

Slutrapport - Belastningsmätning vid delautomation

Projektet finansierades av Norrskogs forskningsstiftelse, Södras forskningsstiftelse och Skogforsks ramprogram.

Syfte och praktiska tillämpningar

Syftet med projektet är att utveckla och utvärdera olika metoder för att jämföra mental och fysisk belastning samt prestation vid manuellt och delvis automatiserat kranarbete hos skotarförare i simulatormiljö. Målet är dels att undersöka hur den, av Skogforsk utvecklade, delvis automatiserade skotarkranen påverkar arbetsbelastning hos skotarförare och dels att utveckla metoderna som kan tillämpas vid framtida utveckling och utvärdering av förarstöd och automation både i simulator och fysiska maskiner. Hypotesen är att manuell krankörning under arbete i skogsmaskinsimulator är mer mentalt och fysiskt belastande jämfört med delautomatiserad krankörning.

Bakgrund

Skogsmaskinföraren utsätts för en hög arbetsbelastning såväl fysiskt som mentalt. Statiska och repetitiva arbetsmoment utförs under påverkan av vibrationer och leder till fysisk belastning. Ett högt arbetstempo med manuellt kranarbete förenat med ett stort informationsflöde och krav på att fatta många kvalificerade beslut på kort tid leder till mental belastning för maskinföraren. De senaste årens tekniska utveckling har möjliggjort att maskiner i allt större utsträckning kan automatiseras och utföra moment som tidigare utförts manuellt av maskinföraren. Maskinföraren kan på så sätt befrias från monotona och ensidigt belastande uppgifter och rollerna mellan förare och maskin kan fördelas så att människans och maskinens fördelar tillvaratas på bästa sätt. Ett viktigt steg i denna riktning inom skogsbruket är utvecklingen av kranpetsstyrning. John Deere har ett system de kallar ”Intelligent Boom Control” (IBC). Det innebär att krankörningen fortfarande utförs manuellt men styrs på ett enklare sätt.

Skogforsk har tagit kranpetsstyrningen ytterligare ett steg och utvecklat en delautomatiserad skotarkran. Delautomationen har utvecklats i Skogforsk skogsmaskinsimulator, Troedsson Forest Technology Lab och innebär att de stora och relativt komplicerade kranrörelser som utförs i skotningsarbetet, mellan virkeshögar på marken och maskinens lastutrymme, utförs automatiskt efter ett kommando från föraren. Den delautomatiserade kranen har utformats på ett sätt som ryms inom ramen för tillgänglig teknik och med hänsyn till säkerhetsaspekter.

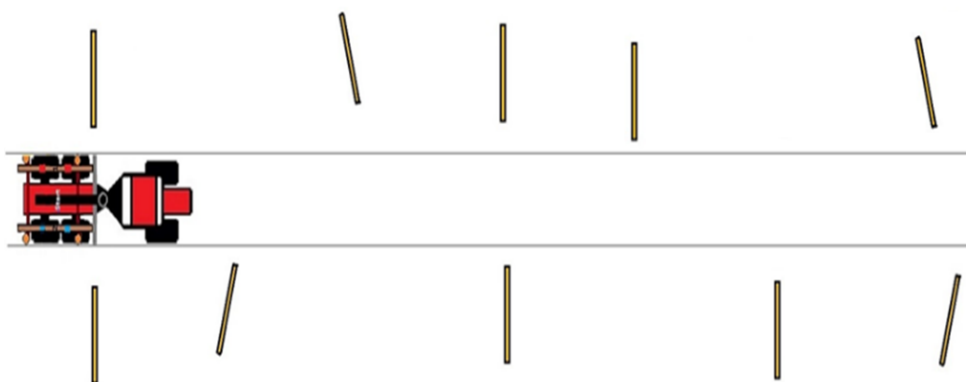
Inom skogsbruket står man inför situationen att den tekniska kapaciteten hos maskinerna är så hög att belastningen på föraren utgör den begränsande

faktorn. Mot bakgrund av detta bedöms utveckling av automatik och förarstöd vara ett viktigt inslag för att höja produktiviteten i svenskt skogsbruk. Ett framtida mål är att kunna överföra någon eller några av metoderna till studier i fält. Det är dock mer gynnsamt att prova ut metoderna under kontrollerade former i simulator. Utöver arbetet med delautomatiserad skotarkran planeras flera liknande utvecklingsprojekt på Skogforsk. Både för att utvärdera innovationer av denna typ och för att stödja utvecklingen av dem behövs metoder som mäter hur förarens mentala och fysiska belastning påverkas.

Metod

Krankörningsuppgiften

Studien genomfördes med 11 professionella skördarförare. De utförde en för studien speciellt utformad krankörningsuppgift i simulator. Maskinen framfördes längs en rak väg. På båda sidor av vägen fanns totalt 240 stockar placerade som föraren skulle lasta. Förarna instruerades att lasta stockarna i så snabbt de klarade av med god kontroll. Alla förare genomförde uppgiften med både automation och med konventionell kranstyrning i slumpvis ordning.



Figur 1. Principskiss av banan i simulatoren.

Fysiologiska parametrar

Den fysiska belastningen studeras genom att mäta muskelaktiviteten i underarmsmuskulatur och övre skuldermuskulatur. Det är muskler som aktiveras vid försökspersonens arbete med spakarna för att manövrera skotaren och köra kran. Ökad muskelaktivitet i skuldran har även visat på samband med ökad mental belastning. Den muskulära belastningen i underarm och skuldra mäts med EMG över extensor (underarm) och övre trapezius (skuldran).

Hjärnaktivitet studerades genom att syresättningen av blod och vävnad samt blodvolymen i en del av hjärnan som kontrollerar viljestyrd ansträngning mäts med en metod som heter Near InfraRed Spectroscopy (NIRS). På detta sätt erhålls ett mått på ”hur hårt hjärnan jobbar”. Mätningen utfördes genom att en sensor placerades på pannans hud enligt en standardiserad metod.



Figur 2. Från utförandet av uppgiften. EMG-elektroder har placerats på skuldran och underarmarna samt en NIRS-sensor i pannan.

Operatörerna gav också subjektiva skattningar av sin belastning och kommentarer om användandet av kranen och sin prestation i uppgiften.

Den lokala etikprövningsnämnden i Uppsala, avdelningen för medicinsk forskning godkände genomförandet av studien.

Resultat

Tabell 1. Tid för att genomföra uppgiften med automation relativt med manuell krankörning (Manuell = 100).

	Auto
Median	106
Medel	113

Fyra av operatörerna genomförde uppgiften på kortare tid med automation och för sju tog det längre tid.

Tabell 2. Genomsnittlig muskelbelastning vid genomförande av uppgiften med automation relativt med manuell krankörning (Manuell = 100).

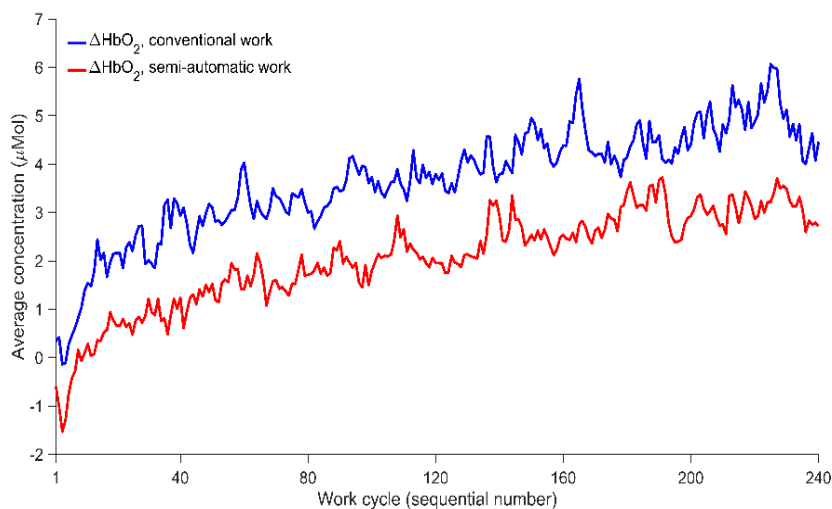
	Auto
Vänster underarm	79
Höger underarm	106
Vänster trapezius	73
Höger trapezius	80

Muskelaktiveringen var lägre vid automation för trapezius på båda sidor och för vänster arm. Höger arm visade oväntat något högre belastning.

Tabell 3. Genomsnittlig syresättning av blodet i frontalloben (deltaT2O2Hb)

Manuell	Auto
3,65	2,00

NIRS-mätningen indikerade en högre mental ansträngning när uppgiften genomfördes med en konventionell, manuell kran jämfört med delautomatiserad kran.



Figur 3. Resultat från NIRS-mätningarna.

Förutom att den manuella krankörningen ledde till högre mental ansträngning visar också kurvorna en uppåtgående trend, alltså att ansträngningen ökade med tiden för båda krankörningsmetoderna.

I de subjektiva skattningarna som förarna genomförde direkt efter genomförandet av uppgiften, skattade nio av förarna lägre belastning från genomförandet med delautomation, en skattade lägre belastning med manuell kran och en skattade dem som lika.

Diskussion och slutsats

Studien har visat att det finns potential att minska både den fysisk och mental arbetsbelastning hos skogsmaskinförare genom delautomation av kranarbetet.

Muskelbelastningen för höger underarm var oväntat något högre med delautomationen trots att mycket av kranarbetet var automatiserat. Orsakerna bakom skillnaderna för resultaten kommer att undersökas närmare genom analys av spak användningen och muskelaktiveringen under olika arbetsmoment.

Metoderna som användes för mätning av arbetsbelastning var möjliga att använda för datainsamling av forskare utan specialistkompetens. Tolkning av EMG- och NIRS-data kräver dock hög medicinsk kompetens.

Vi har inte kunnat se att NIRS tidigare använts vid studier av arbete i skogsmaskiner. Metoden bedöms vara ett användbart verktyg i framtida utveckling och utvärdering av innovationer inom förarstöd och automation hos skogsmaskiner.