

Utformning av operatörsstationer för fjärrstyrning inom jord- och skogsbruk

Linnea Hansson, Karin Andersson, Håkan Andersson, Tobias Persson,
Martin Englund och Petrus Jönsson



Visionsskiss av framtidens operatörsstation av Tobias Persson

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning.....	4
Summary	5
Introduktion	6
Fjärrstyrning och automation	7
Fjärrstyrning skogsbruk	7
Fjärrstyrning jordbruk.....	8
Arbetsmiljö vid fjärrstyrning och i kontrollrum	9
Fysisk arbetsmiljö	9
Organisatorisk- och social arbetsmiljö.....	10
Kognition och kognitiv arbetsmiljö	10
Figur 1. De tre nivåerna av prestation för operatörer (Rasmussen 1983).....	11
Utformning av kognitiva arbetsmiljöer.....	11
Studiebesök och intervjuer.....	12
Sötåsens naturbruksgymnasium.....	12
Simulator som teknik.....	12
Arbetsmiljö, säkerhet och kognitiv återkoppling.....	12
Bolidens gruva i Garpenberg	13
Utformning av operatörsstationerna i gruvan.....	13
Intervjuer med skogsmaskinförare	15
Informationsbehov i en operatörsstation för skördare och skotare	16
Fördelar och nackdelar med fjärrstyrning	16
Intervjuer med lantbrukare	17
Informationsbehov för lantbrukare	17
Fördelar och nackdelar med fjärrstyrning	17
Utformning av en operatörsstation för styrning av skördare och skotare (skogsbruk).....	19
Utformning av en operatörsstation för styrning arbetsmaskiner inom jordbruk	23
Slutsatser	25
Referenslista	26



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 13 augusti 2021 av Gert Andersson, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 1 september 2021.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

Förord

Projektet "Utformning av operatörsstationer för fjärrstyrning inom jord- och skogsbruk" har genomförts av Skogforsk och RISE (enheten Jordbruk och livsmedel) med medel från Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens SLO-fond. Fonden har som syfte att verka för jordbrukets fromma genom att främja ändamålsenlig mekanisering och byggnadsverksamhet inom jord- och skogsbruket med företräde för åtgärder till förbättrande av arbetsmiljön.

Syftet med studien var att skapa kunskap för att utforma framtidens operatörsstationer för fjärrstyrning av arbetsmaskiner inom jord- och skogsbruk. Intervjuer, studiebesök och litteraturstudier har genomförts för att analysera vilka behov operatörerna har och hur de kan tillfredsställas. I den här arbetsrapporten presenteras resultaten från studien och styrkor och svagheter med arbetet i operatörsstationer diskuteras.

Författarna vill rikta ett stort tack till SLO-fonden som möjliggjorde studien och studiebesöken. Vi vill också tacka personal och elever på Sötåsens naturbruksgymnasium, operatörer i Garpenbergs gruva och vår guide Robert Zakhar samt tre anonyma skogsmaskinförare. Slutligen vill vi tacka Troëdssons forskningsstiftelse för möjligheten att bygga upp ett fjärrstyrningslaboratorium utanför Uppsala.

Uppsala den 18 juni 2021

Författarna genom Linnea Hansson

Sammanfattning

Ökad automation i kombination med fjärrstyrning av maskiner sker på bred front inom industrin och är också aktuellt inom jord- och skogsbruk. Automation och fjärrstyrning kan innebära stora förändringar som i sin tur kan medföra förbättring av arbetsmiljön för operatörerna, samtidigt som en högre produktivitet kan erhållas. Idag exponeras maskinförarna ofta för skadliga nivåer av helkroppsvibrationer och riskerar olycksfall genom arbetet i och utanför maskinhytten, till exempel vid i- och urstigning. Därtill är arbetet också ensamt, eftersom operatörerna sitter själva i en hytt ute på fälten eller i skogen.

Syftet med detta projekt var att ta fram underlag och sammanställa kunskap som behövs för att utforma framtidens operatörsstationer för fjärrstyrning av arbetsmaskiner inom jord- och skogsbruk. Detta har gjorts genom intervjuer, studiebesök och litteraturstudier för att analysera vilka behov som operatörerna har och hur de kan tillfredsställas. Ett delmål var att göra en behovsanalys och specifikation av operatörsstationer för fjärrstyrning inom jord- och skogsbruk.

Litteraturstudien visade att det finns god vetskap om hur man utformar en operatörsstation utifrån fysiska, haptiska (känsl), kognitiva, sociala och organisatoriska aspekter. Det är viktigt att det finns möjlighet till individanpassning av skärmar och spakar samt valmöjligheter i informationsförmedlingen, till exempel vad som ska indikeras med ljud, ljus, eller vibrationer. Arbetet i operatörsstationer kan innebära nya arbetsmiljöutmaningar som till exempel för mycket stillasittande, ansträngande ljusmiljö vid arbete med bildskärmar eller illamående vid arbete med VR-glasögon.

För både jord- och skogsbruk finns ett behov att utveckla sensorer, utöver bildinformation, som kan ersätta kognitiv och haptisk information som föraren har tillgång till på plats i maskinen. Denna information är viktig för att operatören ska kunna utföra sitt arbete på ett effektivt och säkert sätt. De intervjuade maskinförarna hade många förslag på hur informationsbehovet för att utföra arbetet i en operatörsstation kunde tillgodoses. En lärdom från intervjuerna med operatörerna i Garpenbergs gruva var dock att de inte hade samma informationsbehov som de hade trott sig behöva, när de väl började köra fjärrstyrt.

Eftersom fjärrstyrningssystemet är komplext och kräver hög säkerhet och tillförlitlighet blir teknikutvecklingen dyr och kan därför inte motiveras enbart utifrån förbättrad arbetsmiljö. Genom att kombinera en högre grad av autonoma moment med fjärrstyrning kan dock tekniken bli intressant inom både jord- och skogsbruk om det innebär att produktiviteten samtidigt kan höjas, till exempel genom att samma operatör kan köra (övervaka) flera maskiner/skyttlar samtidigt, eller kan utföra olika arbetsuppgifter simultant.

Summary

The degree of automation, together with teleoperation, is increasing on a broad front in industry, and also in agriculture and forestry. Automation and teleoperation can bring major changes, improving the work environment for operators and increasing productivity. Today, machine operators are often exposed to harmful levels of whole-body vibrations and risk of accidents through work in and outside the cabin, for example when climbing the machine to enter or exit the cabin. The work is also lonely, as the operator sits alone in a cabin out in the field or forest.

The aim of this project was to produce data and compile the knowledge required to design future control stations for teleoperated machines in agriculture and forestry. Operator requirements, and how these could be satisfied, were identified through interviews, study visits, and literature studies. Another objective was to carry out a needs analysis and develop specifications for teleoperation control stations in agriculture and forestry.

The literature study gave fundamental insights into the design of an operator station in terms of physical, sensory, cognitive, social, and organisational aspects. It is important that monitors and joysticks can be adapted to the individual operator, and that options are available regarding how to present information, such as what is to be indicated with sound, light, or vibrations. Operator stations can entail new work environment challenges, such as long periods of seated work, a strenuous light environment when working with monitors, or nausea when working with VR headsets.

In addition to the necessary graphical information, there is a need both in agriculture and forestry for sensors that can replace sensory information that the operator has access to in the machine. This information is important if the operator is to be able to perform the work efficiently and safely.

The interviewed machine operators had many suggestions for how to satisfy the information need when working from a teleoperation control station. Interestingly, one aspect brought up during interviews with machine operators in Garpenberg mine was that, when they started to work with teleoperation, they required less information than they expected.

Because the teleoperation system is complex and requires high levels of safety and reliability, the technological development is expensive and cannot be justified solely on the basis of an improved work environment. However, by combining a higher degree of autonomous work elements with teleoperation, the technology can be of interest in both agriculture and forestry if it also leads to greater productivity. This could be possible if, for example, the operator can operate (monitor) several machines/shuttles simultaneously or perform different work tasks simultaneously.

Introduktion

Dagens skogs- och jordbruk är högteknologiskt med avancerade maskiner som har hög produktionskapacitet om deras fulla tekniska potential utnyttjas och nyttjandegraden är hög (Björheden m.fl. 2019). Det ställer höga krav på maskinförarna både när det gäller kognitivt arbete och långa arbetspass i skift (Lindroos m.fl. 2017). Arbetsmiljön i maskinerna är dock fortfarande långt ifrån optimal då förarna ofta är utsatta för påtagliga helkroppsvibrationer, vilka är skadliga för hälsan och därigenom ett stort arbetsmiljöproblem (Benos m.fl. 2020). Dessutom är maskinerna stora och momentet att kliva i och ur en maskin innebär en risk för fallolyckor (Caffaro m.fl. 2018). Arbetet är även ensamt, då operatörerna måste utföra arbetet från sin hytt ute på fälten eller i skogen.

För att hantera helkroppsvibrationer utrustas skogsmaskinerna med alltmer avancerade system för att dämpa både förarstolen och hela hytten, vilket leder till att maskinerna blir dyrare och tyngre. Utformningen av dagens maskiner styrs av att det ska finnas en hytt som erbjuder föraren bra sikt, säkerhet och en relativt bekväm arbetsmiljö. Målen uppnås dock endast delvis och kommer i konflikt med varandra och andra maskinegenskaper. Som ett exempel täcktes rutorna på skogsmaskinerna tidigare av galler för att skydda föraren. Idag används i stället säkerhetsrutor av polykarbonat vilket förbättrar sikten, men inte ger samma skydd. Det sker varje år ett antal olyckor och tillbud där skördaren matar stockar in i hytten eller skotaren tappar stockar som träffar hytten med allvarliga konsekvenser som följd¹. Ett annat exempel är att maskinegenskaper som förbättrar framkomligheten i terrängen, såsom hög markfrigång och stålband på hjulen, samtidigt leder till högre doser av helkroppsvibrationer. Inom jordbruket har helkroppsvibrationer hanterats genom utveckling av olika typer av fjädring vid axlar, hytt och stol (Adolfsson 2009). Graden av helkroppsvibrationer påverkas dock av ett större antal faktorer som typ av traktor och dess ålder, underlag, individuell körstil och typ av tillhörande redskap (Kwaku Essien m.fl. 2018).

Med fjärrstyrning kan arbetet flyttas till bekvämare operatörsstationer där två eller flera operatörer kan dela samma lokal. Det skulle innebära ökad social samvaro och en möjlighet att överföra kunskap mellan erfaren och ny personal. Det kan i sin tur öppna upp branschen för nya grupper av människor, vilket kan underlätta rekryteringen och bidra till mer jämställda arbetsplatser i jord- och skogsbruket på sikt.

Vid arbete från operatörsstationer undviks många av de risker och problem som det innebär att sitta i en förarhytt. Operatörerna utsätts inte längre för vibrationer och de har inte behov att klättra på maskinerna för att ta sig i och ur hytten. De kommer också på säkert avstånd från arbetsredskap och liknande. En fördel är att placeringen av kameror på en fjärrstyrd maskin går att optimera bättre efter behoven av visuell information än vad som är praktiskt möjligt med fönster i en förarhytt. Till exempel kan kameror sättas högt upp för att ge en bra överblick eller placeras ute på en kran eller redskap för att ge en detaljerad bild.

Det är viktigt att förstå konsekvensen för maskinföraren i de nya miljöerna i god tid innan implementering för att förhindra att nya arbetsmiljöproblem uppstår. Följande kapitel beskriver fjärrstyrning- och automation i skogs- och jordbruk samt sammanfattar vilka grundläggande krav och behov det finns när det gäller arbete i operatörsstationer. Därefter följer en sammanställning av intervjuer som är gjorda med maskinförare inom skogsbruk (skördare och skotare) samt fyra lantbrukare med olika inriktning. Slutligen presenteras förslag på utformning av operatörsstationer i jord- och skogsbruk.

¹https://www.skogforsk.se/cd_20190114162357/contentassets/eeca38f21c754388893826d5eaf7b660/manga-mojliga-orsaker-till-trasiga-rutor-utdrag-ur-vision-1-2015.pdf

Fjärrstyrning och automation

I dagsläget pågår en utveckling i jord- och skogsbruket mot alltmer avancerade förarstöd och högre grad av automation. När föraren inte längre behövs för att styra varje aspekt av maskinen kommer behovet av att ha en förare på plats i maskinen att minska.

Automationen av arbetsuppgifter går snabbt framåt men det är sannolikt att människor också framöver kommer att vara direkt inblandade i delar av maskinstyrningen inom jord- och skogsbruk. Fjärrstyrning kan användas som ett medel för att låta automatiseringen gå stegvis, där föraren fortfarande kan göra de moment som är mest komplicerade att automatisera. Fjärrstyrningen ger möjlighet att samtidigt utnyttja många viktiga fördelar med att föraren frigörs från maskinen som bättre arbetsmiljö och att en förare kan styra flera maskiner. Att hytten kan tas bort från maskinerna innebär nya möjligheter i maskinutformningen.

Fjärrstyrning av arbetsmaskiner har på senare tid kommit att användas inom flera olika branscher, där den svenska gruvindustrin har varit en föregångare. Där har 5G, den senaste generationen av mobilnät, implementerats för att möjliggöra kommunikationen och bildöverföringen till operatörsstationen.

Användandet av fjärrstyrning för skogs- och jordbruksmaskiner innebär att arbetsmiljön för förarna kan förbättras. Att sitta i en väl anpassad arbetsstation medför att föraren kan få en bättre arbetsmiljö avseende ljud, vibrationer, stötar, temperatur, damm och kemiska substanser. Fjärrstyrning kan även motiveras av andra arbetsmiljöskäl, till exempel i situationer då det är farligt att sitta i maskinen och köra. Det är inte särskilt vanligt för jordbruksmaskiner, men förekommer i angränsande applikationer som gräsklippning i branta väglänter. Även i skogsbruket utgör avverkning i brant terräng en risk och i andra branscher finns exempel som rasrisk i underjordiska gruvor.

Nackdelen med fjärrstyrning är att föraren tappar den direkta återkopplingen via syn, känsel, hörsel och lukt. Återkoppling till föraren vid fjärrstyrning sker främst visuellt med kameror och bildskärmar. Det blir svårare för föraren att övervaka och optimera arbetet samt att upptäcka eventuella driftsstörningar och haverier. Driftsstörningar och haverier upptäcks ofta av föraren genom oljud, stötar, vibrationer och lukt förutom den visuella övervakningen. Inställning och optimering av maskiner och redskap sker ofta genom att föraren stannar och utvärderar arbetsresultatet efter maskinen och manuellt ändrar inställningar. Ett fjärrstyrningssystem måste ha sensorer och ställdon för optimering och övervakning av arbetsresultatet samt sensorer som kan upptäcka alla driftsstörningar och haverier.

Fjärrstyrning skogsbruk

Inom skogsbruket har flera utvecklingsprojekt med fjärrstyrning och automation bedrivits de senaste åren och nya projekt planeras. Ett exempel är Auto2² där forskningsutövare, tillsammans med skogsbruket och maskintillverkare, gick ihop för att lägga pusslet som kan leda till att automation och fjärrstyrning kommer i praktisk drift i skogsbruket. Projektet innefattade bland annat teknikutveckling, AI, kommunikation, Big Data, säkerhet, lagar och regler och ledde till att man nu kan fjärrstyra en skotare i Skogforsk testmiljö utanför Uppsala. Andra projektidéer som är under utveckling är att fjärrstyra markberedare eller fjärrövervaka autonoma föryngringsmaskiner³.

Vid skogliga transporter används redan fjärrstyrning i praktiken med ett HiVision-system utvecklat av HIAB⁴. Där styr timmerbilsföraren kranen från lastbilshytten med hjälp av VR-glasögon. Videoströmmen kommer från ett kamerasystem placerat på kranen och skickas till VR-glasögonen via kabel. För föraren innebär det en bättre arbetsmiljö och att riskfyllda arbetsmoment som att klättra upp till kranhytten minskar. HiVision-systemet

² <https://www.skogforsk.se/nyheter/2018/nytt-projekt-ska-utveckla-sjalvstyrande-skogsmaskiner/>

³ <https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/trycksaker/2020/vision-3---2020/>

⁴ <https://www.hiab.com/sv/digitala-losningar/hivision/hivision-for-skogsarbete>

är ett exempel på att avancerat kranarbete genom fjärrstyrning är möjligt att genomföra. Ytterligare ett exempel på fjärrstyrning inom skogsbruket kommer från Nya Zeeland. Där har Applied Teleoperation Ltd.⁵ utvecklat teknik för att fjärrstyra fällare-läggare som används i brant terräng. Föraren sitter då vid en operatörsstation på plan mark.

Skogsmaskiner har på några sätt bättre förutsättningar än till exempel jordbruksmaskiner att fjärrstyras, men har i stället andra utmaningar. Skogsmaskinerna är specialiserade på en uppgift och körs i skift med många arbetstimmar per år, vilket gör det lättare att driva teknikutvecklingen inom fjärrstyrning. De stora utmaningarna för fjärrstyrda och/eller autonoma skogsmaskiner är att få maskinerna tillräckligt robusta då de idag behöver ständigt underhåll av en operatör på plats. Kameror, övervakningssystem och dataöverföringsteknik måste också klara de tuffa förhållanden som gäller i skogen, med till exempel dålig mobiltäckning och dämpade GPS-signaler, nedfallande grenar och kvistar, sågspån, snö, regn och smuts. Maskinerna körs i svår terräng med stora stenar, stubbar och i områden med dålig bärighet vilket är utmanande med fjärrstyrning.

Fjärrstyrning jordbruk

Inom jordbruket kan det vara aktuellt med fjärrstyrning av traktorer, skördetröskor, lastmaskiner och andra självgående maskiner såsom fälthackar, slåttermaskiner, växtskyddssprutor och betupptagare. För att ekonomiskt motivera införandet av fjärrstyrning, genom ökning av produktiviteten, krävs att jordbruksmaskinerna har viss autonomi så att en förare kan sköta flera traktorer/maskiner samtidigt. Föraren/operatören främsta uppgift är då att övervaka maskinerna. Idag finns redan autostyrning med vändtegsautomatik som sköter framförandet av traktorer och redskap. Nuvarande system förutsätter dock att en förare övervakar och ansvarar för traktor och redskap.

Vid körning med jordbruksmaskiner i hög hastighet på ojämn mark kan det förekomma höga nivåer av vibrationer och stötar. Hög hastighet kan eftersträvas för att få hög kapacitet på arbetet eller för att redskap ska fungera optimalt. Marken kan vara ojämn efter tidigare jordbearbetning eller hjulspår, som en följd av att bearbetning och körning har skett när det varit för torrt eller blött. Nivån av vibrationer och stötar kan oftast hållas på en acceptabel nivå för föraren genom att anpassa körriktningen längs spår och ojämnheter och/eller sänka hastigheten. Idag minskas känsligheten för ojämnheter genom att jordbruksmaskinerna utrustas med breda däck med lågt däckstryck, samt fjädring av chassi och hytt.

Traktorer och maskiner i jordbruket används med olika redskap beroende på arbetsuppgift. Fjärrstyrningssystemet kan därför bli mycket komplext om det skall klara av att styra och övervaka alla varianter av maskiner och redskap. Å andra sidan är terrängen lättare än i skogsmiljön med slätare mark, tydligt avgränsade ytor och med få hinder. Avstånden för att utföra eventuella serviceåtgärder är också kortare än inom skogsbruket.

Jordbrukets maskiner körs avsevärt mindre än skogsmaskiner. Vid beräkning av maskinkostnader används traktorer 650 timmar/år vid normal användning (Hushållningssällskapet, 2018). Övriga självgående maskiner inom jordbruket används 100 – 300 timmar/år vid normal användning. Under högsäsong är det dock vanligt att arbetsdagarna är långa.

Traktorer och maskiner används på många olika fält och transporteras mellan fälten dagligen, ofta längs allmän väg. Fjärrstyrning vid transportkörning ställer högre krav på fjärrstyrningssystemet avseende tidsfördröjningar och tillförlitlighet än det operativa arbetet på fälten. Om fjärrstyrningen skulle upphöra att fungera måste jordbruksmaskinen kunna stanna på ett säkert sätt. I trafiklagstiftningen finns krav på att föraren alltid ska ha kontroll över sitt fordon, både vid vägtrafik och terrängkörning.

⁵ <https://www.appliedteleoperation.co.nz/full-teleoperation/>

Denna lagstiftning måste förändras om helautonoma fordon ska kunna användas i framtiden.

Arbetsmiljö vid fjärrstyrning och i kontrollrum

Arbetsmiljö inkluderar alla faktorer som påverkar medarbetarens situation och omgivning (Sandblad m.fl. 2018). Den fysiska arbetsmiljön och den sociala arbetsmiljön är mer beforskad medan de kognitiva arbetsmiljöfaktorerna fortfarande är relativt okända. De påverkande arbetsmiljöfaktorerna kan ge olika negativa effekter på olika medarbetare samtidigt som faktorerna även kan samverka. Exempelvis kan kognitiva och sociala arbetsmiljöfaktorer resultera i negativa fysiska effekter för medarbetaren. Ett kontrollrum med fjärrstyrande arbetsuppgifter ställer krav på både fysiska och icke fysiska aspekter, likväl som direkta och indirekta aspekter. Exempel på föreskrifter som reglerar arbetsmiljön i fjärrstyrda operatörsstationer är AFS 1998:5 *Arbete vid bildskärm*, AFS 2012:2 *Belastningsergonomi* och AFS 2015:4 *Organisatorisk och social arbetsmiljö*.

Den fysiska arbetsmiljön inkluderar faktorer såsom ljus, ljud, fysisk belastning, temperatur och vibrationer (Sandblad m.fl. 2018). I en fjärrstyrd arbetsmiljö där fjärrstyrningen sker utifrån en bod med efterliknande kontorsegenskaper kan bland annat dessa regleringar vara aktuella: AFS 2012:2 *Belastningsergonomi*, AFS 1997:2 *Arbete i stark värme* och AFS 2005:16 *Buller*. I AFS 2009:2 *Arbetsplatsens utformning* går det att finna föreskrifter gällande luft och belysning.

AFS 1998:5 *Arbete vid bildskärm* reglerar både den fysiska kontexten i relation till arbetet såsom tangentbord, mus, arbetsställning och arbetsrörelser, men även kognitiva aspekter som radavstånd, typsnitt och typsnittsstorlek på skärm (Arbetsmiljöverket 1998). Föreskriften tar även upp aspekter som härrör till den organisatoriska strukturen och arbetsorganisering. Ett bildskärmsarbete som är "starkt styrt eller bundet i fysiskt eller psykiskt avseende" samt upprepas på ett ensidigt sätt får inte förekomma (Arbetsmiljöverket, 1998, sid 4).

Farliga belastningar innefattar hög belastning, repetitiv arbetsrörelse, statiskt muskelarbete samt belastning av ensidig karaktär (Arbetsmiljöverket 2012). Den belastningsergonomiska föreskriften (AFS 2012:2) tar upp områden som manuell hantering och arbetsmiljö vid kontorsarbete. Även mycket lågfrekvent belastning kan dock ge upphov till problem.

AFS 2015:4 *Organisatorisk och social arbetsmiljö* syftar till att främja en god arbetsmiljö ur ett organisatoriskt socialt perspektiv (Arbetsmiljöverket 2015). Inom ramen för den organisatoriska arbetsmiljön ingår faktorer som avser hur arbetet leds och styrs, kommunikation inom arbetsorganisationen, medarbetares delaktighet och deras handlingsutrymme, hur arbete fördelas, vilka krav och ansvar medarbetaren har samt vilka resurser denne har för att hantera krav och ansvar.

För att skapa goda och tillfredställande förutsättningar för medarbetaren i dess arbetsmiljö är det viktigt att ta hänsyn till arbetsmiljöpåverkande faktorer redan i utformning av produkten, konceptet- eller processen (Schaub, 2020). Operatörsstation är ett socio-tekniskt system där förutsättningarna för en god arbetsmiljö utarbetas redan i ett designskede. En process som standardiserats för att ta användbarheten i beaktande kallas för användarcentrerad systemdesign, vilket är ett fördjupat angreppssätt som syftar till att öka kunskaperna om systemets användbarhet genom både utvecklingsfasen och hela livscykeln.

Fysisk arbetsmiljö

De fysiska arbetsmiljöfaktorerna har förändrats i och med utvecklingen av maskinellt arbete men förändringen fortsätter också i takt med nya tekniska paradigmer (till exempel IT och digitalisering). Faktorer i den fysiska arbetsmiljön är förhållandevis väldokumenterade och det finns en större ansamlad kunskap hur man kan minska dessa

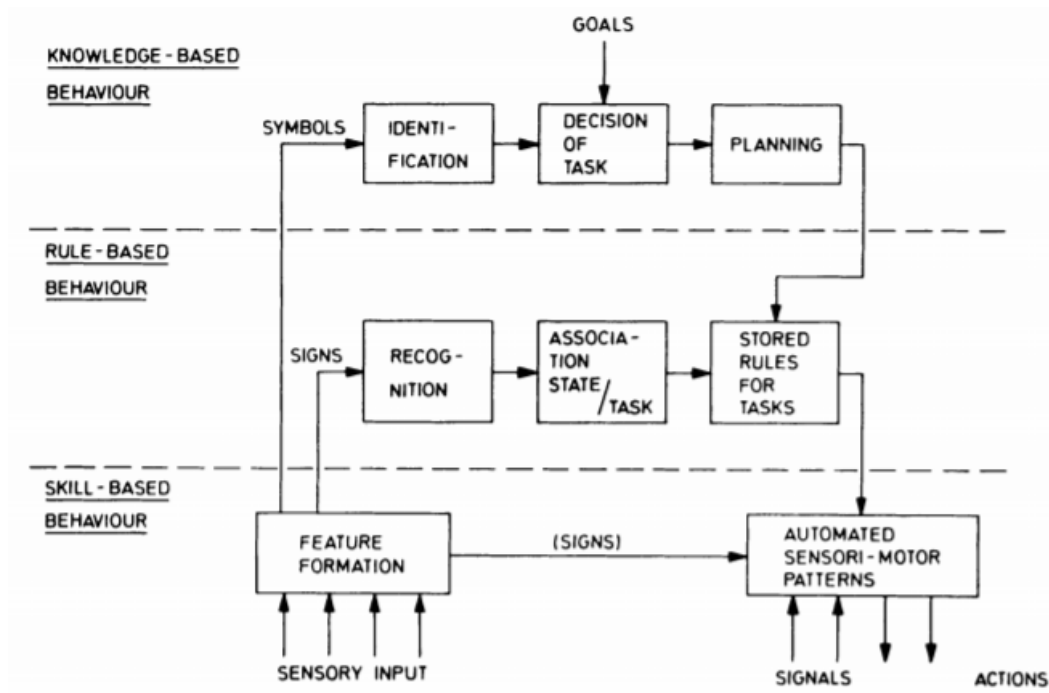
(Sandblad m.fl. 2018). I den fysiska arbetsmiljön är faktorn av stillasittande inkluderat vilket är en orsak till höga frekvenser av ryggbesvär som kan påvisas i den industrialiserade delen av världen (Hägg m.fl., 2010). Att ha möjlighet att variera sina arbetsställningar samt att faktiskt göra det är en nyckel till att minska ryggbesvären, se även kapitlet *Organisatorisk och social arbetsmiljö*. Som Hägg m.fl. (2010, s.177) påtalar, räcker det inte med "momentan subjektiv komfort" för att undvika framtida besvär. Att variera sin arbetsställning inkluderar till exempel att kunna välja att arbeta stående eller sittande, men även att enkelt och snabbt kunna ändra arbetsplatsutformningen. Om det är för svårt att till exempel ändra höjden på en stol, är det möjligt att medarbetaren skapar icke önskvärda arbetssätt.

Organisatorisk- och social arbetsmiljö

En mer digitaliserad och automatiserad miljö påverkar den fysiska såväl som den organisatoriska och sociala arbetsmiljön (tidigare kallad psykosocial arbetsmiljö) där större krav ställs på de organisatoriska delarna och där man behöver se till det socio-tekniska systemet. I det systemet är teknikens användarbarhet av stor vikt, men även integreringen med de sociala systemen som hur arbetet organiseras. Den fysiska arbetsmiljön ska i dessa fall även integreras för att eliminera felaktiga belastningar. Detta kan till exempel hanteras genom arbetsorganisering och rotation av arbetsuppgifter, vilket blir enklare att genomföra i en god social och organisatorisk arbetsmiljö.

Kognition och kognitiv arbetsmiljö

Kognitiv arbetsmiljö berör mental belastning, interaktionen mellan människa och maskin samt mental stress (Gulliksen m.fl. 2015). Den mentala belastningen, interaktionen samt stressen beror i sin tur hur människans kognitiva processer tar in information, uppfattar informationen, bearbetar, beslutar och agerar på den (Osvalder & Ulfvengren 2010). Människan inhämtar information från synen, hörseln, balansen, känslan och det kinetiska sinnet (muskler, sensorer med mera). Den information som vi får från de två sistnämnda brukar tillsammans kallas för haptisk perception. Utifrån den inhämtade informationen skapas sedan, med kort- respektive långtidsminnets hjälp, olika tankesystem och bilder samt responsen som både kan ske medvetet och omedvetet. Människors agerande och respons delas in i tre olika delar nivåer: färdighetsbaserat (sker helt omedvetet), regelbaserat (styrts av regler, rutiner och äldre kunskap) samt kunskapsbaserat (kräver problemlösning genom aktivt tänkande). Hur dessa faktorer relaterar och kopplar samman illustreras i Figur 1.



Figur 1. De tre nivåerna av prestation för operatörer (Rasmussen 1983)

Utformning av kognitiva arbetsmiljöer

I utformning av operatörsstationer är kunskap om mänskliga förutsättningar av stor vikt, både ur ett fysiskt och kognitivt perspektiv. I en mer automatiserad arbetsmiljö utgår ofta ogynnsamma och tungt belastande arbetsmoment mot mer övervakande och beslutsfattande arbetsuppgifter, där gränssnittet mellan operatören och tekniken blir viktigare. Detta gränssnitt blir alltmer komplex genom teknikutvecklingen med bakomliggande automation. I denna situation är det av största vikt att förstå och underlätta för operatörens perception, hur hen behandlar information och agerar på den. Tekniken är representerad av pedaler, skärmar, visuella signaler såsom ljus och ljud, rattar och knappar. I utvecklingen av tekniken är det viktigt att känna till den mentala modell som operatören byggt upp runt arbetsuppgiften. Exempel på detta är de visuella signalerna av rött och grönt som tolkas som på respektive av, eller att när man vrider ett vrede åt höger innebär det att man vrider på en aktivitet.

Studiebesök och intervjuer

Under projektet gjordes två studiebesök, ett på Sötåsen (22 januari 2020) som är ett lantbruksgymnasium där simulatorer används i körutbildningen för jordbrukets maskiner, och ett i Bolidens gruva i Garpenberg (27 februari 2020) där borrhning och lastning av malm sker genom fjärrstyrningen från en operatörsstation under jord. Dessutom intervjuades ett antal skogsmaskinförare och lantbrukare om deras syn på fjärrstyrning och utformning av operatörsstationer.

Sötåsens naturbruksgymnasium

På Sötåsens naturbruksgymnasium, som ligger strax utanför Töreboda i Västra Götaland, finns flera olika utbildningar inom ramen för lantbruk som växtodling, trädgård, lantbrukets produktionsdjur och djurvård. Inom ramen för dessa utbildningar lär sig eleverna att köra traktor, traktor med redskap och tröska. Som ett inledande och första steg i denna utbildning används simulatorer för att skapa en lärandesituation med minimering av olyckor och fysiska risker samt mindre slitage på fysiska maskiner. Simulatorerna medför att lärarna kan undervisa fler elever samtidigt, genom att gå mellan simulatorstationerna, jämfört med att åka med i en fysisk traktor. Detta gör att eleverna får mer mängdträning av krävande moment som backning med släp. Träning i simulator är mer förlåtande gällande att göra fel och är även mindre publikt än körning med en riktig traktor på körgård. Elever upplever den fysiska traktorkörningen som mindre farlig och stressande när de tränat i simulator. Det gäller framför allt elever som är mindre intresserade av maskiner. På skolan finns det ett tiotal traktorsimulatorer samt en trösk-, respektive skogsmaskinssimulator. Eleverna uppskattar möjligheten att kunna boka in sig på simulatorpass efter skoldagens slut med syfte att träna mer. Dock minskar detta intresse i takt med att körkunskaperna i simulatorn ökar och i stället ökar intresset att köra en riktig traktor. Enligt lärare på Sötåsen kan det vara svårt att få studenter som påbörjat sin utbildning med att köra fysiska traktorer att återigen genomföra simulatorutbildning.

Simulator som teknik

Simulatorn modellerar traktor- och redskapsrörelser beroende på förarens agerande och skapar grafik för att återkoppling till föraren. Simulatorerna har grundläggande reglage för att köra som ratt, pedaler, växelväljare samt reglage för trepunktyft, kraftuttag och yttre hydraulik. Återkopplingen till föraren sker genom flera sammansatta bildskärmar som återger sikten framåt och åt sidorna, inklusive backspeglar samt en bildskärm som återger sikten bakåt. Detaljerna i tekniken och vad som ska gå att göra i simulatorn styrs framför allt av beställarkompetensen hos lärarna och utvecklingskostnader för simulatorutvecklaren. Trots en nära dialog med simulatorutvecklaren kan utveckling och förändring av detaljer eller tillägg i simulatorernas programvara ta lång tid. Dessutom sker en prioritering hos utvecklaren när flera olika önskemål inkommer till dem.

Arbetsmiljö, säkerhet och kognitiv återkoppling

Simulatorerna erbjuder en god lärandemiljö med avseende på olika säkerhetsaspekter, där säkerhet vid körning är en del och säkerhetskontroller av maskin är en annan. I simulatorerna tränar eleverna på olika moment som är en förutsättning för en säker körning. Några exempel är uppsikt över omgivningen, riskanalys gällande säkerhetsaspekter såsom att inte köra på omgivande föremål samt medvetandegörande, exempelvis när de framför en maskin med skopa i högt läge samtidigt som de kör på

ojämn mark. Sötåsens simulatorer har inte återföring av all den sensoriska information som en maskinförare normalt har. Vanligtvis använder sig lantbrukare av kunskapsinhämtning genom till exempel vibrationer, stötar, lukt och signaler erhållna genom synfältet. I det utvecklade simulatortekniken var dessa återkopplingar begränsade till bildskärmar och vissa ljud, till exempel motorljud och blinkers.

En slutsats från besöket på Sötåsen är att simulatorerna skulle kunna integrera arbetsmiljö på en djupare nivå än vad som sker idag. Ett exempel är att ha pedagogiska inslag av arbetsmiljö som ligger integrerat i programvaran och som kan innehålla funktion av trösklar som måste klaras av innan man fortskrider till nästa nivå i simulatorprogrammet. Kunskapen bör integreras på ett sätt som är förenligt med pedagogiska kunskaper om människors inlärningssätt. En annan slutsats är att det finns sensoriska signaler som är vanliga inom jordbruket, till exempel haptisk information, som skulle kunna inkluderas i simulatormiljön för att göra utbildningen ännu mer autentisk.

Bolidens gruva i Garpenberg

I Bolidens gruva i Garpenberg har man fjärrstyrt maskiner sedan 2009, men redan före fanns det tillfällen då operatörerna fick gå av för att "midjestyra" maskinen, till exempel vid osäkrade områden där lastaren behövde gå in. De maskiner som fjärrstyrs i dagsläget är borrhuggare och lastmaskiner. Tidigare hade man operatörsstationen ovan jord, men det blev ensamt för de få personer som körde fjärrstyrt. Nu sitter man på 1054 m djup, där det finns många personer under samma skift samt personalrum, mötesrum och liknande. Det är också en fördel att sitta närmare maskinerna om det blir något strul och när de ska ses över (en gång per skift). Operatörerna får då även underjordstillägg på lönen vilket de inte fick när de satt i en station ovan jord. Just lönen och gemenskapen är det som operatörerna beskriver som det bästa med jobbet.

Operatörerna har olika bakgrund men alla har kört maskin i hytt tidigare och gör det även delvis fortfarande. Det är ett krav vid rekrytering att man kan köra maskin och för att köra fjärrstyrt behöver man vara en duktig maskinförare. Det är alltid många sökande på tjänsterna, men det kan ändå vara svårt att hitta rätt personer. Ett exempel som nämndes var att även om det var över hundra sökande på en tjänst var det max fem som hade den erfarenheten de sökte. Personalomsättning är mycket låg och arbetet är välbetalt, speciellt i förhållande till den utbildningsnivå som krävs. Enligt en operatör tog det enbart tre skift att lära sig att köra fjärrstyrt och alla verkade tycka att övergången till fjärrstyrt arbete var mycket positiv. Fördelarna med fjärrstyrning beskrev operatörerna som att de slapp helkroppsvibrationer, var mer utvilade efter arbetsdagens slut, att de inte utsätts för gaser, damm och asbest samt slipper ha mask på sig. De tyckte också att det är skönt att inte behöva hoppa i och ur maskinen många gånger per dag. I gruvgångarna går de annars ur maskinerna i osäkrat område och kör maskinen med en fjärrkontroll på en säker plats i maskinens närhet. De uppskattade dock att ibland köra ett pass i maskinen för omväxlings skull.

Utformning av operatörsstationerna i gruvan

Fysisk arbetsmiljö

Den fysiska arbetsmiljön på stationen var avsevärt bättre än ute i gruvgångarna. I själva gruvan är det varmt och mycket fuktigt, men temperatur och luftfuktighet upplevdes som i en normal kontorsmiljö på stationen. Luften kändes lite instängd, men var avsevärt bättre än i resten av gruvan. Ljudförhållandena var också mycket bättre på stationen än i gruvan, där dubbla hörselskydd behövs för att klara arbetet.

Förarplatserna i operatörsstationen är en kopia av hur den ser ut i hytten på maskinen, men nu finns också nya stationer utan pedaler. Vissa små skillnader kunde också finnas som till exempel att hållet man förde joysticken var tvärt emot hur det var i maskinen.

Vid operatörsstationen fanns ljudåtergivning via en mikrofon som satt tillsammans med kameran på maskinen. När fjärrstyrningen var ny förväntade sig operatörerna att ljud skulle vara viktigt, men den dåliga placeringen av mikrofonen gjorde att de inte hörde det de förväntade sig vilket gav ett för lågt informationsvärde och ledde till att operatörerna stängde av funktionen. En operatör funderade på hur det möjligen skulle fungerat att ha mikrofonen i hytten i stället, om ljudet då skulle bli mer användbart.

Något förvånande jobbade operatörerna helt i mörker (Figur 2). Det fanns lampor att tända som i en vanlig kontorsmiljö, men de upplevde ljuset som störande för ögonen på grund av taklampornas placering. Operatörerna försökte på eget initiativ att resa sig från operatörssolen "någon gång i timmen". Utöver den dagliga översynen av maskinen fanns inga andra organisatoriska initiativ för att bryta de långa perioderna av stillasittande arbete.



Figur 2. Operatörerna i Bolidens gruva i Garpenberg föredrog att arbeta i mörker. Det var tillåtet att titta på film under arbetet, men de fick betala sina egna streamingtjänster. Översta bilden: På skärmen i mitten syns en bild från där maskinen befinner sig i gruvgången. Runt omkring och på skärmen till höger finns animerade bilder av maskinen i olika vinklar. Nedersta bilden: pedalerna som hörde till operatörsstationen och imiterade dem i maskinen.

Varje operatör som körde lastmaskiner hade fyra bildskärmar till sitt förfogande men enbart ett par av dessa användes för att köra maskinen (Figur 2). De som borrade hade två skärmar med olika bilder. Förarna tyckte att siktområdet var tillräckligt trots att de som körde lastaren bara hade en bild på en halv skärm. Utöver bilden från kameran på lastaren fanns animerade översiktsbilder (Figur 2). Till vänster illustrerades maskinen ovanifrån med laserskanning av gruvgången och maskinen inritad. Till höger fanns yta för fel/varningar samt maskinlutning i alla riktningar med ikoner. Ett problem som nämndes var att bilden inte visades korrekt förrän lastaren stod still, det vill säga förrän den visade 0 km/h. Vid fjärrstyrning av borrarerna såg operatörerna animerade bilder med borrhinkel och så vidare. Där visades varningarna i förbestämda rutor likt instrumentpanelen i en bil. Ansättning av hål kunde planeras och utföras automatiskt av borrarerna. Även kronbyten kan ställas in att ske efter visst antal borrhinkel.

På skärmarna för lastarna fanns också olika nivå- och hastighetsmätare, varvräknare, samt en förenklad karta med förinställda punkter där operatör kunde välja mellan vilka maskinen skulle köra autonomt. Huvudrutten (rörelsebanan) i gruvgången skapades/finjusterades manuellt av en tekniker. Systemet visade en procentsats (0–100 procent) som påvisade hur väl maskinen kände igen sig då den körde längs rutten och om procentsatsen föll för mycket blev siffran röd som en varning. Operatörerna behövde alltså hålla koll på bilderna även när maskinen körde autonomt i gruvgången. En brist i kamerans placering på lastarna var att operatörerna inte kunde se på bilderna var eventuella tappade stenar på marken låg. De körde därför alltid med skopan några decimeter från marken för att upptäcka dessa i tid så att maskinen inte skulle välta om hjulen körde på stenarna. En linjelaser på två meters höjd användes också för att detektera hinder. Om något objekt upptäcktes stannade maskinen automatiskt. Borrarerna hade ingen liknande funktion.

Tidsförskjutning upplevdes inte som något problem då systemet fungerade som det skulle men när systemen krånglade så att en större tidsförskjutning än normalt uppstod upplevdes det som obehagligt. Om svarstiden i systemet blev för lång stängde dock säkerhetssystemet av maskinen. Bilderna kunde ibland bli pixliga om det fanns störningar i wifi-nätverket. Maskinens arbetsbelysning skapade problem för kamerorna. De maskindelar som var hårt belysta överexponerades kraftigt. En lastare använde därför en ljusramp som skärmade av ljusbilden så att den inte lyste på baksidan av skopan.

Kamerorna på lastarna satt under tak men hade ingen automatisk rengöring utan de rengjordes manuellt vid den dagliga översynen av maskinen. Borrkamerorna hade dock torkarblad eftersom det även sprutade mycket vatten vid borrarningen. Borrkamerorna var också mer avancerade och hade servomotorer och zoom. Oljeläckage och liknande driftsproblem var svårt att se från kamerorna, och det fanns risk att de inte märktes förrän det läckt ganska mycket och systemet varnade för lågt tryck/nivå. Maskinerna tankades en gång per skift av annan personal än operatörerna.

Intervjuer med skogsmaskinförare

Tre skogsmaskinförare som kört skördare och skotare i 5–20 år intervjuades våren 2020 om arbetet och vilket informationsbehov de trodde sig ha för att köra maskinerna fjärrstyrt. Det bästa med jobbet i maskinerna tyckte de var tillfredsställelsen att ha en apparat som styrs som ens förlängda arm och att få direkt feedback, ett kvitto på det man gör direkt (vad de producerat under dagen). De uppskattade också friheten att vara ute i skog och mark och inte sitta inlåst på ett kontor samt att kunna styra arbetet själv och jobba när de vill. Det sämsta med jobbet beskrev en förare som en massa bilåkande och att de får skulden när det blir fel, fast planeraren gjort oklara instruktioner i traktordirektiven. En annan tyckte det smutsiga reparationsjobbet med hydrauloljor och liknande var tråkigt, men tyckte också att det kunde vara kul att lösa avancerade tekniska fel. Den tredje tyckte att arbetet kunde bli enformigt i längden.

Informationsbehov i en operatörsstation för skördare och skotare

På frågan vilket informationsbehov de trodde sig ha i en operatörsstation svarade en att någon typ av djupseende var viktigt i en skördare, eftersom det annars blir stora utmaningar med fällriktning och så vidare. Förstärkt feedback (forced feedback), till exempel med haptiska signaler, när man hanterar kranen borde vara användbart. När trädet börjar falla måste man kunna anpassa aggregatets position och då är det bra om man "känner" hur trädet faller i spaken. Handkontrollerna behöver inte se ut som i dagens maskiner utan kan vara mer som till ett TV-spel. En annan lyfte också fram djupseendet för skördaren, men trodde att man kunde klara sig utan det vid skotningen. Vid skörd är det viktigt att kunna se stående skog med bra upplösning (krökar med mera) och om träden är rötade eller inte. Det får inte vara sämre sikt än från hytten. För en skördarförare är det också bra att se längd, diameter, sortiment och prognos medan trädet matar fram, kanske i en head-up display. När föraren trycker på gaspedalen kan GPS-kartan komma fram i stället (liknande lösningar finns redan i vissa maskiner idag). Backkamera är nödvändigt och varningar bör komma både med bild och ljud.

I skotaren ville en förare ha en slirningsindikator, en lutningsindikator samt ha koll på vibrationer i maskinen så att hastigheten kan anpassas efter vad som är bra för maskinen. Det är positivt om maskinen automatiskt går ner i hastighet om lutningen eller vibrationerna passerar ett visst värde. Komatsu hade tidigare "loadflex" som anpassade maxhastigheten efter aktuell last. Vid skotningen uttrycktes önskemål om att se på skärmarna hur mycket virke och vilket sortiment som finns inom de närmaste 100 metrarna. Det är också bra med någon typ av planeringsstöd som föreslår rutter och turordning. Om skördaren har lagrat viss information om till exempel dålig bärighet eller sidolutning kan man i skotaren bli förvarnad om det. En förare föreslog att det skulle vara användbart att se en översiktsskild från ovan som kommer från en drönare som automatiskt följer maskinen.

På frågan om de föredrog viss information som ljud eller vibrationer, i stället för eller i kombination med visuell information, svarade de att det var bra om användaren själv kunde ställa in hur de vill ha informationen. I dagens skördare piper det till exempel för att indikera vilket som är nästa sortiment. Varning för levande varelser inom arbetsområdet skulle vara bra att ha som ljud liksom hydraulhaveri, allvarliga tekniska problem, varning för korta avstånd till luftledning, fasta byggnader eller vägar. Vibrationer skulle kunna användas att varna att indikatorerna (för lutning, maskinvibrationer) är på orange nivå medan maskinen skulle stanna automatisk om man kom till röd nivå.

Ytterligare önskemål som framkom var att det skulle vara bra att ha en väderapp med en speciell varning för vindbyar. En förare uttryckte att hen hellre ville jobba med bildskärmar än VR-glasögon och då gärna ha en bildskärm för varje ruta på maskinen.

Fördelar och nackdelar med fjärrstyrning

Fördelarna med fjärrstyrning tyckte en förare var att man kunde attrahera fler och annat folk till branschen, att maskinerna skulle kunna utnyttjas dygnet runt och att kostnader för bilåkande sparas in. I dagsläget tar man jobb som finns i närheten men med fjärrstyrning öppnas möjligheter att jobba på helt andra ställen. Det är också lättare att gå runt i ett kontorslandskap och ge feedback eller hjälpa varandra att lösa problem. Idag när en förare stöter på problem är det oftast ingen i närheten som kan hjälpa till. Att sitta tillsammans och köra gör också att nya förare kan lära sig jobbet snabbare och därigenom bli lönsamma fortare. Förare pekade också på att det är positivt att man slipper helkroppsvibrationerna och den fysiska belastningen i maskinerna samt kan välja om man vill sitta eller stå när man jobbar. Det tar också bort skaderisker som arbete i brant terräng, stockar genom rutan och fallolyckor. En förare nämnde fördelen med fjärrstyrning i kombination med automation där till exempel en skördare skulle kunna lasta direkt på en autonom skyttel som kör ut virket till avlägget. En ansåg att bolagsmark

i norra Sverige skulle ha mest att tjäna på att introducera fjärrstyrning, eftersom de har stora avverkningar och stora avstånd till där förarna bor.

Nackdelarna med fjärrstyrning som lyftes fram var att man tappar känslan av att man faktiskt kör en stor maskin och att dagens maskinförare inte vill sitta i en kontorsmiljö utan vill vara på plats i skogen. Problemen som finns i dag med ständigt underhåll av hydraulslangar och liknade samt bristande uppkoppling/täckning tror förarna att det till stor del går att bygga bort. Systemen kan ändå bli sårbara, med risk för långa driftstopp om något ändå går sönder vilket gör att den tekniska utnyttjandegraden och produktiviteten kan gå ner och kostnaderna gå upp. Förarna ser en risk med att inte få en direkt fysisk upplevelse av virkesproduktionen, vilket de i dagsläget tycker är stimulerande. Det är därför viktigt att inkludera något i fjärrstyrningsmiljön så att operatören får uppleva den positiva känslan av produktionen. Ett förslag var till exempel att bonusar visas på skärmen för saker som premieras i systemet så att man får positiva kickar, som i ett TV-spel. Det kan trigga förarna att göra ett bra jobb och skulle också kunna ha en direkt koppling till påslag på lönen eller andra förmåner.

Intervjuer med lantbrukare

Fyra lantbrukare med olika produktionsinriktningar intervjuades. Deras olika inriktningar var konventionell spannmålsodling, ekologisk spannmålsodling, mjölkproduktion samt svinproduktion. En av lantbrukarna driver även entreprenad där hen utnyttjar sina maskiner.

Informationsbehov för lantbrukare

Den återkoppling och information som enligt lantbrukarna i första hand krävdes för att köra fjärrstyrt var ett flertal kameror som visade körområdet, samt kameror för att se att redskapen fungerar som de ska. De föredrog visning på en eller flera skärmar samtidigt från samtliga kameror för att kunna se förändringar direkt, utan att behöva bläddra mellan olika kameravyer. Den data som normalt visas i traktorerna från traktorn och redskapen (ISOBUS) behöver också visas för operatören på skärmarna.

I traktorn eller maskinen får föraren även återkoppling via känsel, hörsel och lukt. Dessa sinnen kan vara viktiga för att upptäcka problem eller haverier på maskiner och redskap. Det kan krävas olika sensorer för att upptäcka problem eller haverier och sedan larma. Lantbrukarna uppgav att det ofta förekommer irrelevanta varningar i dagens maskiner, framför allt olika typer av varningsljud. Det är därför viktigt att rätt information och de viktigaste varningarna prioriteras i en operatörsstation.

Fördelar och nackdelar med fjärrstyrning

Fördelar:

En fördel som lantbrukarna såg med fjärrstyrning var att kunna variera sin arbetsställning genom att växla mellan sittande och stående. Under vårbruk, vallskörd och höstbruk (spannmålsskörd och höstsådd) förekommer långa stillasittande arbetsdagar med upp till 14–16 timmar per dag, vilket känns i kroppen. Verksamheten är väderberoende och när väderprognoser visar på ogynnsamt väder kan även längre arbetsdagar förekomma. Beroende på arbetsuppgift kan kortare avbrott i körningen förekomma, till exempel när utsäde eller gödning ska fyllas på, men andra uppgifter medför många timmars körning utan att lämna hytten. Alla intervjuade använde autostyrning, vilket uppgavs vara en stor förbättring av arbetsmiljön med minskade besvär i axlar och nacke och att de blir mindre trötta efter en lång arbetsdag.

Förutom att det blir långa perioder stillasittande så ansågs komforten vara mycket bra i moderna traktorer med klimatanläggning, bra ljudisolering, luftfjädrade ventilerade stolar, hyttfjädring, framaxelfjädring och autostyrning. Enbart förbättrad arbetsmiljö

genom att kunna växla arbetsställning bedömdes inte vara tillräckligt för att motivera införandet av fjärrstyrning. Fjärrstyrningen ansågs däremot intressant om den kombineras med utökad automation/autonomi så att produktiviteten kan ökas genom att en förare kan köra (övervaka) flera maskiner samtidigt eller utföra olika arbetsuppgifter simultant. Då sågs även möjligheter med flera mindre maskiner med mindre markpackning och ökad avkastning.

Nackdelar:

Samtliga lantbrukare ansåg att det blir svårare att bedöma arbetsresultatet vid fjärrstyrning eftersom de tappar närheten till utförandet. De ansåg att det var väsentlig att vara på plats för att övervaka och utvärdera resultatet och att det var viktigt att känna och sparka i jorden vid jordbearbetning eller kontrollera sådjupet. Även om det finns sensorer som mäter bearbetningsdjup behöver inställningarna kalibreras manuellt. Lantbrukarna såg också en risk för att längre stillestånd skulle uppstå, då det tar tid att förflytta sig från operatörsstation till maskin för att till exempel plocka bort sten eller rensa stopp på skärbord eller i radhackan. Operatörsstationen för fjärrstyrning av jordbruksmaskiner behöver därför vara nära maskinen för snabb problemlösning och för påfyllning av insatsvaror, vilket medför att många förflyttningar av stationen skulle krävas. En lantbrukare uppgav att han gillade att köra traktor och kunde inte tänka sig att köra via datorn från kontoret.

Fjärrstyrningssystemet är ett komplext system som kräver hög säkerhet och tillförlitlighet och blir svårt att motivera ekonomiskt om inte produktiviteten samtidigt höjs. Förbättringen av arbetsmiljön bedöms inte vara tillräcklig för att motivera fjärrstyrning.

Utformning av en operatörsstation för styrning av skördare och skotare (skogsbruk)

På Skogforsk pågår en process där ett fjärrstyrningslabb byggs upp, vilket har inneburit utformning och införskaffande av utrustning för fjärrstyrning av skogsmaskiner. Utrustningen består av två huvudsakliga delar: komponenter som monteras på maskinen (kameror och kommunikationsutrustning) och en mobil operatörsstation som inryms i en manskapsbod (Figur 3). Operatörsstationen har också utformats för att kunna byggas om för att tillgodose behov i olika tillämpningar. Bodens är 2,5 m x 8 m och har fönster på kortsidorna. Kamerorna och övrig utrustning kan anpassas för att monteras på olika typer av maskiner och täcka olika behov till exempel i antal kameror bildvinklar och så vidare. Arbetsplatsen består av en kontorsstol med reglage från en Komatsu engreppsskördare. Reglagen har minispakar med fem knappar på varje spak och ett stort antal knappar på ”knappaletten”. Tre 65-tums skärmar är uppställda på högkant bredvid varandra och ger en god överblick över arbetsområdet från maskinens olika kameror (Figur 4). Det är också möjligt att utföra arbetet med ett VR-headset. Styrning av maskinen sker via styrdon som finns på konventionella skogsmaskiner. Föraren kan från operatörsstationen växla mellan olika vyer och har tillgång till data från maskinen som till exempel motorvarvtal, bränslenivå och växelval. Preliminära resultat indikerar att styrbarheten är god med hänsyn till fördröjningar och att kameraupplösningen på 3096×2094 pixlar är tillräcklig.

Till maskinens nödstoppsystem har kopplats ett fjärrstyrt nödstopp. Vid all försöksverksamhet övervakas maskinen av en person som har direkt överblick över maskinen och kan nödstoppa den. Vid tidiga försök identifierades en risk för oavsiktliga rörelser av styrspakarna från personer runt förarstolen eller när en förare sätter eller reser sig från stolen. Därför installerades en brytare i stolsdynan som innebär att styrsignaler bara kan skickas när någon sitter i stolen.



Figur 3. Manskapsboden som inrymmer operatörsstationen.



Figur 4. Bildskärmarna i Skogforsks fjärrstyrningslaboratorium och en förare som lastar stockar med VR-glasögon.

Visionära förslag på utformning av operatörsstationer i skogsbruket har tagits fram av Tobias Persson i ett examensarbete på LTU i samarbete med Skogforsk med titeln *Design of a workstation for teleoperated forwarders* (Persson, 2020). Koncepten togs fram genom bland annat intervjuer med förare som provat fjärrstyrning av skotaren i fjärrstyrningslabbet, forskare och metodinstruktörer. I arbetet beskrivs tre olika koncept för fjärrstyrning av skotare, där graden av komplexitet stiger för varje koncept.

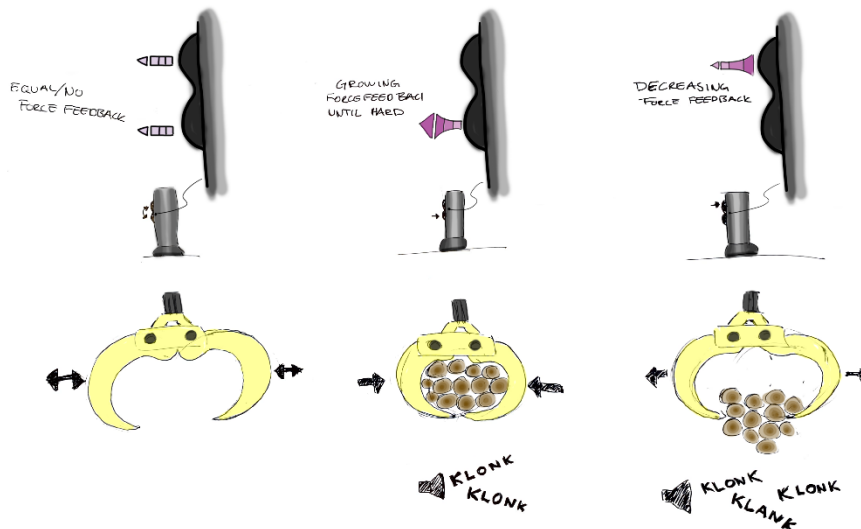


Figur 5. Centralt i den övre delen av skärmen visas hjulspår för den tänkta rutten. På den nedre delen visas den 360-gradersvyn runt maskinen.

Koncept 1 innehåller en 360-graders vy för överblick runt maskinen. Spakarna har haptisk återkoppling (force feedback) som ger en förbättrad kontroll över lastningen (Figur 6). Stockarna vägs automatiskt av gripen och vikten visas på displayen i en av tre färger beroende på hur optimalt föraren lyckas fylla gripen. Detta är tänkt att motivera föraren att förbättra sitt kranarbete och på sikt förbättra produktiviteten genom att

minska antalet krancykler vid lastning och lossning. I nedre delen av skärmen ser föraren den totala volymen av varje enskilt sortiment som har lastats, vilket också är tänkt att öka medvetandet och motivationen.

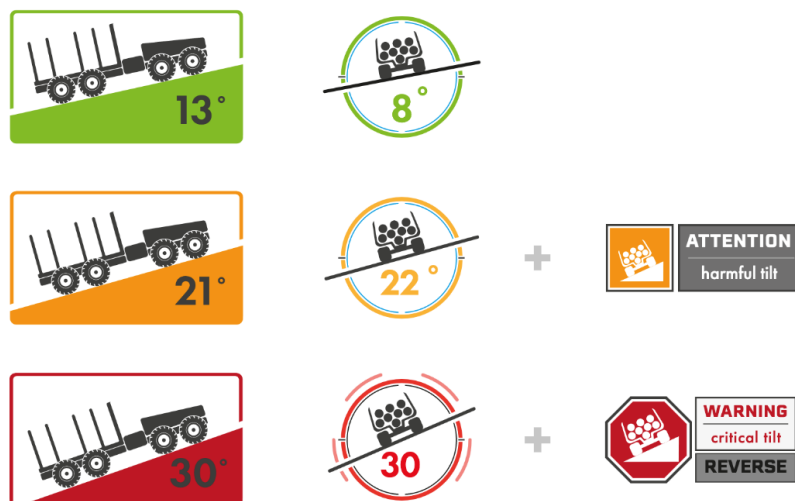
När föraren tar ett grepp om stockarna med gripen känns ett motstånd i spaken som ska förstärka känslan att maskinen är en förlängning av föraren. När föraren släpper stockarna försvinner motståndet och ett ljud hörs. Vid lastning är den 360-gradiga maskinöverblicken förminskad till förmån för den primära bilden på kranen. För att stödja förarens avståndsbedömningar proceseras en linje nittio grader ut från kranpelaren. Även på sidan syns avståndslinjer på skärmen. Detta är framför allt användbart om maskinerna blir hyttlösa så att kranen kan vinklas åt alla olika håll.



Figur 6. Exempel på spakar med haptisk feedback och ljudåterkoppling när gripen öppnas och stängs. Skiss och idé: Tobias Persson.

En idé är också att ha en kamera monterad på gripen så att föraren kan inspektera fel på maskinen eller andra objekt i närheten genom att vinkla kranen på olika sätt. Kameran måste kunna rotera och bör vara inbyggd i ett tåligt skal samt måste kunna rengöra sin egen lins.

Vid fjärrstyrning av maskinen kan hastighet och styrvinkel regleras automatiskt av maskinen beroende på terrängförhållanden. Föraren kan känna i spakarna när det är tyngre för maskinen att köra (högre motstånd) eller när det finns risker i en viss riktning. Hjulspår för den föreslagna rutten visas på skärmarna framför maskinen (Figur 5) och om hinder eller hög lutning förekommer minskar hastigheten automatiskt (Figur 7). Detta ska tillsammans uppmuntra föraren att välja ett så riskfritt körsätt som möjligt.



Figur 7. Förslag på utformning av lutningsindikatorer där föraren varnas när lutningen börjar bli riskfylld. Illustration av Tobias Persson.

I **koncept 2** används drönare för att skapa översiktsbilder från vissa förutbestämda positioner i förhållande till maskinen (Figur 8). Drönarna kan också flyga förprogrammerade rutter för att övervaka underhållsbehov eller skanna av området före eller efter en åtgärd. Detta möjliggör bättre planering och uppföljning då oförutsedda hinder kan upptäckas. Om underlaget kombineras med skördardata (var olika sortimentshögar finns på hygget) ger det ett mycket bra underlag för skotarens ruttplanering. Föraren kan förbättra sin produktion genom att jämföra sin egen prestation med skattningen från planeringsverktyget. Drönaren kan också varna om personer kommer in i arbetsområdet.



Figur 8. Drönarvy av maskinen och området runtomkring.

I koncept 2 är det också tänkt att skotaren kan köra själv mellan virkeshögarna, vilket betyder att föraren då i stället kan fokusera på kranarbetet som kräver mer koncentration. Utöver skördardata med ungefärlig positionering av virkeshögarna ska skördaren även kunna ta positionssatta bilder av virkeshögarna som automatiskt skickas till skotaren som då kan "känna igen" dem och veta exakt vad de innehåller (från skördardata). Gripen kan ha en inbyggd krocksrisk-mekanism där maskinen hela tiden vet var gripen är i

förhållande till maskinen och även stockarnas längd åt olika håll från gripen. På så sätt kan kollisioner undvikas helt och kranarbetet blir enklare.

I koncept 3, som är det mest visionära, används en virtuell 3D-modell av maskinen och dess omgivning. Maskinen har sensorer och vet vilket skick alla delar har för tillfället vilket underlättar underhåll och service. Operatören sitter eller står i en sfär (Figur 9) där bilderna projiceras på ytan och en fullständig 360°-överblick kan ses antingen genom att rotera sfären eller huvudet.



Figur 9. Koncept 3 med föraren i en sfär med 360°-överblick. Skiss och idé: Tobias Persson.

Utformning av en operatörsstation för styrning arbetsmaskiner inom jordbruk

Utifrån ett utformningsperspektiv är en operatörsstation för styrning av arbetsmaskiner inom jordbruk i ett mycket tidigt skede, där fokus mestadels ligger inom teknikutveckling och går mot automatiserade maskinuppgifter. Jordbruket har, till skillnad mot skogsbruket, ett stort antal olika maskintyper och tillhörande redskap. Som tidigare nämnts använder operatören en rad olika haptiska och kognitiva sinnesintryck för att utföra sitt arbete. De haptiska intrycken inkluderar vibrationer, dunsar, ryck eller skillnader i hastighet och används för att erhålla återkoppling om maskinens resultat såsom arbetsdjup, fukt och struktur. Detta sker till exempel genom att operatören går av maskinen och känner på jorden och undersöker hur resultatet av ett specifikt arbetsdjup har påverkat myllan. Genom de kognitiva sinnena erhålls information för nytillkomna ljud i ljudbilden eller ljud med en annorlunda frekvens än i normalfallet. Här ingår även olika instrumentella varningsljud. Genom luktsinnet kan operatören bedöma om maskinen luktar bränt eller om det förekommer lukt som tyder på läckande vätskor. För en del av dessa informationskällor finns det till viss del redan utvecklade signalsystem vars återkopplingssystem till stor del bygger på visuella och audiella signaler.

Det finns olika grader av autonoma system där det enklaste graden är helt baserat på manuell kontroll och inte inkluderar tekniska hjälpsystem medan den sjunde och mest avancerade graden både väljer metod och utför aktivitet utan någon inblandning av operatörer. Vissa arbetsmoment inom jordbruket, som jordbearbetning, är mer lämpade för en autonomiserad arbetsmiljö än andra.

Den nuvarande operatörsstationen inom jordbruket, kan i dagsläget definieras som förarhytten, och som alltså inte behöver eller kommer vara den typ av operatörsstation som används i framtiden. Hytten är i dagsläget väl beforskad utifrån fysiska faktorer som

stolsutformning och vibrationsreducering. Förarhytterna har genom digitalisering blivit mer tekniktunga med digitala system som manövreras från hytten med tillhörande hjälpsystem. Tidigare forskning har visat på att det finns en risk att den alltmer digitaliserade arbetsmiljön i förarhytten kan ge upphov till negativa psykologiska faktorer som stress (Lunner Kolstrup & Hörndahl, 2013). Om orsaken till stressen beror på dåligt utformade system eller andra faktorer är fortfarande inte klarlagt. I en digitaliserad miljö med stor informationsåterkoppling kan operatören lätt få ett informationsöverflöd vilket kan öka stressen eller leda till att operatören stänger av ett signalsystem som ger för mycket signaler.

Det finns idag god vetenskap om hur man utformar en operatörstation utifrån fysiska, haptiska, kognitiva, sociala och organisatoriska aspekter, vilket beskrivits ovan. För lantbruket ligger utvecklingsbehovet i att utveckla sensorer som kan ersätta kognitiv och haptisk information från många olika typer av redskap och arbetssituationer.

Slutsatser

Ur ett arbetsmiljöperspektiv kan fjärrstyrning motiveras genom att helkroppsvibrationer och fallrisk vid i och urstigning ur maskinerna kan undvikas, samt att arbetsställningen kan varieras mellan sittande och stående i en operatörsstation. Eftersom fjärrstyrningssystemet är komplext och kräver hög säkerhet och tillförlitlighet blir teknikutvecklingen dyr och kan därför sannolikt inte motiveras enbart utifrån förbättrad arbetsmiljö. Genom att kombinera en högre grad av autonoma moment med fjärrstyrning kan dock tekniken bli intressant inom både skogs- och jordbruk om produktiviteten samtidigt kan höjas, till exempel genom att samma operatör kan köra (övervaka) flera maskiner/skyttlar samtidigt eller utföra olika arbetsuppgifter simultant.

Det finns idag god vetenskap om hur man utformar en operatörsstation utifrån fysiska, haptiska, kognitiva, sociala och organisatoriska aspekter, vilket har beskrivits i denna rapport. Det är viktigt att det finns möjlighet till individanpassning av skärmar och spakar samt valmöjligheter i informationsförmedlingen, till exempel vad som ska indikeras med ljud, ljus eller vibrationer. Arbetet i operatörsstationer kan innebära nya arbetsmiljöutmaningar som till exempel för mycket stillasittande, ansträngande ljusmiljö vid arbete med bildskärmar eller illamående vid arbete med VR-glasögon. Om passen med VR-glasögon blir långa finns också risk för nackproblem och liknande på grund av de stora huvudrörelserna som krävs och glasögonens relativt höga vikt (i dagsläget).

Stereoseende som VR-glasögonen ger bedöms vara viktigt för många uppgifter, som till exempel att köra kran med bra precision. För att komma runt de ergonomiska problemen med VR-glasögon kan det vara aktuellt att utforska andra teknologier som medger stereoseende. Möjligheter till detta finns med skärmar och projektorer. Föraren skulle då endast behöva ha ett par lättare 3D-glasögon på sig.

För både skogs- och jordbruk finns ett behov att utveckla sensorer, utöver bildinformation, som kan ersätta kognitiv och haptisk information som föraren har tillgång till på plats i maskinen. Denna information är viktig för att operatören ska kunna utföra sitt arbete på ett effektivt och säkert sätt. I utvecklingen av dessa sensorer och deras informationsförmedling finns flera olika aspekter att ta i beaktande, där undvikande av överbelastning av information är ett exempel.

Referenslista

- Adolfsson, N. 2009. Enkla åtgärder för att minska vibrationsnivåer i jordbrukstraktorer. SLO 927.
- Arbetsmiljöverket. 1998. AFS 1998:5 Arbete vid bildskärm.
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbete-vid-bildskarm-foreskrifter-afs1998-5.pdf> [2021-05-26].
- Arbetsmiljöverket. 2012. AFS 2012:2 Belastningsergonomi Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om belastningsergonomi.
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/belastningsergonomi-foreskrifter-afs2012-2.pdf> [2021-05-26].
- Arbetsmiljöverket. 2015. AFS 2015:4 Organisatorisk och social arbetsmiljö.
https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/organisatorisk-och-social-arbetsmiljo-foreskrifter-afs2015_4.pdf [2021-05-26].
- Benos, L., Tsaopoulos, D. & Bochtis, D. 2020. A Review on Ergonomics in Agriculture. Part II: Mechanized Operations. Applied Sciences 10(10): 3484–3512.
- Björheden, R., Lundström, H., Rossander, M. & Brunberg, T. 2019. Arbetsmiljö, prestation och bränsleförbrukning för fem stora skördare: John Deere 1470G, Komatsu 951, Logset 12H, Ponsse Bear och Rottne H21. Arbetsrapport 1010–2019. Skogforsk. 28 s.
- Caffaro, F., Roccato, M., Micheletti Cremasco, M. & Cavallo, E. 2018. Falls from agricultural machinery: risk factors related to work experience, worked hours, and operators' behavior. Human factors 60(1): 20–30.
- Gulliksen, J., Lantz, A., Walldius, Å., Sandblad, B. & Åborg, C. 2015. Digital arbetsmiljö. Arbetsmiljöverket.
- Hushållningssällskapet. 2018. Maskinkostnader 2018.
- Hägg, G. M., Ericson, M. & Odenrick, P. 2010. Fysisk belastning. I Bohgard m.fl. (ed.) i Arbete och Teknik på Människans Villkor, kap 4. s. 129–188.
- Kwaku Essien, S., Trask, C., Khan, M., Boden, C. & Bath, B. 2018. Association between whole-body vibration and low-back disorders in farmers: a scoping review. Journal of agromedicine, 23(1), 105–120.
- Lindroos, O., La Hera, P. & Häggström, C. 2017. Drivers of advances in mechanized timber harvesting - a selective review of technological innovation. Croatian Journal of Forest Engineering 38(2): 243–258.
- Lunner Kolstrup, C. & Hörndahl, T. 2013. Teknisk utrustning och automatisering - en möjlig stressfaktor i lantbruket? Alnarp: (LTJ, LTV) > Institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi (t.o.m. 2020) Sveriges lantbruksuniversitet. Landskap trädgård jordbruk: rapportserie 2013:26.
- Osvalder, A. L. & Ulfvengren, P. 2015. Människa-tekniksystem. I Bohgard m.fl. (ed.) i Arbete och Teknik på Människans Villkor, kap 7. 355–357.
- Persson, T. 2020. Design of a workstation for teleoperated forwarders: Exploring the future work within forestry. Luleå tekniska universitet, Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle. Luleå. 1–84.
- Rasmussen, J. 1983. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. 1983–05, Vol.SMC-13 (3). 257–266
- Sandblad, B., Gulliksen, J., Lantz, A., Walldius, Å. & Åborg, C. 2018. Digitaliseringen och arbetsmiljön. Studentlitteratur.

- Schaub, H. 2020. Product and System Ergonomics. I Vajna (ed.): Integrated Design Engineering. Kap 8. Springer, Cham. 269–286
- Zeng, X., Kocielek, A. M., Khan, M. I., Milosavljevic, S., Bath, B. & Trask, C. 2017. Ergonomics, 60(8): 1064–1073.