

Dagens och morgondagens stödsystem i tågförarmiljöer

Rapport november 2009

Författare: Markus Dimgård

Anders Jansson

Lena Kecklund

Granskare: Anders Lindgren



Dagens och morgondagens stödsystem i tågförarmiljöer

Författare: Markus Dimgård

Anders Jansson

Lena Kecklund

Granskare: Anders Lindgren



MTO Säkerhet är ett företag som utifrån ett systemperspektiv på arbetsmiljö och säkerhet, det vill säga samspelet mellan

- Människa (M)
- Teknik (T)
- Organisation (O)

tillämpar specifik beteendevetenskaplig kunskap och metodik för att förbättra arbetsmiljö, säkerhet, hälsa och kvalitet.

Med MTO-metodik omsätts kvalificerad analys och kompetens i praktiska hanterbara lösningar som är långsiktigt hållbara och ger mervärde i verksamheten.

För mer information se vår hemsida www.mto.se

Sammanfattning

Syftet med föreliggande rapport är att sammanställa aktuell och relevant forskning på ett flertal kunskapsområden relaterade till tågförarens uppgift. Denna litteraturstudie inleds med en kort redogörelse av nuvarande (svenska) järnvägssäkerhetssystem men studien fokuserar även dels på aktuell forskning kring design- och utformningsaspekter av tågförarens informationsmiljö, dels på metoder och modeller för uppgiftsanalyser av tågföraruppgiften. Även andra aspekter redogörs för, bland annat användarcentrerad systemutveckling och dess relevans för järnvägsteknisk forskning. Litteraturgenomgången åtföljs sedan av ett avsnitt där alla medtagna referenser diskuteras ingående, för att till sist utmynna i ett par övergripande slutsatser.

Abstract

The purpose of this report is to compile current and relevant research on several areas of knowledge related to the train driver task. This literature review opens with a short description of the present-day (Swedish) railroad safety systems but the study also focus on one hand on recent research concerning design- and modeling aspects of the train drivers' information environment, on the other hand on methods and models associated with analysis of the train driver task. Other aspects are also reported on, for example user centered system development and its relevance for rail technical research. The literature survey is then followed by a section, in which all included references are thoroughly discussed. Finally, the report will end with some comprehensive conclusions.

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduktion..... | 6 |
| 1.1 | Bakgrund | 6 |
| 1.2 | Syfte & omfattning..... | 7 |
| 1.3 | Terminologi | 7 |
| 2 | Dagens stödsystem | 9 |
| 2.1 | Beskrivning av dagens stödsystem..... | 9 |
| 3 | Kommande stödsystem..... | 10 |
| 3.1 | Beskrivning av kommande stödsystem..... | 10 |
| 3.1.1 | De tre aspekterna av ERTMS..... | 10 |
| 4 | Forskningsläget | 12 |
| 4.1 | Litteraturgenomgång | 13 |
| 4.1.1 | Körmodeller, tidsalgoritmer & uppgiftsanalyser | 13 |
| 4.1.2 | Fel kan inte undvikas..... | 17 |
| 4.1.3 | Varseblivning och situationsmedvetenhet | 18 |
| 4.1.4 | Körstilar och varseblivningsförmåga | 20 |
| 4.1.5 | Vikten av användarcentrerad utveckling | 21 |
| 4.1.6 | Radiokommunikation som stödsystem..... | 22 |
| 4.1.7 | Experimentella studier | 22 |
| 5 | Diskussion..... | 24 |
| 5.1 | Vikten av uppgiftsanalyser som underlag vid systemutveckling | 24 |
| 5.2 | Design och utformning..... | 24 |
| 5.3 | Betydelsen av experiment..... | 25 |
| 5.4 | Generella slutsatser | 25 |
| | Referenser..... | 27 |

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Kommissionen för de Europeiska gemenskaperna antog år 1991 en samling riktlinjer i syfte att revitalisera järnvägssektorn och förbättra dess position i förhållande till konkurrerande transportslag. Riktlinjerna fastställde att det huvudsakliga målet för arbetet skulle vara grundläggandet av en gemensam europeisk järnvägsinfrastruktur för att möjliggöra gränsöverskridande tågtrafik (European Railway Agency, 2009). Med anledning av detta har Europeiska järnvägsbyrån (ERA) som instiftades 2004 i en EU-förordning fastställt följande:

I syfte att främja etablerandet av ett europeiskt järnvägsområde utan gränser och [i syfte att] främja revitalisering av järnvägssektorn samtidigt som dess grundläggande fördelar i termer av säkerhet stärks, skall Myndigheten [ERA] medverka i utvecklandet av en genuin europeisk järnvägskultur och forma ett grundläggande verktyg för dialog, samråd och utbyte mellan alla aktörer inom järnvägssektorn, med tillbörlig hänsyn taget till deras individuella kompetenser. (Regulation [EC] No 881/2004 of the European Parliament and of the Council, § 7, översatt från engelska)

En av de viktigaste uppgifterna för ERA har således varit att ta fram en gemensam järnvägsstandard för de länder som ingår i den Europeiska unionen. Tanken är att ett tåg skall kunna utgå ifrån godtyckligt EU-land vidare till en annan unionsmedlem utan att personal behöver bytas ut eller att skilda signalsystem utgör ett riskmoment för säker tågdrift.

Den stora stöttestenen för införandet av en gemensam europeisk järnvägsstandard har varit inkompatibla säkerhets- och stödsystem. I dagsläget finns det över 20 olika system inom den Europeiska unionen. Detta komplicerar järnvägens konkurrensposition i förhållande till t ex vägtransportsektorn. Ett tydligt exempel på vilka svårigheter detta medför är att *Thalys*-tågen (en gränsöverskridande snabbtågsoperatör som trafikerar stationer i sammanlagt fyra europeiska länder) måste utrustas med sammanlagt sju olika säkerhetssystem (ERTMS, 2009).

Men modern avancerad teknologi kräver *tvärvetenskapliga* forskningsansatser (Rasmussen, 2000). Detta gäller särskilt forskningsdiscipliner som behandlar "den mänskliga faktorn" (*human factors*), datorgränssnitt, människa-datorinteraktion, systemutveckling och systemanvändning; forskningsområden som alla har en relevans för järnvägssektorn. I utvecklandet av en gränsöverskridande europeisk järnvägsstandard är forskningen som därtill hör i allra högsta grad betjänt av ett tvärvetenskapligt perspektiv.

Med informationsteknologin som exempel, där det har skett en snabb utveckling och där användningen är vida utbredd, kan det konstateras att de tvärvetenskapliga forskningsdiscipliner som nämndes i föregående stycke i saknar många av de planmässiga tillvägagångssätt som andra, mer etablerade discipliner tar för givna. De övergripande ändamål som nämnda forskningsdiscipliner arbetar under, t ex bibehållen hög säkerhet, ökad produktivitet och effektivitet, samt goda arbetsmiljöer, är därför satta under en viss press.

Flera författare har de senaste åren betonat att en förändring är nödvändig med avseende på systemutveckling och dessa övergripande ändamål, se exempelvis Hollnagel, Woods och Leveson (2006), Rasmussen & Svedung (2000), Vicente (1999), Dekker (2006) samt Reason (2008).

1.2 Syfte & omfattning

Denna rapport är en inventering av kunskapsläget gällande säkerhets- och stödsystem i tågförarmiljön. Syftet är att låta denna inventering utmynna i en vägledande rapport med fokus på följande:

- De säkerhets- och stödsystem som finns idag
- De säkerhets- och stödsystem som är tänkta att introduceras
- Relevant forskning på områdena human factors, körmodeller, uppgiftsanalys och systemutveckling, presenterat i form av en litteratursammanställning

Arbetet med rapporten har genomförts vid MTO Säkerhet AB samt avdelningen för MDI (*Människa-datorinteraktion*) vid Uppsala universitets informationsteknologiska institution.

1.3 Terminologi

Syftet med nedanstående lista är att klargöra och definiera relevanta termer som återfinns i denna rapport.

ATC (*Automatic Train Control*) är ett automatiserat övervaknings-system för tåg. ATC-utrustningen tjänar till att "information som är väsentlig för tågs framförande, på [ett] säkert sätt överförs mellan bana och [...]fordon och presenteras för föraren". (Banverket, 1993, s 103).

Balis. Integrerad enhet i spåret, vilken sänder relevant trafik- och säkerhetsinformation till passerande fordon (Banverket, 1993).

ERTMS (*European Railway Traffic Management System*) är ett standardiserat europeiskt säkerhetssystem för järnvägar med syftet att möjliggöra gränsöverskridande tågtrafik (Bombardier Transportation RCS, 2004; ERTMS, 2009).

ETCS (*European Train Control System*) är en europeisk standard för ATC. Tillsammans med GSM-R utgör ETCS de två huvudkomponenterna av ERTMS.

Eurobalise är en samlingsterm på balisprodukter som uppfyller en särskild standard definierad av UNISIG (Bombardier Transportation RCS, 2004).

Iteration. Begreppet betyder att någonting repeteras. I systemutvecklingsammanhang handlar det om att s a s "förfinas efterhand" genom att i cykliska processer göra om samma sak

flera gånger – med insikten om att det i praktiken är omöjligt att göra rätt från första början (Gulliksen & Göransson, 2002).

Tvärvetenskap är en forskningsansats som sammanför skilda kunskaper, metoder och terminologi från flera olika forskningsområden.

UNISIG är ett informellt konsortium bestående av sex stycken aktörer (*Alstom Transport, Ansaldo STS, Bombardier Transportation, Invensys Rail Group, Siemens Mobility* och *Thales*) som bl a samordnar industriernas kontakter med järnvägsbranschen (ERTMS, 2009; Bombardier Transportation RCS, 2004).

2 Dagens stödsystem

2.1 Beskrivning av dagens stödsystem

Det finns idag flera stödsystem för tågföraren. Tabellen nedan är en sammanfattning av de system som för närvarande används i Sverige.

| <i>Tågförarstödsystem</i> | |
|---------------------------------|---|
| <i>ATC</i> | <i>Hjälper tågföraren att hålla hastighetsbegränsningar, påbud för stopp, placering vid station via utplacerade sändare (baliser) i eller längs med järnvägsrälsen (Banverket, 2000).</i> |
| <i>MobiSIR/Tåghyttstelefont</i> | <i>Tillåter mobilkommunikation under färd mellan tågförare och tågledarcentral eller annan part såsom banverkets underhållsenhet.</i> |
| <i>Körorder</i> | <i>Är ett särskilt system för förardokument (Banportalen, 2009). Beskriver de stationer, tider och restriktioner som gäller för den planerade resesträckan.</i> |
| <i>Linjebok</i> | <i>Sammanställning över järnvägsrelaterade uppgifter nödvändiga för tågfärd. Innehåller en förteckning, s k linjebeskrivning, över tågplatser, signalinrättningar, hastighetsnedsättningar, och dyl. (Banverket, 2000).</i> |

3 Kommande stödsystem

3.1 Beskrivning av kommande stödsystem

I nedanstående tabell beskrivs de stödsystem som för närvarande är under utveckling.

| <i>Kommande tågförarstödsystem</i> | |
|------------------------------------|---|
| <i>ERTMS</i> | <i>Samlingstermen för det kommande europeiska säkerhetssystemet. Består av tre delar, vilka beskrivs nedan.</i> |
| <i>ETCS</i> | <i>Är i likhet med ATC ett säkerhets- och övervaknings-system baserat på baliser integrerade i spåret.</i> |
| <i>GSM-R</i> | <i>Internationell standard för telekommunikation direkt avsedd för järnväg.</i> |
| <i>ETML</i> | <i>Ett stödsystem och planeringsverktyg avsett för tågtrafikledning.</i> |

3.1.1 De tre aspekterna av ERTMS

ETCS

ETCS är namnet på den standard som på sikt kommer att ersätta ATC. Det nya för ETCS är att det består av s k *eurobaliser* som skiljer sig från baliserna i det tidigare ATC-systemet. Dessa eurobaliser kommer på sikt att möjliggöra tågtrafik på framtida höghastighetsbanor och som ett resultat därav göra optiska signaler längs linjen överflödiga. Ett problem med optiska signaler längs linjen är att den mänskliga varseblivningsförmågan har svårigheter med att uppfatta och bearbeta dessa om fordonet färdas i mycket hög hastighet. Tanken är att ETCS skall kringgå problemet genom att låta signalerna presenteras dynamiskt genom ett grafiskt datorgränssnitt i förarhytten.

Innan ETCS är fullt utbyggt kommer systemet integreras i olika nivåer. Beroende på tågbanans ålder kommer implementeringen av systemet att ske gradvis. Enligt ERA måste dock alla nya banor som byggs förses med ETCS nivå 2. Nedanstående nivåuppdelning är byggt på information från UNIFE (2009).

Nivå 1 sänder all information via eurobaliser. Optiska signaler skickas via eurobaliserna till omborddatoren och presenteras visuellt för föraren via datorgränssnittet. Denna nivå är utformad i syfte att fungera som ett tillägg till linjer som redan har signalsystem installerade.

Nivå 2 sänder en viss del fixt kodad information via eurobaliser och variabel information sänds från radioblockcentraler via GSM-R. Den variabla informationen kan gälla tillfälliga hastighetsbegränsningar och dylikt vilket gör att trafikflödet kan planeras effektivare från trafikledarcentralerna.

Nivå 3 fungerar på samma sätt som *nivå 2* men skiljer sig på det sättet att tågets nuvarande position bestäms med hjälp av omborddatoren och radioblockcentralerna istället för dagens system med spårledningarna eller hjulaxelräknare.

I Sverige kommer det att ta några år innan alla spår är försedda med ETCS. Detta medför att det krävs en övergångsmodul kallad STM (*Specific Transmission Module*) som har till uppgift att brygga gapet mellan ETCS och ATC på de sträckor där de båda systemen kommer att existera parallellt.

GSM-R

Förkortningen står för *Global System for Mobile Communication – Railways*. Är specifikt avsett för järnvägskommunikation och är ett tillägg till mobiltelefonstandarden GSM. I Sverige används systemet *MobiSIR*, ett system som är byggt enligt GSM-R-standard och därför är direkt kompatibelt med detsamma.

ETML

ETML (*European Traffic Management Layer*) är tänkt att vara till stöd för tågtrafikledarna i deras planering av tågtrafiken och skall göra det möjligt att ta emot dynamisk och uppdaterad data från tågen under pågående resa.

4 Forskningsläget

Rasmussen (2000), Rasmussen och Svedung (2000) och Vicente (1999) visar vilka begränsningar som finns inom den traditionella systemutvecklingen, där fokus läggs på hur tekniklösningar utformas i enlighet med fastställda standarder för hur saker och ting *bör* vara (ett s k *normativt* utvecklingsperspektiv). Man strävar alltså efter en ideal lösning som är oberoende av andra faktorer. Att klart fastställda procedurer och instruktioner används för väl avgränsade arbetsuppgifter, och företrädesvis i sammanhang där användaren har kunskaper om systemens yttre villkor och inneboende begränsningar är en självklarhet inom den traditionella systemutvecklingen. Tillsammans med god informationstillgång kan användare/operatörer därför hantera situationen (jämför t ex med en tågförarens yrkesvardag; arbetsuppgiften och dess procedurer är fastställda enligt förutbestämda föreskrifter, och yrket kräver grundläggande kännedom om fordonens och stödsystemens villkor och begränsningar även hos den mindre erfarne föraren).

Men i ovanliga och oväntade situationer kan man inte uteslutande lita till att systemdesigners och systemutvecklare har kunnat ta alla varianter av händelser och förlopp i beaktande. Därför måste användaren ha en frihet att agera inom de fastställda ramarna. Det öppnar upp för en systemutveckling som bygger på att man kan utgå ifrån hur systemen används i existerande system, och att utifrån detta tillsammans med användare/operatörer hitta designlösningar som ger stöd även vid oväntade och ovanliga situationer. Sådan användarcentrerad systemutveckling har idag starkt fotfäste, särskilt i Skandinavien. Men som Vicente (1999) visar så har även detta synsätt sina begränsningar och risker. Framförallt kan man inte förvänta sig att den vanlige systemanvändaren skall ha en alltigenom korrekt uppfattning om hur ett system är uppbyggt och fungerar.

Inom kognitiv psykologi används ofta begreppet *mentala modeller*, vilket i detta sammanhang kan beskrivas som användarens uppfattning om hur ett system fungerar i en given situation. Man talar också om användare med *maladaptiva* (d v s felanpassade) mentala modeller. Sådana modeller medger att systemanvändare och dito operatörer utan problem kan sköta sitt arbete under lång tid. Dock blir en maladaptiv mental modell en starkt kritisk faktor vid ovanliga och oförutsedda händelser, då varken användare eller system är anpassade att träda utanför de fastställda ramarna. För att kringgå problemet som en normativt grundad systemutveckling skapar föreslås ett alternativ, vilket benämns som det *användarcentrerade* perspektivet. Detta är baserat på en konstruktiv/formativ ansats och bygger i hög grad på begreppet *design envelope* eller, med ett synonymt begrepp, *resource envelope*. Rasmussen (2000) förklarar begreppet i följande citat: "Designfokus kan [...] inte ligga på normativa arbetsprocedurer. Design borde istället ha som målsättning att skapa ett *resource envelope* inom vilket användaren kan verka fritt utan att förlora supporten från systemet." (Rasmussen, 2000, s 869-870, översatt från engelska). Det användarcentrerade synsättet är i hög grad kontextberoende – d v s beroende av det sammanhang i vilket det tillämpas och hur användaren fungerar i detta sammanhang. Meningen är att skapa ett system var funktionalitet överensstämmer med användarens mentala modell (Rasmussen, 1986; Flach, Vicente, Tanabe, Monta, & Rasmussen, 1998).

Se även Rasmussen och Svedung (2000); Vicente (1999); Hollnagel, Woods och Leveson (2006); samt Reason (2008). Inom tågtrafikstyrning och lokförardomänerna har studier utförts mot den bakgrunden, se bl a Jansson, Olsson och Erlandsson (2006) och Olsson och Jansson (2005).

Rasmussen (2000) visar att det inte räcker med traditionell, ämnesindelad forskning. Han förespråkar därför vad han kallar *designorienterad forskning* som den modell som bör tillämpas för att den tvärvetenskapliga forskningen ska bli framgångsrik. Man kan också kalla denna forskning *best-practice-orienterad forskning*, vilket innebär en ansats som grundar sig i en idé om att man med de rätta processerna, kontrollerna och testerna lyckas leverera ett önskat resultat med så få problem och oförutsedda komplikationer som möjligt. Ett bra exempel på framgångsrik forskning av sådant slag är det arbete som har bedrivits inom Banverkets forskningsuppdrag FTTS (*Framtida Tågtrafikstyrning*). För ett exempel, se Sandblad, Andersson, Kauppi och Wikström (2006).

Det moderna samhället befinner sig i ständig förändring och det påverkar teknikutvecklingen även inom järnvägssektorn. Ny teknik gör det möjligt att övervaka och följa tågens rörelser på ett annat sätt än tidigare. Tåget blir alltmer en del av ett integrerat system där informationsutbyte mellan olika aktörer blir en självklar del av arbetet. Tågföraryrket som förr i många avseende var ett ensamarbete, blir i framtiden en del av ett integrerat system, med förväntningar om ömsesidigt informationsutbyte och mer av ett teamarbete än tidigare, se exempelvis Young, Stanton och Walker (2006). För en övergripande resumé av utvecklingen inom området, se Wilson, Norris, Clarke och Mills (2006).

4.1 Litteraturgenomgång

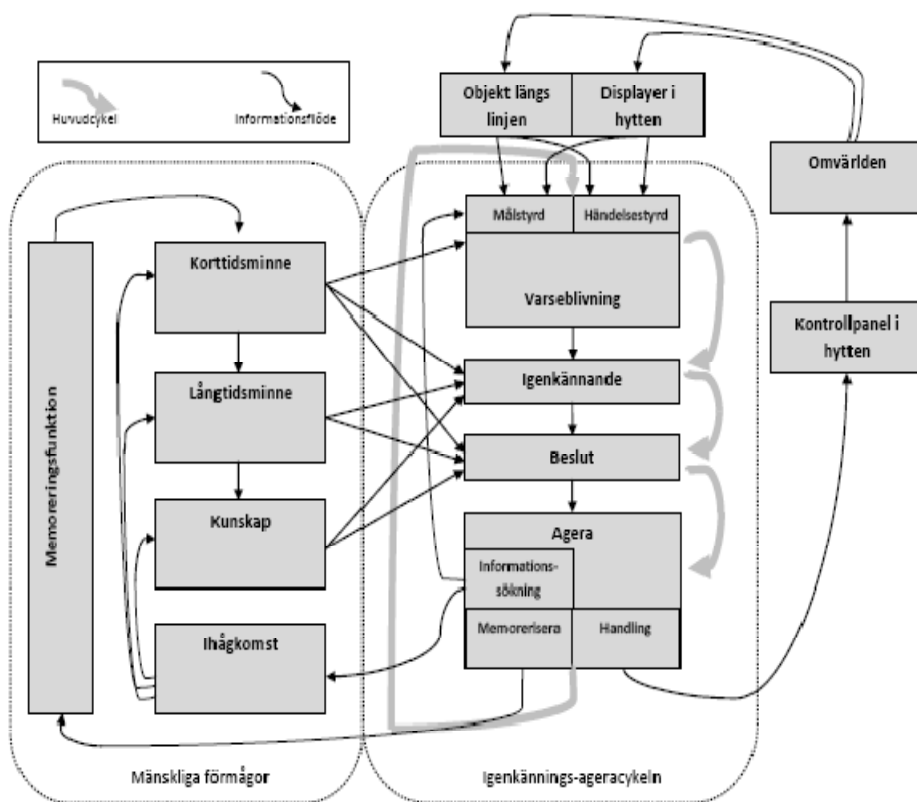
De studier som presenteras nedan är en sammanställning av relevant forskning som behandlar 1) kognitiva uppgiftsanalyser, 2) gränssnitts- och systemutveckling, 3) design- och utformningsaspekter, samt 4) *human factors*.

4.1.1 Körmodeller, tidsalgoritmer & uppgiftsanalyser

I en studie gjord av Hamilton och Clarke (2004) används s k kognitiv uppgiftsanalys (CTA) i syfte att identifiera och utvärdera förarprestationen. Uppgiftsanalyserna har sedan legat till grund för utvecklandet av teoretiska modeller över förarens körmonster och mentala arbetsbörda (se figur 4.1.1 nedan för en översikt).

Uppgiftsanalys är ett verktyg som med fördel används inom sektorer där MMI (*människa-maskininteraktion*) och/eller MDI (*människa-datorinteraktion*) ingår. Metoden syftar till att identifiera och analysera vilka ingående delhandlingar en specifik uppgift består utav, i sammanhang där användare och system interagerar. Rätt använd kan metoden tjäna till kvalitetsförbättringar ifråga om t ex säkerhet, produktivitet och tillgänglighet (Kirwan & Ainsworth, 1992); faktorer som alla är högst relevanta för järnvägssektorn.

Kognitiv uppgiftsanalys (även kallat kognitiv arbetsanalys) är i stort sett synonymt med det ursprungliga begreppet ovan, dock med tillägget att CTA syftar till att utvärdera yrken och arbetsuppgifter som till sin natur är mer tankemässigt och mentalt krävande. En del forskare framhärdar dock i att gränserna mellan traditionell uppgiftsanalys respektive dess kognitiva underkategori är relativt flytande, då verktygen ofta beaktar samma typer av faktorer (se t ex Vicente, 1999).



Figur 4.1.1 Kognitiv uppgiftsanalysmodell över mänskliga förmågor och igenkännings-ageracykeln (Hamilton & Clarke, 2004). Översatt och bearbetad modell.

Vid utformning och utveckling av stödsystem som syftar till att underlätta för föraren bör dock kognitiva uppgiftsanalyser med tillhörande prestationsmodeller vara en central och viktig del i processen, hävdar Hamilton och Clarke (2004). Förutom modellen ovan (figur 4.1.1) använder sig Hamilton och Clarke även av en matematisk algoritm i syfte att avgöra den totala tiden det tar att utföra en uppgift. Underlaget till algoritmen baseras på en studie där tågförare har deltagit ($N=250$). Ett *exempel* på nämnda algoritm återfinns nedan:

$$T_{Pa} = T_P + T_C + T_M + I_M \log_2 (D/S + 0.5)$$

T_{Pa} är således den *totala tiden* det tar att utföra en uppgift; i exemplet ovan handlar uppgiften om att sträcka sig efter och aktivera en strömbrytare. Nedan ges en förklaring på varje värde som kan ingå i algoritmen (tabell 4.1.1a) följt av de tidsintervall (i sekunder) som en uppgift kan pågå (tabell 4.1.1b).

Tabell 4.1.1a Symbolförklaringar (bearbetad tabell efter Hamilton & Clarke, 2004)

| Element | Symbol |
|--|-----------|
| Varseblivningsprocess | T_P |
| Kognitionsprocess | T_C |
| Motorikprocess | T_M |
| Kognitiv repetition, tid | I_C |
| Ögonrörelse, tid | E_M |
| Rörelserepetition | I_M |
| Skriva (via tangentbord), tid per knapptryck | T_{PTI} |
| Datainmatning, tid per knapptryck | T_{PKI} |
| Skriva (manuellt), tid per bokstav | T_{PWI} |
| Kvadratkoefficient för samtal | y |

Tabell 4.1.1b Tidsintervaller för elementära handlingar (bearbetad tabell efter Hamilton & Clarke, 2004)

| Symbol | Tidsintervall (sek) | | |
|-----------|---------------------|--------|---------|
| | Snabb | Median | Långsam |
| T_P | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| T_C | 0.025 | 0.07 | 0.17 |
| T_M | 0.03 | 0.07 | 0.1 |
| I_C | 0.092 | 0.15 | 0.157 |
| E_M | 0.07 | 0.23 | 0.7 |
| I_M | 0.07 | 0.1 | 0.12 |
| T_{PTI} | 0.158 | 0.3332 | 1.154 |
| T_{PKI} | 0.3 | 0.577 | 1.091 |
| T_{PWI} | 0.545 | 0.732 | 0.952 |
| y | 0.0095 | 0.0145 | 0.0194 |

Den fullständiga uppgiften att sträcka sig efter och aktivera en strömbrytare består med andra ord av delhandlingarna 1) uppfatta och varsebli strömbrytaren, 2) behandla denna information i tanken, 3) initiera den motoriska (kroppsliga) processen, för att sedan 4) repetera rörelsen ifråga. Den totala tiden för handlingen är alltså de sammanlagda tiderna för de ingående delhandlingarna.

Avslutningsvis hävdar Hamilton och Clarke (2004) att kognitiv uppgiftsanalys tillsammans med prestationsmodeller är nyttiga analysverktyg i forskningssammanhang där förarens uppgift står i fokus. Anledningarna som framförs är:

- Analysverktygen fokuserar specifikt på föraren. Därför tillgodoses de ergonomiska faktorer som är mest tongivande i tågförarens arbetsuppgifter.
- Analysverktygen stödjer ett gemensamt tillvägagångssätt för (framtida) utformning av järnvägsspecifika tecken, skyltar och signaler.
- Modellen gör en åtskillnad mellan information som står att finna inne i tågförarhytten (knappar, reglage, displayer och liknande) och informationskällor som är placerade utanför hytten (t ex optiska signaler, människor, djur och natur). Vid introducerandet av nya stödsystem där majoriteten av informationen presenteras enligt den förra varianten – dvs inuti hytten – behöver modellen därför inte modifieras då sk in-cab information redan är en egen faktor i modellen.
- Modellen är baserad på förarens handlingar, varseblivning och kognitionsförmåga. På så sätt medtas alla relevanta huvudaspekter av uppgiftscykeln i modellen.
- Analysverktygen tillhandahåller ett språk för att identifiera vilka felkällor som har varit inblandade vid sk OSPA (Otillåten stoppsignalpassage). Detta analytiska språk kan sedan även användas i syftet att finna lämpliga motåtgärder, och i förlängningen även för att utvärdera konsekvenserna av föreslagna motåtgärder.
- Vid analys av arbetsbörda och mänskliga felkällor kan resultatet användas vid utvecklandet av designlösningar. På så sätt tar man eventuella riskfaktorer i beaktande redan i ett tidigt skede av utvecklingsprocessen.

Doncaster (2009) har genomfört en litteraturstudie med inriktning på vilka *cues* (ungefär sinnliga/sensoriska tecken eller referenspunkter) som tågförare använder under körning. Författaren konstaterar att området är relativt dåligt utforskat, särskilt inom godstågssektorn. Att förare använder olika typer av landmärken, ljud, rörelser och andra sensoriska referenspunkter i syfte att t ex bedöma tågets hastighet kan tyckas vara en självklarhet som inte kräver något ytterligare analyserande, men kunskapen om förarens användande av sensoriska tecken är en viktig forskningsfaktor som kräver noggranna studier. Strukturera

kunskap på området kan exempelvis användas vid utformandet av uppgiftsanalysmodeller och liknande forskning som behandlar tågförarens arbetsuppgifter. Kunskapen kan sedan med fördel användas som grund vid system- och gränssnittsutveckling.

För att komma fram till uppgiftsanalyser som kan anses vara giltiga och i ett vidare perspektiv praktiskt tillämpliga måste dessa vara byggda på korrekt empiri (d v s observationer). Det kan i sammanhanget vara relevant att hämta ett exempel från ett annat trafikslag. Inom sjöfarten har en studie genomförts på sjöbefäls olika metoder för hur dessa tillägnar sig information (Erlandsson & Jansson, 2007). Artikelförfattarna beskriver en metod som kallas för *kollegial verbalisering*, vilket författarna menar är en metod som kan vara till nytta vid design och utformning av informationsmiljöer. Metoden bygger på att fordonsoperatörer (i detta fall sjöbefäl) filmas under själva körmomentet. Det inspelade materialet analyseras sedan av kollegor till denne – den filmade är *inte* med under själva analysmomentet – och dessa verbaliserar och förklarar varje arbetsmoment punkt för punkt. Detta förfarande står i kontrast till andra former av verbaliseringsmetoder, bl a *samtidig* verbalisering (operatören förklarar sitt beteende själv under arbetsgången) och *tillbakablickande* verbalisering (operatören förklarar sitt beteende i efterhand). Artikelförfattarna menar att kollegial verbalisering har flera fördelar. De argument som framförs är:

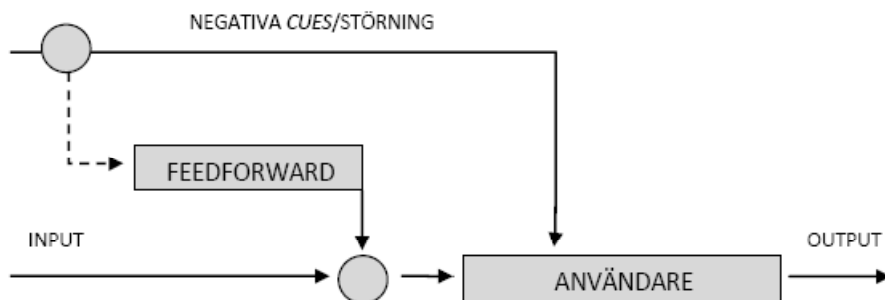
- När yrkeskollegor genomför analysen uppdagas de underliggande handlingarna och den dolda kunskapen som ej kan hittas av en utomstående analytiker.
- Vid samtidig verbalisering är operatören ofta omedveten om vilka handlingar och vilken kunskap som sätts i verket. Detta eftersom handlingarna/kunskapen i hög grad har automatiserats mentalt.
- Kollegial verbalisering ger analysen mer tillförlitlig information om det observerbara beteendet än vad tillbakablickande verbalisering gör. Detta eftersom det ger operatören möjlighet att rationalisera sina handlingar i efterhand. Även om operatören kan ge fullgoda förklaringar till sitt handlande i tron om att det är korrekt visar det sig ofta vara det rakt motsatta.
- Metoden kan i större utsträckning identifiera felaktiga mentala modeller (buggy mental models) än de traditionella verbaliseringsteknikerna ovan.

4.1.2 Fel kan inte undvikas

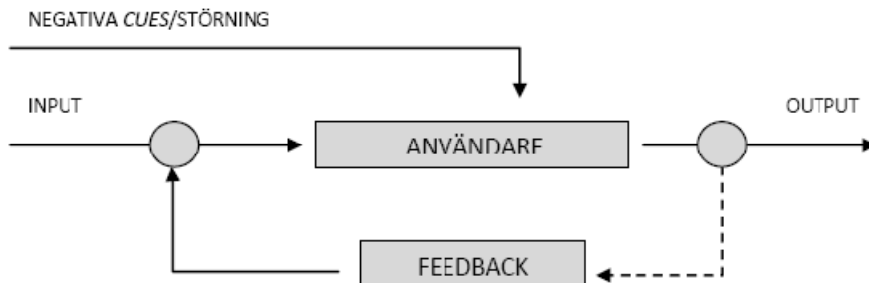
Vid utformning av tågförarmiljöer, och därtill relaterade stödsystem och datorgränssnitt bör en grundförutsättning vara att både användaren och stödsystemet är potentiella felkällor. Under hela utvecklings-processen av tågförarmiljön bör därför detta synsätt tas i beaktande, menar Telle, Vanderhaegen och Moray (1996). I deras artikel pekar de på att traditionella system där designen är byggd på sannolikhetsmodeller över tillförlitlighet och funktionssäkerhet med återkommande mellanrum misslyckas i sitt uppsåt. Utvecklare bör med andra ord inte fästa all sin tilltro till sådana arbetssätt.

Författarna framför istället en annorlunda infallsvinkel till designtänkandet. Istället för att utgå ifrån sannolikhetsmodeller där man utgår ifrån att den mänskliga faktorn använder systemet

korrekt, bör man utgå ifrån modeller byggda på orsak och verkan (*kausalitet*) och ta stark hänsyn till det faktum att antingen människan eller stödsystemet kommer att begå fel. Utifrån en sådan infallsvinkel tillåter man även användaren (föraren) eller stödsystemet att faktiskt begå fel men öppnar också för en s k *feed-forward loop* (se figur 4.1.2a nedan), som kan liknas vid att användaren eller systemet reagerar enligt ett förutbestämt mönster på negativa *cues* och därigenom kan bryta kedjan av felhandlingar och rädda situationen innan fara uppstår. Detta står i motsats till en vanlig s k *feedback loop* (se figur 4.1.2b) där användaren/systemet återkopplar och handlar först efter att störningen är ett faktum. Begreppet *feed-forward* handlar med andra ord om arbeta proaktivt.



Figur 4.1.2a. Modell över *feed-forward loop*. Cirklarna symboliserar punkter i situationsflödet som bryter av störningsförloppet och avvärjer felet innan användaren/systemet påverkas negativt.



Figur 4.1.2b. Modell över *feedback loop*. Störningsförloppet kan här fortgå utan motstånd och resulterar i att processen tvingas återgå till början.

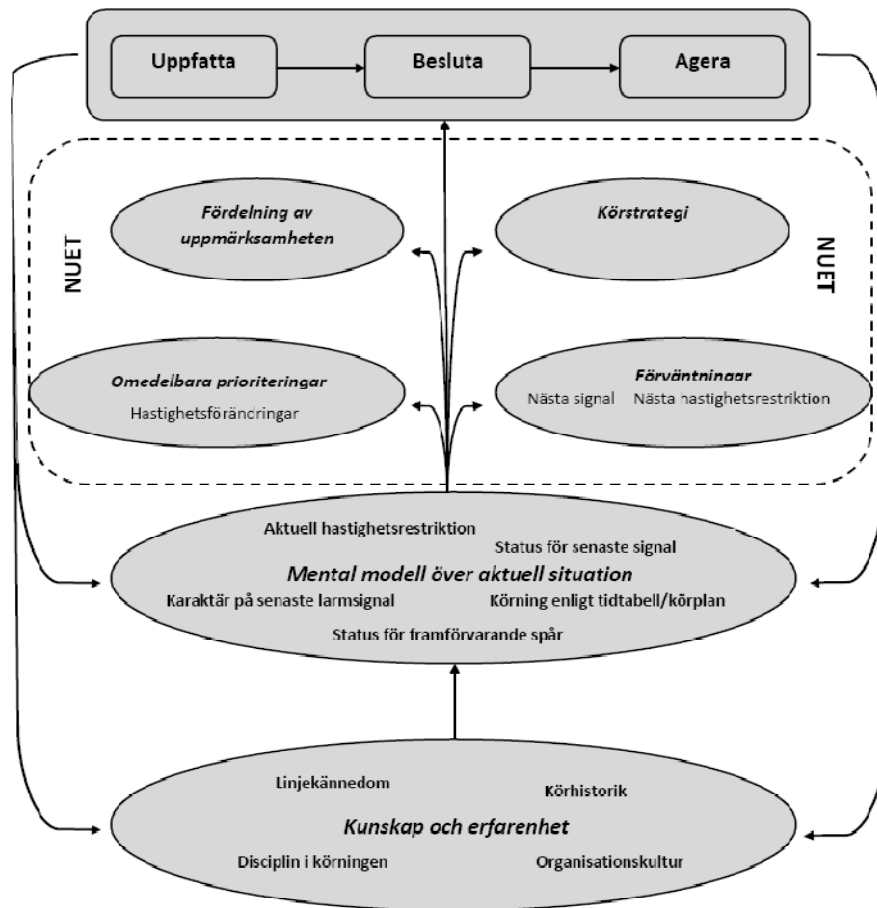
4.1.3 Varseblivning och situationsmedvetenhet

McLeod, Walker, Moray och Mills (2005) har utifrån av en situationsmodell över tågförarprestation utvärderat det brittiska säkerhetssystemet AWS (*Automatic Warning System*) utifrån hur systemet har fungerat rent praktiskt och funktionellt.

Författarna fastslår att AWS är alltför komplext ifråga om de ljudsignaler som varningssystemet bygger på. AWS producerar två typer av ljud; grönt ger en ljus ljudsignal på 1200 Hz och varning ger en tutsignal på 800 Hz. Men eftersom AWS har byggts ut och uppgraderats till att även inkludera andra sorters varningar såsom nödbroms, temporär och bestående hastighetsbegränsning och varning för plankorsningar är det upp till föraren att tolka

Ljudsignalen i kombination med en visuell indikator. Andra problem som identifierats är även att den visuella signalen kan referera till tidigare platser än den som just passerats.

McLeod m fl (2005) menar vidare att dagens analyser av förare inte kan göras med traditionella modeller utan föreslår en ny modell. Modellens avsikt är att belysa hur komplexa psykologiska faktorer spelar en stor roll i situationer där den mänskliga faktorn påverkas av intryck i realtid (se figur 4.1.3).



Figur 4.1.3 Situationsmodell över tågförarens prestation vid interaktion med AWS, enligt McLeod, Walker, Moray och Mills (2005). Översatt och bearbetad modell.

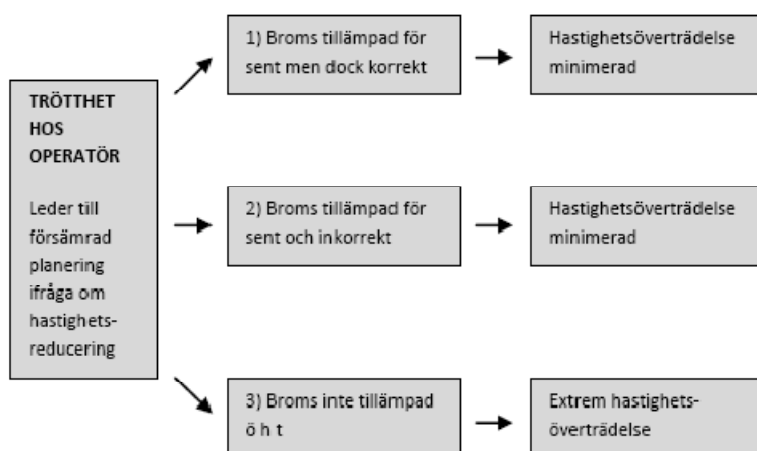
4.1.4 Körstilar och varseblivningsförmåga

I en undersökning genomförd av Kecklund och medförfattare (2001) diskuteras vilka aspekter som bör utgöra grunden för en säker järnväg. Organisatoriska, tekniska och psykosociala faktorer såsom god sömn och bättre skiftesplanering (för frontlinjepersonalen) tillsammans med ett aktivt arbete för att säkerställa god service på fordonsparken pekas ut som centrala faktorer för att minimera förekomsten av olyckor och tillbud. Till dessa faktorer bör också en aktiv vidareutbildning av ATC-systemet vara en prioriterad del.

Kecklund m fl (2001) kunde genom undersökningen identifiera två skilda körstilar bland tågförare. En *reaktiv* och en *proaktiv* körstil preciserades. Av dessa är den proaktiva körstilen är att föredra framför den andra.

En proaktiv körstil uppstår när tågföraren har väl utvecklad situationsmedvetenhet kombinerat med god linjekännedom. Detta ger en solid förståelse för hur situationer längre fram på sträckan skall hanteras på bästa sätt. I motsats till detta står den reaktiva körstilen, som är uppbyggd enligt mönstret *se först, agera därefter*. En tågförare som kör proaktivt har under resan en bättre förberedelse och är mer planerande än en förare med en reaktiv körstil. En proaktiv körstil förebygger därför stressade situationer och ogenomtänkta beslut.

Liknande forskningsupptäckter har även gjorts utanför Europa. I en australisk undersökning genomförd av Dorrian, Hussey och Dawson (2007) användes ett tekniskt hjälpmedel benämnt *Pulse Train Trax™ Recording System and Analysis Program*, vilket består i en dataloggningsapparat som installeras i lokomotivet. Denna registrerar sedan detaljer i förarens körbeteende tillsammans med aktuell fordonsstatus en gång per sekund. Vid analysen av den rådata som studien genererade kunde vissa slutsatser dras: 1) Förarna bytte från en proaktiv till reaktiv körstil vid trötthet, 2) oekonomiska inbromsningar förekom oftare, och 3) hastighetsöverträdelse blev vanligare. Sammantaget påverkar ovanstående körsäkerheten och effektiviteten till det sämre. Nedanstående figur (4.1.4) illustrerar tre tänkbara konsekvenser av trötthet hos operatören m a p bromsanvändning i relation till hastighetsöverträdelse.



Figur 4.1.4. Potentiella konsekvenser av trötthet hos operatören ifråga om bromstillämpning i relation till hastighetsöverträdelse. Översatt och bearbetad modell efter Dorrian et al, 2005.

Dorrian, Hussey och Dawson (2007) hävdar, på basis av undersökningen, att en *måttlig* trötthetsnivå får operatörer att i regel välja det andra alternativet i modellen ovan. En *hög* trötthetsnivå resulterar dock i att operatören följer det tredje alternativet.

I en artikel av Young och Grenier (2009) föreslås ett byte av strategi med avseende på vilken perceptionsteori (d v s teori om mänsklig varseblivning) man använder som grund för design av tågförarhytter. Dagens systemdesign bygger i stor utsträckning på perceptionsteorier där betoningen ligger på att informationsflödet är turordningsbaserat och indelat i sekvenser. Young och Grenier (2009) menar att det är lämpligare att utgå ifrån s k *ekologiska* perceptionsteorier där fokus istället läggs på användarens aktiva utforskning och upptäckt av information (paralleller kan även dras till Endsley, 1995). I förlängningen skulle ett teoriskifte också innebära att man väljer att betrakta föraren som en aktiv problemlösare, och främjar därmed en proaktiv körstil. Den mer passiva (reaktiva) körstilen som en del förare uppvisar (Kecklund m fl, 2001) skulle med ett sådant byte av teori troligen kunna minimeras. En proaktiv körstil är nödvändig för att operatören skall arbeta enligt de mål som beskrevs tidigare i denna rapport, d v s bibehållen hög säkerhet, större produktivitet och ökad effektivitet (Rasmussen, 2000; Hollnagel, Woods & Leveson, 2006).

4.1.5 Vikten av användarcentrerad utveckling

Olsson och Jansson (2005) visar i en studie på vikten av att involvera de avsedda användarna/operatörerna tidigt i designarbetet med nya gränssnitt i tågförarhytten. Studien genomfördes enligt en *workshop*-modell där tågförare närvarade. Dessa workshopmöten genererade flera förslag på designlösningar och prototyper, och Olsson och Jansson kunde utifrån detta konstatera att regelrätta krav i bemärkelsen lösning på ett ingenjörproblem faktiskt inte fanns i verkligheten.

För att hitta de system- och designkrav som var relevanta i ett mer allmänt perspektiv blev forskningsgruppen nödgade att genomföra flera förändringar – s k *iterationer* – av designen för det nya gränssnittet. Flera viktiga lärdomar kunde göras utifrån dessa workshop-möten, varav de viktigaste följer nedan:

- Att alla involverade parter bör delta aktivt och på lika villkor i utvecklingsarbetet
- Att man kommer överens om ett gemensamt mål och använder sig av ett gemensamt språk, i syfte att undvika missförstånd som i ett vidare skede kan leda till design- och handhavandeproblem
- Att utvecklare och designers verkligen tar till sig av användarnas beskrivningar och erfarenheter för att kunna förstå problemen på djupet
- Att hålla i åtanke att det inte finns några förutbestämda lösningar på problem
- Att alla parter har nödvändiga och grundläggande verktyg till hands för att kunna delta i arbetet

- Att dokumentation förs över fattade designbeslut, förslag och erfarenheter i syfte att använda dessa i senare skeden

Ett annat exempel på systemutveckling där tågförare har deltagit som testpersoner är det arbete som har utförts av Rentzsch, Seliger, Miglianico och Georget (2009) inom ramen för MODTRAIN och EUCAB. Studierna signerade Rentzsch m fl har syftat till att identifiera brister i utformning av gränssnittet med särskilt fokus på ergonomi, säkerhet och effektivitet. Målet har varit att lägga grunden för en designlösning av människa-maskingränssnittet som är gemensam för alla de marknadsaktörer som utvecklar och bygger gränssnitt i tågförarhytter. Resultaten är tänkta att användas till förändringar av standarder inom området, och just ambitionen att skapa en standardiserad förarhytt kommer att vara ett väsentligt bidrag till järnvägssektorn i stort.

4.1.6 Radiokommunikation som stödsystem

Young, Stanton och Walker (2006) diskuterar i en artikel ämnen som mental arbetsbelastning, situationsmedvetenhet och användarens tillit till automatiserade processer. Författarna menar att detta är områden där nuvarande forskning ännu inte kan producera tillförlitliga modeller över mänskligt agerande i olika situationer, även om vissa framsteg på områdena har gjorts.

I artikeln diskuteras även det kommande europeiska systemet ERTMS tillsammans med det tillhörande kommunikationsverktyget GSM-R. Författarna drar paralleller till andra transportslag när de konstaterar att studier av bilförarens användande av radiokommunikation (d v s mobiltelefoni) påvisar att uppmärksamhetsförmågan och därmed även körsäkerheten blir lidande. I motsatt förhållande står flygsektorn. Radiokommunikation är inom flygtransporten en ytterst viktig funktion, och kommunikationsformen har där fungerat mycket väl. När det kommer till järnvägen har inga särskilda tecken pekats på att tågförarens köregenskaper och -förmåga skall ha förändrats till det sämre i och med införandet av GSM-R.

Artikelförfattarna poängterar avslutningsvis att experter inom *human factors* och MTO i ett tidigt skede av arbetet har fått delta i utvecklingen. Författarna menar att ett sådant förfarande är positivt eftersom expertstödet skänker nya infallsvinklar i framtagningsarbetet. Vidare anser Young, Stanton och Walker (2006) att de lärdomar som dragits med avseende på människa, teknik och organisation från andra transportslag också bör kunna appliceras på de förhållanden som råder inom järnvägssektorn. Man menar med andra ord att domänöverskridande forskning är berikande.

4.1.7 Experimentella studier

Scott och Gibson (2009) rapporterar om forskning som syftat till att utreda och utvärdera olika typer av designlösningar som ska underlätta för tågföraren att identifiera och särskilja mellan de olika orsakerna till automatiska bromsfunktioner. I England har man sedan början av decenniet konstaterat cirka 30 tillfällen där förare har råkat ut för automatiska bromsfunktioner och där föraren sedan i strid med gällande reglemente har återstartat tåget och fortsatt färden. Ett av problemen som identifierats är att förarna av olika anledningar inte har en vetskap om tåget har bromsat: 1) för att tåget passerat en stoppsignal (s k OSPA); 2) för att föraren har kört för fort längs en sträcka med permanenta hastighetsbegränsningar; eller 3) för att föraren har kört för fort fram till en blocksignal (som man använder för att reglera tidskonflikter vid begränsad spårkapacitet). Scott och Gibson (2009) visar att det går att utveckla nya gränssnitt som underlättar för föraren att särskilja mellan de olika skälen till de

automatiska bromsfunktionerna. Studier av detta slag är speciellt lämpliga att genomföra i experimentell miljö.

Davies, Thorley, Thomas och Gibson (2009) redovisar en experimentell studie där man undersökt nyttan av så kallade *head up displays* (HUDs) i tågförarhytten. Tekniken innebär att information relevant för fordonets framförande på olika sätt presenteras inom förarens siktlinje, t ex genom att projiceras på vindrutan. Tanken är att föraren skall kunna ha överblick över väsentlig trafik- och fordonsstatus utan att behöva flytta uppmärksamheten från körfältet. Andra transportslag har agerat föregångare på området; designlösningar finns redan eller är under utveckling inom sjöfart, flyg och bilindustri. Davies och medförfattare (2009) menar att det finns en god potential för att nyttja dylik teknik i tågförarens informationsmiljö. Ett rimligt argument är att sådana tekniklösningar skänker föraren en viss lättnad ifråga om den mentala arbetsbelastningen. Det bör dock påpekas att information i siktlinjen inte är helt oproblematisk då föraren kan tvingas till att dela uppmärksamheten mellan head up displayen och informationen från omvärlden (Foyle, McCann, Sanford & Schwirzke, 1993; Wickens & Holland, 2000). Forskning inom andra tillämpningsområden visar att det krävs omsorg för att lyckas med sådana designlösningar. Att bedriva fortsatt forskning inom området är därför nödvändigt, detta i syfte att utveckla en lösning som är anpassad efter tågförarens arbetssituation.

5 Diskussion

5.1 Vikten av uppgiftsanalyser som underlag vid systemutveckling

Kognitiva uppgiftsanalyser i likhet med den som utförts av Hamilton och Clarke (2004) är en viktig kunskapskälla i utvecklingsarbetet med nya stödsystem och informationsmiljöer. Genom uppgiftsanalyser kan utvecklare och designers utvärdera vilka handlingar och uppgifter som är mest väsentliga för tågförarens arbete i stort, och utforma stödsystemet och informationsmiljön kring denna kunskap; likaså är tidsmätningen (se exempelalgoritmen i avsnitt 4.1.1) av de elementära handlingar som ingår i en större uppgift viktig på samma sätt. Det kan i detta sammanhang även vara relevant att påpeka Doncasters (2009) konstaterande att karläggningen kring tågförarens användning av *cues* hittills är dåligt utforskat. För framtida forskning kan detta ämne komma till god nytta, då resultaten kan komma att berika vidare forskning kring uppgiftsanalyser av tågförarens arbete och i ett ännu vidare perspektiv skapa en bättre teoretisk grund för designen av tågförarens informationsmiljö. Att hämta inspiration från den forskning som utförts av Erlandsson och Jansson (2007) kan också vara relevant i detta sammanhang – i syfte att finna giltig och tillförlitlig empiri kan kollegial verbalisering vara ett kraftfullt verktyg vid analys av tågförarens arbetsuppgifter.

Utan stöd av noggranna uppgiftsanalyser kan systemet lida brister i användbarheten. Utvecklare som utformar system utan strukturerad kunskap om vilka uppgifter användaren vill utföra med hjälp av systemet riskerar att skapa ett system där väsentliga funktioner är dåligt anpassade för användarens villkor; tankegångar som även delas av Gulliksen och Göransson (2002). Samma författare menar att en grundlig analys i syfte att utvärdera vilka funktioner som är mest väsentliga också minskar systemets storlek och komplexitet. Risken är annars att utvecklare lägger in *för mycket* funktionalitet i systemet – med följden att många funktioner saknar relevans för operatören.

5.2 Design och utformning

När det kommer till själva utformningen av tågförarhytten och därtill hörande informationsmiljöer ger artiklarna flera råd värda att ta i beaktande. T ex i artikeln signerad Telle, Vanderhaegen och Moray (1996) presenteras en infallsvinkel för designprocessen som i förstone kan te sig stå i motsats till den *common sense*-uppfattning som råder i designsammanhang. Traditionellt har man utgått ifrån att användaren av ett system inte begår felhandlingar vid användandet, och utifrån detta synsätt har sedan systemet utformats. Att istället, såsom författarna ovan menar, utgå ifrån ett motsatt synsätt där användaren och/eller systemet i sig ses som en eventuell felkälla kan lägga grunden för en stabil systemdesign. Även om en sådan utgångspunkt kan te sig negativ – d v s att "utgå från det värsta" – är det samtidigt ett sätt att ta de svagaste länkarna i kedjan av orsak och verkan i beaktande. Ett system är aldrig starkare än sin användare och vice versa.

En annan, mer specifik designteknisk aspekt kan hittas i artikeln författad av McLeod, Walker, Moray och Mills (2005). Utifrån deras utvärdering av det brittiska Automatic Warning System kan en slutsats göras angående riskerna med att inte utforma varningssignaler i enlighet med en enkelhetsprincip. Ljudsignalerna AWS alstrar vid farofyllda situationer är "binära" såtillvida att det endast finns två lägen. Att ålägga föraren att tolka signalen tillsammans med en visuell indikator skapar en onödig komplexitet som blir en försvårande faktor i yrkesutövningen. Med

detta exempel i åtanke kan man argumentera för att systemutvecklare och designers alltid skall låta enkelhetsprincipen vara vägledande i utvecklingsarbetet. Onödigt komplexitet skapar onödiga risker.

Standardisering är en annan delaspekt av designarbetet som belyses i artikeln av Rentzsch, Seliger, Miglianico och Georget (2009). Vilket resultat ambitionen att skapa en gemensam standard för människa-maskingränssnittet i tågförarhytten kommer att få för framtiden utvisa, men såsom nämndes i föregående kommer en gemensam standard för förarhytten att vara ytterst viktigt för hela järnvägssektorn. Det är en väsentlig faktor för möjliggörandet av en gränsöverskridande tågtrafik.

Olsson och Jansson (2005) redovisar i sin studie ett antal viktiga faktorer som bör ingå i en designprocess; framförallt betonas vikten av att medta slutanvändarna genom hela utformningscykeln av nya system och gränssnitt. Den uppräknade listan av faktorer som återfinns i anslutning till artikeln ifråga kan te sig självklar, men den har ändå en stor relevans eftersom självklarheter många gånger riskerar att förbises eller glömmas bort under arbetets gång. Med vissa modifikationer kan listan över viktiga faktorer med fördel användas som checklista under design- och utformningsprocessen, detta i syfte att säkerställa att processen verkligen är centrerad kring slutanvändaren.

Young och Greniers (2009) tankegångar om att utgå ifrån ekologiska perceptionsteorier vid design av tågförarhytter har en stor relevans i sammanhanget, även om en sådan infallsvinkel i förstone kan anses stå i motsatsförhållande till det synsätt som företräds av Telle, Vanderhaegen och Moray (1996) ovan. De två perspektiven är dock förenliga. Användaren kan betraktas som en potentiell felkälla (vilket Telle m fl pekar på) och samtidigt vara en aktiv problemlösare (enligt det ekologiska perspektivet som företräds av Young & Grenier). De båda perspektiven kompletterar s a s varandra – och de bör också kunna kombineras i användarcentrerade design- och utformningssammanhang. Utvecklarna kan utforma systemet utifrån den eventuella felkällan som utgörs av användarna, och användarna kan i sin tur utvärdera systemet genom aktivt utforskande och problemlösning för att rätta till eventuella brister i ett tidigt skede av utformningsprocessen.

5.3 Betydelsen av experiment

Experimentella studier är ett effektivt verktyg i forsknings-sammanhang, och lämpar sig väl som metod vid gränssnitts- och systemutveckling. Ett experiment kan definieras som en systematisk utvärdering av hur olika faktorer påverkar en annan faktor, under strikt kontrollerade former (Egidius, 1997). I studierna signerade Scott och Gibson (2009) respektive Davies, Thorley, Thomas och Gibson (2009) pekar man på relevansen av experimentella forskningsansatser i sammanhang där järnvägstekniska lösningar utvecklas. Ett aktuellt exempel där experiment kan vara till nytta är vid utvecklingen och införandet av den nya ERTMS-tekniken. Experimentella ansatser kan ge goda möjligheter att *kvalificera* tekniken och *validera* processen bakom, d v s kvalitetssäkra och göra giltig.

5.4 Generella slutsatser

Som övergripande slutsats bör man peka på det starka behovet av fortsatt forskning inom en rad områden. Under förhållandevis lång tid har den järnvägsrelaterade forskningen varit eftersatt – särskilt under 1900-talets två sista decennier (Wilson, Norris, Clarke & Mills, 2005). Med anledning av detta finns det således kunskapsluckor inom järnvägsforskningen i stort, och

behovet av att fylla igen dessa luckor bör inte underskattas. Studierna som har sammanfattats i rapporten ovan visar på vilka delområden framtida forskning kan göra nytta; från den tvärvetenskapliga systemutvecklingsforskningen likaväl som regelrätta experimentstudier, till fördjupande studier av själva yrkesutförandet i form av uppgiftsanalyser. Att arbeta domänöverskridande genom att hämta inspiration och forskningsansatser från andra transportslag är också något som bör tas i beaktande och utvecklas vidare (vilket t ex studien om HUDs är ett bra exempel på).

Det kan tyckas lite väl akademiskt att ideligen påvisa behovet av utökad järnvägsrelaterad forskning, men för att en gränsöverskridande tågtrafik överhuvudtaget skall bli möjlig inom det närmaste decenniet måste järnvägssektorn stå stark ifråga om teknik, utveckling och spetskompetens. Detta är en nödvändighet för att kunna vara konkurrenskraftig i relation till andra transportslag. Den enda rimliga vägen att nå det mål som sattes upp av Kommissionen för de Europeiska Gemenskaperna i början av 1990-talet (och som vidare fastställdes av ERA i förordningen från 2004) går genom utökad forskning och utveckling av de intresseområden till vilket järnvägssektorn tillhör. Framtidens transportmedel skall vara grundat på första klassens forskning. Det är endast därigenom som järnvägssektorn till fullo kan revitaliseras.

Referenser

- Banportalen. (2009). *Körorder*. Hämtad 2009-09-17: <http://banportalen.banverket.se>
- Banverket. (1993). *ATC Handbok*. Borlänge: Banverket.
- Banverket. (2000). *Säkerhetsordning: BVF 900.3*. Borlänge: Banverket.
- Banverket. (2001). *Trafiksäkerhet och informationsmiljö för lokförare. Risker samt förslag till säkerhetshöjande åtgärder* (Slutrapport från TRAIN-projektet 2001-12-21). Borlänge: Banverket/Projektgruppen i TRAIN.
- Bombardier Transportaion RCS. (2004). *ERTMS/ETCS terminologi-lista*. Bombardier Transportation RCS.
- Davies, K., Thorley, P., Thomas, M. & Gibson, H. (2008). *Feasibility of Head up Displays in Driving Cabs*. Paper presenterat vid 8th World Congress of Railway Research. Seoul, Korea.
- Dekker, S. (2006). *The Field Guide to Understanding Human Error*. Aldershot, England: Ashgate.
- Doncaster. N. (2009). *Cues and Feedback Used by Train Crew*. Paper presenterat vid 3rd International Conference on Rail Human Factors. Lille, Frankrike.
- Dorrian, J., Hussey, F., & Dawson, D. (2007). Train driving efficiency and safety: examining the cost of fatigue. *Journal of Sleep Research*, 16, 1-11.
- Egidius, H. (1997). *Natur och Kulturs psykologilexikon*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Elliot, A. C., Garner, S. D. & Grimes, E. (2007). The cognitive tasks of the driver: The approach and passage through diverging junctions. In J. R. Wilson, B. Norris, T. Clarke, & Mills, A. (Eds.), *People and Rail Systems: Human Factors at the Heart of the Railway* (pp 115-181). Aldershot, England: Ashgate.
- Endsley, M. R. (1995). A taxonomy of situation awareness errors. In R. Fuller, N. Johnston, & N. McDonald (Eds.), *Human Factors in Aviation Operations* (pp 287-292). Aldershot, England: Ashgate.
- Erlandsson, M., & Jansson, A. (2007). Collegial verbalisation – a case study on a new method on information acquisition. *Behaviour & Information Technology*, 26:6, p 535-543.
- ERTMS. (2009). *What is ERTMS?* Hämtad 2009-09-15: <http://www.ertms.com>
- European Railway Agency. (2009). *Cross-Acceptance: A bridge to the future*. Hämtad 2009-09-15: <http://www.era.europa.eu>
- Flach, J. M., Vicente, K. J., Tanabe, F., Monta, K., & Rasmussen, J. (1998). An ecological approach to interface design. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Conference, USA*, p 295-299.

- Foyle, D. C., McCann, R. S., Sanford, B. D., & Schwirzke, M. F. J. (1993). *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 37th meeting*, p 1340-1344.
- Gillis, I. (2007). Cognitive workload of train drivers. In J. R. Wilson, B. Norris, T. Clarke, & Mills, A. (Eds.), *People and Rail Systems: Human Factors at the Heart of the Railway* (pp 91-101). Aldershot, England: Ashgate.
- Gulliksen, J., & Göransson, B. (2002). *Användarcentrerad systemdesign*. Lund: Studentlitteratur.
- Hamilton, W. I., & Clarke, T. (2004). Driver performance modelling and its practical application to railway safety. *Applied Ergonomics*, 36:2005, 661-670.
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (2006). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot, England: Ashgate.
- Jansson, A., Olsson, E., & Erlandsson, M. (2006). Bridging the gap between analysis and design: Improving existing driver interfaces with tools from the framework of cognitive work analysis. *Cognition, Technology and Work*, 8, 109,114.
- Kecklund, L., Ingre, M., Kecklund, G., Söderström, M., Åkerstedt, T., Lindberg, E., Jansson, A., Olsson, E., Sandblad, B., Almqvist, P. (2001). *The TRAIN-project: Railway safety and the train driver information environment and work situation - A summary of the main results*. Paper presenterat vid 2. Braunschweiger Symposium zum Thema Automatisierungs- und Assistenzsysteme für Transportmittel. Braunschweig, Tyskland.
- Kirwan, B., & Ainsworth, L. K. (Eds.) (1992). *A Guide to Task Analysis*. London: Taylor & Francis.
- Lawson, H. W., Wallin, S., Bryntse, B., Friman, B. (2001). *Twenty Years of Safe Train Control in Sweden*. Paper presenterat vid 8th Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer Based Systems (ECBS '01). Washington DC, USA.
- McLeod, R. W., Walker, G. H., Moray, N., & Mills, A. (2005). Analysing and modelling train driver performance. *Applied Ergonomics*, 35:2005, 671-680.
- Olsson, E., & Jansson, A. (2005). Participatory design with train driver – a process analysis. *Interacting with Computers*, 17:2005, 147-166.
- Rasmussen, J. (1986). *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. Amsterdam: North-Holland.
- Rasmussen, J. (2000). Human factors in a dynamic society: Where are we heading? *Ergonomics*, 43:7, 869-879.
- Rasmussen, J., & Svedung, I. (2000). *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad: Swedish Rescue Service Agency.
- Reason, J. (2008). *The Human Contribution: Unsafe Acts, Accidents and Heroic Recoveries*. Aldershot, England: Ashgate.

Regulation (EC) No 881/2004 of the European Parliament and of the Council. (2004). Establishing a European railway agency. *Official Journal of the European Union*, 164:2004, 3-15.

Rentzsch, M., Seliger, D., Miglianico, D. & Georget, D. (2009). Simulator tests of a harmonised European driver's desk. Paper presenterat vid 3rd International Conference on Rail Human Factors. Lille, Frankrike.

Sandblad, B., Andersson, A. W., Kauppi, A., & Wikström, J. (2007). Implementation of a Test System for Evaluation of New Concepts in Rail Traffic Planning and Control. In J. R. Wilson, B. Norris, T. Clarke, & Mills, A. (Eds.), *People and Rail Systems: Human Factors at the Heart of the Railway* (pp 301-307). Aldershot, England: Ashgate.

Scott, A. & Gibson, H. (2009). *Red Means Stop, Doesn't It? A Human Factors Trial of a UK Train Safety System Driver-Machine Interface*. Paper presenterat vid 3rd International Conference on Rail Human Factors. Lille, Frankrike.

Telle, B., Vanderhaegen, F., Moray, N. (1996). Railway system design in the light of human and machine unreliability. *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 4, 2780-2785.

UNIFE. (2009). *ERTMS Levels: Different ERTMS/ETCS Levels to Match Customers' Needs*. Hämtad 2009-09-15: <http://www.ertms.com>

Vicente, K. J. (1999). *Cognitive Work Analysis: Towards Safe, Productive and Healthy Computer-Based Work*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (2000). *Engineering Psychology and Human Performance* (3rd edition). New Jersey: Prentice-Hall.

Wilson, J. R., Norris, B., Clarke, T., & Mills, A (Eds.). (2005). *Rail Human Factors: Supporting the Integrated Railway*. Aldershot, England: Ashgate.

Young, M. S., & Grenier, D. P. J. (2009). *Future Train Cab Interface Design: Development of a Model to Support Driver Situation Awareness*. Paper presenterat vid 3rd International Conference on Rail Human Factors. Lille, Frankrike.

Young, M. S., Stanton, N. A., Walker, G. H. (2006). In loco intelligentia: Human factors for the future European train driver, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 1(4), 485-501.

MTO Säkerhet AB
Hornsbruksgatan 28, SE 117 34 Stockholm, Sweden
Tel +46 8 588 188 98, Fax +46 8 588 188 62
www.mto.se

