektive långa försökspersoner och rörelseomfång i handled och fingrar vid arbete med minispak respektive joystick i skogsskördare. Sambanden beräknades med Spearmans rangkorrelations-koefficient. Fyra samband undersöktes:

1. Föreligger samband mellan handens antropometriska mått och rörelseomfånget för flexion och extension i tummens DIP-led, pekfingrets MCP-led och handledens två frihetsgrader av angulära rörelser (flexion-extension, ulnar- och radialdeviation) och underarmens pro-supination uppmätta med elektronisk goniometer vid arbete med joystick respektive minispak?
2. Föreligger samband mellan antropometriska mått för hand och arm respektive kroppslängd och reglagets placering?
3. Föreligger skillnad i rörelseomfånget, hos korta och långa personer, mätt med elektrogoniometer mellan flexion och extension i tummens DIP-led respektive pekfingrets MCP-led och handledens två frihetsgrader av angulära rörelser och underarmens pro-supination vid arbete med joystick respektive minispak?

4. Föreligger skillnad i rörelseomfånget mätt med elektrogoniometer för flexion och extension i tummens DIP-led respektive pekfingrets MCP-led och handledens två frihetsgrader av angulära rörelser samt underarmens pro-supination vid ändring av reglaget placering?

## Resultat

### Muskuloskeletala besvär

Bearbetningen av svaren i besvärformulären visade att 13 förare (81 %) hade haft någon form av besvär den senaste 12-månadersperioden (tabell 7). Hälften av hjullastarförarna hade haft besvär i nacken den senaste 12-månadersperioden. Två hjullastarförare hade haft besvär i skuldrorna, fyra i armbågen, tre i handleden, tre i rygg och tre i knäna. Hälften av skördarförarna hade haft besvär i nacken den senaste 12-månadersperioden och samma hälft hade känt av besvär i nacken den senaste 7-dagarsperioden. Fyra skördarförare hade haft besvär i skuldrorna det senaste året, varav tre hade haft det även under den senaste 7-dagarsperioden. Hälften av skördarförarna hade haft besvär i ryggen den senaste 12-månadersperioden och tre skogsskördarförare hade haft besvär i ryggen under den senaste 7-dagarsperioden. Två skördarförare hade haft besvär i knäna det senaste året.

Tabell 7. Muskuloskeletala symptom under den senaste 12-månadersperioden.

Typ av förare	Nacke, %	Skuldra, %	Armbåge, %	Handled, %	Rygg, %	Knä, %
Hjullastarförare	50	25	50	38	38	38
Skördarförare	50	50	0	0	50	25
Totalt	50	38	25	19	44	31

### Maximala volontära rörelseomfånget

Förarnas maximala volontära rörelseomfång (MVR) skiljer sig något mellan förarna. Tabell 8 visar hjullastarförarnas respektive skördarförarnas MVR uppdelat efter spaktyp.

Tabell 8. Förarnas maximala volontära rörelseomfång, MVR (grader) (J=joystick, L=linjärspek, M=minispak och K=kattskalle).

	Tumme DIP-led	Pekfinger MCP-led	Underarm pro/sup	Handled flex./ext.	Handled ulnardev./radialdev.	Armbåge flex./ext.	Antal förare
HFP J	86	91	71	115	59	108	4
HFP L	56	*	70	103	54	96	4
SFP M	100	88	77	109	67	109	5
SFP J	84	89	77	123	24	97	1
SFP K	95	93	74	123	77	105	2

\* Inga data

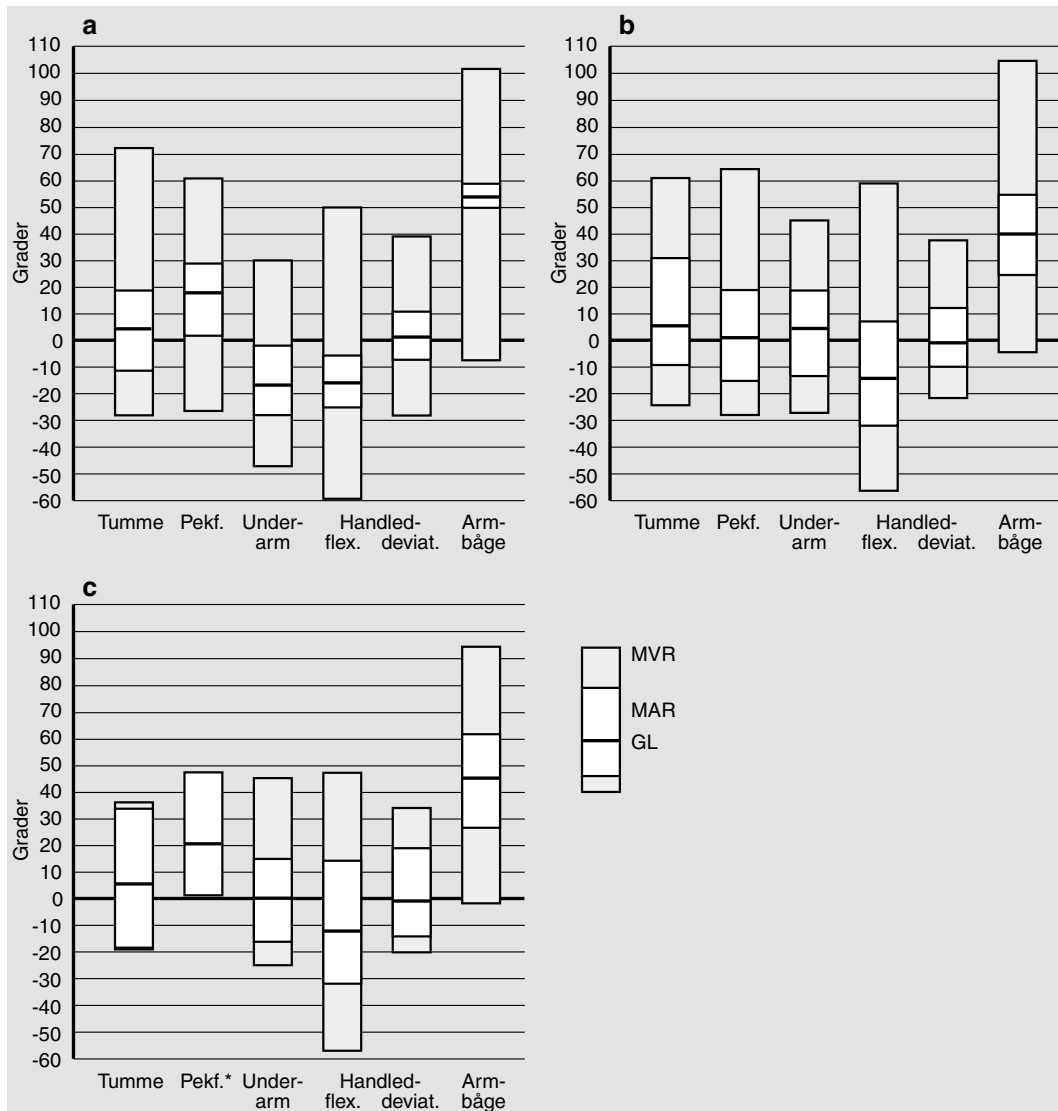
## Fältförsök

### Ledvinklar

Figur 15 a-c visar medelvärdena av förarnas maximala volontära rörelseomfång (MVR), maximala arbetsrörelseomfång (MAR) och genomsnittliga ledläge (GL) från mätningarna i fält, där de kört sina respektive arbetsmaskiner. Ledvinklarna för de fem skogsskördarförarna som körde med minispak i sina maskiner visas i figur 15 a. Ledvinklarna för hjullastarförarna (4 stycken) som körde med joystick i maskinen visas i figur 15 b och ledvinklarna för hjullastarförarna (4 stycken) som körde med linjärspak i maskinen visas i figur 15 c.

Hjullastarförarna som körde med joystick arbetade med pekfingret i extenderat läge, något som inte skördarförarna med minispak och hjullastarförarna med linjärspak gjorde. MAR i förarnas underarm visar att skördarförarna med minispak satt mer statiskt, och med underarmen pronerad. Hjullastarförarna arbetade med underarmen i supinerat läge under delar av arbetscykeln. De arbetade dock med ett genomsnittligt ledläge som låg närmare referensvärdet än vad skördarförarna gjorde. Även när det gäller handledsflexion/extension satt skogsskördarförarna mer statiskt än hjullastarförarna. Skördarförarna arbetade dessutom med handleden extenderad under hela arbetscykeln. Det genomsnittliga ledläget i handleden var för alla tre grupperna lägre än referensvärdet, dvs. de arbetade i huvudsak med handleden extenderad. MAR i handledsdeviationen var större för hjullastarförarna som körde med linjärspakar än för hjullastarförarna som körde med joystick och skördarförarna. När det gäller MAR i armbågen var det minst för skördarförarna och ungefär lika stort för de båda grupperna av hjullastarförarna. Förarna som körde med linjärspakar i hjullastarna arbetade med MAR i tummen som var 28 % större, i pekfingret som var 37 % större och i handledsdeviationen som var 46 % större än de förare som körde med joystick i sina hjullastare.

I tabell 9 visas medelvärdena av MAR hos förarna inklusive skogsskördarförarna som körde med joystick och kattskalle. De genomsnittliga MAR hos skördarförarna var lägre än hos hjullastarförarna i samtliga leder, men framförallt i tumme, handled (flex/ext) och armbåge.



Figur 15. MVR, MAR och GL i fält för skördarförarna med minispak (a), hjullastarförarna med joystick (b) och hjullastarförarna med linjärspak (c). \* inget MVR mätt.

Tabell 9. Förargruppernas MAR i de uppmätta lederna (grader) (J=joystick, L=linjärspak, M=minispak och K=kattskalle).

	Tumme DIP-led	Pekfinger MCP-led	Underarm pro/sup	Handled flex./ext.	Handled ulnardev./radialdev.	Armbåge flex./ext.	Antal förare
HFP J	41	33	32	39	23	30	4
HFP L	52	46	31	46	33	35	4
SFP M	30	28	26	20	18	10	5
SFP J	35	24	17	18	14	16	1
SFP K	20	26	22	24	20	16	2

Tabell 10 visar de genomsnittliga ledlägena (GL) hos samtliga förare inklusive skogsskördarförarna som körde med joystick och kattskalle. Hos hjullastarförarna var GL mycket lika mellan användare av joystick respektive linjärspak, förutom för pekfingeret, där det skiljde 20 grader mellan reglagetyperna. Skördarförarnas genomsnittliga ledläge hade en större spridning beroende på vilken spak de körde med än hjullastarförarna, förutom när det gäller det genomsnittliga ledläget för tummen. Skördarföraren som körde med joystick hade ett GL för pekfingerleden som var extenderad till skillnad från de två andra grupperna, där pekfingerleden hölls flekterad vid arbete. Skördarföraren med joystick arbetade dessutom med ett GL i underarmen som visade på supination jämfört med skördarförarna som körde med minispak och kattskalle (som arbetade med pronerad underarm). Handleden hos skördarföraren med joystick hölls genomsnittligt flekterad emedan de andra skördarförarna arbetade med handleden genomsnittligt extenderad. De två förare som kört med kattskallereglage hade en ulnardeviation i handleden på 20 grader mot endast en grad bland de övriga. I armbågsleden hade skördarföraren som körde med joystick lägre flexion än de andra skördarförarna.

Tabell 10. Förargruppernas genomsnittliga ledläge (GL) i de uppmätta lederna (grader) (J=joystick, L=linjärspak, M=minispak och K=kattskalle).

	Tumme DIP-led	Pekfinger MCP-led	Underarm pro/sup	Handled flex./ext.	Handled ulnardev./radialdev.	Armbåge flex./ext.	Antal förare
HFP J	7	1	4	-14	1	40	4
HFP L	6	21	0	-12	-1	46	4
SFP M	4	18	-17	-16	1	54	5
SFP J	3	-15	5	9	0	21	1
SFP K	9	10	-23	-6	20	49	2

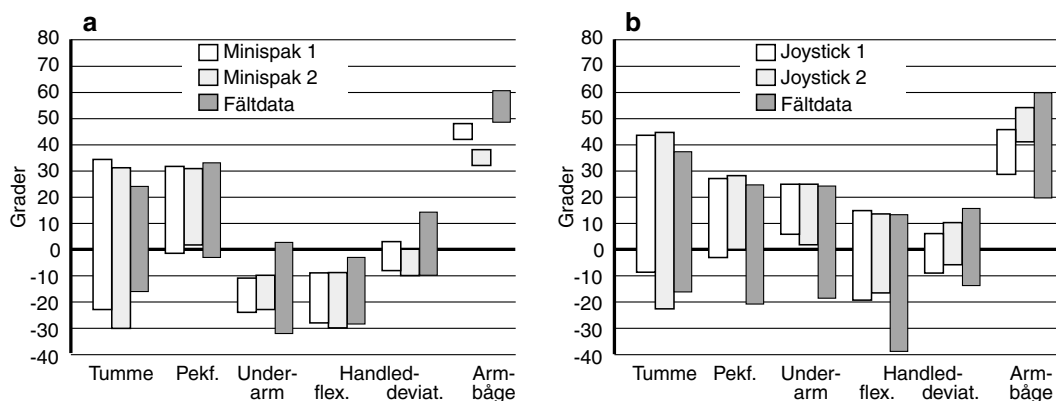
## Frågeformulär

Förarna upplevde komfort och obehag i hytten på liknande sätt, oberoende av vilken maskintyp de körde (bilaga 2). Svaren på frågorna om hyttens arbetsfunktion var också lika mellan maskintyperna (bilaga 3). Jämförs några enstaka frågor med varandra kan några skillnader mellan maskintyperna och deras reglagetyper urskiljas. Skördarförarna gav sina maskiners armstöd och armstödens inställbarhet ett bättre betyg än vad hjullastarförarna gjorde. Skogsskördarförarna tyckte också bättre om de armstödsburna reglagen än de andra förarna. Hjullastarförarna gav dock sikten i hytten ett bättre betyg än skördarförarna.

## Laboratieförsök

### Ledvinklar

Figur 16 visar MAR i laboratorieexperimenten och de uppmätta MAR-värdena i fält för förarna i skogsskördarna med minispak (5 stycken) respektive förarna i hjullastarna med joystick (4 stycken).



Figur 16. MAR för skördarförarna (a; 5 förare med minispak) och hjullastarförarna (b; 4 förare med joystick) i laboratoriet och i fält.

## Armstöds- och reglageplacering

### Hjullastarförarna

Sju förare gjorde en omställning av reglage, stol och/eller armstöd i mock-upen. Det var speciellt reglagets och armstödet höjd som ändrades, liksom reglagets position i sidled. Tabell 11 visar medelvärdet och standardavvikelsen (SD) på förändringen av armstöds-, reglage- och stolsplaceringen som gjorts av de sju hjullastarförarna. Bara en förare ändrade stolens läge i höjdlid.

Tabell 11. Medelvärde och SD av differensen, mellan den "normala" reglage-, stols- och armstödsinställningen, och den alternativa. Innehåller enbart de sju förare som gjort någon förändring (mm).

	Reglage, X-led	Reglage, Y-led	Reglage, Z-led	Armstöd, Z-led	Stolen, Z-led	Armstöds-flexion	Reglage-flexion
Medel	-15	-3	4	13	-2	-2	3
SD	27	8	46	26	6	6	6

### Skogsmaskinförarna

Hälften av förarna valde att förändra något i mock-upen med minispak monterad i armstödet, men bara två förare med joystick monterad och de gjorde relativt små förändringar. De förare som gjorde en omställning av det armstödsburna reglaget, förändrade inställningen på alla de variabler som mättes upp. Tabell 12 visar en sammanställning av medelvärdet och SD på förarnas (n=4) förändring av de armstödsburna minispakerna.

Tabell 12. Medelvärde och SD av differensen, mellan den "normala" stols- och armstödsinställningen och den alternativa med minispakar monterade. Tabellen innehåller enbart de fyra förare som gjort någon förändring (mm).

	Armstöd, X-led	Armstöd, Y-led	Armstöd, Z-led	Stolen, Z-led	Armstöds-flexion	Reglage-flexion	Armstöds-rotation
Medel	-6	9	-18	-18	5	8	2
SD	6	17	18	16	5	11	4

## Samband mellan antropometriska mått och armstöds- och reglageplacering

Tre samband visade sig vara signifikanta, handlängd och MAR i handleds-extension/flexion vid arbete med joystick, kroppslängd och armstödetts inställning i sidled samt kroppslängd och armstödetts inställning i längdled.

Resultatet av sambandet mellan handlängd och MAR i handledsflexion/-extension vid arbete med joystick visade att ju kortare hand förarna hade, desto större var rörelseomfånget i handleden.

Sambandet mellan kroppslängd och armstödetts inställning i sidled innebar att ju längre förarna var, desto mer utåtvinklat ställde de in armstödet vid arbete med minispak.

Det sista sambandet innebar att ju kortare förarna var, desto längre framskjutet var armstödet i förhållande till stolen.

## Diskussion

Förarmiljön i mobila arbetsmaskiner är krävande på flera sätt. Föraren ska kunna använda de manöverorgan som maskinen har och samtidigt fatta rätt beslut under arbetets gång. Föraren måste också hela tiden tänka på sin och andras säkerhet samtidigt som hög produktivitet oftast är ett krav. Att de reglage, som styr t.ex. skopa eller kran med skördaraggregat, är rätt utformade är viktigt för att förarmiljön ska vara hållbar och attraktiv.

I denna studie ingick ett antal förare som körde med olika reglage. Vid en jämförelse mellan reglagen tas endast hänsyn till de reglage som fler än 3 förare använde vid fältförsöket. Det innebär att en jämförelse mellan skördarförare som körde med minispak, hjullastarförare som körde med joystick och hjullastarförare som körde med linjärspak visar följande risker. Hjullastarförarna som körde med joystick arbetade med pekfingret i extenderat läge och det genomsnittliga ledläget låg nära det uppmätta referensvärdet vilket för denna led inte kan ses som positivt. Skördarförarna som använde minispak arbetade med underarmen i ett pronerat läge hela arbetscykeln emedan hjullastarförarna som använde joystick och linjärspak hade ett genomsnittligt ledläge som låg närmare denna studies referensvärde, vilket i denna studie ligger närmare ledens neutralläge. Det innebär att hjullastarförarna arbetar med underarmen i ett bättre läge än skördarförarna som använde minispak. Handleden användes hela tiden i extenderat läge vid arbete med minispak i skogsskördare och vid arbete i hjullastare användes handleden genomsnittligt i extenderat läge. Detta kan innebära en risk för handledsproblem. Hjullastararbete med joystick och linjärspak innebar att handleden utsattes för mer flexion än vid skogsskördararbete. Armbågen användes mer statiskt vid skördararbete med minispaken än vid arbete med hjullastare. Över huvudtaget kan sägas att vid arbete med minispak i skogsskördare används samtliga de uppmätta lederna mer statiskt än vid arbete med joystick och linjärspak i hjullastare.

Tummen användes på ett likartat sätt i de tre grupperna och där visar inte denna studie på några risker som skiljer sig mellan reglagen. Även när det gäller handledsdeviationen visar inte denna studie på några risker som skiljer sig mellan reglagen.



Hjullastarförarna, både de med linjärspakar och joysticker installerade i sina maskiner hade ett större MAR än skördarförarna med minispakstyrning av skördaraggregatet, men också jämfört med de övriga skördarförarna med handarm-spak i sina maskiner. Detta kan förklaras av att minispaken är mindre än joysticker och linjärspaken, men också av att arbetscyklerna skiljer sig från varandra. Förarna med linjärspakstyrning hade ett något större MAR än förarna med joystickstyrning av redskapet.

Förarnas MVR överensstämmer ganska väl mellan förargrupperna förutom för tummen. Orsaken till att MVR i tummen hos hjullastarförarna som körde med linjärspak är mycket lägre än hos förarna i de andra båda grupperna kan bero på att just dessa fyra förare helt enkelt hade ett lägre MVR i tummen. Ingen av hjullastarförarna med linjärspak hade ett större MVR än 69 grader i tummen.

Litteraturstudien, liksom projektets besvärskät, visade att nack- och skulderproblem är vanliga hos olika typer av maskinförare. Upp till hälften av förarna på de olika maskinerna hade sådana besvär, både enligt litteraturstudien och enligt detta projekts besvärskät. Hjullastarförarna hade, enligt denna studie, mer besvär i handled och armbåge än skördarförarna.

Resultaten från laboratorieförsöken visar tydligt att MAR skiljer sig från fältförsöken, trots att det är samma förare i båda delstudierna. Detta beror troligtvis på att det är svårt att styra reglage utan någon verklig återkoppling, såsom verkliga ljud, skakningar och visuell information. Att bara använda en TV-skärm med högtalare räcker förmodligen inte för att få tillräcklig återkoppling.

Ändringen av reglage- och armstödsplaceringen var måttlig, trots möjligheterna till relativt stora förändringar. Detta beror troligen på att det är svårt att på så kort tid tänka och prova ut hur man möjligen kan sitta bättre. Att göra ett sådant försök igen men då ute i fält i förarnas egna maskiner med armstödsburna reglage med utökade placeringsmöjligheter vore mycket intressant.

De undersökta sambanden mellan antropometriska mått och armstöds- och reglageplacering visar att kroppslängd och handlängd har en inverkan på placeringen av armstöd och reglage. Resultaten visar i föreliggande studie att det är viktigt att man kan anpassa armstödet och reglagets inställning till individen.

## Slutsatser

De huvudsakligen jämförda tre typerna av reglage, minispak i skogsskördare, joystick i hjullastare och linjärspak i hjullastare har alla tre sina fördelar och nackdelar så det går inte att utifrån denna studie avgöra vilken som är bäst för arbete i arbetsmaskiner. Minispaken innebär att föraren vid arbete med skördare sitter med underarmen pronerad och handleden extenderad och att samtliga leder arbetar mer statiskt, särskilt armbågen. Arbete med joystick i hjullastare har sina risker i och med att pekfingrets MCP-led och handleden arbetar i extenderat läge. Nackdelen med linjärspakarna i hjullastare är att handleden används i ett extenderat läge. I övrigt visar användningen av de tre spaktyperna inte på några säkra risker i denna studie.

Vid jämförelse av reglageanvändning i laboratorium är det viktigt att ha en bra simulering av förarnas arbete, för att kunna erhålla en representativ reglageanvändning.

Ju kortare hand förarna har, desto större rörelseomfång har de i handleden. Ju längre förarna är, desto mer utåtinklat ställer de in armstödet vid arbete med minispak. Ju kortare förarna är, desto längre framskjutet ställs armstödet in i förhållande till stolen.

## Referenser

- Adolfsson N. 2001. Höftledsbelastning vid aktivering av fotpedaler under traktorkörning. *Institutionsmeddelande 2001:02*. Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
- Andersson B., Norlander S. & Wos H., 1993. Utvärdering av förarhytt till lastmaskiner. *BHF 1993:1*. Bygghälsans Forskningsstiftelse.
- Arbetskyddsstyrelsen, 1998. *Belastningsergonomi*. AFS 1998:1. Solna.
- Björkstén M. & Jonsson B., 1977. Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scand. J. Work Environ. Health* 3, 23-27.
- Bostrand L., 1984. *Produktionsteknik och arbetsmiljö: en studie av skogsmaskinförarens arbetsförhållanden 1969-81*. Rapport 159, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Garpenberg.
- Cook C., Burgess-Limerick R. & Chang S., 2000. The prevalence of neck and upper extremity musculoskeletal symptoms in computer mouse users. *Int. J. of Industrial Ergonomics* 26 (2000) 347-356.
- Dale Ø., Hagen, K. B. & Stamm, J., 1993. Driftøkonomi og arbeidsmiljø blant norske skogsmaskinentreprenører. Rapport fra Skogforsk 93:25. NISK, Institutt for skoglag, Norges Landbrukshøgskole, Ås.
- Duncan J., Keleher B., Newendorp B., Ryken M., Chipperfield K., Raschke U. & Brunsman M., 2000. Designing for populations of people using tools describing more of their dimensions. *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress*. San Diego, USA.
- Ekbladh M-Å & Tullgren C., 1998. *Ergonomic Design of an Excavator Cabin Using Virtual Reality*. Examensarbete. Publication 58 Arbetsmiljö. Department of Machine Design and Division of Ergonomics and Aerosol Technology, Lund Institute of Technology, Lund.
- Flam P., Lindner, M., Norlander S. & Andersson, B., 1992. Förarmiljön i grävmaskiner. Rapport 90-1519. Statens Maskinprovningar.
- Gellerstedt S., Almqvist R., Myhrman D., Wikström B.O., Attebrant M. & Winkel J., 1999. *Ergonomic Guidelines for Forest Machines Handbook*, SkogForsk, Uppsala, Sweden
- Gellerstedt S., 2002. Operation of the single-grip harvester: Motor-sensory and cognitive work. *International Journal of Forest Engineering*, 13(2): 35-47.
- Hansson, J.-E. 1992. Ergonomisk utformning av truckar och andra materialhanteringsmaskiner – Rekommendationer och checklista. *Arbete och hälsa* 1992:3, Arbetslivsinstitutet.
- Helander M.G. & Zhang L., 1997. Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics* 40:9, pp 895-915.
- Henriksson J., 2000. Exponering av reglageaktivering i anläggningsmaskiner. Examensarbete. *Institutionsmeddelande 2000:08*. Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.

- Håkansson R., 1985. Maskinförarsjukan. Anteckningar av Gellerstedt från föredrag av företagsläkare vid STORA Skog R. Håkansson vid Skoglig FHV-träff, juni 1985, Tällberg, Dalarna.
- Hänninen K. et al., 1992. Työ ja terveyden metsäkonealalla. Kyselytutkimus yrittäjien ja kuljettajien elinoloista, työoloista ja tervedestä. LEL Työeläkekassan julkaisuja 21:1992.
- Höglund P., 1997. Ergonomi i hjullastare. Examensarbete. Institutionen för maskinkonstruktion, Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- Jensen C., Borg V., Finsen L., Hansen K. & Juul-Kristensen B., 1998. Job demands, muscle activity and musculoskeletal symptoms in relation to work with the computer mouse. *Scand. J. Work Environ. Health* 24, 418-424.
- Jonsson B., Brulin, C., Eriksson, B.E. & Hammar C., 1983. Besvär från rörelseorganen bland skogsmaskinförare. Undersökningsrapport 1983:13. Arbetarskyddsstyrelsen, Solna.
- Jürgens, H.W., Aune, I.A. & Pieper, U. 1990. International data on anthropometry. Occupational safety and health series, 65. ILO, Geneva.
- Kjellin J., 1999. Pedalaktivering i lantbrukstraktorer (Pedal Activation in Agricultural Tractors). Examensarbete. Institutionsmeddelande 99:06. Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, Å., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G. and Jørgensen, K. 1987. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 18(3), 233-237.
- Ljungars, F. Och Ingverud, G. 2003. Handens position och rörelser vid arbete med armstödsburna reglage i skogsskördare – en pilotstudie. Uppsats 10 poäng, C-nivå, Enheten för sjukgymnastik, Institutionen för neurovetenskap, Uppsala Universitet.
- Mathiassen S.E. & Winkel J., 1991. Quantifying variation in physical load using exposure-vs-time data. *Ergonomics* 34, 1455-1468.
- Nationalencyklopedins ordbok (NEO). 1996. Nationalencyklopedins ordbok, tredje bandet. Bokförlaget Bra Böcker AB, p. 632.
- Nevala N., Perkiö M., Ojanen K., Penttinen J., Riihimäki H., Väyrynen S. & Husman K., 1990. Istumisolut ja selkävaivat metsäkoneenkuljettajilla. Kuopio: Kuopion aluetyöterveyslaitos Raportisarja 4, 1990. [Sitting conditions and back disorders in forest machine drivers].
- Ottoson, D. 1987. Människan i arbete. Red. Lundgren, N., Luthman, G. & Elgstrand, K. Almqvist & Wiksell, 207-209.
- Palastanga, N., Field, D., Soames, R. & Bogduk, N. 1990. Anatomy and human movement : structure and function. Student Ed., Heinemann Medical, Oxford.
- Pontén B., 1988. Skogsanställdas hälsa och arbete – resultat från undersökningar gjorda i samarbete med 24 företagshälsovårder. Uppsatser och Resultat 125, Institutionen för skogsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Shackel, B., Chidsey, K. D. & Shipley, P. 1969. *The assessment of Chair comfort*. *Ergonomics* 12(2), pp 269-306.
- SS 2863. Lantbruk - Lantbrukstraktorer och lantbruksmaskiner - Förarstolens referenspunkt. Svensk Standard.
- Sundin H., 2001. Analys av arbetsprocess samt informations- och styrsystemet i hjullastare. LiTH-IKP-Ex-1818, Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik, Tekniska Högskolan, Linköpings universitet, Linköping.
- Torén A., 1999. Twisted Trunk Postures During Tractor Driving - with Special Reference to Low-Back Load and Exposure. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 144.

- Torén A. & Öberg K., 2001. Change in twisted trunk postures by the use of saddle seats – a conceptual study. *J agric Engng Res.* 78 (1), 25-34.
- Törnqvist B., 1998. Besvär i nacke och skuldra/axel hos skogsmaskinförare. En enkätundersökning av Skogshälsovården. Stora Skog AB, Falun.
- Winkel J. & Westgaard R.H., 1992. Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II – The scientific basis (literature review) for the guide. *Int. J. Ind. Erg.* 10, 85-104.
- Öberg K., Torén A. & Hansson M., 1998. Sadelsits för traktorförare – en konceptuell studie (Saddle seat for tractor drivers – a conceptual study). Slutrapport Dnr SLF 335/96 Projektnr 9635008. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agriculture Engineering, Uppsala.

## **Personliga meddelanden**

- Christer Hederberg, 2001. Skogs- och lantbrukstjänstemannaförbundet, Skänninge
- Inge Johansson, 2001. Skog- och träfacket, Stockholm
- Sven Lundell, 2001. Skogsägarna, Stockholm
- Sverker Armö, 2002. Volvo Wheel Loaders, Eskilstuna.

## Bilaga 1. Förteckning över armstödsburna reglage i studien

Följande bilder, uppdelade på hand–arm-reglage och finger–hand-reglage, beskriver hur reglagen i studien såg ut. För varje bild ges exempel på tillverkare av arbetsmaskiner som använder just denna reglagetyp. Sist i denna bilaga är några exempel på tillverkare av armstödsburna reglage listade.

### Hand–arm-reglage

#### Hjullastare



*Volvo L45B, 2000, joystick + 3:e funktion, med i laboratorie- och fältstudien*



*CAT 988F, 1996, linjärspak, med i fältstudien*



*CAT 972G, 2001, linjärspak + 3:e funktion, med i fältstudien*

**Skördare**

*Valmet Partek, joystick, med i laboratorie- och fältstudien*



*CAT 550, 2000, kattsalle, med i fältstudien*

## Finger–hand-reglage

### Skördare



*Ponsse, minispak, med i laboratorie- och fältstudien*



*Rottne 2004, 1997, minispak, med i fältstudien*



*Timberjack 1470D, 2002, minispak, med i fältstudien*

## Exempel på tillverkare av reglage till mobila arbetsmaskiner

Caldaro AB, Sverige, <http://www.caldaro.se/sv/index.htm>, besökt 2004-04-15.

Parker Hannifin AB, Sverige,

<http://www.parker.com/europe/templates/index.cfm?c=se>, besökt 2004-04-15.

Sakae Tsushin Kogyo Co Ltd, Japan,

[http://www.sakae-tsushin.co.jp/eng\\_page/item/jc.html](http://www.sakae-tsushin.co.jp/eng_page/item/jc.html), besökt 2004-04-15.

Teleflex Morse Stockholm AB, Sverige,

<http://www.teleflex.se/Industrial/index.htm>, besökt 2004-04-15.





## Bilaga 2. Förarnas svar på frågorna om komfort och obehag

Försöksperson	Obekvämlighet, skala 1(=inte alls) - 9 (=högsta grad)							Bekvämlighet, skala 1(=inte alls) - 9 (=högsta grad)						
	Ömma muskler	Armarna känns tunga	Ojämnt tryck armstöd/reglage	Känner sig stel	Känner sig rastlös	Känner sig trött	Har det obekvämt	Avslappnad	Utvilad	Reglagen ligger bra i handen	Armstödet känns skönt	Reglagen ser bra ut	Tycker om reglagen	Har det bekvämt
Hjullastare														
HFP1 J	0,0	1,2	1,2	0,0	2,7	0,0	2,1	7,0	8,1	9,0	9,0	2,3	0,9	6,4
HFP2 J	2,1	0,6	1,5	0,6	0,6	0,5	1,4	6,4	5,9	8,2	6,9	8,1	7,2	7,0
HFP3 J	0,7	1,5	0,0	1,4	0,0	2,1	0,1	6,6	6,4	7,5	7,0	7,3	7,7	6,1
HFP4 L	1,4	1,4	1,9	1,6	1,8	1,9	2,1	6,3	5,5	5,4	5,4	5,7	3,9	5,9
HFP5 L	0,7	3,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	6,9	6,9	3,6	6,8	7,5	0,6	6,9
HFP6 J	0,6	0,6	0,6	0,5	4,1	2,1	0,6	5,4	3,4	8,1	5,9	7,8	7,8	7,5
HFP7 L	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	1,8	0,0	5,0	1,9	3,2	3,3	5,7	1,8	4,8
HFP8 L	3,6	2,5	5,1	4,3	4,3	4,1	4,1	2,7	2,4	3,6	4,8	5,0	3,0	4,1
Medel	1,1	1,4	1,3	1,3	1,8	1,6	1,4	5,8	5,1	6,1	6,1	6,2	4,1	6,1
Skogsskördare														
SFP1 M	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	6,1	0,6	5,9	1,8	6,8	6,8	7,9	8,2	6,8
SFP2 M	1,9	1,2	1,4	0,7	0,6	5,5	1,0	7,0	6,4	4,5	4,6	4,2	5,9	5,9
SFP3 M	1,2	0,9	0,6	4,2	1,0	1,2	1,8	5,1	5,2	6,3	6,1	6,3	6,0	6,3
SFP4 J	0,6	0,3	1,0	3,0	0,5	0,3	0,1	8,6	7,7	8,2	7,9	7,5	8,6	7,0
SFP5 M	7,7	4,2	4,2	7,5	0,5	3,4	1,9	5,1	3,0	6,1	2,7	5,1	6,1	4,6
SFP6 K	5,1	1,5	0,6	5,9	0,0	4,3	0,9	8,2	5,2	4,6	5,4	1,8	6,6	4,2
SFP7 K	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	9,0	6,9	7,2	8,2	7,8	9,0	7,5
SFP8 M	1,8	0,0	0,0	3,7	0,0	4,1	0,3	5,9	5,9	8,6	8,7	8,7	9,0	9,0
Medel	2,4	1,1	1,1	3,2	0,4	3,3	0,8	6,8	5,3	6,5	6,3	6,2	7,4	6,4



### Bilaga 3. Förarnas svar på frågorna kring arbetsfunktion

	Inställ- barhet: arbets- ställning	Inställ- barhet: stolen	Inställ- barhet: ryggstöd	Inställ- barhet: reglaget	Inställ- barhet: armstödet	Reglagets utformning	Knapparnas placering på spaken	Knapparnas placering runt spaken (skördare)	Armstödet utformning	Pedal- Manövrering	Reglage- manövrering	Sikt	Total Arbets- funktion	Slutbe- dömning av stolen	Medel
Hjullastare															
HFP1 J	5	3	1	5	5	2	5		2	5	3	5	5	3	3,8
HFP2 J	3	4	4	4	4	4	5		3	4	5	5	4	4	4,1
HFP3 J	4	5	4	4	4	4	5		3	5	4	5	4	4	4,2
HFP4 L	5	4	4	4	4	5	5		5	5	4	5	5	4	4,5
HFP5 L	5	5	4	5	4	4	4		4	5	5	5	4	4	4,5
HFP6 J	5	5	5	5	3	5	5		3		4	5	5	3	4,4
HFP7 L	3	4	4	2	2	3	4		2		3	4	3	3	3,1
HFP8 L	3	3	4	2	3	4	5		2	3	1	5	3	2	3,1
Medel	4,1	4,1	3,8	3,9	3,6	3,9	4,8		3,0	4,5	3,6	4,9	4,1	3,4	4,0
Skogsskördare															
SFP1 M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,0
SFP2 M	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	5	3	3	4	4,1
SFP3 M	4	4	3	4	4	4	4	4	4	2	4	3	4	3	3,6
SFP4 J	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4,5
SFP5 M	3	2	3	3	2	4	4	3	2	4	3	2	3	3	2,9
SFP6 K	4	3	5	4	5	3	5	5	4	5	4	4	4	4	4,2
SFP7 K	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3,9
SFP8 M	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,9
Medel	4,3	4,0	4,0	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	4,1	4,1	4,3	3,8	4,0	4,1	4,1



## **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...**

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik. Vårt arbete ska ge dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vill du få fortlöpande information om aktuell verksamhet och nya publikationer från JTI?

Varje vecka skickar vi ut aktuella *webbnotiser* om aktuell forskning och utveckling, gå in på [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se) för att anmäla dig (tjänsten är gratis).

Det tryckta nyhetsbrevet *Axplock från JTI* tar främst upp ämnen som rör lantbruk och industri, kommer ut tre gånger per år och är gratis.

Du kan också prenumerera på *JTI-informerar*, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö.

Vill du fördjupa dig ytterligare finns *JTI-rapporterna*, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

*JTI-rapporterna* och *JTI-informerar* kan du beställa som lösnummer från JTI eller hämtar hem gratis som pdf-filer från vår webbplats. Där hittar du också aktuella prislistor m.m.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,  
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):  
tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00  
e-post: [bestallning@jti.slu](mailto:bestallning@jti.slu)*



**JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik**

JTI - Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA

Besöksadress: Ultunaallén 4

Webbplats: [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se)

Telefon: 018 - 30 33 00

Telefax: 018 - 30 09 56

E-post: [office@jti.slu.se](mailto:office@jti.slu.se)