1999-11-30

UPPSALA UNIVERSITET

Avdelningen för människa-datorinteraktion

Anders Jansson

Eva Olsson

INSTITUTIONEN FÖR PEDAGOGIK
OCH PSYKOLOGI
DEPARTMENT OF EDUCATION
AND PSYCHOLOGY

Erik Lindberg

Trafiksäkerhet och informationsmiljö för lokförare:

Litteraturöversikt över studier inriktade mot tågförarsystemet och klassifikation av järnvägsolyckor och -tillbud

Avrapportering etapp 1

Institutionen för informationsteknologi

Postadress / Postal address	Gatuadress / Visiting address	Telefon / Phone	Direkt / Direct	Fax
Lägerhyddsvägen 18	Polacksbacken hus 18	+46 18 - 471 00 00	018 - 471 28 81	018 - 471 78 11
752 37 UPPSALA	(Lägerhyddsvägen 18)		Eva.Olsson@hci.uu.se	
Sweden				

Förord

Vi tackar personalen på SJ och Banverket som varit oss behjälpliga med information i den inledande etappen av TRAIN-projektet, i synnerhet Anders Gerdin som gjorde en grundlig insats vid insamlandet av olycksrapporter.

Detta forskningsprojekt ingår i TRAIN-projektet (Trafiksäkerhet och Informationsmiljö för lokförare) som finansieras av Banverket och genomförs i samverkan med SJ.

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning

1.1. Sammanfattning

Litteraturöversikten om tågförarsystemet är inriktad på studier som berör tågförarsystemet och dess kontaktytor mot andra delar av tågtrafiksystemet. I första hand behandlas studier som avser svenska förhållanden, men även en del utländska referenser förekommer. Olika sätt att analysera orsaker till olyckor diskuteras i avsnittet om tillämpningar av metoder för olycksanalys. Även tågförarsystemets organisatoriska resurser diskuteras i den här delen av litteraturöversikten.

I litteraturöversikten om tågföraruppgiften ges en samlad beskrivning av de frågeställningar som studerats och som är relevanta för att förstå tågföraruppgiften. Frågeställningarna är hämtade från olika områden och uppgiften att köra tåg jämförs t.ex. med andra operatörsarbeten. Vidare diskuteras effekterna av automatiseringen av tågföraruppgiften.

Studier av tågförarnas informationsmiljö diskuteras i flera olika delar i rapporten. Uppgiften att köra tåg formuleras bl.a. som en dynamisk beslutsuppgift där förarens mentala representation av det tekniska systemet och den optiska informationen är väsentliga delar av tågföraruppgiften.

I den sista delen av rapporten diskuteras innehållet i 40 olycksrapporter. Vidare görs en analys och klassificering av olyckor med hjälp av CREAM-metoden (Hollnagel, 1998). Såväl innehållet i olycksrapporterna som CREAM-metoden analyseras och möjliga klassificeringsgrunder diskuteras.

1.2. Abstract

This literature survey focuses on studies of the train driver system and its connections to other parts of the larger train traffic system. The main part of the studies concern Swedish conditions, but other references are included as well.

In the first part, different ways of analysing accidents are discussed, including organisational aspects. In the second part, research results from different areas, all assumed to be relevant to the train driver task, are aggregated into a body of knowledge about the train driver system. Comparisons are made between the train driver task and other operator tasks. Further, the effects of a higher degree of automation are discussed.

The task of driving a train is modelled as a dynamic decision task, where the driver's mental representation of the technical system and the optic flow of information are assumed to be important parts of the train driver task.

In the last part of the literature survey, the content of 40 accident reports is discussed. Further, an analysis and a classification of Swedish train accidents are made by using CREAM (Hollnagel, 1998). The content of the reports, as well as the CREAM-method are evaluated, and different classification criteria are discussed.

2 Litteraturöversikt tågförarsystemet

2.1 Inledning

Denna litteraturgenomgång fokuserar på studier som berör tågförarsystemet och dess gränsytor mot andra delar av tågtrafiksystemet (i första hand tågtrafikstyrningen). I första hand behandlas studier som avser svenska förhållanden, men även en del utländska referenser förekommer. Rapporten utgör en redovisning av arbetet under den första etappen av Delprojekt 1 (Beskrivning av tågförarsystemet) inom det större projektet *Trafiksäkerhet och informationsmiljö för lokförare - TRAIN*. Projektet är finansierat av Banverket, avdelning Järnvägssystem.

2.2 Tillämpningar av metoder för olycksanalys

2.2.1 Olika sätt att se på ”mänskliga fel”

När olyckor inträffar i teknologiska system som t ex flyg, kemiska industrier eller kärnkraftverk ser man ofta att orsaken tillskrivs ”den mänskliga faktorn”, dvs. någon typ av fel begånget av en operatör som betjänar/opererar systemet. Andelen olyckor som orsakas av sådana mänskliga fel brukar anges till någonstans mellan 70 och 90 % (Cook & Woods, 1994).

Lipshitz (1997) diskuterar tre olika sätt att se på mänskliga fel. Enligt det första av dessa synsätt, det *kognitiva* perspektivet, kan mänskliga fel spåras till ofullkomligheter i de kognitiva mekanismer som styr mänskligt handlande. Till de mera namnkunniga företrädarna för detta perspektiv räknar Lipshitz (1997) Rasmussen och Reason. Det andra sättet att se på mänskliga fel kallas för *tolknings*perspektivet. Enligt detta synsätt definieras felhandlingar som avvikelser från en ”standardprocedur”, vilka ökar sannolikheten för ett oönskat utfall. Problemet med detta perspektiv är naturligtvis att det är mycket svårt att avgöra vad som är ett felaktigt beteende innan det har inträffat en olycka och att det därför alltid finns ett visst mått av godtycke när man klassificerar ett beteende som felaktigt. Det är också problematiskt att veta hur långt bakåt i en händelse- eller orsakskedja det är meningsfullt att gå vid analysen av en olycka eller ett tillbud. Det tredje perspektivet på mänskliga fel är det *adaptiva/systeminriktade* perspektivet. Enligt detta synsätt orsakas olyckor inte av mänskliga fel utan av en bristande överensstämmelse mellan systemet och operatören. Beteenden som betraktas som säkra och effektiva i ett givet system eller en given situation kan leda till katastrof om de tillämpas i andra system/situationer.

De olika sätten att se på mänskliga fel har betydelse för vilka åtgärder som bör sättas in för att korrigera för dessa fel och därmed undvika att olyckor inträffar. Enligt det kognitiva perspektivet blir träning av operatören det främsta medlet för att öka säkerheten. Det adaptiva/systeminriktade perspektivet däremot talar för att man också behöver sätta in åtgärder mot utformningen av det tekniska/organisatoriska systemet. Exempel på sådana åtgärder kan vara att försöka utforma systemet så att det underlättar för operatören att diagnostisera dess tillstånd och så att det tolererar och kan återhämta sig från olika typer av fel.

Två metoder för olycksanalys som tillämpats på svenska järnvägsolyckor är MTO-analys (Människa-Teknik-Organisation) och AEB-analys (Accident Evolution and Barrier function model). Båda dessa metoder kan sägas utgå från det adaptiva/systeminriktade perspektiv som beskrivits ovan.

2.2.2 MTO-analyser av svenska järnvägsolyckor

En MTO-analys innebär att man analyserar och beskriver a) det händelseförlopp/de olika delhändelser som lett fram till en olycka eller ett tillbud, b) de mänskliga, tekniska och organisatoriska orsakerna bakom de olika delarna av händelseförloppet, c) de avvikelser jämfört med ”normalsituationen” som förelegat vid det aktuella tillfället och d) de barriärer som funnits i systemet för att förhindra händelsen men som brustit samt möjliga barriärer som inte funnits i systemet men som skulle förhindra en upprepning av händelsen om de infördes. Denna typ av analys har tillämpats på tågolyckan i Sköldinge som inträffade 1990-04-10 (Jacobsson, 1991) samt på pendeltågsolyckan i Älvsjö 1994-04-26 (Kecklund, 1994). Båda dessa analyser har pekat på ett antal säkerhetsmässiga svagheter i tågtrafiksystemet, till exempel vad gäller mänsklig och teknisk tillförlitlighet, utbildnings-, informations- och kommunikationsfrågor samt förarens roll i tågförarsystemet.

2.2.3 AEB-analys av svenska järnvägsolyckor

Ett försök att tillämpa s k AEB-analys (Svenson, 1991) på järnvägsolyckor och -tillbud har gjorts av Fridleifer och Lindberg (1996).

AEB-analysen består av två delar; en felhändelseanalys och en barriärfunktionsanalys. I felhändelseanalysen identifieras de fel av mänsklig och teknisk natur som uppstått. Dessa förs in i ett boxdiagram med en spalt för tekniska felhändelser och en för mänskliga. Boxarna sammanbinds med pilar som visar den tidsmässiga ordningen. Eventuella effektiva eller brustna barriärfunktioner lokaliseras och förs in i diagrammet. Med barriärfunktion menas en mänsklig, organisatorisk eller teknisk funktion, tänkt att stoppa ett olycksförlopp. AEB-analysens andra del, barriärfunktionsanalysen, syftar till att generera barriärer som skulle kunnat stoppa förloppet. Innan varje felhändelse går analytikern in och försöker finna barriärer av teknisk eller mänsklig/organisatorisk art. Dessa förs ut i marginalen till höger i diagrammet.

Metoden tillämpades på fyra olyckor/tillbud ut, där brister förekommit i samspelet mellan människa och teknik. Det rörde sig om händelser som uppstått till följd av regelöverträdelse, brister i kommunikationen mellan operatörer, avsaknad av tillräckliga kunskaper om det tekniska systemet respektive otillräckliga åtgärder vid ett tekniskt fel. Slutsatsen blev att metoden är användbar i järnvägssammanhang, men att det är önskvärt att analysen utförs av en tvärvetenskapligt sammansatt grupp snarare än, som i den aktuella studien, av en ensam analytiker.

2.3 Studier av förares informationssituation

Vilken information behöver egentligen föraren, och hur skall informationen utformas med tanke på att föraren skall kunna dela sin uppmärksamhet mellan flera informationskällor? Dessa för TRAIN-projektet viktiga frågeställningar återfinns i två rapporter av Gerd Svensson som tagits fram strax innan och i samband med införandet av ATC (Svensson, 1977, 1979). Den första rapporten (Svensson, 1977) är en litteraturstudie som huvudsakligen avser arbetsmiljöaspekter på förarens arbete, vilka inte behandlas närmare här. Rapporten innehåller dock även ett kapitel där arbetets utformning och förändringar av förarrollen i samband med tekniska förändringar diskuteras.

I Svensson (1979) rapporteras en användarstudie som gjordes i syfte att kritiskt granska vissa aspekter (placering och utformning av förarpanel, effekter på förararbete/-beteende samt måluppfyllelse) av en systemprototyp under de provkörningar som föregick det slutgiltiga beslutet om utformningen av SJ:s ATC-system. Provkörningarna ägde rum på sträckan Älvsjö-Västerhaninge-Nynäshamn, dels med motorvagn X1 och dels med Rc-lok (Rc4). Totalt ingick 28 förare i studien, vilken pågick i ca 2 månader. De flesta förarna fick knappt 10 timmars effektiv körtid med systemet (den förare som fick mest körtid körde 23 timmar). Datainsamling skedde dels genom observationer av förarna under körning, dels genom en intervju i anslutning till varje förares sista provtur. Bland de problem som uppmärksammades i studien kan nämnas olika typer av fel i samband med inläsning av tågdata samt en rad avseenden där ATC ansågs avvika från (och kunde befaras påverka) förarnas ”normala” körsätt (en del av de synpunkter som framfördes kan nästan sägas utgöra en förutsägelse av den olycka som inträffade i Sköldinge drygt tio år senare). Det sägs visserligen inte rakt ut i rapporten, men man får intrycket av att denna studie genomförts på ett alltför sent stadium i beslutsprocessen när såväl budget som tid varit på upphällningen och när de tekniska låsningarna varit så starka att det varit mycket svårt att vinna gehör för de ändringar som motiverats av studiens resultat (vilket tyvärr är bara alltför vanligt när det gäller användarstudier).

Behovet av att studera förarnas informations- och beslutssituation har också diskuterats i ett programarbete utfört vid Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) i Linköping (Johansson, Fredén och Ohlsson, 1988). Förarens representation av systemets struktur och funktion, förarens tillförlitlighet under normaldrift och under onormal arbetsbelastning, avvägningar mellan manuell och automatisk kontroll av tåget, principer för utformning av informationspresentationssystem samt beslutsrutiner vid driftstörningar framhålls som angelägna forskningsområden.

I slutet av 1980-talet genomfördes inom ramen för det av SJ finansierade projektet ”Lokförares uppmärksamhet under olika driftförutsättningar” en studie som också kan sägas utgöra en föregångare till TRAIN-projektet (Ohlsson, 1990). Studien omfattade observationer av och intervjuer med ett 40-tal förare under körning samt en enkät som besvarades av drygt tusen förare (det skall dock noteras att bortfallet i enkätstudien uppgick till ca 70%). En viktig del av syftet med projektet var att studera förekomsten av så kallade ATC-beteenden, dvs. körbeteenden som indikerar ett alltför stort teknikberoende. Även om en del sådana beteenden (t ex att vänta på tonsignal, även på ej utrustade banor/bandelar) noterades i studien, är det från de redovisade resultaten svårt att få någon klar uppfattning om hur vanliga denna typ av beteenden är.

Bland övriga resultat kan nämnas att majoriteten av de förare som besvarade enkäten var i stort sett nöjda med såväl ATC-systemet som den egna arbetssituationen, även om förslag till ett stort antal möjliga förbättringar framfördes. Problem som framkom i studien var bl.a. ATC-systemets bristande tillgänglighet (framförallt p g a balisproblem), vissa fall av upplevd inkonsekvens mellan optiska signalbesked och ATC-information (framförallt i Stockholmsområdet), en del fall där optiska signaler missats samt brister i fel- och tillbudsrapportering. På grund av det begränsade antalet intervjuer och det stora bortfallet i enkätstudien går det knappast att dra några slutsatser om frekvensen av dessa typer av problem. Att problem med systemets tillgänglighet fortfarande finns indikeras av att år 1996 rapporterades inom Stockholms pendeltågsområde inte mindre än 726 balisfel, dvs. i genomsnitt ca två om dagen (Gerdin, 1997). Man bör dessutom ta i beaktande att rapporteringen av denna typ av fel sannolikt är ofullständig.

Harms och Fredén (1996) har studerat mänskliga och automatiska kontrollfunktioner i skandinaviska ATC-tillämpningar. Intervjuer gjordes med representanter för SJ, NSB och DSB, ett antal förare observerades under körning på linjer med olika typer av ATC-utrustning och ett urval av olycks- och tillbudsrapporter studerades. I rapporten diskuteras hur föraruppgiften förändras när ATC utvecklas till att inte bara ha en säkerhetsfunktion utan även en effektivitets-/informationsfunktion. Vidare diskuteras olika grader av ATC-övervakning i termer av förarens respektive ATC-systemets grad av kontroll över körningen. Författarna hävdar att den ATC-utrustning som är i bruk idag inte i tillräcklig utsträckning tar hänsyn till att kontrollen över körningen delas mellan föraren och det automatiska systemet och att oklarheter därför kan uppstå beträffande graden av övervakning, särskilt i situationer där föraren förväntas överta kontrollen från systemet.

I ett nyligen genomfört projektarbete vid Chalmers Tekniska Högskola (Larson, Wickell, Järpsten & Lundh, 1998) har ett försök gjorts att beskriva ATC systemet ur ett människa-maskin perspektiv. Arbetet som utförts inom ramen för en kurs vid högskolan grundar sig förutom på litteraturstudier på ett litet antal intervjuer och studiebesök/observationer. Även om arbetet är av tämligen begränsad omfattning innehåller det ett intressant försök att tillämpa uppgiftsanalys på förarens arbete vid körning med ATC.

2.4 Organisatoriska resurser för tågförarsystemet

Om antalet svenska studier av förares informationssituation är starkt begränsat så gäller detta i ännu högre grad för studier av de organisatoriska resurserna för tågförarsystemet. Den enda svenska studie som påträffats som i vissa delar kan sägas belysa de organisatoriska aspekterna av tågförarsystemet är en studie som genomfördes vid VTI för snart 10 år sedan (Lindberg och Morén, 1991). Denna studie var avsedd att utgöra en förstudie till ett större projekt avseende säkerhetsmedvetande inom SJ (vilket dock aldrig blev av). Studien omfattade dels en genomgång av olycks- och tillbudsstatistik för perioden 1987-90, dels intervjuer med regionala chefer för tåg-/trafikproduktion, regionala trafiksäkerhetshandläggare, representanter för trafikledning, fortbildning, SJ-skolan samt Banverket. Bland de slutsatser och rekommendationer som studien resulterade i kan nämnas att det ansågs finnas behov av a) trafiksäkerhetsutbildning för (speciellt externt rekryterade) chefer på olika nivåer i organisationen, b) tydligare ”säkerhetssignaler” vilket innefattar en allmän höjning av säkerhetsarbetets status och tydlighet, c) tydligare säkerhetsmål (de existerande är av en jämförande karaktär som delvis gör dem svåra att utvärdera) samt d) åtgärder för att förbättra tillbudsrapporteringen.

I detta sammanhang kan även nämnas en japansk studie (Watanabe, Miyahara & Hayashi, 1996). Baserat på enkätsvar från spårunderhållspersonal (svarsfrekvensen var 97,7%!) fick man med hjälp av faktoranalys och strukturell modellering fram en kausal modell där orsaksrelationerna går från organisatoriska faktorer, via tilltro till chefer och tillfredsställelse med arbetet, till såväl föreskrivna som frivilliga ”säkerhetsbeteenden”. Även om studien inte inkluderat förare och det dessutom är mycket svårt att direkt överföra resultatet till svenska förhållanden (dels pga. tekniska och kulturella skillnader och dels därför att de olika faktorer som använts är mycket knapphändigt beskrivna), visar den trots allt att organisatoriska faktorer kan ha stor betydelse för hur järnvägspersonal ser på sitt eget beteende som har med säkerheten att göra.

2.5 Diskussion

Som framgått av ovanstående litteratursammanställning finns ett ganska begränsat antal svenska studier som på olika sätt försökt belysa de frågeställningar som nu är aktuella inom TRAIN-projektet. Ingen av dessa studier (möjligen med undantag för Ohlsson, 1990) har dock haft ett perspektiv vars bredd kunnat jämföras med det som nu anläggs inom TRAIN. Det kan också noteras att vissa av studierna är så gamla att de inte täcker de förändrade tekniska, organisatoriska och ekonomiska förutsättningar som gäller för det svenska tågtrafiksystemet sedan ca 10 år tillbaka (t ex uppdelningen i SJ och Banverket, SJ:s förändrade roll, Järnvägsinspektionens tillkomst). Ingen av studierna är heller tillräckligt ny för att omfatta eventuella effekter av överföringen av tågtrafikledningen från SJ till Banverket.

Att denna litteraturöversikt koncentrerats på svenska studier beror på att det ofta är svårt att direkt överföra resultat från utländska studier som berör tågtrafiksystemet och/eller tågförarsystemet. Ett exempel på detta är den ganska omfattande litteratur som finns om passage av signaler i stopp (se May & Horberry, 1994 för en översikt). Förutom att många studier på detta område är gamla (1960-talet och tidigare) avser denna litteratur stoppsignaler som ej skyddas av något ATC- eller ATP-system. Detta innebär att passage av signaler i stopp utgör ett riskmoment som hela tiden finns så att säga inbyggt i tågförarsystemet. När det som i det svenska fallet finns ett system som övervakar signalerna blir passage av signaler i stopp istället en risk som uppträder sporadiskt, oftast i samband med att övervakningssystemet (ATC) saknar information eller fallerar på annat sätt. Detta medför också att orsakerna till att signaler i stopp passeras sannolikt kommer att vara olika i de två fallen. Medan perceptuella problem (t ex skymda eller tätt placerade signaler) och vigilanssvårigheter utgör viktiga faktorer i det första fallet, tillkommer i det senare fallet även kognitiva faktorer som problem med att korrekt diagnostisera den aktuella graden av övervakning. Det skall även noteras att det är möjligt att passera signaler i stopp även med ett fullt fungerande övervakningssystem, men detta kräver då en ”aktiv” felhandling (doing the wrong thing) vilket är något annat än att enbart ”missa” signalen (doing nothing).

3 Litteraturöversikt tågföraruppgiften

3.1 Inledning

Syftet med den här litteraturöversikten är att skapa en av de plattformar som behövs för det fortsatta arbetet i TRAIN-projektet. Målet är att ge en samlad beskrivning av de frågeställningar som studerats och som är relevanta för tågföraruppgiften.

Frågeställningarna är hämtade från en rad olika områden, vissa av dem direkt kopplade till tågföraruppgiften, medan andra delar av översikten handlar om problemformuleringar som är hämtade från näraliggande områden. Den tvärdisciplinära karaktären är gemensam för de två inledande avsnitten. Här kan de arbeten som gjorts av bl.a. Bainbridge, Beach, Brehmer, Hollnagel, Klein, Rasmussen, Reason, Woods m.fl. vara av speciellt intresse. (Se referenslistan för mer exakta referenser). Avsnitten tre och fyra fokuserar mer i detalj på rent beteendevetenskapliga frågeställningar. De spörsmål som här tas upp anses dock vara relevanta för de tillämpningar som kan komma att prövas inom TRAIN-projektet. I det sista avsnittet diskuteras ett exempel på en grafisk presentation av information för tågförare mer i detalj. I slutet av litteraturöversikten finns rekommendationer för projektets fortsatta arbete. Litteraturöversikten är indelad i följande avsnitt:

1) Tågföraruppgiften och kognitiva uppgiftsanalyser i andra operatörsarbeten
2) Automatiserade tågförarsystem och effekter på prestationsförmågan
3) Beslutsfattande i dynamiska uppgifter
4) Mentala representationer och perception av spatiala strukturer
5) Grafisk presentation av information för tågförare

3.2 Tågföraruppgiften och kognitiva uppgiftsanalyser i andra operatörsarbeten

3.2.1 Tågföraruppgiften

Uppgiften att köra tåg är långtifrån väldokumenterad i forskningsrapporter med någon större spridning. Istället finns troligen en stor mängd forsknings- och utvecklingsarbeten dokumenterade i interna rapportserier och projektrapporter. Det är därför svårt att hävda att de exempel och frågeställningar som redovisas i den här litteraturöversikten verkligen ger en heltäckande bild av den samlade kunskapen inom området. Det finns mot bakgrund av detta all anledning att sträva efter internationell publicering av de arbeten som görs inom ramen för TRAIN-projektet. Till kategorin mindre spridda rapporter hör två studier som berör svenska förhållanden (Johansson, Fredén & Ohlsson, 1988; Ohlsson, 1990), och som därför måste anses vara en relevant utgångspunkt i en litteraturöversikt över vad forskningen idag har att säga om uppgiften att köra tåg.

Johansson, Fredén och Ohlsson jämförde, på uppdrag av VTI 1988, lokförarens arbetsuppgift att köra tåg med uppgiften att köra bil. Syftet med VTI-rapporten var att identifiera obesvarade frågeställningar som kunde ingå i ett framtida forskningsprogram. Man påpekar t.ex. att en betydelsefull egenskap hos tågförarsystemet är att det är trögt. Effekten av tröghet leder till krav på en framförhållning räknat i minuter, vilket i sig leder fram till krav på anpassning av de kognitiva funktioner som föraren använder när han kör tåget. En väsentlig del i detta är att föraren har svårt att predicera händelseförloppet därför att både tidsomfånget och distansen är svåra att överblicka. Författarna påpekar också att tågföraren måste tolka enkla men artificiella signaler, vilket inte leder till lika säkra bedömningar som tolkning av komplexa men naturliga informationskällor gör. Vidare noteras att tågföraren har en relativt låg grad av upplevd kontroll och en större risk för försämrad uppmärksamhet som konsekvens av att stora delar av händelseförloppet ligger utanför hans kontroll och som han dessutom inte har någon information om. Tilläggas bör att slutsatserna i Johansson m.fl. inte är empiriskt belagda, utan snarare utgör antaganden.

Författarna diskuterar sedan det klassiska operatörsproblemet med att veta när och på vilka villkor som säkerhetssystemet ska få överridas. Ett heltäckande säkerhetssystem är ”ointelligent” i meningen att det omfattar situationer som det inte skulle behöva omfatta. Problemet är att förarna på förhand inte vet vilka dessa situationer är med absolut säkerhet. Man predicerar således att även tågförarna kommer att omfattas av detta klassiska operatörsproblem i takt med att ATC används under en längre tid.

Ett annat problem som diskuteras är behovet av återkoppling av information till föraren. Detta påverkar såväl inlärningstid, upplevelsen av kontroll som riskpotential. Författarna påpekar också att det finns två vägar att välja vid fortsatt utveckling av föraruppgiften. Dels kan man välja en höggradig automatisering av lokföraruppgiften, dels kan man välja att återkoppla mer beslutsstödjande information till förarna. Kraven på lokföraren och även förutsättningarna för dem att utföra arbetet är till stor del avhängig resultatet av detta val.

Författarna föreslår sedan ett antal forskningsområden inom vilka det bör bedrivas forskning. Man säger t.ex. att det är nödvändigt med experimentella studier om man vill kunna förklara och predicera utöver att man redan har beskrivit lokförarnas beteenden. Man påpekar också behovet av en specifik uppgiftsanalys, utveckling av simulatorer med tillhörande studier, bättre incidentrapportering, bättre riskanalyser vid normal och onormal drift. Man vill vidare se studier om förares representationer av systemets struktur och funktion och man tror att den symboliska informationen är viktig i dessa sammanhang. Man ser också en högre grad av upplevd okontrollerbarhet som ett problem som måste utvärderas noga.

En genomläsning av Johansson, Fredén och Ohlsson (1988) visar att många av de frågeställningar som var aktuella för tio år sedan fortfarande är aktuella och en del av de problem man då kunde ana har nu blivit verklighet. Speciellt saknas studier som anpassar och tillämpar frågeställningarna ovan på uppgiften att köra tåg. Ett undantag är Ohlsson (1990) som studerade ATC-beteenden hos förare genom observationer och intervjuer. Även om studien inte indikerade hur vanliga sådana beteenden är, så kunde man ändå konstatera att de förekom.

3.2.2 Likheter med andra operatörsarbeten

Som Johansson, Fredén och Ohlsson (1988) mycket riktigt konstaterar så har tågföraruppgiften mycket gemensamt med andra typer av operatörsarbeten. Om uppgiften att köra tåg inte är speciellt väldokumenterad så gäller det omvända för studier av andra typer av operatörsarbeten. (För en introduktion till klassiska studier av operatörer, se Edwards & Lees, 1973). Studier av operatörers arbetsuppgifter kan delas in på många olika sätt. De flesta indelningar är inspirerade av de skiftande perspektiv som olika ämnesdiscipliner erbjuder. Vilka studier som är relevanta för tågföraruppgiften beror i stor utsträckning på vad man är intresserad av att veta.

Gemensamt för många operatörsarbeten är att de dynamiska arbetssituationerna ställer speciella krav på operatörerna liksom på innehållet och utformningen av de informationssystem de har som verksamhetsstöd. Människans förmåga att hantera komplexa och händelsestyrda arbetsuppgifter är idag föremål för forskning inom det beteendevetenskapliga området i en utsträckning som saknar motsvarighet rent historiskt. Utvecklingen har sin grund i insikten att mänskligt beslutsfattande i tekniskt avancerade miljöer i hög grad är betingat av situationens och arbetsuppgiftens karaktär (Beach & Mitchell, 1978; Kuylenstierna, 1998; Payne, 1982; Woods, 1993). Samma slutsats har även redovisats inom CSE-paradigmet (Cognitive Systems Engineering) i termer av kontextberoende modeller (Bainbridge, 1993; Hollnagel, 1993; 1997). Mer konkret innebär detta att de beslut som fattas i hög grad är resultat av situationsspecifika strategier. Den tillämpade beslutsforskningen pekar på resultat som visar att ett beslut inte kan förstås enskilt, utan bara som en del av en pågående process (Brehmer, 1992; Klein, Orasanu, Calderwood & Zsambok, 1993). Ett beslut är dessutom alltid ett av flera steg på vägen för att nå ett eller flera mål (Brehmer, 1992). Att mänskligt beslutsfattande i hög grad är kontextberoende har för den tillämpade beslutsforskningen inneburit två saker: a) teorier och modeller om mänskliga beslutsbeteenden tenderar att bli mer ”lokala” till sin natur och b) empiriska undersökningar måste i mycket högre utsträckning än tidigare ägnas åt kognitiva uppgiftsanalyser av respektive arbetsuppgift.

Speciellt intressant för det fortsatta arbetet med tågföraruppgiften inom TRAIN-projektet är den senare slutsatsen om behovet av kognitiva uppgiftsanalyser. Ett välkänt problem vid studier av människans kognitiva funktioner i skarpa miljöer är att man sällan eller aldrig kommer särskilt långt med direkta observationer. Deltagande observationer har istället sitt största värde i arbetet med att klassificera de olika typer av *uppgifter* som t.ex. en tågförare måste utföra för att genomföra olika arbetsmoment. Genom att identifiera kognitiva arbetsuppgifter kan man också förstå en del av karaktären på de kognitiva funktioner som måste hantera dessa uppgifter.

3.2.3 Kognitiva uppgiftsanalyser

Vid genomgång av litteraturen har vi ej kunnat finna några studier som omfattar analyser av de kognitiva funktionerna hos tågförare. Däremot finns det all anledning att ta del av resultatet från Lenior (1993). Lenior genomförde kognitiva uppgiftsanalyser på tågklarerares arbete i Holland genom att välja en kombination av en simuleringsstudie av experimentell karaktär och en beskrivning av de problemlösningsstrategier som tågklarerarna använde i skarp miljö. Simuleringsstudien användes för att experimentellt kunna bestämma en basnivå av inlärning som naiva försökspersoner hade gemensam med erfarna tågklarerare samt vilka specifika problemlösningsstrategier som tågklarerarna använde utöver detta. Både instruktioner och problem hämtades från verklighetsbaserade scenarier. På detta sätt kunde man konstatera vad det var som var viktigt för tågklarerarna. Sedan jämfördes detta med en analys av vad tågklarerarna koncentrerade sig på när man arbetade i skarp miljö. Resultatet från jämförelsen av vad som var viktigt och vad tågklarerarna sedan letade efter gav forskarna information om hur man kunde förbättra de system som tågklarerarna använde.

Leniors rapport visar hur viktigt det är att förena de två olika angreppssätten; dels en experimentellt upplagd simuleringsstudie och dels en naturalistisk analys av de beslutsstrategier som förekommer. Simuleringsstudien kan, om den använder rätt ingångsparametrar, ge indikationer på hur optimal prestation kan se ut och vilka kognitiva funktioner som bör stödjas. Den naturalistiska analysen ger ovärderlig information om vilka uppgifter som måste lösas och varför. Resultat i enlighet med denna slutsats har även redovisats av Andersson och Sandblad (1997).

3.3 Automatiserade tågförarsystem och effekter på prestationsförmågan

3.3.1 Automatiseringens effekter

Automatisering presenteras ofta som ett sätt att höja den mänskliga prestationsförmågan. Tyvärr finns det ingen entydig relation mellan en högre grad av automatisering och operatörers prestationsförmåga. Nya tekniska lösningar möjliggör också nya fel i systemet. När man automatiserar delar av kontrollsystemet förändrar man förutsättningarna för den som är satt att styra och övervaka systemet. Ansvarsområden och handgrepp förändras. Ett vanligt problem är att den som är satt att övervaka ett automatiserat system hamnar ”utanför” systemet. Under normal drift fungerar allting utan problem. När man någon gång tvingas ingripa kan det vara svårt att inse i vilket läge systemet befinner sig och vilka åtgärder som krävs i det läget. Operatören kan också ha blivit så pass ringrostig att de nödvändiga handgreppen inte fungerar perfekt, då blir det lätt fel. Vi skapar ett sårbart system om operatören tappar mer och mer av praktiska färdigheter när det gäller att styra systemet och därmed blir mer och mer beroende av automatiseringen. De handlingar vi utför bestäms av förståelsen av den aktuella situationen. Förståelsen av ett system påverkas av våra förväntningar samt av vår förmåga att lära oss och generalisera. Har man en dålig förståelse av situationen kommer kvaliteten på de beslut man fattar att påverkas. Kvaliteten på det arbete man presterar beror följaktligen på operatörens förståelse av situationen i termer av mål, medel och begränsningar. Den som konstruerar ett system har en viss uppfattning om den arbetsuppgift som ska utföras och dessutom en idé om hur man ska utföra arbetsuppgiften. Den som är satt att styra gör en egen tolkning av systemet och anpassar sitt eget handlingssätt till denna. Förfaringssättet överensstämmer inte alltid med konstruktörens avsikt med systemet. Konstruktörer har kanske avsett att operatören ska övervaka systemet och bara reagera och handla när oväntade tillstånd eller rena fel uppstår. Operatören å andra sidan vill känna till processens aktuella tillstånd för att kunna avvärja eventuella problem innan de övergår i felaktigheter, och den enda metod som de har att tillgå för att uppnå detta är att gripa in i processen då och då. På så sätt känner man läget och vet att man kan påverka situationen i någon bestämd riktning. När dessa två angreppssätt kombineras kommer de naturligtvis att leda till konflikter.

En till synes oförklarlig olycka med en färja har fått sin förklaring i automatiseringen. Fjärden låg blank utan en krusning, ändå girade en färja, gick på grund och slog upp ett stort hål i plåten. Endast tack vare kaptenens snabba ingripande klarade sig 200 passagerare utan skador. Autopiloten, som var i drift vid tillfället, krävde att varje inprogrammerad manöver kvitterades och om inte någon kvitterade giren eller hastighets/kursändringen fortsatte autopiloten på oförändrat sätt. Nu missade lotsstyrmannen en signal, och vid nästa manöver som verkligen kvitterades girade alltså färjan på ett till synes oförklarligt sätt. Denna typ av överraskningseffekt är vanlig om man genom automatiseringen inte är helt på det klara med vilka moment som utförs av automatiken just nu och vad som kommer att hända härnäst. Ovissheten kan göra att den som är satt att övervaka systemet ingriper för att avvärja en som man tror felaktig manöver, som i själva verket är korrekt.

3.3.2 Högre automatisering av tågföraruppgiften

Ikeda (1995) diskuterar vilken strategi som är bäst vid utformning av säkerhetssystem för höghastighetståg. Erfarenheterna från den s.k. Shinkansen-linjen i Japan anses vara att man inte på något sätt ska låta säkerheten vara beroenden av förarens uppmärksamhet och/eller medvetande. Därför är alla höghastighetståg i Japan bestyckade med back-upp system som i princip medger att föraren inte behöver se framåt under färd. Tågen har samma hastighet i tjock dimma och snöoväder och håller ändå de snäva tiderna. Trots den goda statistiken identifierar Ikeda ett viktigt problem: Det är viktigt att hitta en bra balans mellan strävan efter att köra så optimalt som möjligt och strävan efter att reducera den kognitiva arbetsbelastningen. Det är stressigt att köra precis under hastighetsbegränsningen med minimal användning av bromsarna. Det kräver en hög nivå av koncentration under en längre tid. Receptet mot detta skulle kunna vara ett ”kognitivt manöverutrymme” som också avspeglar sig i tågens hålltider på stationerna. På Shinkansen-linjen har man även varit noga med att förse föraren med information vid driftsstörningar. Den egentliga anledningen till detta är att man vill minimera den tid som föraren själv börjar fundera på vad som hänt samt löser problem på egen hand. För detta ändamål har man utrustat tågen med effektivt informationssystem med höga krav på informationsergonomi.

Diskussionen ovan visar vilka konsekvenser man kan få av högra automatisering när det gäller utformningen av ett system för tågföraruppgiften. Man måste ge föraren som kör tåget möjlighet att vara optimalt koncentrerad på den egentliga tågföraruppgiften. Alla andra sysslor, som t ex att interagera med informationssystemen, kommunicera via tågradio och GSM eller med övrig personal på tåget via intern telefon, vidta nödvändiga handgrepp osv. måste tillåtas vara optimalt automatiserade för den erfarne användaren. Om handhavandet av gränssnittet stör den medvetna kognitiva processen kommer man att bli långsam, göra fler fel, ta sämre beslut, bli belastad, stressad osv. Samtidigt vill man undvika en alltför monoton arbetssituation med mestadels övervakningsuppgifter. Ett sätt att göra detta kan vara att göra det möjligt för föraren att ta del av information om framförvarande tåg, tillfälliga hastighetsnedsättningar mm.

3.4 Beslutsfattande i dynamiska uppgifter

3.4.1 Medvetna och automatiserade processer

För att beskriva mänsklig informationsbearbetning och mänskligt beslutsfattande är det viktigt att göra en uppdelning mellan medvetna och automatiserade tankeprocesser. På en mycket medveten nivå är människan kreativ och har en avancerad och adaptiv tankeförmåga. På denna nivå är däremot kapaciteten i andra avseenden starkt begränsad. Vi klarar bara av att behandla och göra en sak i taget. På en lägre kognitiv nivå där vi utför inlärda och ”automatiserade” uppgifter har vi däremot en så gott som obegränsad parallell kapacitet. Det är inte helt klarlagt om det finns några diskreta kognitiva nivåer som dessa processer kan fungera på eller om det är så att det finns ett mer kontinuerligt spektrum av ”medvetenhet” från den lägsta automatiserade till den högsta och mest medvetna. Även om inlärning i normalfallet sker på en medveten nivå så är det heller inte helt klarlagt att all inlärning nödvändigtvis måste ske via de mer medvetna kognitiva processerna. I samband med dynamiska arbetsuppgifter är denna uppdelning ofta en mycket viktig del av modellerna av operatörers informationsbehandling och beslutsfattande (se t.ex. Rasmussen, 1986), så även förare av tåg.

Distinktionen mellan automatiserade och medvetna tankeprocesser är även i hög grad beroende av vilket tidsperspektiv som gäller. I litteraturen finns många beskrivningar av effekten av att arbeta på en hög, medveten nivå under en längre tid och vilka konsekvenser detta kan ge på längre sikt. Det resulterar så småningom i en trötthet som brukar beskrivas som ett kognitivt arbetsmiljöproblem. Det är helt enkelt inte möjligt att arbeta på en hög medveten nivå under någon längre eller mer utsträckt tid. Resultatet blir med tiden allt sämre. Arbetsuppgifter som kräver en hög nivå av analytiskt tänkande under en längre tid bör därför undvikas. I efterhand kan man därför konstatera att införandet av ATC har inneburit en minskning av den kognitiva arbetsbelastningen på tågförarna, vilket bl.a. verifierats i samtal med flera tågförare som har lång erfarenhet av att köra både med och utan ATC och vilket också finns beskrivet i Ohlsson (1990).

Distinktionen mellan automatiserade och medvetna processer är också intressant i relation till det som Johansson, Fredén och Ohlsson (1988) kallar upplevd okontrollerbarhet. Det är sannolikt så att, speciellt de högre, medvetna processerna störs negativt av upplevd okontrollerbarhet. Forskning från Tyskland (för en introduktion, se Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel, 1983; Dörner, Schaub, Stäudel & Strohschneider, 1988) visar att möjligheterna att kontrollera ett beslutsproblem i dynamiska miljöer i stor utsträckning är beroende av hur människor klarar av att kontrollera sitt eget beteende. Jansson (1997) har formulerat detta som att villkoret för att kontrollera en extern process (ett system) är att en operatör först måste kontrollera sin interna process (en modell). När det gäller tågförare kan man ställa frågan om Johanssons m.fl. (1988) misstankar om den upplevda okontrollerbarheten är utbredd, om det i så fall beror på att dagens ATC-system inte ger tillräckligt med beslutsstödjande information, och om man i så fall kan reducera den med hjälp av återkoppling av mer information till förarna samt se till att den är utformad på ett sådant sätt att den inte belastar själva styruppgiften.

3.4.2 Dynamiskt beslutsfattande

I allt väsentligt, så kan arbete med att hantera komplexa arbetsuppgifter i dynamiska situationer beskrivas som möjligheter att styra ett system. Oavsett om det handlar om tågtrafik, sjukvård, tillverkningsindustri, kärnkraftverk, avancerade flygplan, höghastighetsbåtar eller ekonomi så har någon form av tekniskt system skjutits in mellan människan och arbetsmaterialet/processen (Brehmer, 1991). Det tekniska systemet utför själva arbetet och människans roll är främst att styra arbetet och det tekniska systemet, inte själva processen. Gemensamt för alla operatörer är att de måste skaffa sig en uppfattning om vad som ska göras, och hur, genom att ta del av information från det tekniska systemet för att sedan direkt påverka både arbetsmaterialet och systemet. De ägnar sig kort och gott åt att fatta *dynamiska beslut.*

Dynamiskt beslutsfattande har följande karaktär:

1) En serie beslut och åtgärder krävs för att nå ett mål. Dvs. att uppnå och upprätthålla kontrollen över arbetsuppgiften är en kontinuerlig aktivitet som kräver många beslut, av vilka vart och ett bara kan förstås i relation till de andra.

2) Besluten är inte oberoende av varandra. Beslut längre fram i beslutskedjan är villkorade av beslut som tagits tidigare, och kommer i sin tur att förändra efterkommande beslutsmöjligheter.

3) Tillståndet hos ett beslutsproblem förändras, både av sig självt och som konsekvens av beslutsfattarens handlingar.

4) Besluten måste tas i realtid och ofta under tidspress.

För att överhuvudtaget kunna studera den här typen av beslut måste man överge den, inom klassisk beslutsforskning etablerade synsättet för linjär kausalitet, dvs. där ett beteende (effekten) studeras som en funktion av påverkan (orsak), och där forskaren på olika sätt försöker utöva så mycket kontroll som möjligt över omgivande faktorer. I vardagliga beslutssituationer producerar beslutsfattaren själv sina egna orsaker genom den naturliga interaktionen med systemet. Av den anledningen har forskare kommit att vända sig till styr- och reglerteorin för att hitta en ram för att kunna utvärdera mänskligt beslutsfattande.

3.4.3 Utvärdering via kontrollteorin

Kontrollteorin som grund för studier av mänskliga beteenden har med lyckat resultat använts i studier av manuell kontroll. Psykologer har dock funnit att den matematiska delen av kontrollteorin inte är relevant när det gäller ett modellera mänskliga beteenden (Bainbridge, 1981), och kontrollteorin har därför bara använts som allmän metafor för hur beslut kan utvärderas. Fördelen med kontrollteorin är att den specificerar fyra villkor för styrning, vilka kan appliceras oberoende om det är människor eller maskiner som styr och övervakar en process. Det här synsättet innebär att man ser människan som ett självreglerande system. De fyra villkoren för styrning är:

1) Det måste finnas möjligheter att påverka systemets tillstånd - handlingskriteriet

2) Det måste finnas möjligheter att avgöra systemets aktuella tillstånd - observerbarhetskriteriet

3) Det måste finnas ett mål - målkriteriet

4) Det måste finnas en modell av systemet - modellkriteriet

Observerbarhet och handlingsalternativ är egenskaper hos systemet, medan mål och modeller är egenskaper hos beslutsfattaren. Brehmer (1992) formulerade den allmänna uppgiften för psykologisk forskning inom detta område som att förstå hur människor formulerar mål och modeller som funktion av observerbarhet och handlingsalternativ hos det system som ska kontrolleras eller hanteras. Ett resultat från den här forskningen är att det i många arbetssituationer är viktigt att visa dynamisk information, t.ex. information om hur den styrda processen utvecklas som funktion av tiden, ibland även tillsammans med prognoser över framtida utveckling. Detta gör det möjligt för operatörerna att arbeta förebyggande snarare än att invänta kritiska situationer och då lösa problemen.

Att använda kontrollteori som utgångspunkt för studiet av mänskligt beslutsfattande får konsekvenser för den typ av förklaringar man kan ge till de beteenden man observerar i dessa situationer. Istället för att fokusera på observerbara beteenden i termer av preferenser för olika alternativ, baserade på statistiska modeller av människan, så leder kontrollteorin till förklaringar i termer av beslutsfattarens *mentala modeller* av beslutsuppgiften. Förklaringar till såväl mänskliga prestationer, beteenden som individuella skillnader bör alltså sökas i beslutsfattarens *mentala representation* av den uppgift, den process och det tekniska system han eller hon är satt att hantera. Detta synsätt är väl förenligt med Contant och Asbys (1970) idé, att själva syftet med ett beslut är att uppnå kontroll, och för att uppnå kontroll måste en person utveckla en mental modell över systemet och uppgiften.

3.5 Mentala representationer och perception av spatiala strukturer

En viktig del av en tågförares arbetssituation är den spatiala miljö han färdas genom. Dels finns den antagligen oftast lagrad i långtidsminnet hos föraren som någon form av mental representation som gör det möjligt för föraren att planera och predicera tågets framfart de närmaste minuterna. Många förare vittnar om förmågan att avgöra när någonting avvikande förekommer utefter banan, t.ex. nedrivna kontaktledningar eller felaktiga signaler, vilket tyder på att föraren använder den nya informationen som passerar via det optiska flödet för att jämföra med tidigare minnesbilder och snabbt uppfattar avvikelser. Dels passerar den spatiala miljön förbi i hög fart vilket påverkar både vad som hinner lagras och användas i korttidsminnet. Inom beteendevetenskaperna är det inte helt klarlagt vilka processer som sköter interaktionen mellan den lagrade spatiala informationen och den spatiala information som hanteras dynamiskt. Relativt ny forskning (Loomis, in press; Loomis & Beall, 1998) visar dock att det krävs en kombination av traditionell kognitionsforskning och s.k. ekologisk perception för att förstå sambandet mellan visuellt kontrollerad rörelse och minnestrukturer av mer kognitiv karaktär. Speciellt styrning och framförande av farkoster som bil, båt , buss, tåg och flyg verkar i hög utsträckning vara en kombination av dessa grundläggande mekanismer hos människan. Kravet på framförhållning i tågföraruppgiften får som konsekvens att föraren måste arbeta med feedforward strategi, vilket innebär att det antagligen måste finnas en motsvarande feedforward modell hos föraren som tillåter prediktion och gör det möjligt att använda en sådan strategi. Samtidigt uppdateras föraren hela tiden med ny information som han integrerar med sin tidigare kunskap (läs linjekännedom) om banförhållanden. Detta sker troligtvis i vad som brukar kallas ett open-loop feedback system mellan föraren och den stora mängd av komplex information som passerar via det optiska flödet.

Tillämpat på den befintliga tågförarmiljön kan man tänka sig att förarens feedforward modell idag uppdateras via det numeriska och logiska symbolspråk som är grunden i ATC-systemets gränssnitt mot föraren. Det är högst tveksamt om detta sätt att presentera informationen är det för föraren bästa och mest anpassade. Istället bör ett grafiskt baserat gränssnitt prioriteras därför att det troligtvis bättre och mer direkt kan ”plockas upp” av föraren och integreras i den feedforward modell som föraren använder för prediktion.

3.6 Grafisk presentation av information för tågförare

En av de mer intressanta idéerna som finns kring förbättring av informationsåtergivningen för tågförare är grafisk presentation av information. Mot bakgrund av vad som beskrivits ovan är det en rimlig arbetshypotes att grafisk återgivning av information om framförvarande bansträckning, aktiviteter som äger rum utefter denna sträcka samt och uppgifter om tillåten hastighet leder till en kognitivt enklare arbetssituation, till en upplevelse av större säkerhet och en ökad subjektiv kontroll, samt till en aktivare och mer engagerad förare.

Vid sidan om de informationsergonomiska fördelarna får föraren på ett mycket konkret sätt ta del av den information som finns om vad som händer på spåret framför honom. Sådana här system finns redan i skarp användning. I litteraturen finns en beskrivning (Haga, 1992) av en grafisk informationspresentation för tåg som färdas med rörliga blocksträckor. Haga beskriver ett informationssystem som integrerar information om fart och position för tåget, om fart och position för framförvarande tåg, samt information om hastighetsnedsättning för framförvarande kurvor och växlar. Allt detta presenteras i kombination med en artificiell vy över den framförvarande bansträckningen.

Den stora fördelen med den här typen av displayer anses vara att föraren aktivt kan följa och övervaka tågets framfart i förhållande till befintlig trafikmiljö. Detta innebär väsentligen två saker för föraren, dels att han slipper osäkerheten om vad som händer framför tåget och dels en mer lättöverskådlig arbetsuppgift. Till det senare hör att han själv slipper integrera information från två olika miljöer, vilket är normalfallet idag. Han slipper därmed den betungande uppgiften att integrera information om den trafikmiljö framför honom som han ännu inte ser och den information han är tvungen att ta del av i det optiska flöde där han färdas.

3.7 Diskussion

Som framgått av ovanstående litteraturgenomgång finns ett ganska begränsat antal svenska studier som på olika sätt försökt belysa de frågeställningar som nu är aktuella inom TRAIN-projektet. Det kan också noteras att de flesta studierna är så gamla att de inte täcker de förändrade tekniska, organisatoriska och ekonomiska förutsättningar som gäller för det svenska tågtrafiksystemet sedan ca. tio år tillbaka.

Även om det inte finns några studier som är anpassade till svenska förhållanden så finns det relevant utländsk litteratur som berör flera av de frågeställningar som är intressanta för TRAIN-projektet. Det finns t.ex. numera en utvecklad metodik för att genomföra kognitiva uppgiftsanalyser, dvs. studier som genomförs med syftet att kartlägga vilka uppgifter som operatörer av olika slag är tvungna att genomföra med hjälp av kognitiva funktioner. Någon sådan analys av tågföraruppgiften har det dock ej gått att finna i litteraturen. Det är därför rekommendabelt att tågföraruppgiften underkastas en sådan kognitiv uppgiftsanalys för att man ska kunna avgöra vad som är bra beslutsstödjande information för tågföraren.

Vi har ej heller kunnat finna några studier där man intresserat sig för relationen mellan tågförarsystemet och tågklarerarsystemet. På vilket sätt skiljer sig en tågklarerares mentala modell av en viss sträcka från en tågförares uppfattning om samma sträcka ? En jämförande studie av skillnader och likheter skulle här kunna bidra till att man får en bättre kontroll över behovet av beslutsstödjande information för båda yrkesgrupperna. Det är sannolikt så att det redan idag finns information som med ny teknik skulle kunna göras tillgänglig för bl.a. tågföraren.

En viktig del av den kognitiva uppgiftsanalysen är att identifiera och beskriva det som tågförarna själva benämner linjekännedom. I sin grundform är detta spatial och domänspecifik kunskap om geografiska förhållanden längs olika bansträckningar. Sannolikt utgör denna analoga form av kunskapsrepresentation själva grunden i linjekännedomen. Den mer dynamiska informationsdelen av linjekännedomen tillkommer, dvs. kunskap om avvikelser från det normala, egenskaper hos bansträckningar i form av t.ex. viltstråk och olika växlars egenheter i olika väderförhållanden. Både kvantitativa och kvalitativa data bör samlas in om linjekännedomen för att ge en god bild av dess natur samt vilken funktion den har för tågföraren.

I litteraturen finns något enstaka exempel på hur ett mer grafiskt orienterat gränssnitt för tågförare skulle kunna se ut. Det finns all anledning att inom ramen för TRAIN-projektet tidigt inventera möjliga nya former av gränssnitt för att få en levande dialog med slutanvändarna, i det här fallet tågförarna själva. En enkel simulator bör utvecklas med syftet att studera om och hur ett grafiskt gränssnitt kan göra tågföraruppgiften kognitivt enklare.

4 Klassifikation av järnvägsolyckor och -tillbud

Under denna rubrik diskuteras innehåll i olycksrapporter, analys av olyckor, och klassificering av olyckor. Ett 40-tal olyckor har analyserats inom TRAIN-projektets ram med hjälp av metoden CREAM (Hollnagel, 1998). Inledningsvis diskuteras olycksrapporternas innehåll och utformning. Därefter redovisas resultatet av det 20-tal oberoende analyser som gjorts vid Uppsala respektive Linköpings universitet översiktligt. De fullständiga analyserna finns med som ett appendix till denna rapport. Slutligen diskuteras ett antal möjliga indelningsgrunder för att klassificera de händelser som särskilt studerats i projektet

4.1 Innehåll i olycksrapporter

De incidenter och olyckor som har analyserats inträffade mellan 1980 och 1997. Utredningarna har genomförts av SJ och Järnvägsinspektionen. Antalet händelser är relativt litet och händelserna är fördelade över en lång tidsperiod med varierande tekniska och organisatoriska förutsättningar. Under denna tid infördes ATC1 och uppgraderades dessutom till ATC2. Systemets förutsättningar har alltså ändrats två gånger under tidsperioden. Innehållet i utredningsrapporterna är generellt av mycket varierande kvalitet och omfattning. Det använda språket förutsätter en ingående kunskap om lokförarsystemet och tågstyrning. Ordvalet är varierande när det gäller benämning av olika reglage som t ex broms och pådrag vilket gör att man kanske inte alltid korrekt förstår situationen som har uppstått. Händelsernas konsekvenser varierar från ”rena” tillbud till olyckor med flera omkomna och/eller betydande materiella skador. Sammantaget medför detta att varje försök att klassificera olyckorna kommer att ha sina begränsningar.

4.1.1 Fokus på förare

Utredningarna verkar vara koncentrerade mest på lokförarnas beteende vid incidenter trots att systemet utgörs av en samverkan mellan förare, tågklarerare, teknisk personal och tekniken självt. Påföljd för lokförare rapporteras ibland, mer sällan står det något om tågklarerares eventuella roll i den situation som föregick en incident. I några utredningar framgår att det finns en misstänksamhet riktad mot tågklarerare och deras möjlighet att ta tillbaka lagd spårväg efter det att lokföraren har passerat signalen. I de nämnda fallen har man vederlagt att så inte har varit fallet.

Ibland antyds det i rapporterna att personliga förhållanden har kunnat medverka till en olycka. I vissa fall finns också bilagor rörande personliga förhållanden som projektet inte har fått tillgång till, alternativt har det nämnts att omständigheterna inte varit tillfredsställande men att man av hänsyn till inblandade personer inte beskrivit dem närmare. Det skulle därför bli rena spekulationer att ta hänsyn till sådana faktorer.

4.1.2 Tidigare incidenter

Endast i en av de analyserade olyckorna fanns en översikt av vilka incidenter en förare varit inblandad i före den aktuella incidenten. Även om man inte generellt ska skylla på den mänskliga faktorn eller försöka peka ut enskilda personer kan det vara intressant att undersöka om ett riskbeteende föreligger hos olycksdrabbade förare. I samband med trafikstudier vid Psykologiska Institutionen vid Uppsala universitet (Åberg & Rimmö,

1998) har man visat att det är möjligt att relatera sensationssökande[1] till förares fel och misstag i trafiken.

4.1.3 Arbetstider

Information om de inblandades erfarenhet och hur man arbetat innan incidenten hände saknas oftast. Det verkar finnas ett samband mellan aktuellt arbetspass - föregående arbetspass och incidenter, därför vore det bra om man regelmässigt beskrev föregående arbetspass för de personer som varit inblandade i en incident. Med ett sådant underlag borde det vara möjligt att på sikt uppmärksamma problem med arbetstider och även undvika schemaläggning som ökar risk för missgrepp och incidenter. Man förutsätter ofta i rapporterna att en förare ska vara helt skärpt och uppmärksam under hela sitt arbetspass. Vi vet att detta är en omöjlighet. Den höga koncentrationen sjunker snabbt vid ett monotont arbete, man behöver korta pauser eller avbrott i rutinen för att återfå koncentrationen.

4.1.4 Regelverk

I de få rapporter där man beskriver vilka regler som gäller i en viss situation får man intrycket att det både är svårt att tillgodogöra sig reglerna och ibland också omöjligt att i efterhand säga huruvida någon brutit mot tillgängliga regler och procedurer. Information i rapporterna angående procedurer är ojämnt förekommande, huruvida de går att tillämpa eller inte, och om det går att tillgodogöra sig procedurerna. Man får ett intryck av att det i de flesta situationer går att hitta speciella faktorer som gör att reglerna inte gäller eller har en mindre tvingande roll. Sådana luckor i regelverket öppnar upp för incidenter.

Lokförare har fortfarande 48 minuter per vecka att läsa och rätta in nyheter och ändringstryck samt skriva rapporter. Mängden papper som skickas ut har inte minskat sedan 1990 (se utredning Sköldinge 900410), snarare tvärtom.

Systemet med tågorder, där lokföraren före varje arbetspass själv skriver ut en bunt papper med de avvikelser som gäller för turen, är osäkert. Informationen är utformad på ett sådant sätt att det inte framgår vad som är ny information och vad som har gällt under långa tider. Texten består endast av versaler, vilket gör den svårläst. Om man slentrianmässigt bara ser över bladen är det lätt att missa en tillfällig hastighetsnedsättning eller dylikt. Det är viktigt att snabbt upptäcka förändringar då dessa kan avse hastighetsnedsättningar som inte övervakas av ATC. Tågordern skulle omgående kunna förbättras genom en mer genomtänkt layout, och dessutom ett mindre antal sidor. På sikt är detta information som borde finnas tillgänglig i ett informationssystem i förarhytten.

4.1.5 Loggning av kritiska parametrar

I dag loggas ATC-inställningar och ingripanden kontinuerligt. Är det tillräckligt att endast analysera ATC-loggar vid olyckor eller incidenter? Jämför t ex lastbilstrafikens

[1] I forskningslitteraturen beskrivs detta som att de i sina aktiviteter visar tendenser till att söka efter en spänning som de önskar behärska. De har en hög tilltro till den egna förmågan som de gärna prövar och de kör ofta aggressivt (Åberg et al, 1998).

färdskrivare som kan inspekteras vid flygande kontroller. Johansson et al föreslog redan i sin rapport 1988 att man skulle registrera kritiska parametrar vid de tillfällen då ATC-systemet tar över kontrollen. I någon av olycksrapporterna får man intrycket av att alla passager av signaler i stopp registreras på tågstyrningscentralerna men det är oklart om någon uppföljning sker rutinmässigt i så fall.

4.1.6 Rapportering

Ett ökat säkerhetsmedvetande där man påpekar hur viktigt det är att rapportera incidenter och misstag vore önskvärt. Avsikten med rapportering får inte vara att enskilda förare ska bestraffas, utan att man ska upptäcka svaga länkar i kedjan, situationer där en allvarlig olycka skulle kunna inträffa. Det borde vara självklart att man i en organisation som SJ tar tillvara synpunkter och förslag till förändringar från de viktigaste medarbetarna, dvs. tågförarna. Trots det hör man ibland att ”det är ingen idé att rapportera, det händer ändå ingenting”.

4.2 Analys av olycksrapporter med CREAM-metoden

De analyser av järnvägsolyckor som genomförts med hjälp av CREAM-metoden vid Avdelningen för människa-datorinteraktion (MDI) vid Uppsala universitet och Institutionen för psykologi och pedagogik (IPP) vid Linköpings universitet har totalt omfattat ett 20-tal händelser. Enligt CREAM-metoden gör man först en översiktlig analys av organisation, yttre förhållanden, arbetstider, utbildning etc. Därefter analyserar man olycksförloppet genom att på den högsta nivån välja ett ”error mode”, en grundorsak till olyckan. Därefter nystar man sig vidare genom att välja underliggande orsaker och faktorer som har spelat in. Vid MDI har två olika versioner av CREAM-metoden använts under analysen. Detta har förmodligen påverkat resultatet då den senare CREAM-versionen uppmuntrar till att välja mellan ett större antal olika felorsaker på de lägre nivåerna.

Den övergripande beskrivningen i CREAM blir svår i vissa stycken. Systemet kan ha fungerat som det skulle vid incidenten men som läsare kan man tycka att det borde varit annorlunda upplagt tekniskt eller regelmässigt. Vid ett balisfel där ATC signalerar att det inte kan ge korrekt information säger reglerna att färden får fortsätta efter nedbromsning till 80 km/h och hög uppmärksamhet. I det läget borde kanske föraren stanna tåget och kontakta tågklareraren i stället? Vid analysen har system som fungerar klanderfritt inte bedömts som annat än felfria, även om en olämplig teknisk konstruktion synes föreligga.

Om man strikt följer analysmetoden blir resultatet väldigt kortfattat, man tappar det totala sammanhanget när man transkriberar rapporterna med hjälp av CREAM. Det ”error mode” man väljer säger alltför lite om själva incidenten, det känns begränsande vid analysen. Analysresultatet skulle vara tydligare om man hade tillgång till mer domänspecifika ”error modes” som t ex passerat signal i stopp, urspårning, kollision, uppkörd växel etc. Om någon annan person än den som genomfört analysen ska få någon förståelse för hur en olycka har gått till måste man förmodligen gå tillbaka till den ursprungliga olycksrapporten. Metoden ger också väldigt litet stöd i själva analysen. Den verkar t ex förutsätta att det bara är en person som har gjort fel. Ofta är det ju flera personer som är inblandade mer eller mindre i ett förlopp som leder till en incident. I vissa fall är också personer inblandade som inte har någon anknytning till SJ eller Banverket.

4.2.1 Bristfällig översikt

CREAM finns för närvarande bara tillgängligt som ett antal html-dokument med länkar till felorsaker på olika nivåer. Det är svårt att följa den röda tråden med den typen av datorstöd. Man måste hoppa upp och ner mellan olika nivåer för att hålla reda på hur man kom till en viss nivå. Dessutom måste man notera de orsaker man väljer vid sidan av, i något annat verktyg. Vid val av felorsak är det fullt möjligt att hamna i oändliga cirkelresonemang eftersom länkar återkommer under olika rubriker, t ex "faulty diagnosis".

Det finns inget enkelt sätt att jämföra utgången av ett antal analyser. Det skulle vara bra om man kunde få en grafisk översikt av det sammanfattade resultatet för att identifiera eventuella återkommande förlopp.

Slutligen hade förmodligen CREAM-analysernas kvalité blivit högre om man genomfört dem i grupp med tillgång till en erfaren tågförare.

4.3 Möjliga klassificeringsgrunder

4.3.1 Händelsetyper

Enligt Järnvägsinspektionens benämningar och definitioner (Kommentarer till BV-FS 1997:3) utgörs de studerade händelserna huvudsakligen av *urspårningar, kollisioner/påkörningar samt tillbud till kollisioner*. Det skall noteras att inte ens med denna till järnvägshändelser speciellt anpassade terminologi är alla händelser helt lätta att entydigt klassificera. Klassificeringen är också enbart beskrivande och ger ingen information om orsaker till händelserna.

4.3.2 Error modes

Samtliga dessa händelser har klassificerats som tillhörande något av följande error modes: *Timing/duration, Speed eller Distance/Magnitude*. Det betyder i klartext att vid incidenterna har tåg framförts för fort, inte bromsats i tid, och körts för långt fram. Klassificeringen har dock varit långt ifrån oproblematisk, till stor del beroende på att dessa tre error modes ofta inte är oberoende av varandra när man försöker tillämpa metoden på järnvägshändelser (en alltför sent observerad signal eller inledd inbromsning medför att farten vid ett givet kritiskt tillfälle kommer att vara för hög, vilket i sin tur leder till att tåget kommer att passera den punkt där det skulle ha stannat - alltför hög fart, ofta i kombination med andra omständigheter, kan bidra till att en signal observeras för sent - att tåget stannats på olämpligt avstånd från en signal kan bidra till att en rörelse påbörjas för tidigt - etc.). Det föreligger därför ett visst mått av godtycke vid valet av error mode(s) för en del av de analyserade händelserna. Även om den fortsatta CREAM-analysen ger indikationer på bidragande orsaker till händelserna, säger error modes i sig inget om varför en specifik händelse inträffat. Ett allmänt intryck vid genomförandet av analyserna har också varit att de orsaker som ingått i analysschemat är i ganska hög grad ”personinriktade” och att det därför i en del fall har varit svårt att fånga omgivnings-, teknik- och organisationsrelaterade orsaker till händelserna.

4.3.3 Konsekvenser

Att klassificera händelser efter omfattningen av konsekvenserna torde vara ännu mindre upplysande än de alternativ som diskuterats ovan. Dels tycks det i många fall vara fråga om tillfälligheter som avgör skillnaden mellan vad som utvecklas till en allvarlig olycka och vad som stannar vid ett tillbud, dels säger konsekvensernas omfattning knappast något om orsakerna till händelserna i fråga.

4.3.4 Initiala avvikelser

I en stor andel av de analyserade fallen förekommer någon form av initial avvikelse från ”normala” driftförutsättningar (betydande förseningar, ovanlig tågväg eller ovanligt uppehåll, maskinella problem, balisfel, extra personer i förarhytten, extrema klimatförhållanden, mindre lyckade inbromsningar, etc.). I de flesta fall rör det sig om avvikelser som idag knappast betraktas som säkerhetsrisker, men som ändå kan vara av betydelse genom inverkan på förarens stressnivå, uppmärksamhet eller allmänna situationsmedvetande. En klassificering av olyckor och tillbud utifrån initiala avvikelser torde dock knappast vara meningsfull med mindre än att ett omfattande datainsamlingsarbete utförs för att kartlägga förekomsten av dessa avvikelser. Utan en sådan kartläggning, vilken knappast ryms inom TRAIN-projektets ram annat än möjligen i mycket begränsad omfattning, går det inte att avgöra vilken eventuell höjning av risknivån som olika typer av avvikelser kan innebära. En del av de data som skulle behövas för detta ändamål kan eventuellt vara möjliga att komma åt eftersom de redan idag insamlas som en del av SJ:s kvalitetsarbete.

4.3.5 Svaga/brustna barriärfunktioner

Ett mera fruktbart sätt att klassificera järnvägsolyckor och -tillbud skulle kunna vara att försöka titta på vilka barriärfunktioner (*mänskliga, tekniska och organisatoriska*) som brustit eller saknats vid de olika händelserna. En sådan klassificeringsgrund ger inte bara en bild av händelsernas orsaker utan borde också kunna ligga till grund för beslut om lämpliga åtgärder för att förhindra en upprepning.

Det är i detta fall viktigt att analysen inte stannar vid att konstatera att det är den mänskliga barriären (oftast föraren) som brustit utan att man alltid även granskar de tekniska och organisatoriska barriärerna. Tågförarsystemet är uppbyggt så att föraren utgör ”den sista utposten” och i de fall som denna barriär mot olyckor inte brister inträffar som regel ingen olycka. När den mänskliga barriären brister sker detta dock oftast i samband med att andra barriärer av teknisk och/eller organisatorisk natur redan tidigare brustit eller visat sig vara alltför svaga. För de händelser som analyserats i delprojektet är det mycket sällan som det enbart rör sig om en brusten mänsklig barriärfunktion. Oftast verkar det vara fråga om en kombination av mänskliga/tekniska eller mänskliga/tekniska/organisatoriska barriärbrister.

En analys i termer av sviktande barriärfunktioner aktualiserar också frågan om vilka typer av åtgärder som kan förväntas vara effektiva för att höja säkerheten. Uppgifterna om vilka åtgärder som vidtagits för att förhindra ett upprepande är oftast mycket knapphändiga i de utredningsrapporter (åtminstone de äldre av dem) som studerats, och i de fall sådana uppgifter förekommer rör det sig oftast om åtgärder riktade mot den aktuelle föraren (t ex kompletterande utbildning). Eftersom järnvägsolyckor är sällsynta händelser kan sådana åtgärder verka synnerligen effektiva (händelsen upprepas inte på flera år, åtminstone inte med samma förare) trots att ingenting gjorts för att komma tillrätta med tekniska/organisatoriska svagheter i systemet som bidragit till olyckan eller tillbudet.

En klassificering i termer av barriärfunktioner bör också innebära att fokus förskjuts från att försöka ”hitta den skyldige” till att istället försöka identifiera mera generella säkerhetsmässiga svagheter i systemet. Detta torde i förlängningen också kunna leda till ett förbättrat klimat i organisationen vad beträffar rapporteringen och hanteringen av tillbud.

5 Referenser

Andersson, A. W., & Sandblad, B. (1997). Människa-maskin problem och operatörsgränssnitt vid tågplanering och tågtrafikstyrning. *Rapport över forskningsarbete 1997.* Centrum för studium av människan och datorn. Uppsala universitet.

Bainbridge, L. (1981). Mathematical equations or processing routines ? In J. Rasmussen & W. B. Rouse (Eds.), *Human detection and diagnosis of systems failures.* New York: Plenum.

Bainbridge, L. (1993). *Building up behavioural complexity from a cognitive processing element.* London: University College, Department of Psychology.

Beach, L. R., & Mitchell, T. R. (1978). A contingency model for the selection of strategies. *Academy of Management Review,* 3, 439-449.

Brehmer, B. (1991). Styrning av system: Kognitionspsykologiska aspekter på modernt arbete. I L. Lennerlöf (Red.), *Människan i arbetslivet.* Stockholm: Allmänna Förlaget.

Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica, 81,* 211-241.

Conant, R. C., & Ashby, W. R. (1970). Every good regulator of a system must be a model of that system. *International Journal of System Science, 1,* 89-97.

Cook, R. I. & Woods, D. D. (1994). Operating at the sharp end: The complexity of human error. I M. S. Bogner (Red.), *Human error in medicine*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F., & Stäudel, T. (Eds.). (1983). Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern: Huber.

Dörner, D., Schaub, H., Stäudel, T., & Strohschneider, S. (1988). Ein System zur Handlungsregulation oder: Die Interaktionen von Emotion, Kognition und Motivation. *Sprache & Kognition*, 7, 217-232.

Edwards, E., & Lees, F.P. (Eds.). (1973). *The human operator in process control*. London: Taylor & Francis.

Friedleifer, M. & Lindberg, E. (1996). *Tillämpning av AEB-analys på järnvägsolyckor/tillbud*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI meddelande Nr 796).

Gerdin, A. (1997). *Pendeltåg 2901 kör mot "stopp" - urspårar över spårspärr i Märsta 961230*. Stockholm: SJ, Stab Trafiksäkerhet.

Haga, S. (1992). Graphic information presentation for train driving on a moving block system. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute, 33*, 2, 124-128.

Harms, L. & Fredén, S. (1996). *Human and automatic train control in Scandinavian ATC-applications*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI meddelande Nr 783A).

Hollnagel, E. (1993). *Human reliability analysis: Context and control*. London: Academic Press.

Hollnagel, E. (1997). Context, cognition, and control. In Y. Waern, (Ed.), *Co-operation in process management - Cognition and information technology*. London: Taylor & Francis.

Hollnagel, E. (1998). *CREAM - Cognitive reliability and error analysis method*. Oxford: Elsevier Science Ltd.

Ikeda, T. (1995). Human factors concerning drivers of high-speed passenger trains. Rail International, 26, 3, 19-24.

Jacobsson, L. (1991). MTO-utredning av tågolyckan vid Sköldinge 19900410. Manuskript.

Jansson, A. (1997). Strategies and maladaptive behaviours in complex dynamic decision making. Ph. D. dissertation. *Acta Universitatis Upsaliensis: Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the Faculty of Social Sciences 65*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.

Johansson, R., Fredén, S. & Ohlsson, K. (1988). *Lokförares informationsinhämtning och beslut*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI notat nr TF 54-05).

Kecklund, L. (1994). Analys av samspelet fordon-förare-trafikmiljö för pendeltågsolycka vid Älvsjö 1994-04-26. Bidrag till Haverikommisssionens slutrapport.

Klein, G. A., Orasanu, J., Calderwood, R., & Zsambok, C. E. (Eds.). (1993). *Decision making in action: Models and methods*. Norwood: Ablex Publishing Corporation.

Kuylenstierna, J. (1998). Task information and memory aids in the learning of probabilistic inference tasks. Ph. D. dissertation. *Acta Universitatis Upsaliensis: Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the Faculty of Social Sciences 75*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.

Larson, M., Wickell, L., Järpsten, H. & Lundh, E. (1998). *ATC-systemet i ett människa-maskin perspektiv*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för personskadeprevention och institutionen för konsumentteknik.

Lenior, T.M.J. (1993). Analyses of cognitive processes in train traffic control. *Ergonomics, 36*, 11, 1361-1368.

Lindberg, E. & Morén, B. (1991). *Förstudie till projekt "Ökat säkerhetsmedvetande"*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI notat nr J 10).

Lipshitz, R. (1997). Naturalistic decision making perspectives on decision errors. I C. E. Zsambok & G. Klein (Red.), *Naturalistic decison making*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Loomis, J. M. (in press). Locomotion and navigation: Control by stimulation and internal representation. In M. McBeath (Ed.), *Spatial navigational principles used by humans, animals, and machines*. Thousand Oaks: Sage Publications.

Loomis, J. M., & Beall, A.C. (1998). Visually-controlled locomotion: Its dependence on optic flow, 3-D space perception, and cognition. *Ecological Psychology, 10*, 271-286.

May, J. & Horberry, T. (1994). *SPaD human factors study: Directory of relevant literature*. Derby: University of Derby.

Ohlsson, K. (1990). *Lokförares uppmärksamhet under olika driftförutsättningar: Rapport om ATC-beteende*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI notat nr J 03).

Payne, J. W. (1982). Contingent decision behavior. *Psychological Bulletin, 92*, 382-402.

Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction: An approach to cognitive engineering.* Amsterdam: North-Holland.

Reason, J. T. (1990). *Human error.* Cambridge: Cambridge University Press.

Reason, J. T. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.

Svenson, O. (1991). The accident evolution and barrier function (AEB) model applied to incident analysis in the processing industries. *Risk Analysis, 11*, 499-507.

Svensson, G. (1977). *Arbetsmiljön för lokpersonal vid SJ: Problemanalys och forskningsbehov*. Stockholm: Arbetarskyddsstyrelsen.

Svensson, G. (1979). *Automatisk hastighetsövervakning på tåg - Utvärdering av en systemprototyp*. Manuskript.

Watanabe, T., Miyahara, M. & Hayashi, Y. (1996). Causal structure analysis of social psychological factors affecting railway workers' safety behaviors. *Quarterly Report of RTRI*, *37*, 14-19.

Woods, D. (1993). Process-tracing methods for the study of cognition outside of the experimental psychology laboratory. In G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsambok (Eds.), *Decision making in action: Models and methods*. Norwood: Ablex Publishing Corporation.

Åberg, L. & Rimmö, P-A. (1998). Ett instrument för att mäta unga förares sensationssökande beteende i trafiken. (In preparation). http://www.psyk.uu.se/forskning/projekt.html#lapr