

## *Utvärdering av förändringar i trafikledarnas beslutsfattande (UFTB)*

### Delrapport I – Den svenska ansatsen till kontrollstrategier i ett nutidshistoriskt och vetenskapligt internationellt perspektiv

#### **Sammanfattning**

Den här rapporten beskriver den ansats Sverige har valt när det gäller framtida kontrollstrategier för den operativa tågtrafikplaneringen. Med kontrollstrategier avses här de arbetsprocesser som utförs av den operativa personalen i tågtrafikledningen, samt hur dessa arbetsprocesser stöds med hjälp av tekniska system. Den operativa tågtrafikledningen betraktas här som ett sociotekniskt system, vilket definieras och beskrivs i rapporten. De kontrollstrategier som är under uppbyggnad konstateras utgå från en övergripande strategi: *omplanering i realtid, genom framförhållning och på trafiknivå* med en gemensam plan. Den nya övergripande kontrollstrategin ska förstås mot bakgrund av den situation som råder idag: *omdirigering i realtid, genom exekvering, och på tekniknivå*, dvs. utan en gemensam plan. Den ansats som är under uppbyggnad i Sverige är i vissa avseenden unik och det anses därför nödvändigt att särskilt motivera den mot bakgrund av att andra länder möjligen väljer andra strategiska lösningar. Nedan ges därför först en kort bakgrundsbeskrivning av tågtrafikplaneringen som den har kommit att utvecklas i Sverige de senaste femton åren, och där Uppsala universitet varit en aktiv part i utvecklingen av moderna trafikplaneringsverktyg som STEG, RTTP och AEF. Syftet med bakgrunden är att via en återblick påminna om de problem som arbetet med den nya kontrollstrategin tog sin avstamp i. Därefter ges en kort forskningsöversikt med syfte att placera in den svenska (GMOC) ansatsen i ett nutida internationellt vetenskapligt perspektiv. Fördelar och nackdelar med olika systemutvecklingsansatser diskuteras. Slutsatsen som dras är att den ansats Sverige har valt i väsentliga avseenden innebär att Sverige är ledande när det gäller utvecklingen av kontrollstrategier för operativ tågtrafikplanering. Inte minst märks detta i pågående samarbetsprojekt som finansieras av EU. Det innebär dock inte att andra länder automatiskt väljer samma väg som Sverige. Syftet med rapporten är att lägga grunden till de bedömningar som behöver göras och de beslut som behöver tas när det gäller den fortsatta utvecklingen av kontrollstrategier för tågtrafikplaneringen i Sverige. Ett väsentligt problem som Trafikverket måste hantera är bristen på kompetens i leverantörsledet. Därför föreslås riktlinjer för en upphandlingsprocess som stöd vid upphandling av nya systemstöd i framtiden. Genom att ställa höga krav på leverantörer av framtida trafikledningssystem kan Sverige bidra till utvecklingen även sett ur ett internationellt perspektiv.

## **Bakgrund: Tågtrafikplaneringens utveckling i Sverige de senaste femton åren**

Förändringarna i trafikplanerarnas arbetsmiljö påbörjades i liten skala i slutet av 1990-talet. Några av de tidigaste insikterna var dels att fjärrtågklarerare egentligen inte planerade tågtrafiken utan styrde tekniken i järnvägssystemet, samt dels att många av de arbetsuppgifter de arbetade med utfördes utan adekvat informationsstöd. Det senare ansågs som en brist då en kognitivt god arbetsmiljö anses vara en förutsättning för att kunna utföra ett effektivt arbete med hög kvalitet och stor precision. Brister i den kognitiva arbetsmiljön påverkade således planeringen av tågtrafik på ett negativt sätt. Mot bakgrund av den kunskap som redan då fanns om sambanden mellan god kognitiv arbetsmiljö och ökad effektivitet lades grunden till ett helt nytt sätt att styra tågtrafik i Sverige i form av den övergripande principen om omplanering i realtid, genom framförhållning, och på trafiknivå med en gemensam plan, samt visualiseringar i form av prototyper som visade hur ett nytt arbetssätt skulle kunna se ut och fungera. Det är viktigt att betona att det arbete som ligger bakom identifieringen av dessa nya principer och arbetssätt bygger på analyser av pågående arbete i skarp drift där forskare från Uppsala universitet deltagit aktivt för att förstå arbetets särart, ett signum för den forskningsinriktning som letts av professor Bengt Sandblad och 1:e forskningsingenjör Arne W Andersson. Resultaten från de tidigaste analyserna (Andersson et al. 1997, 1998; Sandblad et al. 1997, 2000) visade följande:

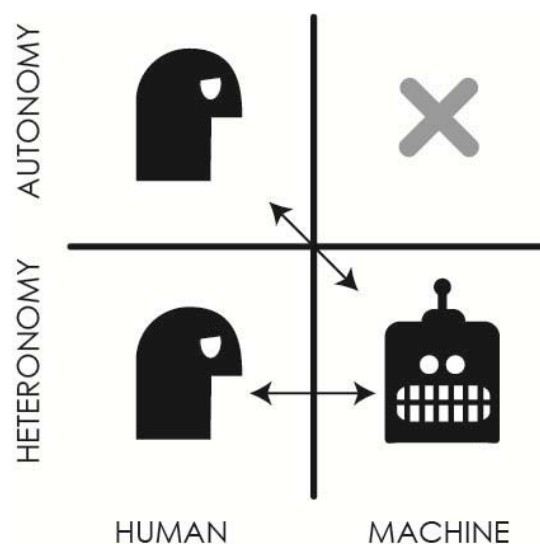
- **Brist på översikt och separata informationssystem.** Trots tillgång till stora väggpaneler som visade tågrörelser i diskreta steg så arbetade fjärrtågklareraren den största delen av tiden i flera andra separata system som skilda från varandra inte tillgodosåg behovet av översikt. Trafikplanerarnas tänkta förändringar och korrigeringar kunde inte lätt utvärderas på förhand. Inlärningströskeln i sådana informationssystem är både hög och lång, det vill säga arbetet var svårt att lära sig och det tog lång tid att bli tillräckligt skicklig och säker för att få ansvar för ett eget trafikområde, vilket på sikt skulle innebära sårbarhet vid personalbyten.
- **Fokus på att hantera tekniken, inte trafiken.** Arbetet handlade mestadels om att styra trafiken genom att lägga tågvägar, ställa växlar och signaler, inte att planera trafiken. Den operativa omplaneringen och styrningen kom i skymundan när man var tvungen att koncentrera sig på egenskaper och karakteristika hos de tekniska delsystemen. En annan konsekvens av fokuset på tekniken istället för trafiken var att systemet för trafikstyrning och planering blev icke-transparent och svårt att förstå för utomstående.
- **Klara brister i observerbarhet.** Även för de som arbetade med systemen dagligen var det svårt att se och avgöra olika förlopp. Det exakta tillståndet för ett visst tåg var ibland svårt att avgöra. För att kunna beräkna förändringar och deras konsekvenser använde trafikplanerarna mycket tankekraft åt att integrera och lägga ihop information från olika delar av informationssystemen med information från andra delsystem. Detta gjordes kognitivt, alltså genom föreställningar, mentala simuleringar, genom att pröva olika lösningar osv. Det fanns endast mycket elementära

strukturer i informationspresentationen som stöd för dessa svåra men nödvändiga övningar. Informationsmönstren var inte tillräckligt användbara för att man skulle kunna arbeta kognitivt enkelt och därmed mycket effektivare.

- **Brist på precision i data.** För noggranna diagnoser och exakta beräkningar krävs precision i de indata man arbetar med. Analyserna visade att det fanns brister även här. Tågens exakta positioner var inte möjliga att visualisera i realtid, vilket leder till tidsfördröjningar i form av överföring av information. Det är sedan tidigare känt att människor har svårt att hantera fördröjningar av olika slag eftersom de kräver kognitivt komplexa operationer.
- **Automatik som agerar självständigt bidrar till ökad komplexitet.** Redan för femton år sedan fanns beräkningsstöd i form av algoritmer som på automatisk nivå styrde vissa växlar och ställverk. Detta är inget konstigt, tvärtom en naturlig del av en allt högre nivå av automation inom järnvägen. Problemet bestod istället av att det ofta var omöjligt för en mänsklig operatör, en trafikplanerare, att förstå beteendet hos dessa beräkningsstöd. Automatiken inte bara valde spår, utan genomförde även åtgärden, exempelvis genom att ändra tågordning, utan att trafikplanerarna var medvetna om eller förstod konsekvensen av den implementation som gjordes. Konsekvenser av icke-transparent automation är ett av de problem som är svårast att lösa, och det leder ofta till det så kallade "turn-it-off"-syndromet.
- **Svårighet att identifiera störningar.** Informationssystemen visade klara brister när det gällde stöd till trafikplanerarna att i god tid upptäcka störningar. Detta får konsekvenser som i vissa fall skulle gå att undvika eller reducera effekterna av.
- **Tidsödande kommunikationsstrukturer.** Redan de första analyserna pekade på något som kommit att bli ett avsevärt viktigare problem med tiden, nämligen behovet av att se tågtrafikplaneringen och lokförarens genomförande av körorder enligt plan som delar av ett och samma sociotekniska system. Då, för femton år sedan var det fortfarande naturligt att analysera och förstå lokförarnas arbete som en separat uppgift, men idag ser vi behovet av en synkronisering inom ramarna för ett och samma sociotekniska system.
- **Brist på effektivt arbetsstöd när det som bäst behövs.** En av automationens svagheter är att det är svårt att skapa automationsstöd för just de situationer där den som bäst skulle behövas. Detta brukar kallas automationens ironi, det vill säga det är relativt enkelt att beräkna och ge förslag till lösningar för de situationer där det även manuellt är möjligt att snabbt komma fram till olika lösningsalternativ. I de inledande analyserna var detta en av de mer uppmärksammade effekterna. När situation i trafikplaneringen blev alltför svårhanterlig, exempelvis vid större driftsstörningar, var man tvungen att gå över till manuell styrning och sekventiella beslut.

Ovan beskrivna problem hör i ett vetenskapligt perspektiv hemma inom kognitiv ergonomi (på engelska cognitive ergonomics, cognitive engineering och human factors). I mer tillämpade forskningssammanhang, där man syftar till att inte bara förstå och beskriva problemen utan också till att utforma, utveckla och utvärdera lösningar, så hör området rent ämnesmässigt hemma inom människa-datorinteraktion eller människa-systeminteraktion. De organisatoriska delarna hör ämnesmässigt hemma inom området Människa-Teknik-Organisation (MTO). Inom MTO studeras effekter av brister i sociotekniska system med avseende på främst säkerhet och effektivitet.

Med denna kartläggning av bristerna som grund formulerades en ny kontrollstrategi för den operativa tågtrafikplaneringen (Kauppi 2006; Kauppi et al. 2006; Sandblad et al. 2007). I den nya kontrollstrategin gjorde man en tydlig skillnad mellan å ena sidan planering/omplanering via framförhållning, och å andra sidan exekvering genom styrkommandon. En viktig del av den nya kontrollstrategin var att den byggde på principen "Ledning och styrning genom insikt och koll på läget" (på engelska Management by Awareness eller Management by Consent) som kontrast till kontrollstrategier som bygger på en ofta outtalad princip om ledning och styrning genom hantering av undantag och avvikelser (på engelska Management by Exception). Sammanfattningsvis kan sägas att principen om "Ledning och styrning genom insikt och koll på läget" bygger på ett filosofiskt ställningstagande att det är ett värde i sig att utforma och bygga öppna sociotekniska system på ett sådant sätt att det alltid ska finnas en mänsklig agent som har det slutliga ansvaret. Men ansvar utan möjligheter till full insikt om händelseutvecklingen kan inte vara en rimlig utgångspunkt, och därför måste de tekniska stödsystemen utformas så att de i varje enskilt arbetsmoment ger möjlighet att enkelt hitta och använda den information som är nödvändig för att nå full insikt om händelseutvecklingen och möjligheten att återta kontrollen över situationen. Ett annat sätt att uttrycka detta är att definiera människans och teknikens ömsesidiga förhållande via begreppen autonomi och heteronomi. Figur 1 nedan beskriver ansvarsfördelningen bakom principen om "Ledning och styrning genom insikt och koll på läget".



Figur 1. Illustration av autonoma och heteronoma beslutsprocesser hos människan som kontrast till enbart heteronoma beslutsprocesser hos maskiner och tekniska system. Dubbelriktad interaktion och kommunikation mellan människor och teknik sker i två former.

Med en autonom beslutsprocess avses friheten att fatta vilket beslut som helst, exempelvis om situationen kräver extraordinära åtgärder, men också att man har det fulla ansvaret för de beslut man fattar. Med en heteronom beslutsprocess avses beslut som följer vissa regler, rutiner eller heuristiker, exempelvis vid rutinarbetsuppgifter och liknande. Sådana beslutsregler kan vara förprogrammerade och utföras av ett system, men kan också utföras av en mänsklig aktör. Ansvaret finns hos antingen hos den enskilda aktören eller hos systemkonstruktören eller systemförvaltaren. (Stensson & Jansson, 2014; Jansson et al., 2014). Med dessa principer som utgångspunkt utformades den nya kontrollstrategin enligt följande:

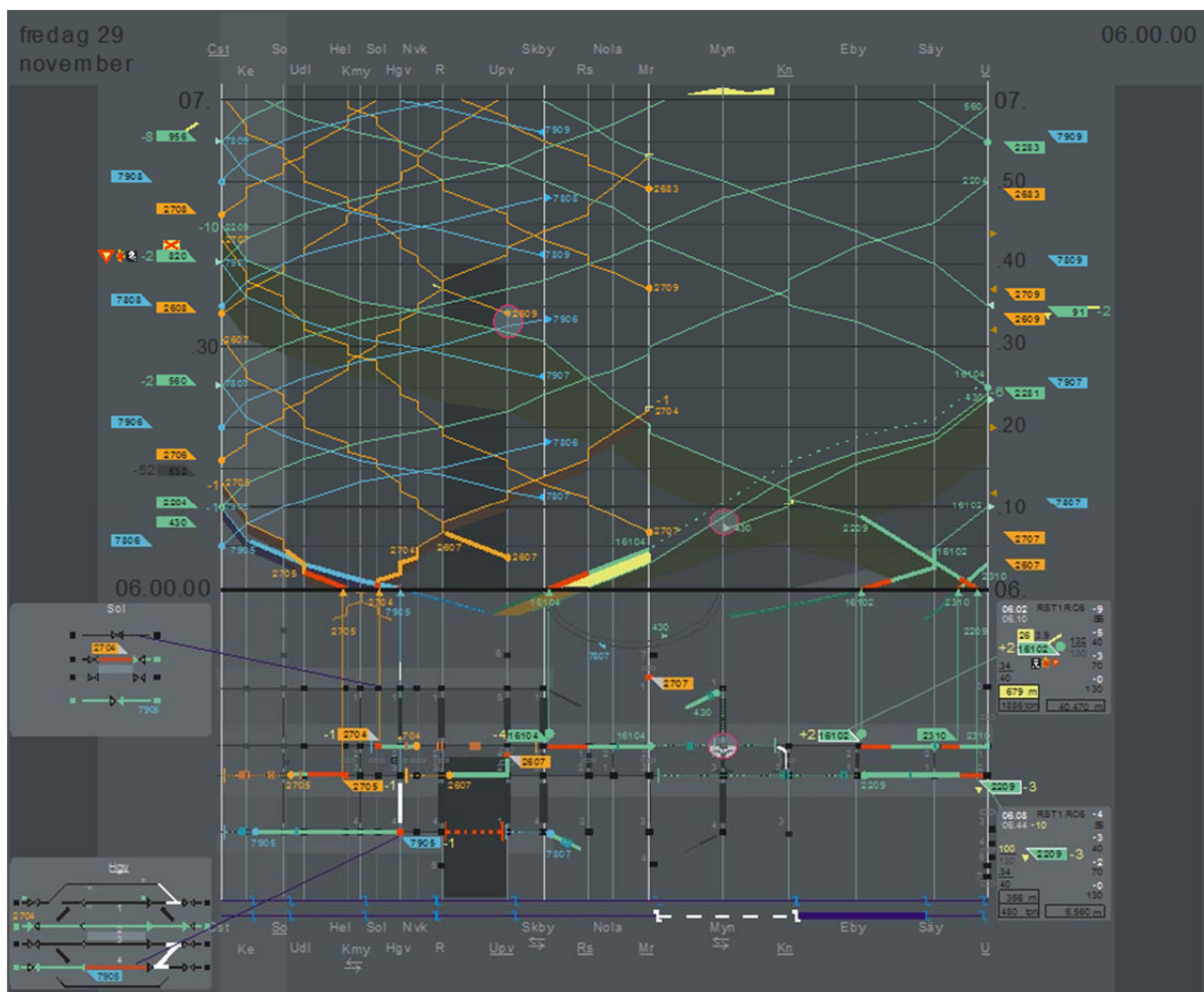
- **Gå från styrning i form av kontrolluppgifter till planering i form av omplanering i realtid.** Genom att flytta fokus från absolut närtid till omplanering i ett tidigare skede blir det möjligt att planera trafik istället för att styra teknik.
- **Automatisk exekvering av en kontinuerligt uppdaterad trafikplan.** Genom att använda tillgänglig teknik för exekvering av planer kan fokus flyttas från styrning på låg nivå till planering på högre nivå.
- **Manuell exekvering när så behövs.** Ibland måste exekveringen ske manuellt, särskilt vid större driftsstörningar. I de lägena ska det vara enkelt för trafikplanerarna att ta över kontrollen från automatiken, så att inte läget förvärras.
- **Automatiska funktioner ska vara förutsägbara.** Automation ska inte förändra spår användning och tågorder automatiskt, utan någon form av kvittens och godkännande av en trafikplanerare.
- **Skapa kontinuerligt informationsutbyte mellan tågtrafikplanerare och lokförare.** För att trimma det sociotekniska systemets effektivitet måste det finnas en gemensam plan som är tydligt kommunicerad mellan de olika delarna av det sociotekniska systemet samt med järnvägsföretagens operativa ledning.

Med utgångspunkt i dessa övergripande principer skapades ett gränssnitt i form av en prototyp som syftade till att illustrera hur ett nytt sätt att arbeta skulle kunna se ut. Det nya gränssnittet blev tidigt synonymt med det nya arbetssättet. Det nya gränssnittet byggde på följande interaktionsprinciper:

- **Stöd för planering/omplanering.** Genom att frigöra kognitiva resurser från behovet att hålla information från flera olika system i arbetsminnet samtidigt kan trafikplanerarna ägna sig åt omplanering i realtid, det vill säga att alltid ligga ett steg före och separera beslut från åtgärd.
- **Presentation av dynamiska trafikdata.** Detta leder till att tågtrafikplaneraren alltid har möjlighet till full kontroll då den aktuella trafiksituationen finns tillgänglig momentant. Man kan enkelt "se" situationen istället för att behöva avläsa den genom flera olika system. Det leder också till en förmodad högre situationsmedvetenhet, ett begrepp som är svårsmåttbart, men fenomenologiskt i linje med vad som är önskvärt.
- **Tidig upptäckt av konflikter.** Genom visualiseringen av dynamiska trafikdata skapas möjlighet för att mycket tidigare än annars ana och identifiera möjliga konflikter. En skicklig användare ges här möjligheten att träna ögat för sådana konflikter, samt även visualisera konflikterna och deras orsaker.

- **Visa på möjliga lösningar.** Möjligheten att kunna jobba interaktivt med gränssnittet genom direktmanipulering av grafen gör att man i omplaneringssituationen kan pröva olika lösningar och se hur de gestaltar sig. Det blir en omedelbar utvärdering av lösningsförslag.
- **Integrerad informationspresentation.** Genom att all information finns tillgänglig momentant och i samma vy reduceras översikts- och integreringsproblemen till mycket ringa eftersom det inte behövs någon navigation mellan olika system och delsystem
- **Mindre onödig kognitiv belastning.** Allt sammantaget ovan leder till en arbetsmiljö som möjliggör att den mänskliga delen av trafikstyrningssystemet kan arbeta effektivare med större precision och högre kvalitet.

Figur 2 nedan illustrerar en tidig version av det nya gränssnittet, den så kallade STEG-grafen.



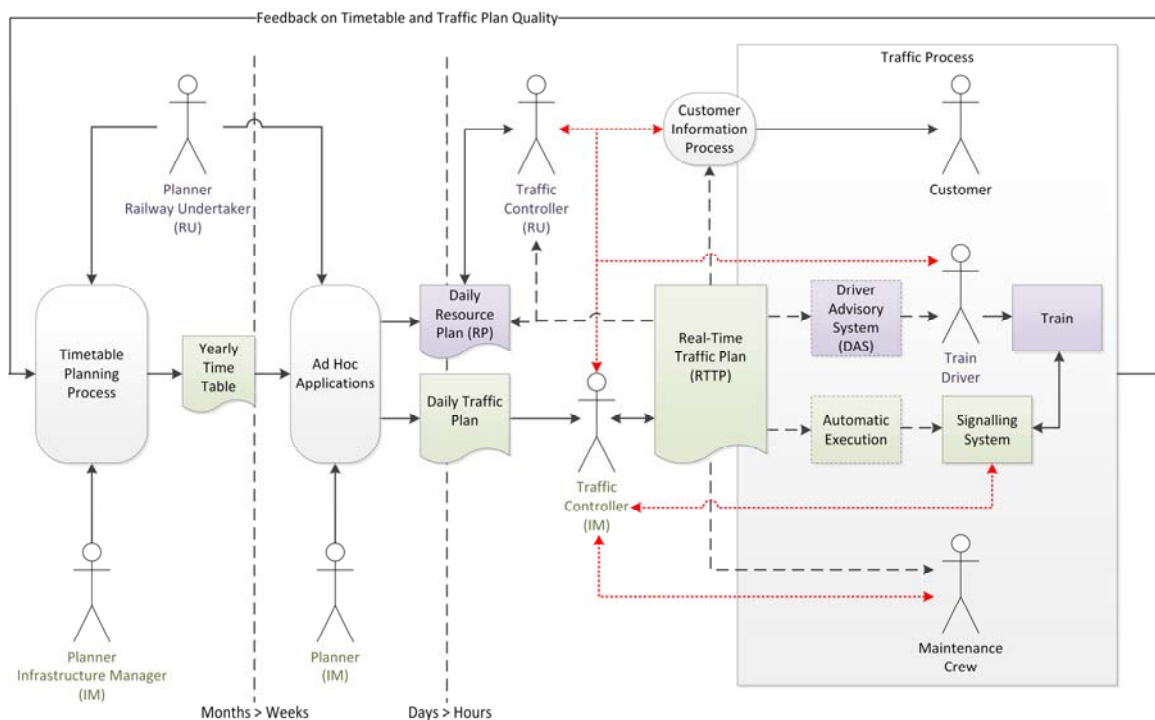
Figur 2. STEG-grafen bygger på nya interaktionsprinciper.

Det nya arbetssättet utvecklades och förankrades inom tågtrafikledningen genom en lång serie av arbetsmöten kring prototyputveckling och visionsseminarier där fördelar och förbättringspotential alltid har stått i centrum. Idag är man framme i ett läge där såväl STEG-grafen, RTPP, AEG som förarens stödsystem (på engelska Driver Advisory System, DAS) håller på att utformas, utvecklas och i

vissa fall testas (Sandblad et al. 2010; Tschirner et al. 2014). Se Tschirner et al. (2014) för en utförlig beskrivning av sambanden inom det sociotekniska systemet.

Tidigt nåddes en insikt om att tågtrafikplaneringen inte kunde betraktas isolerat från tågtrafiken.

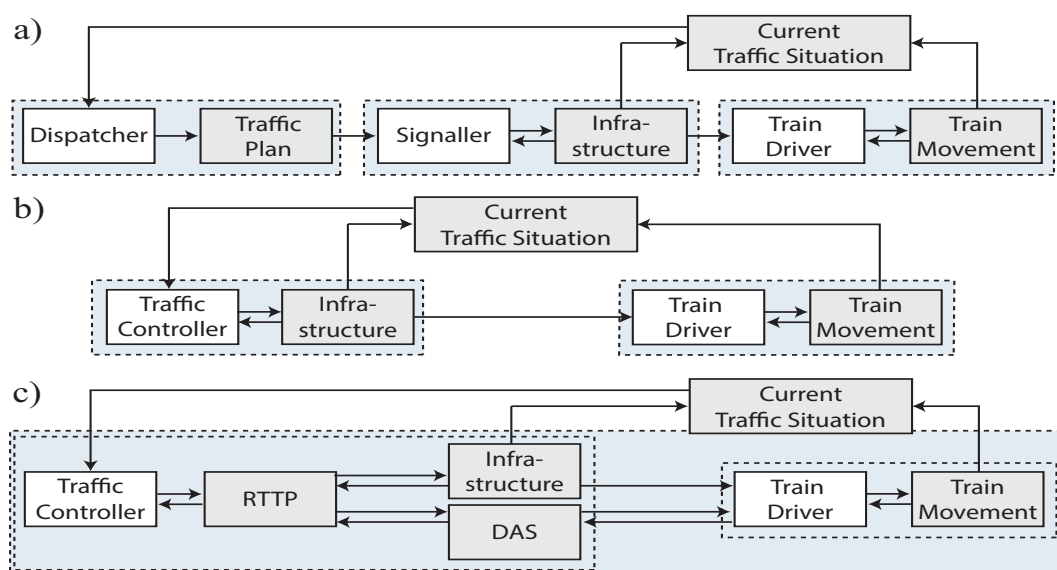
Lokförarna är de som till slut sätter planen i verket genom framförandet av lok och tåg på spåret. Det blev tydligt att det behövdes en gemensam plan för hela tågtrafiksystemet för att den fulla potentialen av det nya arbetssättet skulle kunna uppnås. Därför skapades parallellt med utvecklingen av STEG-grafen en idé om en trafikplan i realtid (på engelska Real Time Traffic Plan = RTTP). STEG-grafen är identiskt med RTTP såtillvida att den förutsätter RTTP. Med RTTP som grund kunde man inte bara avgränsa det sociotekniska systemet utan också skapa mer realistiska planer för hur tidtabellplaneringsprocessen skulle kunna övergå i den dagliga trafikplanen som är tågtrafikledarens huvudsakliga underlag. Med denna som bas skapas en trafikplan i realtid som senare kan omvandlas till både Automatiska Exekverings Funktioner (AEF) inom tågledningssystemet och för lokförarens stödsystem. Figur 3 nedan illustrerar RTTP och dess centrala roll i det sociotekniska systemet.



Figur 3. En översiktlig bild över tågtrafikplanerings- och ledningsprocessen.

Med STEG och RTTP som grund började konturerna för ett mer sammanhållet sociotekniskt system växa fram. Det blev alltmer tydligt att det fanns behov av att integrera lokförarna och deras arbete i det nya gemensamma synsättet och därmed i det sociotekniska systemet. Parallellt med forskningen om

kontrollstrategier för tågtrafikplanering och ledning hade annan forskning om lokförarnas arbetsmiljö visat på motsvarande behov hos lokförarna (Jansson et al. 2000; Kecklund et al. 2000, 2003; Olsson et al. 2001; Jansson, Olsson & Kecklund (2005); Olsson & Jansson (2005)). Den forskningen hade tydligt visat att lokförarna körde i ett informationsvakuum, vilket fick som konsekvens bland annat att man kunde konstatera två olika körstilar hos lokförarna. En grupp av förare ville köra proaktivt och planera körningen efter parametrar som rättidighet, komfort och energieffektivitet men att bristen på information gjorde sådana ansträngningar överflödiga eftersom nödvändigt informationsstöd saknades. En annan grupp av förare körde mer reaktivt och utförde sin arbetsuppgift inom ramen för vad som var möjligt med nuvarande informationssystem. Vid den tidpunkten när resultaten från forskningen om lokförarnas arbetsmiljö var klar stod det också klart att man inte skulle nå längre vad gäller tillämpning av forskningsresultatet. Dels pågick ett standardiseringsarbete med ETCS baserat på ERTMS-plattformen inom EU som delvis hindrade innovativa idéer att tränga igenom, dels fanns inte beredskap och kompetens hos de svenska tågtrafikoperatörerna som skulle bedriva verksamhet i det svenska järnvägsnätet, samt dels fanns redan då insikten om att lokförarna måste integreras i det gemensamma sociotekniska systemet och att det var för tidigt att börja utforma presentationen av information från signalsystem och ATC-system i lokhytterna. Med RTTP som grund förändrades detta. Vid den här tidpunkten börjar det också dyka upp liknande forskningsfrågeställningar om kopplingen mellan tågtrafikledning och tåγκörning i andra länder, vilket bland annat lett till att Sverige genom Trafikverket och Uppsala universitet har haft en central roll i EU-projektet OnTime. Figur 4 nedan illustrerar några av de olika varianter av sociotekniska system som finns i andra länder (a), i Sverige idag (b), och i Sverige i en tänkt framtid (c).





Figur 4. Kontrollstrategier i olika typer av tågtrafikkontrollsystem: a) beskriver situationen där det finns en uppdelning mellan tågtrafikplanerare och signalerare; b) beskriver den nuvarande situationen i Sverige med en tågtrafikledare som oftast arbetar med all tågtrafikkontroll; och c) beskriver den framtida situationen i Sverige med en gemensam plan som delas av alla inblandade parter, och där en del av realiseringen av planen sköts automatiskt. Det är också den enda variant där lokföraren är integrerad som en del av det kompletta sociotekniska systemet.

### **Kontrollstrategin ur ett internationellt vetenskapligt perspektiv**

När man utvecklar beslutstödsystem eller andra former av IT-system som ska fungera som verktyg för att utföra arbetsuppgifter i olika sociotekniska system så finns det olika vetenskapliga ansatser. Nedan kommer några olika sådana att presenteras och diskuteras, i tur och ordning den normativa, den deskriptiva och den formativa ansatsen. Nedanstående uppdelning är hämtad från Vicente (1999), men bygger i grunden på observationer och ansatser föreslagna av Rasmussen (1983, 1986; Rasmussen et al. 1994). Inom ramen för den formativa ansatsen beskrivs också den ansats som utvecklats av Uppsala universitet, vars vetenskapliga hemvist hämtat inspiration från Brehmer (1992).

#### Den normativa ansatsen

Vid en normativ ansats låter man tekniken vara själva utgångspunkten för vad som ska utvecklas och införas som arbetsstöd. Ett bra exempel på ett system som utvecklats med en normativ ansats är det stödsystem som utvecklats för överföring av information från ATC-systemet till lokföraren i hytten. ATC-systemet är i grunden tänkt som ett rent säkerhetssystem. Det var inte förrän efter järnvägen och loken utrustats med ATC som man insåg att man också behövde ha ett gränssnitt som informerade föraren om kommande hastighetsnedsättningar. Gränssnittet för överföring av ATC-information är därför det enklast möjliga och förser föraren med information om kommande hastighetsprofiler.

Grundtanken i den normativa ansatsen är att man låter tekniska funktioner ta hand om uppgifter som av olika skäl och med olika argument kan centraliseras, automatiseras och digitaliseras. Skälet är ofta kostnadseffektivitet eller säkerhet i form av pålitlighet – till skillnad från maskiner vill människor ha variation i utförande av olika uppgifter. Större variation kan betyda att effektivitet och precision påverkas negativt. Ett exempel på ett system där man vill undvika att mänskliga operatörer griper in är vid snabbstopp av en kärnkraftsreaktor. Vid ett sådant snabbstopp får inte personalen ingripa förrän efter en viss tid. Eftersom den här uppgiften kan skötas som ett slutet system så är säkerheten högre

utan mänskliga ingrepp och åtgärder. Men det är inte alla arbetsuppgifter och system som passar för en normativ ansats. Om exempelvis människor av nödvändighet måste ingripa i ett visst system så kan man inte längre tala om ett slutet tekniskt system över vilket man kan ha full kontroll. Om en mänsklig operatör måste ingripa talar man därför istället om ett öppet tekniskt system, eller sociotekniska system, där mänskliga aktörer matar in en del av informationen in i systemet, men även tar emot och förväntas förstå den information som systemet lämnar ifrån sig.

Om man ändå även för ett öppet sociotekniskt system väljer en normativ ansats vid systemutveckling, så måste man på något sätt systematisera den del som innehåller kommunikation mellan människor och det tekniska systemet. Detta görs med oftast hjälp av instruktioner. Instruktionerna skapas i syfte att få människorna i systemet att agera så maskinlikt som möjligt för att reducera problemen som handlar om kommunikation kring indata och utdata. Instruktioner som bas för mänsklig interaktion med olika typer av system är idag den absolut vanligaste formen av dialoger. Det kan dock ske på väldigt många olika sätt. Vanligtvis delar man in instruktionerna i exakta respektive fria instruktioner. Ett exempel på exakta instruktioner är när en lokförare råkat passera röd signal. Hen ska då tillsammans med tågtrafikledningen följa en på förhand noga planerad procedur för vad som ska göras och i vilken ordning. Överlämning av kontroll mellan styrman och kapten på en brygga på en höghastighetsfärja är ett annat exempel på instruktioner av den exakta typen. Instruktioner av den fria typen anger istället vilket tillstånd eller mål som måste uppnås och även inom vilken tidsrymd. I den här formen av instruktioner är det upp till den enskilda operatören att avgöra hur hen bäst når målet eller tillståndet. Inom tågtrafikplaneringen finns exempel på båda dessa former av instruktioner, men den idag vanligare formen är den fria formen. Något annat skulle förmodligen vara omöjligt i ett så pass komplicerat sociotekniskt system, men det är också orsaken till att man kan observera stor variation i lösningar hos tågtrafikledarna.

Det är sedan länge känt inom människa-datorinteraktion och liknande ämnen att det inte räcker med att basera utvecklingen av sociotekniska system på en så kallad normativ ansats om man vill skapa tekniska system som kännetecknas av användbarhet och som därmed utgör effektiva arbetsverktyg. Oavsett vilken form av instruktioner som används så uppstår situationer som ingen på förhand har kunnat förutse eller än mindre planera för. I de situationerna måste operatörerna inse det befintliga systemets gränser, och istället arbeta med att finna ad hoc-lösningar, dvs. lösningar som det inte finns förberedda planer för. Från tågtrafikledningen finns otaliga exempel på detta, men det är lika vanligt i

väldigt många olika typer av system. Många av de systemfel som brukar omnämnas som "orsakade av den mänskliga faktorn" är av den här typen – när systemen inte fungerar, eller fungerar undermåligt, så kan det lätt bli felgrepp eller andra mer eller mindre allvarliga incidenter eller olyckor. Orsaken är oftast inte den ytligt sett utlösande faktorn (den mänskliga operatören) utan står istället att finna i latent systemfel som det varit svårt eller omöjligt att på förhand förebygga. Det franska passagerarplanet som störtade i Atlanten 2009 är ett exempel på en olycka av det här slaget. Inom järnvägen har man skapat en teknisk barriär i form ett ATC-system som fångar upp många av de brister som skulle kunna finnas i människa-systeminteraktionen.

Ett annat problem med den normativa ansatsen är att den tenderar att marginalisera de mänskliga operatörerna genom att enkla rutinarbetsuppgifter automatiseras och digitaliseras. Det medför bland annat att det blir allt svårare för den mänskliga aktören att upprätthålla kompetens om olika systemsamband. Detta är inget problem så länge allt flyter som det ska, men när det krävs manuella insatser för att återta kontrollen eller införa åtgärder som är av mer ovanlig natur, så kan nödvändig kunskap gå förlorad om man inte i vardagliga handlingar får träna på eller interagera med systemet på olika sätt.

### Den deskriptiva ansatsen

Den deskriptiva ansatsen kan ses som en reaktion på de problem som är associerade med den normativa ansatsen och som beskrivits ovan. Här börjar man inte med vad som är möjligt att rationalisera eller automatisera rent tekniskt, utan med vilka delar av verksamheten som skulle behöva tekniskt stöd och på vilket sätt. Exempel på arbetsuppgifter som på detta sätt identifieras som möjliga att rationalisera är rutinarbetsmoment som är så monotona att de riskerar skapa överansträngning om de utförs manuellt, eller att det redan finns information tillgänglig som borde kunna överföras från ett system till ett annat utan att man blandar in mänsklig hantering. Ett exempel på det senare är den inmatning av data om tåget som föraren själv ska komma ihåg att mata in i ATC-systemet för att få korrekt bromsverkan. Här skulle man kunna tänka sig att verifiering eller kvittering av förberedda data görs av lokföraren, men att själva inställningen eller konfigureringen av tågets indata gör automatiskt. En annan utgångspunkt för den deskriptiva ansatsen är att man i väldigt många sammanhang har kunnat konstatera att tekniska system som bygger på en normativ ansats med vidhängande instruktioner inte alls används på det sätt som det är tänkt. Paradexemplet här är olika

form av larmsystem som ursprungligen är tänkta att användas för att varna eller ta över från den mänskliga aktören. Många sådana larmsystem används på helt andra sätt än vad de är avsedda för. Ett exempel är ATC-systemets larmsystem för att föraren kör för fort. Att "köra på pipet" har blivit ett sätt för lokförarna att hålla sig så nära gränsen som möjligt för att på så sätt tjäna tid. De har lärt sig att använda ATC-systemet som ett stödsystem istället för ett system som de tar instruktioner av. Den här typen av "work-arounds" är mycket vanligare än vad man föreställer sig, och i sig ett tecken på att systemdesignen inte är tillräckligt bra. En idé inom den deskriptiva ansatsen är därför att låta verklighetens användning påverka systemutvecklingen genom att man genom noggranna analyser av hur tekniken används arbetar in existerande arbetssätt eftersom dessa är utprovade av domänexperterna under lång tid.

Den deskriptiva ansatsen kan sägas vara en något av en skandinavisk tradition, med rötter i den skandinaviska funktionalismen och brukarkulturen. Här finns en tro på att det är experterna på själva arbetet som bäst vet hur ett arbetsverktyg ska vara utformat för att det ska bli det mest effektiva arbetssättet. Man riskerar att missa en mängd väsentlig information om man inte tar hänsyn till det faktiska arbetssättet. Ofta kombineras den här ansatsen om användar- eller deltagarstyrd design med metoder för prototyp tillverkning och scenariobeskrivningar. Resultatet blir ett verktyg som utarbetats efter befintligt arbetssätt, vilket både har för- och nackdelar. Utveckling av sociotekniska system för professionella användare är något helt annorlunda än utveckling av produkter för sällananvändare, och den deskriptiva ansatsen ger stöd för att fånga många av de krav som experter med all rätt ska ställa på nya system.

Inom människa-datorinteraktion är det väl känt att den deskriptiva ansatsen är både nödvändig och viktig. Sett över en längre tidsperiod har utvecklingen inom många tillämpningsområden gått mot allt mer av användartester, deltagande design, fokusgrupper, användarcentrerad design mm. Det betyder dock inte att den deskriptiva ansatsen ger svaret på alla frågor. Ett problem är fenomenet med så kallade "asfalterade kostigar". Ny teknik kan innebära nya sätt att arbeta som leder till ett effektivare resultat, om den nya tekniken tas i bruk på ett sådant sätt att potentialen med den nya tekniken utnyttjas väl. Den potentialen riskerar man missa om man med ett deskriptivt angreppssätt håller sig alltför hårt till nuvarande arbetssätt. Det här är också skälet till varför förändring av arbetsverktyg i form av systemförändringar inte bara är en fråga om kommunikation och interaktion mellan en eller få individer och ett system. Det är i högsta grad en fråga om potentiella och kanske nödvändiga

organisationsförändringar som konsekvens av att arbetet organiseras annorlunda med hjälp av tekniska innovationer. Ett annat problem med den deskriptiva ansatsen är att det kan finnas motstånd mot att omorganisera arbetet som har andra bevekelsegrunder, exempelvis att den nya tekniken riskerar resultera i färre anställda. Här finns en klassisk konflikt som det deskriptiva angreppssättet inte är lösningen på.

Ett tredje problem med den deskriptiva ansatsen är det så kallade "gisslan-fenomenet", det vill säga de brukare och användare som varit med som bollplank och kravställare på den nya tekniken utifrån befintligt arbetssätt kan hamna i en position och roll där de börjar försvara det hittills framitererade systemet. Nya grupper av användare som testpersoner kan mycket väl tänkas vilja ha andra lösningar.

### Den formativa ansatsen

Såväl den normativa som den deskriptiva ansatsen kan sägas bygga på ett "bottom-up"-perspektiv. I det normativa fallet utgår man från teknikens funktioner och man ställer sig då frågan: Hur kan vi dra nytta av dessa nya tekniska funktioner i det dagliga arbetet? I det deskriptiva fallet utgår man från det befintliga arbetssättet och ställer sig frågan: Hur kan vi få hjälp med att automatisera eller datorisera de här arbetsmomenten? I båda fallen saknas den centrala frågan om hur tekniken ska utnyttjas relativt centrala och övergripande värdefunktioner för den verksamhet som ska stödjas. Här är det viktigt att skilja mellan ändamålsrationell effektivitet och instrumentell effektivitet. Den ändamålsrationella effektiviteten syftar till att nå övergripande värdefunktioner som produktivitet, säkerhet, pålitlighet, god hälsa eller varför inte rent nöje. Sådana värdefunktioner kan sammanfattas som övergripande *mål* med verksamheten. Den instrumentella effektiviteten är däremot inriktad mot *medel* som leder till att verksamheten kan nå sina mål. Den instrumentella effektiviteten utvärderas inte i relation till verksamhetens övergripande mål, utan fokuserar på medlens verkningsgrad, exempelvis snabbhet, precision, spridning, men också på hanteringen av medlen, exempelvis enkelhet (hur intuitivt systemet är). Den normativa ansatsen är hårt knuten till den instrumentella effektiviteten och det är därför inte alltid lätt att räkna hem investering i ny teknik med målet att den också ska leverera värde på den ändamålsrationella nivån. I vissa fall är kopplingen självklar och enkel, men i många fall saknas den helt. Inom den deskriptiva ansatsen finns en stor spridning mellan de aktörer som har den mest visionära uppfattningen om hur verksamheten bäst kan utvecklas med

hjälp av ny teknik och de aktörer som föredrar en långsam anpassning av verksamheten och där ofta det befintliga arbetssättet ses som det mest naturliga.

Den formativa ansatsen utgörs istället ett "top-down"-perspektiv. Två aspekter är centrala i den formativa ansatsen: de verksamhetsövergripande målen och hur dessa internaliseras hos de enskilda medarbetarna och sedan operationaliseras och successivt konkretiseras ner till varje enskilt arbetsmoment där målen övergår i handling, oftast via interaktion eller kommunikation med ett tekniskt system; samt den informationsmiljö som utgör en naturlig avgränsning i form av ett sociotekniskt system, och som innehåller ett antal begränsande restriktioner och villkor (på engelska constraints) som på ett avgörande sätt påverkar vilka handlingar och beteenden som är möjliga i varje given situation. Varje individ som arbetar i det sociotekniska systemet organiserar sin förståelse av hela eller delar av systemet med dess villkorade handlingsalternativ i form mentala representationer och mentala modeller. Denna förståelse utgör grunden för den insikt om olika tillstånd som kan uppkomma och vad som då är bästa handlingsalternativet. Nedan beskrivs två olika formativa ansatser: dels CWA (Cognitive Work Analysis) som är den internationellt mest kända formativa ansatsen; och dels GMOC (Goals, Models, Observability & Controllability) som är den modell över arbetets särart som utgjort grund för Uppsala-forskningens bidrag.

### *Cognitive Work Analysis*

CWA bygger på idén att om man analyserar arbetet inom ramen för ett sociotekniskt system tillräckligt väl så kommer utformningen av de systemstöd som behövs för att uppnå de verksamhetsövergripande målen framstå som mer eller mindre självklara. Detta beror på att man identifierat de olika begränsningar och villkor under vilket arbetet kan och måste utföras, resten kan överlämnas åt de enskilda aktörer som arbetar med systemet att på egen hand variera och utforska arbetsdomänen med tillhörande tekniska system. Detta är förstas en idealiserad bild av hur systemutveckling och systemanvändning går till i praktiken, men poängen är att analyser av ett visst sociotekniskt system ska göras i en viss hierarkisk ordning, och att frihetsgraderna för systemutformning successivt minskar i takt med att resultatet av analyserna blir klara. En CWA gör i fem analysnivåer: arbetsdomänanalys, uppgiftsanalys, strategianalys, analys av roller och ansvar inom ramen för verksamhet/organisation, samt en analys av de enskilda medarbetarnas sätt att arbeta och förstå sin arbetsuppgift.

Till skillnad från de flesta systemutvecklingsmodeller som utgår från arbetsuppgiften som det centrala objektet för analyser påbörjas en CWA-analys istället med en arbetsdomänanalys – såväl normativa som deskriptiva ansatser startar med arbetsuppgiften, medan den formativa ansatsen syftar till analys av arbetsdomänens totala informationsmiljö. Ett första problem man ställs inför i en denna första fas är att avgränsa arbetsdomänen på lämpligt sätt. Detta är ofta en betydligt svårare uppgift än man föreställer sig. Samtidigt är detta den viktigaste delen av CWA – det är här grunden läggs genom att man bygger en miljö som ska utgöra förutsättning för översikt över det sociotekniska systemets informationsmiljö. STEG-grafen i Figur 2 är ett bra exempel på ett systemstöd som utvecklats med den totala arbetsdomänen som grund för utformningen. STEG är dock inte explicit utvecklad med hjälp av CWA. Nedan beskrivs likheten mellan CWA och GMOC och varför den slutliga utformningen av gränssnittet av STEG bygger på en formativ ansats. Den information som identifieras i första fasen av CWA svarar på frågan *varför* viss information måste finnas tillgänglig. Implikationerna av denna första fas är att man identifierar sådan information som gör det möjligt att avgöra vilka sensorer, givare, databaser och modeller man ska använda för att få fram den information som är nödvändig.

Nästa steg i CWA är uppgiftsanalyser, och här arbetar man med att identifiera befintliga arbetssätt för att besvara frågan *vad* som utförs i form av olika arbetsmoment inom ramen för det sociotekniska systemet. Vad som utförs avgör vilken information som måste finnas i specifika arbetsmoment. Eftersom ett och samma arbetsmoment kan utföras på olika sätt beroende på hur erfaren en viss person är samt om uppgiften är av rutinarbetskaraktär eller inte så används analysverktyg som medger att olika former av "work-arounds" och andra hos operatörer mer eller mindre automatiserade arbetssätt kan identifieras. Den information som framkommer i de här analyserna ger underlag för vilka procedurer, vilken automation och vilka kontext-specifika gränssnitt som bör utformas och utvecklas.

Tredje steget i CWA består av strategianalyser, och här arbetar man med att identifiera befintliga arbetssätt för att besvara frågan *hur* olika arbetsuppgifter kan utföras inom ramen för det sociotekniska systemet. Det är väl känt att operatörers strategier varierar beroende på arbetsbelastning, tidspress och andra faktorer. En idé inom CWA är dock att strategier *inte* är kopplade till individers sätt att hantera uppgifter, utan de ses som svar på de begränsningar miljön utövar på de enskilda arbetsuppgifternas genomförande. Ett exempel här är lokförarens inbromsning inför en kommande plattform: inbromsningsstrategierna varierar beroende på omständigheter som

lövhalva, bromssystem och tågtyp. Även om uppgiften är densamma från dag till dag med olika tåg så är genomförandet av uppgiften olika beroende på situationsspecifika villkor kopplade till den fysiska miljön och tågtyper. Den information som identifieras i detta steg i CWA används för att bestämma dialoger, interaktionssätt (på engelska "mode") samt process eller informationsflöden.

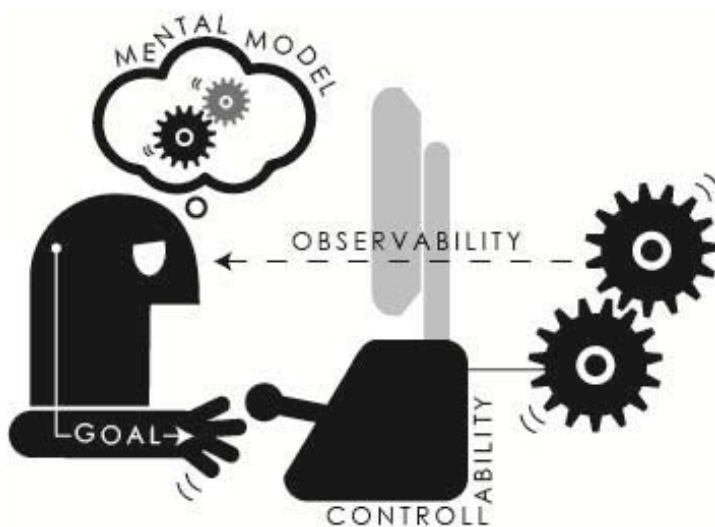
De tre första nivåerna i CWA är alltså oberoende av individerna i det sociotekniska systemet. Enligt CWA-sättet att bedriva systemutveckling spelar det alltså ingen roll om tågtrafikledaren eller lokföraren heter Andersson, Pettersson eller Lundström – det sociotekniska systemet i form av en arbetsdomän, arbetsuppgifter i form av olika arbetsmoment, men även strategierna som krävs för att utföra enskilda arbetsmoment från gång till annan är oberoende av individerna. Det är istället miljön som formar de beteenden som är nödvändiga för att utföra arbetet. I fas fyra analyseras konsekvenserna av analyserna från fas ett till tre med avseende på hur roller, ansvar och organisatoriska strukturer ska se ut. Här kan man se en koppling till det pågående arbetet med NTL och organisationen av övervakning av den nationella och regionala tågtrafiken. I femte fasen skapar man, om möjligt, förutsättningar för anpassningar till den enskilda aktörens speciella behov och expertis. Detta kan ske genom att man identifierar information som gör viss gränssnitts Anpassning eller anpassning av arbetsstationer till individuella förutsättningar möjlig. I den här fasen bestämmer man också vilka kompetensprofiler, vilka urvalskriterier och vilken utbildning och återkommande träning i form av kompetenshöjande åtgärder som är nödvändiga givet resultatet av analyserna i fas ett till fyra.

Den formativa ansatsen som den kommer till uttryck i CWA är delvis motstridig de deskriptiva ansatser som bygger på användarcentrerad utveckling med hjälp av exempelvis scenarioutveckling och prototyp användning. Det som då avses är att man inte ska bygga system baserat på subjektiva ansatser som den användarcentrerade utvecklingen är ett uttryck för, utan istället identifiera de mer objektiva begränsningar som finns i den fysiska respektive den digitala systemmiljön. Vicente (1999) är dock tydlig med att det finns ett bestående och viktigt värde i den deskriptiva ansatsen, och då särskilt i de inledande faserna. Dessutom är det så att alla analyser i fas ett till tre bygger på indata i form av data från metoder som alltid involverar användare på ett eller annat sätt. De olika verktyg som används i de olika faserna utnyttjas till att strukturera indata enligt de syften som varje fas har i CWA.



*GMOC*

GMOC är den speciella systemutvecklingsfilosofi och modell som har använts av Uppsala universitet vid utformning av kontrollstrategierna för den framtida tågtrafikplaneringen. Figur 5 nedan illustrerar de olika komponenterna i GMOC. Mål och mental modell är egenskaper hos den mänskliga aktören, teamet eller organisationen. Observerbarhet och kontrollerbarhet är egenskaper hos det tekniska systemet. Sammantaget utgör GMOC en modell över människa-systeminteraktionen i en arbetssituation. Genom att förändra observerbarheten och kontrollmöjligheterna studeras effekterna av detta på aktörens eller aktörernas förståelse (mentala modeller) eller måluppfyllelse. I verkligheten råder en ständig interaktion mellan mål och förståelse (Jansson, 1999), vilket medför att förändringar i ett gränssnitt också får sido- och bieffekter på både förståelse och möjlig måluppfyllelse. Men som huvudsaklig arbetshypotes gäller att man studerar konsekvenserna av existerande observerbarhet och kontrollmöjligheter i form av påverkan på mentala modeller och måluppfyllelse. Vid förändring av gränssnitt och systeminteraktion studeras konsekvenserna av den förändrade observerbarheten och kontrollmöjligheterna på aktörernas mentala modeller och måluppfyllelse.



Figur 5. GMOC består av fyra delar: Mål och mental modell är egenskaper hos den mänskliga operatören, teamet eller organisationen. Observerbarhet och kontrollerbarhet är egenskaper hos det tekniska systemet. Sammantaget utgör GMOC en modell över människa-systeminteraktionen i en arbetssituation. Notera att Mål inte bara är en fråga om vad aktören gör, utan också hur hen integrerar övergripande verksamhetsmål.

GMOC bygger på insikter inom psykologisk forskning om människors möjligheter att fatta beslut i komplexa och dynamiska system (Brehmer 1992). Dynamiskt beslutsfattande bygger på ett cybernetiskt förhållningssätt till beslutsuppgiften – människor som fattar beslut i systemmiljöer av den typ som tågtrafikplaneringen utgör genererar sina egna stimuli, vilket betyder att man måste studera beslutsfattande i form av feedback-loopar, vilket i sig leder till insikten att beslutsproblem av den typen är mer att betrakta som handlingsregleringsproblem som lämpligast utvärderas i form av grad av kontroll. Mål och modell är då centrala egenskaper.

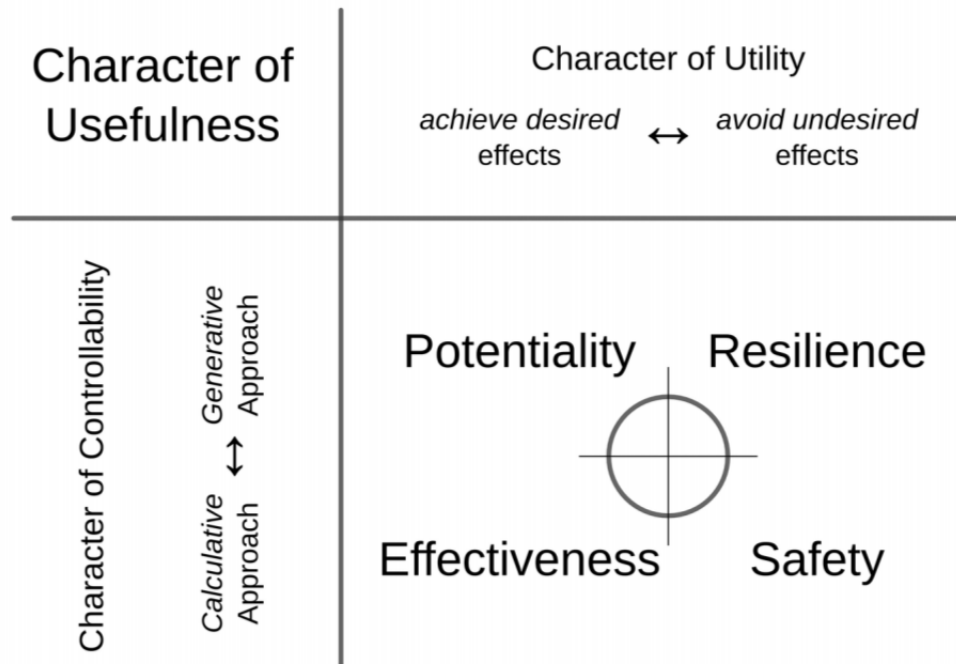
Till skillnad från CWA, där det är den implicita förståelsen av begränsningarna i miljön anses forma beteendet, så betonas i GMOC istället måluppfyllelsen som det som formar beteendet. Eftersom mål och mental modell, eller mål och förståelse, är intimt sammanflätade i GMOC så är skillnaderna mellan CWA och GMOC mer en fråga om nyansskillnader än motstridiga ansatser.

### **Slutsats – den svenska ansatsen till kontrollstrategier i ett internationellt perspektiv**

Sammantaget kan man konstatera att den formativa ansatsen som den kommer till uttryck i CWA idag är den dominerande systemutvecklingsfilosofin i ett internationellt perspektiv, åtminstone om man ser till forskningsfronten. Sedan publiceringen av Vicentes bok Cognitive Work Analysis (1999) har en rad olika fördjupningar och vidareutvecklingar skett (Naikar et al. 2006; Lintern 2009; Birell et al. 2011; Hassall & Sanderson 2014). Många har insett värdet av den formativa ansatsen då den förenar ett verksamhetsperspektiv som borgar för att ändamålsrationell effektivitet styr utvecklingen snarare än den instrumentella effektivitet som ofta är resultatet av den normativa ansatsen, med en strävan efter objektivitet och systematik i synen på hur man använder sig av information från analyser av hur användare arbetar och fattar beslut till skillnad från rent användarcentrerade ansatser där resultaten blir en inkrementell del av designlösningarna utan att underlaget i form av synpunkter underkastas vidare granskning. Det finns dock ett antal problem med CWA som här kort ska beskrivas. Det första problemet som många har påtalat är att CWA är svårt att tillämpa i praktiken, särskilt vid förändring eller vidareutveckling av befintliga system. De många analyserna tenderar att bli en alltför övermäktig uppgift för utvecklingsprojekt där snar tillämpning står för dörren. Ett andra problem är att det är fem olika analyser och det är komplicerat att genomföra alla faser i ett och samma projekt. Även forskningen om de olika analysfaserna i CWA tenderar att glida isär. Det blir allt vanligare att forskningen penetrerar problemen i detalj i varje fas. Ett exempel på detta är Hassall & Sandersons

(2014) artikel om strategianalyser. Om det här är en trend som håller i sig så förlorar man hela värdet av CWA som är tänkt som en helhet.

I motsats till CWA har utvecklingen av kontrollstrategier inom det sociotekniska systemet för tågtrafikplanering i Sverige, genom användning av GMOC som grundmodell och bakomliggande filosofi, inte fastnat i de enskilda faserna och nivåerna av analyser. De fyra elementen i GMOC är lätta att hålla i minnet och fungerar mer som ledstjärnor genom alla faser i systemutvecklingen, från analys, via design och implementation till införande. Via samma grundmodell kan GMOC användas för alla systemanalyser, på alla nivåer och i alla led. Det gör GMOC till en mycket användbar ansats även utanför forskningen. Exempelvis utformas nu i ett pågående projekt framtidens informationsmiljö för lastbilschaufförer på Scania (Jansson et al., 2014). Uppsala universitet deltar även här med en grundläggande systemutvecklingsfilosofin. En annan fördel med GMOC är att den inte kommer med färdiga recept för hur man metodmässigt ska utveckla system inom ett visst tillämpningsområde. Metoderna måste istället utvecklas i nära samarbete med varje avnämarorganisation. Många upplever detta som en brist, att det inte finns en färdig uppsättning metoder som följer med användningen av GMOC. Men om det vore så skulle inte GMOC som systemutvecklingsansats vara tillräckligt känslig för de kontextspecifika villkoren och kraven som varje tillämpningsdomän har. Naturligtvis finns det alltid möjlighet att använda mycket generella metoder som intervjuer, olika former av observationer, verbaliseringstekniker, prototyping mm, men de specifika metoder som behövs för att man ska samla data till analyserna av sambanden mellan de olika elementen i GMOC behöver alltid verksamhetsanpassas eftersom de övergripande ändamålen är unika för varje verksamhet. GMOC som holistisk systemutvecklingsfilosofi bygger på strävan efter att nå den ändamålsrationella effektiviteten och de verksamhetsspecifika målen. Som sådan är GMOC också ett uttryck för en generativ ansats, vilken antas vara nödvändig för att hantera situationer som man inte på förhand kan planera för. STEG är ett exempel på en generativ ansats, den finns för att kunna tillgodose informationsbehov som även är okända. Kontinuerlig alstring och visualisering av information är det bästa sättet att nå den yttersta nyttan med tekniken (Andersson et al., 2014). STEG är också ett sätt att erkänna komplexa informationsmönster som nödvändiga och därmed inte i onödan reducera skickligheten hos de människor som ska använda informationsmiljön som underlag vid interaktion med sociotekniska system. Figur 6 visar olika sätt att sträva efter nyttan med tekniken.



Figur 6. Nyttan med teknik, sett från ett ändamålsrationellt perspektiv.

Sammantaget kan konstateras att den ansats som utvecklats under femton år under ledning av professor Bengt Sandblad och 1:e forskningsingenjör Arne W Andersson ligger längst fram i forskningsfronten vad gäller kontrollstrategier för tågtrafikplanering med tillhörande systemstöd. Det betyder ingalunda att andra länder i Europa automatiskt kommer att följa Sveriges exempel – det finns många som fortfarande lever kvar i den normativa ansatsen där man enbart ser människan som en nödvändig aktör i situationer där tekniken fallerar. En annan väsentlig skillnad är att den tekniska utvecklingen i Sverige har nått längre än i de flesta andra jämförbara länder, samt att den organisatoriska sammanflätningen av olika funktioner och roller har nått längre i Sverige. Med fortsatt stöd från Trafikverket finns det dock möjligheter att flera länder hakar på utvecklingen i Sverige – det finns allt fler exempel på att man betraktar Sverige som ett föregångsland. Ett problem är dock att kunskapen måste överföras till leverantörsledet, och som avslutning på den här rapporten föreslås därför riktlinjer för hur Trafikverket kan arbeta proaktivt för att bygga in krav i enlighet med den ansats som föredragits i den här rapporten.

### **Riktlinjer för kravhantering vid upphandlingsprocesser**

Nedan beskrivs hur Stockholms Lokaltrafik (SL) har ställt krav i anbudsprocessen vid uppköp av den nya generationen tunnelbanetåg, samt hur de sedan fortsätter att ställa krav på delaktighet i

utvecklingen av förarergonomi och passagerarutrymmen, med särskild fokus på informationsmiljö. Bland annat använder sig SL av externa konsulter som specificerar och följer upp kraven hos leverantören, vilket borgar för en utveckling där leverantören måste leva upp till delleveranser enligt vinnande anbud.

Inför anbudsprocessen lät SL en extern och oberoende expert ange kraven på förarergonomi, ergonomi i passagerarutrymmen samt ergonomi för underhållspersonal. Som grund användes den svenska arbetslagstiftningen, men viktigare var att specificera arbetssättet med brukarinflytande eftersom det inte går att nå ända fram till ändamålsrationell nytta med hjälp av modeller och lagtext. Denna kravspecifikation ingick sedan i den anbudsförfrågan som SL lämnade ut.

Vinnande anbud återspeglade tydligt kravspecifikationen vad gäller ergonomidelarna. En omedelbar konsekvens av detta var att vinnande koncept ledde fram till nyanställningar hos leverantören inom kompetensområdena ergonomi och kognitiv ergonomi. Leverantören tvingades inse att man inte kunde leva upp till kraven om man inte hade rätt besättning i projektet. Vidare skapades en central arbetsgrupp, en slags sammanhållande fokusgrupp, med uppgiften att följa arbetet hos leverantören. För detta arbete anställde SL en rad olika konsulter inom olika delområden som tillgänglighet, ergonomi, brand, säkerhet mm. Var och en av de olika funktionerna i denna centrala fokusgrupp startade upp olika arbetsgrupper, specialiserade fokusgrupper, med syfte att arbeta tillsammans med leverantören under hela utvecklingsprocessen, från skisser via tester i olika omgångar till successivt mer färdig design. Genom de olika specialiserade fokusgrupperna kom olika brukargrupper in i testerna tidigt. Vidare skapade man i det här läget så kallade "personas", en slags roller som utgör representativa brukare som man kan diskutera runt. Fördelen med detta är att man undviker alltför mycket av självutnämnda experter som annars ofta kan dominera jakten på synpunkter och olika designförslag. Personas är ett sätt att göra kravställningsprocessen mer objektiv. Det betyder dock inte att man inte använder testpersoner som är riktiga användare eller brukare. Tvärtom inser man mycket snart att de många vettiga synpunkter man får in på detta sätt många gånger är ovärderliga och leder till att misstag i utformningen av exempelvis tekniska lösningar upptäcks tidigt.

Som en ytterligare åtgärd i kravställningsprocessen fick leverantören gå med på att anlita en oberoende expert på egen bekostnad, en så kallad tredjepartsgranskare, som fungerade som oberoende kontrollant av hur den specificerade ergonomiprocessen följdes. Tredjepartsgranskaren deltar i testerna

som observatör av hur arbetet fortskrider i de mest kritiska testmomenten samt granskar dokumenten och signerar när olika moment är avklarade. Genom att experter från olika parter samarbetar inom ett visst delområde, exempelvis ergonomi, fokuseras samma slutmål men från olika perspektiv, vilket leder till ett konsensusdrivet arbetssätt.

Ovanstående går naturligtvis inte att kopiera rakt av. Vidareutveckling av tågtrafikledningscentraler har sina speciella behov. En viktig skillnad mot ovanstående är att det krävs en väsentligt större fokus på utveckling av mjukvara och komplexa systemfunktioner, vilket gör det nödvändigt att skapa förståelse för gemensamma mål. Ett sätt att göra detta är att genomföra visionsseminarier som grund för de organisatoriska verksamhetsförändringar som man anser är nödvändiga. Att tidigt skapa så stor konsensus som möjligt kring dessa mål är en viktig utgångspunkt.

Sammanfattningsvis kan konstateras att följande steg är ett bra sätt att få struktur på anbuds- och upphandlingsprocesserna:

- En noggrann kravställningsprocess som underlag inför anbudsförfrågan. Fokus bör ligga på processen, som extra stöd utöver lagstiftningen. En formativ ansats bör eftersträvas redan i anbudsförfrågan.
- Parallellt med detta inleda internt förankringsarbete med hjälp av visionsseminarier med fokus på utveckling av ett gemensamt och väl sammanhållet sociotekniskt system.
- Granskning av anbud med avsikten att prioritera en utvecklingsprocess enligt en formativ ansats.
- Skapande av en eller flera fokusgrupper eller arbetsgrupper som arbetar med personas, och en testmetodik där användare och brukare ses som testpersoner och inte som kravställare.
- Samarbete mellan beställare och leverantör genom att olika grupper av experter arbetar med samma slutmål, men där man ha olika roller. Successiva framsteg dokumenteras i en särskild rapport som görs tillgänglig för en tredjepartsgranskare.
- Krav på att leverantören ska anställa en tredjepartsgranskare som successivt följer arbetets fortskridande och som kvitterar de olika momenten i särskilda dokument.
- Fortsätta arbetet med forskning kring hur beslutstöd för tågtrafikplanerare ska se ut för att de ska vara utformade för att stödja ett så effektivt arbete som möjligt, som underlag för framtida kravställning i anbuds- och upphandlingsprocesser.

**Referenser**

- Andersson, A.W., Frej, I., Gideon, A., Hellström, P. & Sandblad, B. (1997). A systems analysis approach to modelling train traffic control. Proceedings of WCRR '97, Florence.
- Andersson, A.W., Jansson, A., Sandblad, B. & Tschirner, S. (2014). Recognizing complexity: Visualization for skilled professionals in complex work situations. In A. Ebert, G. C. van der Veer, G. Domik, N. D. Gershon, & I. Scheler (Eds.), *Building Bridges – HCI, Visualization, and Non-formal Modeling* (p. 47 - 66). Springer
- Andersson, A.W., Sandblad, B. & Nilsson, A. (1998). Improving interface usability for train dispatchers in future traffic control systems. Proceedings of COMPRAIL '98, Lisbon.
- Birrell, S. A., Young, M. S., Jenkins, D. P., & Stanton, N. A. (2011). Cognitive Work Analysis for safe and efficient driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13(4), 430-449. doi: 10.1080/1463922X.2010.539285
- Brehmer, B. 1992, Dynamic decision making: Human control complex systems. *Acta psychologica*, 81, p. 211-241.
- Hassall, M. & Sanderson, P. (2014). A formative approach to the Strategies Analysis phase of Cognitive Work Analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 15, (3), 215-261.
- Jansson, A. (1999). Goal achievement and mental models in everyday decision making. In P. Juslin, & H. Montgomery (Eds.), *Judgment and Decision Making: Neo-Brunswikian and Process Tracing Approaches* (p. 23 – 43). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jansson, A., Olsson, E., & Kecklund, L. (2000). Att köra tåg: Lokförarens arbete ur ett systemperspektiv. Rapport 2000-031, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.
- Jansson, A., Olsson, E. & Kecklund, L. (2005). Acting or reacting? A cognitive work analysis approach to the train driver task. In Wilson, J. R., Norris, B., Clarke, T. & Mills, A. (Eds.), *Rail Human Factors: Supporting the Integrated Railway*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited.
- Jansson, A., Stensson, P., Bodin, I., Axelsson, A., & Tschirner, S. (2014). Authority and level of automation: Lessons to be learned in design of in-vehicle assistance systems. In M. Koruso (Ed.): *Human-Computer Interaction, Part III, HCII, 2014, LNCS 8512*, pp. 413-424.
- Kauppi, A. (2006). *A Human-Computer Interaction Approach to Train Traffic Control*. Licentiate Thesis, 2006-005, Uppsala University, Department of Information Technology.
- Kauppi, A., Wikström, J., Sandblad, B. & Andersson, A.W. (2006). Future train traffic control, control by re-planning. *Cognition, Technology & Work*, 8, 50-56.
- Kecklund, L., Ingre, M., Kecklund, G., Söderström, M., Åkerstedt, T., Lindberg, E., Jansson, A., Olsson, E., Sandblad, B., & Almqvist, P. (2000). Railway safety and the train driver information environment. In J. Allan, R. J. Hill, C. A. Brebbia, G. Sciotto, & S. Sone (Eds.), *Computers in Railways VII* (p. 1047 – 1056). Southampton: WIT press.
- Kecklund, L., Olsson, E., Jansson, A., Kecklund, G., & Ingre, M. (2003). The TRAIN-project: Effects of organizational factors, automatic train control, work hours and environment – suggestions for safety enhancing measures. Annual Meeting of the Human Factors & Ergonomics Society, 2003, Colorado, USA.

- Lintern, G. (2009). *The Foundations and Pragmatics of Cognitive Work Analysis: A Systematic Approach to Design of Large-Scale Systems*. Melbourne, Australia: Cognitive Systems Design.
- Naikar, N., Moylan, A., & Pearce, B. (2006). *Analysing Activity in Complex Systems with Cognitive Work Analysis: Concepts, Guidelines and Case Study for Control Task Analysis*. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(4), 371-394.
- Olsson, E., & Jansson, A. (2005). *Participatory design with train drivers – a process analysis*. *Interacting with Computers*, 17, 147-166.
- Olsson, E., Kecklund, L., Ingre, M., & Jansson, A. (2001). *Lokförarens informationsmiljö och ATC: Ett användarperspektiv*. Rapport 2001-013, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.
- Rasmussen, J. 1983. *Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13, p. 257-267.
- Rasmussen, J. 1986. *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. New York: North-Holland.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A. M. & Goodstein, L. P. 1994. *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Sandblad, B., Andersson, A.W., Frej, I. & Gideon, A. (1997). *The role of human-computer interaction in design of new train traffic control systems*. Proceedings of WCRR '97, Florence.
- Sandblad, B., Andersson, A.W., Jonsson, K.E., Hellström, P., Lindström, P., Rudolf, J., Storck, J. & Wahlborg, M. (2000). *A train traffic operation and planning simulator*. Proceedings of COMPRAIL '00, Bologna.
- Sandblad, B., Andersson, A.W., Kauppi, A. & Isaksson-Lutteman, G. (2010). *Development and implementation of new principles and systems for train traffic control in Sweden*. In *WIT Transactions on the Built Environment*, 114, 441-450.
- 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. Wilson, B. Norris, T. Clarke & A. Mills (Eds.), *People and Rail Systems. Human Factors at the Heart of the Railways*. Ashgate Publishing Company.
- Stensson, P., & Jansson, A. (2014). *Autonomous technology – sources of confusion: a model for explanation and prediction of conceptual shifts*. *Ergonomics*, 57, 455-470.
- Tschirner, S., Sandblad, B. & Andersson, A.W. (2014). *Solutions to the problem of inconsistent plans in railway traffic operation*. *Journal of Rail Transport Planning & Management*.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jrtpm.2014.10.002>
- Vicente, K. J. 1999. *Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.