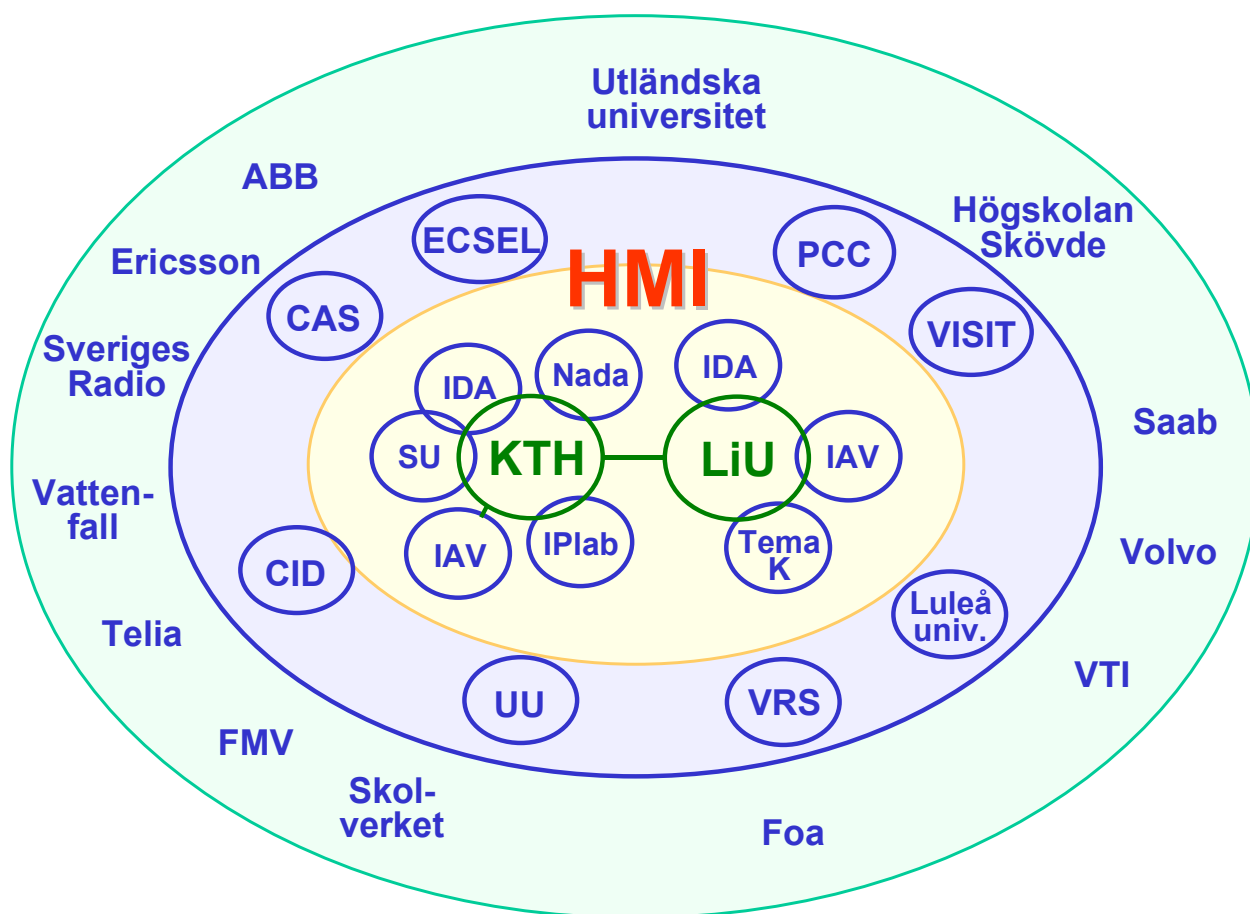


Interaktion människa–skogsmaskin

Rapport från ett SLO-projekt

Göran Erikson & Magnus Thor



Omslag: Intressenter och samarbetspartner inom HMI

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

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

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

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

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Inledning.....	3
Målsättning.....	4
Uppläggning.....	4
Del I Kunskapsläget och aktörer.....	5
Litteraturstudier: Man–maskin-interaktion i skogligt FoU-arbete.....	5
Mental belastning.....	5
Teknikutveckling.....	7
Pågående forskningsinsatser inom området människa–maskin.....	7
Kungliga Tekniska Högskolan (KTH).....	7
HMI, Graduate school for Human-Machine Interaction.....	7
CAS, Centrum för Autonoma System.....	9
Övriga institutioner.....	10
Linköpings Universitet.....	10
Högskolan Skövde.....	10
Chalmers Tekniska Högskola.....	11
Lunds Tekniska Högskola (LTH).....	11
Luleå Tekniska Universitet.....	11
Sveriges Lantbruksuniversitet.....	12
Institutionen för skogsskötsel.....	12
Institutionen för skogshushållning.....	12
Jordbrukstekniska Institutet (JTI).....	12
Hypotes och vision.....	13
Hypotes.....	13
Vision.....	13
Referenser.....	14
Del II. Förslag till FoU-program:.....	15
(se nästa sida!)	

Del II. Förslag till FoU-program:	15
Problem och möjligheter.....	15
FoU-program.....	16
Syfte.....	16
Mål.....	16
Effektivare engreppsskördare och skotare (kort sikt)	17
Autonoma system (lång sikt).....	17
Genomförande	17
1. Det optimala man–maskingränssnittet:.....	18
2. Delautomatiserade aggregat- & kranfunktioner	18
3. Nya maskinkoncept	18
4. Autonom skotarskyttel.....	18
Uppläggning.....	19
Organisation	19
Kompetenser	20

Inledning

Dagens skogsmaskiner är högteknologiska enheter med avancerad styr- och reglerteknik. Den tekniska utvecklingen har medfört att prestationsförmågan ökat avsevärt. Detta har skett dels genom starkare och effektivare komponenter som sänkt cykeltiderna i processerna, dels genom högre tillförlitlighet och färre avbrott.

För föraren har detta medfört en allt intensivare arbetstakt och färre naturliga avbrott i det ordinarie arbetet. Samtidigt har det kvalitativa innehållet i skogsmaskinförarnas arbete förändrats. Det räcker inte längre med att behärska maskinen och dess funktioner. Förarna har i dag ett stort ansvar för naturhänsyn vid avverkningarna, liksom för flöden och sortimentsutfall mot kunderna. De förväntas också ta ett stort ansvar för planering och uppföljning av arbetet. IT med datorer, appteringsprogram, GPS, GIS och trådlös dataöverföring är vanligt förekommande.

Utvecklingen förväntas fortsätta mot fler sortiment och snabbare flöden. Kundernas önskemål kommer att förändras oftare med krav på ökad flexibilitet. Restriktioner och hänsynstagande till förutsättningar i de enskilda objekten ökar i betydelse. Denna utveckling innebär ökat behov av informationsstöd om produktionskraven skall kunna hållas uppe på nuvarande nivå eller helst öka. Avverkningsmaskinerna kommer att vara i behov av on-line uppkoppling med administrativa centra hos arbets-/uppdragsgivare liksom mottagare av virket från avverkningen. Maskinförarna måste vara väl förtrogna med förekommande dataapplikationer.

Arbetsmiljön har genom åren förbättrats vad gäller den fysiska belastningen på föraren. Men den allt högre arbetstakten, parad med de många kvalificerade beslut som förarna hela tiden måste fatta, har ökat den mentala belastningen. Detta medför i sin tur ökad risk för stress och belastningsskador och i förlängningen kan detta leda till sjukfrånvaro, utslagning och rekryteringsproblem. Maskinföraren riskerar att bli en flaskhals i utvecklingen såväl av produktiviteten som skogsutnyttjandet.

För att kunna tillvarata de möjligheter till produktivitet utveckling och ökat produktvärde som tekniken erbjuder och samtidigt motverka oönskade arbetsmiljöeffekter gäller det att utforma gränssnittet mellan förare och maskin på ett informationsergonomiskt riktigt sätt. Genom att automatisera funktioner och låta maskinen själv sköta så mycket som möjligt av det repetitiva och mekaniska ”tempoarbetet”, kan föraren ägna mer tid åt t.ex. trädval, virkeskvalitet och miljöhänsyn.

Målsättning

Målsättningen med denna förstudie har varit att

- kartlägga och sammanställa kunskapsläget inom området man–maskin-interaktion av intresse för skogligt FoU arbete.
- identifiera aktörer som har kompetens och intresse att medverka i utvecklingsarbetet mot bättre informationsergonomi i skogsmaskinerna.
- utarbeta en vision av det optimala man–maskin-gränssnittet i en skogsmaskin.
- utarbeta programförslag för fortsatt arbete i syfte att förbättra informationsergonomin i skogsmaskiner.

De tre första punkterna i denna uppräkningsredovisning redovisas i del I i denna arbetsrapport. I del II redovisas förslag till uppläggning av ett FoU-program för framtidens skogsmaskinsystem.

Uppläggning

Arbetet har bestått av litteraturstudier och intervjuer med ett stort antal personer vid de aktuella institutionerna (del I: Kunskapsläge och aktörer). Därutöver har förslaget till forskningsprogram (del II) utarbetats av ett flertal forskare vid SkogForsk i samråd med forskare vid KTH.

Studien har till stor del finansierats av SLO-fonden (anslagsnummer SLO-715).

Del I Kunskapsläget och aktörer

Litteraturstudier: Man–maskin-interaktion i skogligt FoU-arbete

Mental belastning

Den mentala belastning som skogsmaskinförarna utsätts för under arbetet har studerats vid inst. f. skogsteknik, SLU sedan slutet på 80-talet. *Nåbo* beskriver teoretiska modeller för beslutsfattande vid maskinellt skogsarbete. Som exempel nämner han att förare i en gallringsskördare fattar ca 16 beslut per minut. Under förutsättningen att 6 träd av 20 gallras ut, är antalet beslutsalternativ vid trädval och fällningsordning 38 760 plus 720. Till detta kommer beslut rörande naturvårdshänsyn, framflyttningsväg, kranens väg ut till det enskilda trädet etc. Enligt författaren blir beslutsfattandet i praktiken en satisfieringsprocess snarare än en maximeringsprocess.

Zylberstein har genomfört en omfattande teoretisk analys av arbetet i en två-greppsskördare. Analysen omfattade karaktär, hantering och presentation av informationen i en skogsmaskin. Enligt författaren kan föraren i en skördare betraktas på två sätt. Han är enligt ena betraktelsesättet en operatör som hanterar ett ständigt pågående flöde av information. Är informationsmängden stor kan arbetsbelastningen bli så stor att han inte klarar att tolka och hantera informationen under den tid som står till förfogande. Han är dessutom en operatör som skall upptäcka om någon information har sådan karaktär att han måste agera på något speciellt sätt. I rapporten lyfter författaren fram förarens visuellt baserade spatials bedömningsförmåga, d.v.s. hans förmåga att se och ta hänsyn till terrängen och trädens rumsliga fördelning, som väsentligt för arbetsresultatet. Han konstaterar bl.a. att belastningen på föraren är stor, med avseende på informationsmängd och informationstolkning, vid strategival inför körning, vid positionering och ansättning av fälldon och utmatning av virket. Vidare efterlyser *Zylberstein* mer information till föraren beträffande stammens kvalitetsbestämmande egenskaper till hjälp vid bedömning av apteringsdatorns förslag. Han pekar även på möjligheterna att automatisera rutinartade procedurer för att underlätta förarens arbete. Detta kan dock innebära en risk för utarmning av arbetet med avseende på sådant som utmärker skicklighet och möjligheter till individuell påverkan.

Gellerstedt redovisar i sina rapporter teorier och erfarenheter beträffande belastning på sinnen och mentala funktioner av betydelse vid studier av skogsmaskinförarnas arbete. Manövrering av maskin, kran och aggregat beskrivs som ett väl inövat och automatiserat informationsprocessande med hjälp av procedurminnet. Informationsprocesser, som nyttjar procedurminnet, kräver mindre uppmärksamhet varvid fler aktiviteter kan utföras parallellt. Men samtidigt visar forskningsresultat att just arbete med händerna kräver relativt stor plats i hjärnan, vilket verkar i andra riktningen.

Gellerstedt har ingående studerat förarens arbete i en gallringsskördare. Varje delmoment i en arbetscykel beskrivs med avseende på:

Nödvändiga data. Information föraren behöver som underlag för beslut.

Inkanaler. Sinnesorgan som inhämtar informationen. (Framst synen men även hörsel, känsel, balanssinne).

Typ av information. Informationens karaktär och kvalitet.

Mental process. Behandling av information, medvetet eller intuitivt, fram till beslut.

Krav på föraren, tid för inläring. Vilka teoretiska kunskaper, manuell färdighet och erfarenhet som krävs.

I studien har även ingått försök att mäta den mentala belastningen under arbetet. Ett indirekt mått på mental belastning vid arbeten med liten fysisk aktivitet är pulsens stabilitet. En mycket stabil puls innebär hög mental belastning och en påkänning på hjärtats styrsystem, vilket misstänks kunna öka risken för hjärtbesvär vid långvarig exponering. Resultaten från mätningarna på 15 förare visade att hjärtfrekvensens variation minskade med 50–85 % under arbete med gallring jämfört med vila. En lika stabil puls erhöles i laborietest där försökspersonen spelade ett snabbt dataspel.

Gellerstedt redovisar även förslag till tekniska förbättringar för att avlasta och underlätta förarens arbete. Förslagen omfattar dels förbättringar av den fysiska miljön för att minska yttre störningar, automatisering för att avlasta föraren arbetsuppgifter samt ny teknologi som förser föraren med mer och/eller kvalitativt bättre information som underlag för hans beslut.

Som underlag till handledningen ”Nordiska ergonomiska riktlinjer för skogsmaskiner” har *Alm* och *Kjellberg* sammanställt en kunskapsöversikt inom området informationsergonomi. Författarna utgår från synsättet att föraren/operatören söker och processar information som underlag för aktiviteter/handlande. En förenklad modell av människan som informationsprocessare beskrivs liksom olika typer av minnen och hur de utnyttjas. Beskrivningen utmynnar i rekommendationer och riktlinjer för hur information skall presenteras för förarna för att minimera felhandlingar och informationsstress.

Wästerlund och *Lestander* redovisar i en rapport en utmärkt översikt över informationsergonomiska problem i samband med arbete i skogsmaskiner. Rapporten innehåller ett flertal intressanta referenser till kognitionsvetenskaplig litteratur. De föreslår också vidare forskning inom följande områden.

- Mätning och bedömning av mental belastning i relation till belastningsbesvär.
- Studier av inverkan av arbetets miljöfaktorer (t.ex. buller, vibrationer) på den mentala belastningen.
- Inventering av kognitiva problem genom att intervjua maskinförare samt tester av arbetsutfall med informationssystem in/urkopplat eller med alternativa presentationsformer.
- Kartläggning av kognitiva scheman som maskinförare använder i beslutsprocessen.
- Undersökning av informationsvärdet i främst ljud och vibrationer.
- Kompatibilitetstester av ny teknik, t.ex. så kallad head-up display i rutan och röststyrning.

Teknikutveckling

Styrning av kranen och dess rörelser upptar en mycket stor del av förarens arbetstid. Den mentala belastningen av detta arbete torde för de flesta förare vara måttlig. Däremot kan belastningen vara hög på ovana förare. Det finns ändå stor anledning att underlätta kranarbetet dels för att frigöra uppmärksamhet och effekt till andra angelägna arbetsuppgifter, dels för att kunna öka produktiviteten.

Löfgren har tillsammans med hydrauliktillverkare utvecklat teknik för kranstetsstyrning, vilket innebär att kranstetsens rörelser styrs analogt med en enda spak. Denna teknik bör underlätta förarens kranarbete genom färre och mer logiska handrörelser och underlättar därigenom inläring av rörelsemönster.

Flera författare *Gellerstedt, Hallonborg, Löfgren, Halme* och *Kourtz* har redovisat förutsättningar och möjligheter att införa autonoma system i avverkningsarbetet. Utvecklingen av robotar för industrin eller andra ändamål har medfört att många tekniska lösningar kommit fram som kan utnyttjas även i delvis autonoma system. Dit hör t.ex. sensorer av olika slag, navigationssystem, datateknik och avancerade styrsystem. Införande av förarlösa maskiner eller delvis autonoma system ställer emellertid också helt nya krav på informationsergonomin gentemot de operatörer som skall hantera systemen.

Pågående forskningsinsatser inom området människa–maskin

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)

Universitet och högskolor organiserar allt mer sin forskning i riktade program och centrumbildningar. Därigenom åstadkoms samverkan mellan olika forskande organisationer, olika discipliner och institutioner inom den egna organisationen och med privata företag. Inom området människa–maskin-interaktion (MMI) deltar KTH i flera sådana centrumbildningar.

HMI, Graduate school for Human-Machine Interaction

Forskarskolan HMI startade 1996 och har som mål att utbilda specialister inom området människa–maskinsystem, vilka i sin tur skall medverka till att svensk industri kan uppnå en världsledande position när det gäller MMI. Finansiärer är dels Stiftelsen för strategisk forskning (SSF), dels företag (t.ex. ABB, Ericsson, Pharmacia-Upjohn, SAS, Saab och Vattenfall) och organisationer (t.ex. Sveriges Radio och Skolverket). HMI består av två centra, dels KTH/SU i Stockholm, dels Linköpings Universitet, LiU. Samverkan sker också med Uppsala Universitet och Luleå Tekniska Universitet. Forskare vid HMI är också knutna till andra program och Centrumbildningar. I figur 1 på nästa sida redovisas en översiktlig bild över HMI med intressenter och olika samverkanspartner.

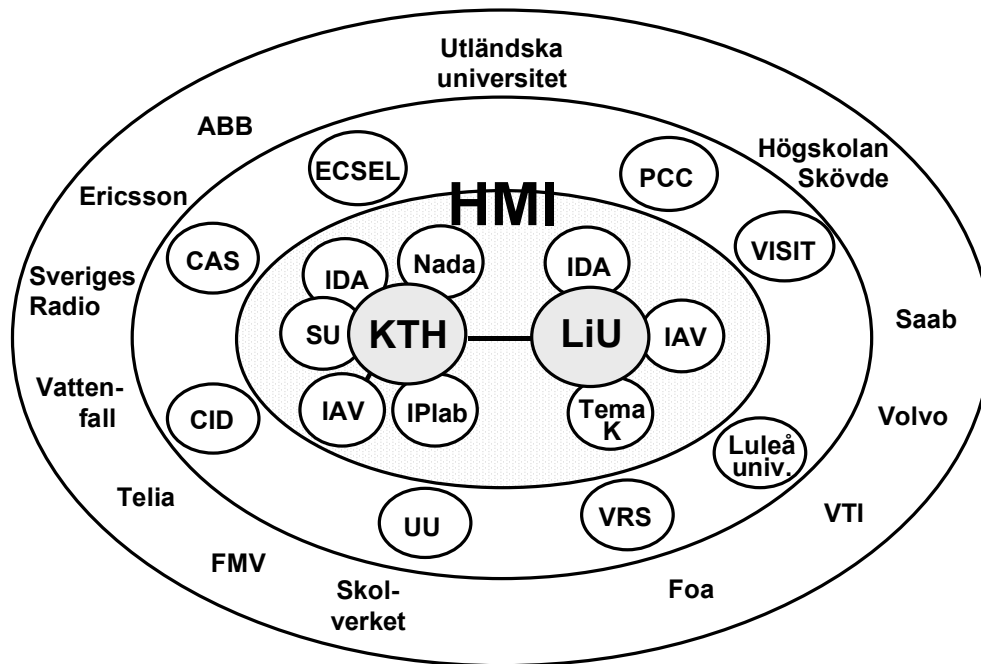


ABB	Asea Brown Boveri	VISIT	Visual Information Technology
UU	Uppsala Universitet	PCC	Personal Computing and Communication
Foa	Försvarets Forskningsanstalt	KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
VTI	Väg- och Trafikinstitutet	FMV	Försvarets materialverk
CAS	Centrum för Autonoma system	LiU	Linköpings Universitet
CID	Centrum för Användarorienterad IT-design	IDA	Inst. för datavetenskap
VRS	Center for Virtual Reality and Simulation	Nada	Inst. för Numerisk analys och Datavetenskap
ECSEL	Excellence Center in Computer Science and System Engineering	IAV	Inst. för Arbetsvetenskap
SU	Stockholms Universitet	IPlab	Information and Presentation lab.

Figur 1.
Intressenter och samarbetspartner inom HMI.

KTH representeras i HMI av personer från Inst. f. numerisk analys och datalogi (Nada), Interaction and Presentation Lab (IPlab), Centrum för användarorienterad IT-design (CID), Centrum för autonoma system (CAS). Från Stockholms Universitet (SU) ingår representanter från Inst. f. data- och systemvetenskap. (Denna institution är gemensam för KTH och SU.) Linköpings Universitet är representerat av Inst. f. konstruktions- och produktionsteknik, IKP, (avd. f. industriell arbetsvetenskap), Inst. f. datavetenskap och Tema K (kommunikation). Organisatoriskt leds programmet av prof *Kjell Ohlsson*, LiU, programdirektör, och prof *Kerstin Severinson Eklundh*, KTH, vice programdirektör. Svensk industri är starkt representerad i HMIs styrelse, bl.a. ingår Ericsson och Saab. Man har också ett vetenskapligt råd bestående av tre ledande forskare. Dessa är f.n. från Irland, Tyskland och USA. HMI har f.n. ett 50-tal doktorander.

Forskningsverksamheten vid HMI har som målsättning att utveckla produkter som är produktiva, säkra och i övrigt tillfredsställer önskvärda behov. Den strategiska forskningsinriktningen kan sammanfattas i följande:

1. Utveckla teorier och modeller hur man underlättar samspelet mellan människa–maskin. Där ingår områden som perception, beslutsfattande, manuell styrning, kommunikation, samarbete, attityder, motivation och estetik.
2. Omformning av teorier och modeller till principer för design av system, produkter och organisation för att förbättra användarvänlighet, behovstillfredsställelse och säkerhet.
3. Allokering av arbetsuppgifter mellan människa–maskin

Forskningen som bedrivs inom programmet är inriktad på två huvudspår. Man ägnar sig dels åt IT-design med tyngdpunkt i Stockholm, dels realtidsinteraktion som är koncentrerad till Linköping.

IT-design handlar om utformning av datasystem i vid bemärkelse, såväl utrustning som programvara, med fokus på användarperspektivet. Kopplingar till arbetsorganisation ingår. Mera konkret arbetar man med uppgiftsanalys människa–maskin, modeller för inlärning och kompetensutveckling, ”smarta” produkter och hjälpmedel, interaktiva media och kommunikationshjälpmedel människor emellan.

Realtidsinteraktion handlar om insamling, analys och presentation av information för människans beslutsfattande och handlande. Där ingår processtyrning, hjälpmedel för logistik och informationsbehandling i fordon samt medicinteknisk säkerhet.

CAS, Centrum för Autonoma System

I CAS samverkar fyra av KTHs institutioner för att bli en av världens ledande forskargrupper inom området autonoma system. Målsättningen är att programmet skall sysselsätta ett 30-tal doktorander. Gruppen stöds av Stiftelsen för strategisk forskning och har liksom HMI mycket aktiv samverkan med industrin. Forskningsdirektör och ledare för programmet är prof *Henrik Christensen*. I programmet arbetar man både med grundforskning (definierat som teknik, vilken inte är klar att tillämpa under minst 5 år framåt) och tillämpad teknik. Utveckling och utvärdering av olika slags sensorer är en viktig del i forskningen. I den tillämpade forskningen ingår att bygga ett antal demonstrationsobjekt med industriell anknytning. Under utveckling är:

- intelligenta servicerobotar för inomhusmiljö, t.ex. dammsugare,
- ett autonomt system för besvärlig terräng (skogen är en uttalad målgrupp),
- industriella prototyper, t.ex. gruvtruck och poolrengörare.

Gruppen har ett mycket brett kontaktnät både nationellt och internationellt. Detta tillsammans med gruppens betoning på praktiskt tillämpbara lösningar gör gruppen mycket intressant som samarbetspartner i eventuella framtida forskningsprojekt.

Övriga institutioner

Andra institutioner vid KTH som bedriver forskning av intresse i sammanhanget är inst. f. tal, musik och hörsel (röststyrning) och inst. f. arbetsvetenskap.

Linköpings Universitet

Vid Linköpings Universitet och dess Tekniska Högskola (fakultet) finns flera institutioner och centrumbildningar med intressant forskning inom området man-maskin.

Avdelningen för arbetsvetenskap (IAV) vid inst. f. konstruktions- och produktionsteknik (IKP) bedriver omfattande forskning inom området människa-maskin. Avdelningens engagemang i forskarskolan HMI har redovisats ovan. *Håkan Alm*, vilken medverkade i framtagandet av de nya Ergonomiska Riktlinjerna, delar sin tid mellan IAV och Väg- och Transportforskningsinstitutet (VTI).

Avdelningen ingår i, och har det administrativa ansvaret för, Swedish Center for Human Factors in Aviation (HFA). Medlemmar i denna grupp är bl.a. flera universitet, flygvapnet, Försvarets Forskningsanstalt, flygindustrin. Genom gruppen samordnas utbildning och forskningsinsatser inom området.

Avdelningen samarbetar intimt med VTI och Försvarets Forskningsanstalt (FOA), avd. för humanvetenskap i Linköping.

Vid avdelningen finns omfattande kunskaper och erfarenheter inom området simuleringsteknik. Man är bl.a. inblandade i SAS Flight Academy vars 17 fullskaledynamiska flygsimulatorer används dygnet runt i utbildningssyfte av piloter från hela världen. I Linköping finns också dels VTIs simulator, dels Center for Virtual Reality and Simulation (VRS).

Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik har också en långt framskjuten position inom området ”mechatronic”, d.v.s. kopplingen mellan mekanik, pneumatik, elektronik och data. Praktiskt utvecklingsarbete inom detta område har bedrivits bland annat med BT Industries i Mjölby.

Integrated Systems for Control and Information (ISIS) är ett nationellt kompetenscentra som, i intimt samarbete med industrin, bedriver forskning och utvecklingsarbete inom området kontroll, övervakning och information av tekniska system.

Högskolan Skövde

Högskolan samarbetar intimt med Linköping inom området ”mechatronic”. Man förefaller ligga långt framme även internationellt sett inom detta område. Förra hösten anordnades i Skövde en stor internationell konferens, Mechatronics 98. Inom detta område deltar man i ett EU projekt ”Copernicus” som syftar till att utveckla intelligenta delautonoma fordon för materialhantering.

Chalmers Tekniska Högskola

Vid CTH finns ”Människa–maskinsystem gruppen” (MMS) som hör till både inst. f. konsumentteknik och inst. f. ergonomi (tidigare personskadeprevention). MMS har främst fokuserat sin forskning på utveckling av användarvänlig och hanteringssäker medicinteknisk utrustning.

Lunds Tekniska Högskola (LTH)

Vid LTH finns en grupp för kognitionsforskning knuten till inst. f. filosofi. Gruppen har sitt ursprung och sin tyngdpunkt i frågor som rör ”modeller för tänkandet”. Inriktningen är också mer inriktad mot människa–datorinteraktion (MDI) och multimedia än mot MMI. En specialnisch är studier av hur vi använder ögonen och upptäcker/uppfattar visuell information. För detta har man ett särskilt laboratorium. Några av forskarna har även sysslat med att utveckla robotar liknande CAS servicerobot. Dock förefaller man inte lika långt komna som CAS.

Avdelningen för arbetsmiljöteknik (Ergonomics and Aerosol Technology, EAT) vid inst. f. industriell organisation bedriver en del forskning inom människa – maskinsystem. Detta sker i samarbete med gruppen för kognitionsforskning vid inst. f. filosofi. De deltar bägge i ett EU projekt som syftar till att utveckla teknik för simulering och utvärdering av arbetsplatsutformningar. Volvo är också engagerade i projektet. Projektet är benämnt ANNIE (Application of Neural Networks för Integrated Ergonomics). I övrigt förefaller projekten ligga väl långt från skogsbrukets intressen.

Institutionen för industriell elektronik och automation (IEA) forskar bl.a. kring ultraljudssensorer för mätning av sträckor, vinklar (positionsbestämning) och identifiering av objekt. Detta bör på sikt kunna ha intresse för skogliga tillämpningar.

Institutionen för reglerteknik beskriver på sin hemsida mycket översiktligt hur man arbetar med tillämpade forskningsprojekt inom områden som robotik, realtidssystem och kontrollsystem.

Vid Högskolan i Lund finns också ett flertal centrumbildningar varav speciellt en, Change&Work, bör vara intressant att följa.

Luleå Tekniska Universitet

Universitetet, tidigare Högskolan, har sedan gammalt en tydlig arbetsmiljöprofil. Vid Inst. f. arbetsvetenskap, avd. f. teknisk psykologi pågår följande forskning som berör människa–maskin. *Kjell Ohlsson*, HMI, deltar i ett par EU-projekt om piloters arbetsbelastning och prestationer. Det ena benämns *Vintbec* (Visual interaction technology and Human Effectiveness in the Cockpit) och det andra *Garteur* (Group for Research and Technology in Europe). *Kjell Ohlsson* ansvarar även för ett projekt som rör operatörsarbete i trafikledningscentraler.

Vid institutionen för systemteknik finns ett par avdelningar som är av intresse att känna till beträffande automatisering av maskinfunktioner.

Vid avd. f. Robotics & Automation bedrivs, under prof *Åke Vernerssons* ledning, flera projekt av stort intresse. Utveckling av teknik för vinkelmätning med hjälp av laser har vunnit kommersiellt intresse för styrning av robotar. Det pågår försök med laser för avståndsmätning. Fjärrstyrning av delautomatiserade robotar (AGV, automated guided vehicle) är ett annat intresseområde. Man prövar bl.a. manövrering av en robot via Internet. Ett större EU projekt rörande utveckling av ett data system för automatisk styrning av hydrauliska kranar har just startat. I detta ingår bl.a. att utveckla möjligheter för optisk feedback till styrsystemet.

Vid avd. f. Electronics and Robotics finns ett EMC-lab (Electromagnetic Compatibility) som åtar sig att mäta störning av och från elektriska apparater enligt EUs EMC direktiv.

Sveriges Lantbruksuniversitet

Institutionen för skogsskötsel

Den del av inst. f. skogsteknik som 1997 placerades i Umeå ingår sedan 1 januari 1999 i inst. f. skogsskötsel, avdelningen för skogsteknologi. *Dianne Wästerlund* kommer i höst att genomföra ett mindre projekt för att studera beslutsstrategier vid gallring. Genom analys av videoinspelningar och intervjuer med förare hoppas hon bättre kunna beskriva vilken information föraren inhämtar och hur han fattar beslut om olika åtgärder. Avdelningen planerar att i samarbete med Arbetslivsinstitutet, Partek och Oryx AB utveckla en simulator med skoglig anpassning för laborativa undersökningar.

Institutionen för skogshushållning

Den del av inst. f. skogsteknik som 1997 placerades i Uppsala är sedan 1 januari 1999 inordnad i en ny storinstitution, inst. f. skogshushållningen, och kallar sig nu gruppen för teknik och planering. *Sten Gellerstedt* driver där ett projekt "Arbetsledning och kontroll av autonoma off road maskiner", med stöd från Rådet för arbetslivsforskning. I projektet kartläggs och beskrivs kontroll och styrning av maskiners funktioner. Arbete pågår med att rekrytera en doktorand som skall arbeta med automation av röjningsmaskiner. Inriktningen på projektet är fortfarande öppen, antingen mot robotik eller mot kognitionsvetenskap och kommer att bestämmas utifrån doktorandens kompetensprofil.

Jordbrukstekniska Institutet (JTI)

Vid JTI pågår ett projekt "Analys av arbetsprocesser samt information och styrsystem i terrängmaskiner". *Sten Gellerstedt* fungerar som projektledare En doktorand, *Hans Hayenhjelm* har anställts fr.o.m. 6 april 1999 för att arbeta inom projektet. För närvarande studeras hjullastare där olika lösningar på information och styrsystem inventeras. I slutändan är det meningen att projektet skall utmytna i underlag och rekommendationer till stöd för konstruktörer.

Hypotes och vision

I det följande presenteras en vision om framtidens arbetsplats i en skogsmaskin. Visionen har sin utgångspunkt bl.a. i nedanstående hypotes.

Hypotes

Genom att utforma gränssnittet mellan människa och maskin på ett riktigt sätt kan de möjligheter till produktivitetsutveckling och produktvärde som tekniken erbjuder tillvaratas samtidigt som oönskade arbetsmiljöeffekter motverkas.

Detta sker genom att automatisera tekniken och låta maskinen själv sköta så mycket som möjligt av det repetitiva tempoarbetet. Därigenom kan förare ägna mer tid åt t.ex. trädval, virkeskvalitet och miljöhänsyn. Detta sker också genom en ergonomiskt riktig utformning av IT-hjälpmiddel och arbetsplatsen som sådan.

Vision

Morgondagens maskinförare lägger större delen av sin energi på kvalificerade bedömningar och beslut. Automatisering av maskinfunktioner gör att maskinen kan effektuera förarens beslut utan dennes direkta styrning. De beslut föraren fattar är inte slaviskt bundna till maskinens arbetssekvens utan kan tas i förväg om så är lämpligt. Föraren behöver exempelvis bara peka ut det träd som skall avverkas och kranen styrs automatiskt dit och positionerar fällaggregatet. Redan i pekningsmomentet kan trädets egenskaper (röta, densitet, m.m.) bestämmas med hjälp av röntgen, ultraljud- och annan teknik till stöd för trädvalet. Tvingande kvalitetsgränser på stammen (kvist, krökar etc.) kan markeras i förväg före upparbetningen.

Informationen till föraren presenteras i för uppgiften lämplig form och vid rätt tidpunkt och där olika sinnen utnyttjas optimalt. Utformning av displayer och menyer är sådan att information är lätt att tolka och hitta samt lätt att läsa av. Signaler från föraren till maskinen kan ges på alternativa sätt så att olika kroppsfunktioner utnyttjas optimalt. Röststyrning är t.ex. ett alternativ till knappar och reglage. Föraren är heller inte slaviskt bunden till att utföra sina order i en viss tids- eller ordningsföljd.

Datorstöd (GIS, kartmaterial, optimeringsprogram) och direkt kommunikation med kunder används i hög utsträckning för beståndsval, apteringsalternativ, planering av arbetet, logistik, resultatredovisning och resultatuppföljning. GPS utnyttjas för orientering och lägesredovisning.

Simulatorer används ofta både som pedagogiska hjälpmedel och vid utvärdering av nya tekniska lösningar. Även erfarna förare kan dra nytta av simulatorernas fördelar vid inläring av t.ex. nya gallringsformer. Nya tekniska lösningar, inte minst inom området informationsergonomi, kan utvärderas relativt snabbt och tillförlitligt med hjälp av simulatorer.

Referenser

- Alm H, Kjellberg A. 1998 Underlag för utformning av förarens arbetsplats i skogsmaskiner - ett kognitivt eller informationsprocessande perspektiv - en kunskapsöversikt. Arbetslivsinstitutet Stockholm.
- Gellerstedt m fl. 1998. Nordiska ergonomiska riktlinjer för skogsmaskiner,Handledning, SkogForsk, Uppsala.
- Gellerstedt, S. 1993 Arbete & Trötthet – förarens reaktioner vid maskinellt skogsarbete. Uppsatser och resultat nr 248. Inst. f. skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Gellerstedt, S. 1993. Att gallra med skogsmaskin – den mentala och fysiska arbetet. Uppsatser och resultat nr 244. Inst. f. skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg
- Gellerstedt, S. 1995. Robotik och informationsbehandling i skogliga produktionsmiljöer. Arbetsdokument nr 1, version 2, Inst. f. skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Hallonborg, U. 1997. Ingen man på maskinen – en förarlös vision. Arbetsrapport nr 399. SkogForsk, Uppsala.
- Halme, A. 1996. Mobile robotics in unstructured environments – some advanced applications. Artikel i Gellerstedt, S et al. 1996. Robotics with applications of forestry, Uppsatser och resultat nr 285. Inst. f. skogsteknik, Garpenberg.
- Kourtz, P. 1996 Autonomous Forestry Robots for Brushing and Thinning in Young Conifer Stands: Early Canadian Experiences. Artikel i Gellerstedt, S. et al. 1996. Robotics with applications of forestry, Uppsatser och resultat nr 285. Inst. f. skogsteknik, Garpenberg.
- Löfgren, B. 1997. Autonom system. Arbetsrapport nr 361. SkogForsk, Uppsala.
- Löfgren, B., Attebrant, M., Landström, M., Nordén B. & Pettersson N. 1994. Kranspetsstyrning – en utvärdering. Redogörelse nr 1, 1994. SkogForsk, Uppsala.
- Nåbo, A. 1990. Skogsmaskinförarens arbetsbelastning. Studier av arbete i röjning, gallring och slutavverkning. Rapport nr 185, Inst. f. skogsteknik. Sveriges lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Staal Wästerlund, D. & Lestander T. 1998. Mental belastning och informationssystem för skogsmaskinförare – en litteraturstudie för framtidens forskning. Uppsatser och Resultat nr 304, Inst. f. skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Zylberstein, M. 1992. Informationsergonomi i skogsmaskiner – Informationens karaktär hantering och presentation i en tvågreppsskördare. Uppsatser och resultat nr 237. Inst. f. skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg

Del II. Förslag till FoU-program:

Nästa generation skogsmaskiner

– skogstekniska utvecklingsvägar för bättre skogsutnyttjande och ökad konkurrenskraft

Problem och möjligheter

En kraftfull och genomgripande mekanisering har gjort att skogsbruket sedan mitten av 60-talet blivit nästan hundra procentigt mekaniserat. Detta är en av huvudförklaringarna till att svenskt skogsbruk kunnat bibehålla sin internationella konkurrenskraft. För att detta även skall bli möjligt framgent krävs att *värdet av skogsråvaran ökas samtidigt som produktivitetens utvecklingen fortsätter och miljön skonas.*

Under senare år har ny teknik, särskilt inom elektronik- och dataområdet, tagits i anspråk. Dagens skogsmaskiner är högteknologiska enheter som rymmer avancerad styr- och reglerteknik. Arbetsmiljön har genom åren förbättrats vad gäller den fysiska belastningen på föraren, men när det gäller informationsergonomi och därtill kopplad psykisk belastning har den snarare försämrats.

Problemet i dag bottnar bl.a. i att datoriserade informations- och styrsystem för olika ändamål *successivt* introducerats på maskinerna. Systemen arbetar därför ofta isolerade från varandra. Möjligheterna att använda befintlig information om produktionen och råvaran för att förbättra den vertikala integrationen och logistiken från skog till marknad kan därmed inte utnyttjas till fullo. *Denna brist på integration innebär således förutom onödigt höga kostnader också svårigheter att effektivt utnyttja skogsråvaran.*

Det relativt outvecklade gränssnittet människa–maskin, i kombination med det högt uppdrivna arbetstempot, orsakar stress och belastningsskador. I förlängningen kan detta leda till sjukfrånvaro, utslagning och rekryteringsproblem. *Maskinföraren riskerar därmed att bli en flaskhals i utvecklingen såväl av produktiviteten som skogsutnyttjandet.*

För att kunna tillvarata de möjligheter till produktivitetens utveckling och ökat produktvärde som tekniken erbjuder och samtidigt motverka oönskade arbetsmiljöeffekter gäller det att utforma *gränssnittet mellan förare och maskin* på ett informationsergonomiskt riktigt sätt. Genom att dessutom automatisera tekniken och låta maskinen själv sköta så mycket som möjligt av det repetitiva och mekaniska ”tempoarbetet”, så kan föraren ägna mer uppmärksamhet åt exv. trädval, virkeskvalitet och miljöhänsyn, vilket avsevärt kan förstärka *kopplingen mellan skogen och industrin*. Sammantaget bör en sådan utveckling erbjuda stora möjligheter att öka såväl systemets prestationsförmåga som råvarans värde och därmed både konkurrenskraften och skogsutnyttjandet.

Genom att skaffa sig en helhetsbild av de krav som ställs på ett välfungerande gränssnitt mellan människa och maskin samt dess integrering i informationsflödet skog–industri–marknad samt tillvarata de möjligheter som dagens och morgondagens utveckling inom IT, automatisering, robotisering m.m. erbjuder kan betydligt effektivare systemlösningar än dagens åstadkommas. Lösningarna blir emellertid alltmer komplexa och vi måste arbeta efter flera utvecklingslinjer med olika tidshorisonter. Ledstjärnor för den fortsatta utvecklingen är automatisering/robotisering, informationsergonomi, IT och informationsbehandling. *I FoU-arbetet måste därmed allt fler discipliner utnyttjas varför samverkan mellan fler och för oss i skogsbruket nya partner blir nödvändiga.*

FoU-program

Inom ramen för ett eller flera program inom KK-stiftelsen, NUTEK och/eller Rådet för Arbetslivsforskning (RALF) föreslås härmed ett forskningsprogram med inriktning mot framtidens skogsmaskinsystem.

För detta ändamål krävs en FoU-grupp med tvärvetenskaplig kompetens och förmåga att tolka skogsbrukets teknikbehov, utveckla system samt överföra tekniska lösningar från besläktade tillämpningsområden, t.ex. vägfordon och mobila arbetsmaskiner. Ett konsortium, bildat av brukare och tillverkare, skall ingå i gruppen och delta i såväl utvecklingsarbetet som finansieringen av programmet. Gruppen skall bygga vidare på befintliga grundläggande kompetenser inom olika områden (mekanik, elektronik, hydraulik, ergonomi, ved och fiber, etc.).

Förutom den eftersträvade system- och maskintekniska utvecklingen, till gagn för det praktiska skogsbruket, genererar programmet en långsiktig uppbyggnad av spetskompetens vid KTH (CAS och HMI) och Linköpings Universitet (HMI), vilka på så sätt sedermera kan utgöra en rekryteringsbas för berörda tillverkande industrier.

Syfte

FoU-programmets syfte är att utveckla skogsmaskinsystem, där både förarens kapacitet, i samspel med de nya tekniska hjälpmedlen och nya konstruktionslösningar utnyttjas på ett sådant sätt att man ökar produktiviteten och produktvärdet utan att vare sig den yttre eller inre miljön äventyras.

Mål

Programmet skall generera positiva effekter både på dagens maskinsystem (kort sikt), och på nästa generation skogsmaskiner (lång sikt).

I ett kortare perspektiv (5–10 år) bör det vara möjligt att effektivisera skogsmaskinernas arbete genom tekniska åtgärder som avlastar föraren repetitiva arbetsmoment, men också ger honom mer och bättre information om arbetet

och arbetsobjekten. Traditionella ergonomiska förbättringar kan också fortsättningsvis förbättra arbetsmiljön för föraren och underlätta arbetet.

Effektivare engreppsskördare och skotare (kort sikt)

Ett optimalt gränssnitt mellan förare och maskin samt förenkling/ delautomatisering av olika funktioner i processen trädval–kranarbete–upparbetning–lastning–lossning.

Kranarbetet kan t.ex. förenklas genom införande av kranpetsstyrning och automatisering av vissa moment. Även delar av upparbetningsprocessen kan automatiseras, så att föraren kan koncentrera sig på de värdefullaste träden, d.v.s. de delar av arbetet som höjer produktvärdet mest. Vidare behövs teknik som ger föraren större möjligheter att bestämma det enskilda trädets egenskaper. Informationsergonomin utvecklas med avseende på innehåll och presentation av den information föraren behöver för kvalificerade beslut. Traditionellt ergonomiskt utvecklingsarbete, t.ex. beträffande sikt och arbetsställningar kan underlätta arbetet. Förarens kommunikation med maskinen kan också utvecklas genom t.ex. röststyrning. Kombinationen skördare och skotare (drivare) kan också vidareutvecklas. Nya maskinkoncept för ökad framkomlighet och körhastighet i terräng kan bädda för framtida automatisering och minskat energibehov.

Autonoma system (lång sikt)

Nya systemkoncept med autonoma funktioner för några i skogen angelägna tillämpningar

Autonoma (förlösa – självgående – fjärrstyrda) system i skogen är en vision på ca 20 års sikt. Maskinerna är utrustade med intelligenta informationssystem för styrning och kommunikation avseende både förflyttning, produktion och produkter. Operatören befinner sig på annan plats, t.ex. vid en ledningscentral för flera system/maskinenheter på avlägget.

Målet inom ramen för föreliggande programförslag är att påbörja utvecklingen mot visionen genom att utveckla och testa någon/några förhållandevis enkla systemkomponenter i ett framtida autonomt system, ex. en ”skyttel” som ersätter dagens skotare.

Genomförande

Arbetet mot de två huvudmålen bedrivs parallellt.

Programmet föreslås genomföras som ett 5-årigt forskningsprogram i samverkan mellan *SkogForsk*, *KTH* (Centrum för Autonoma System, CAS och Human-Machine Interaction, HMI), *Linköpings Universitet* (HMI) samt ett *industrikonsortium* bestående av brukare (köpare) och tillverkare av skogsmaskiner och komponenter därtill.

Programmet föreslås fokuseras mot delmålen 1–4 nedan och genomförs inom därunder listade huvudaktiviteter.

1. Det optimala man–maskingränssnittet:

- *Kartläggning och optimering* av arbetsfördelningen mellan föraren och maskinen samt kommunikationen dem emellan.
- *Utvärdering* av befintliga simulatorer för maskinförare samt vid behov vidare- eller nyutveckling.
- *Prov och utvärdering* av olika man–maskingränssnitt i simulator och provbänk.
- *Demonstration* av valt utförande av man-maskingränssnitt i en engrepps-skördare.

2. Delautomatiserade aggregat- & kranfunktioner

- *Kartläggning* av vilka funktioner som är lämpade för automatisering samt hur dessa bör utformas.
- *Utveckling och konstruktion* av delautomatiserade funktioner.
- *Prov och utvärdering* av delautomatiserade kranar och aggregat.
- *Demonstration* av valda lösningar på en skördare och en skotare.

3. Nya maskinkoncept

- *Utvärdering* av olika hjul- och benbaserade maskinkoncept för förflyttning i svår terräng.
- *Utveckling och konstruktion* av hjul- och benbaserade maskiner för förflyttning i svår terräng.
- *Prov och utvärdering* av nya koncept i terräng.
- *Demonstration* av utvalda koncept på skotare.

4. Autonom skotarskyttel

- *Kartläggning* av funktionskrav och utvecklingsbehov samt projektering.
- *Utveckling och konstruktion* av pilotmaskin.
- *Prov och utvärdering* av pilotmaskin.
- *Demonstration* av pilotmaskin i drift

Uppläggnig

Organisation

SkogForsk föreslås koordinera programmet, ansvara för att för skogsbruket relevanta frågeställningar bearbetas samt aktivt delta i utvecklings- och utvärderingsfaserna.

KTH/CAS ansvarar för de delar av programmet som berör automatisering/robotisering och autonom navigering samt ansvarar för att frågeställningar relevanta för tillverkningsindustrin bearbetas.

KTH/HMI och LiU/HMI ansvarar för de delar av programmet som berör gränssnittet man–maskin.

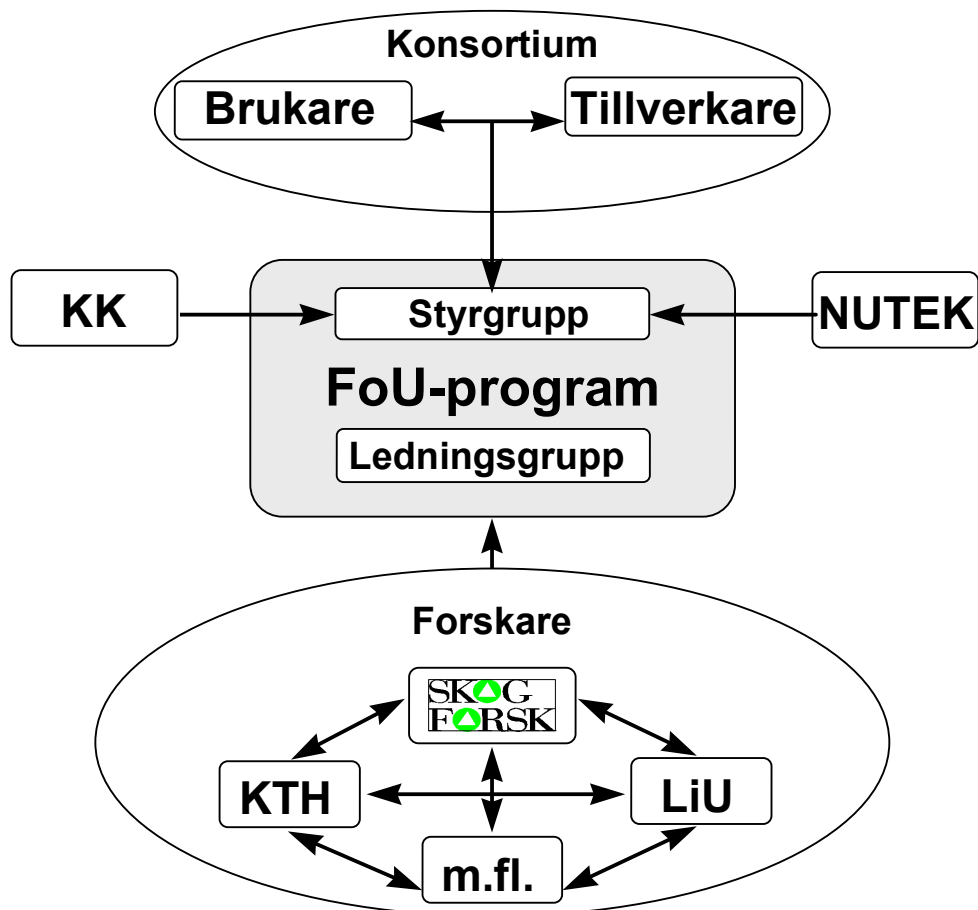
KTH och LiU utgör dessutom bas för programmets långsiktiga kompetensuppbyggnad.

Det förutsätts vidare att programmet genomförs i mycket nära samarbete mellan de medverkande forskande institutionerna och ett anslutet **industri-konsortium** bestående av:

- Brukare av skogsmaskiner (Skogsföretag och entreprenörer).
- Skogsmaskintillverkare.
- Tillverkare av komponenter (elektronik och programvara, hydraulik, kommunikations- och positioneringssystem, m.m.).

Delar av programmet beräknas genomföras av forskarstuderande, examensarbeten och grupparbeten.Handledning av forskarstuderande och examensarbetare ges av både FoU-parter och konsortiedlemmar och en målsättning är att finna former för att både forskarstuderande och examensarbetare kan arbeta i en industriell miljö och därmed förberedas för en industriell verksamhet. Sådana samarbetsformer kan också innebära utveckling av personalunioner mellan de forskningsinstitutioner som är inriktade på grundläggande forskning respektive mer tillämpade frågeställningar samt konsortiet.

Forskningsprogrammet föreslås finansieras av staten via exempelvis KK-stiftelsen, NUTEK och/eller RALF samt industrikonsortiet. Finansiärerna väljer en *styrgrupp*, som aktivt styr inriktningen i programmet. Därutöver tillsätts en *ledningsgrupp* som leder det praktiska FoU-arbetet i programmet. Se figur 2.



Figur 2.
Förslag till organisation av FoU-programmet.

Kompetenser

SkogForsk (Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut) är skogsbrukets eget forskningsorgan som arbetar med tillämpad FoU för ett långsiktigt lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Centrala frågeställningar i pågående program är: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer och Skogsodlingsmaterial. För detta krävs en bred kompetens inom hela det skogliga området alltifrån anläggning och skötsel av skog (genetik, skogsskötsel, miljö, skogsvårdsteknik, etc.) till dess utnyttjande för industriella ändamål (ved- och fiberegenskaper, råvaruutnyttjande, logistik, drivnings- och transportsystem, maskinteknik, arbetsorganisation). Arbetet präglas av helhetssyn inom biologi–teknik–ekonomi och samverkan med det praktiska skogsbruket, tillverkare och forskarkollegor nationellt såväl som internationellt.

Centrum för Autonoma System, CAS, vid KTH är ett pågående program för internationell spetsforskning inom autonoma system. Programmet finansieras delvis av Strategiska Stiftelsen. CAS kompetensområden omfattar vision och aktiv perception, autonoma ben- eller hjulbaserade maskinplattformar (robotar), givare och signalanalys samt optimering och artificiell intelligens.

Human-Machine Interaction, HMI, vid KTH och Linköpings Universitet är även det ett stort FoU-program för internationell spetsforskning, delvis finansierat av Strategiska Stiftelsen. HMIs kompetensområden omfattar IT-design och realtids interaction. CAS och HMI samverkar redan i ett flertal delprogram.

Industrikonsortiets alla specialist- och generalistkompetenser skall anlitas i största möjliga utsträckning. Här finns ett stort kunnande när det gäller exv. utveckling, konstruktion och byggande av komponenter och system.

Vid behov av olika specialister anlitas även **andra kompetenser** vid forskande institutioner som t.ex. KTH, SLU, Linköpings Universitet och Luleå tekniska Universitet.

Ämnesord:

Man, Maskin, Informationsergonomi, Skogsmaskiner.