



Innovationsupphandling och implementering av komplexa signalsystem

Arbetsprocesser och verktyg

Ragnar Hedström
Mats Lindberg-Collin
Anders Lindahl
Gustaf Lindström
Kristina Löwenberg
Susanne Nilsson
Lars Pettersson
Sofia Ritzén

Innovationsupphandling och implementering av komplexa signalsystem

Arbetsprocesser och verktyg

Ragnar Hedström

Mats Lindberg-Collin

Anders Lindahl

Gustaf Lindström

Kristina Löwenberg

Susanne Nilsson

Lars Pettersson

Sofia Ritzén

Diarienummer: 2014/0504-9.1

Omslagsbilder: Axel Eliasson Konstförlag och Hejdlösa Bilder AB

Tryck: LiU-Tryck, Linköping 2016

Referat

Projektets syfte är att identifiera problem och behov som möjliggör att en beställarorganisation uppnår målen för funktionalitet, tid och budget för innovationsupphandling av signalsystem. En litteraturrenövring och att antal workshops med efterföljande strukturerad analys har genomförts. Spårburen trafik har någon form av styrsystem och säkerhetskoncept där signalsystemet utgör en väsentlig del av säkerheten. Ur ett systemperspektiv är signalsystem en komplex och tekniskt avancerad infrastruktur som behöver behandlas tvärvetenskapligt. Varje delsystem och varje objekt i trafikstyrningssystemet är vanligtvis inte komplicerat i sig självt. Kombinationen av många delsystem och integrationen med övrig infrastruktur skapar en komplex struktur och blir en abstrakt, icke visuell skapelse. För att hantera komplexiteten och närma sig ett hanterbart sätt att identifiera vilka behov som finns för en effektiv och innovativ utveckling av signalsystem gjordes en analys av signalsystem ur ett processperspektiv. Behoven analyserades sedan ur två teoretiska perspektiv – Integrerad Produktutveckling (IPU) och Systems Engineering (SE) som båda innehåller beskrivningar av hur olika aktörer vid produktutveckling bör involveras med avseende på roller och ansvar.

Analyserna och resultatet från workshopen identifierade ett antal problemområden som behöver hanteras för att utveckling av signalsystem ska kunna genomföras på ett bättre sätt i framtiden. Flera problemområden finns identifierade i teoretiska beskrivningar för i IPU och SE men de behöver anpassas till beställarorganisationer.

Titel:	Innovationsupphandling och implementering av komplexa signalsystem – Arbetsprocesser och verktyg
Författare:	Ragnar Hedström (VTI, www.orcid.org/0000-0001-8715-9767) Mats Lindberg-Collin, (Trafikförvaltningen/AB SL) Anders Lindahl (KTH) Gustaf Lindström (KTH) Kristina Löwenberg (Trafikförvaltningen/AB SL) Susanne Nilsson (KTH) Lars Pettersson (MTO Säkerhet AB) Sofia Ritzén (KTH)
Utgivare:	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 889
Utgivningsår:	2016
VTI:s diarienummer:	2014/0504-9.1
ISSN:	0347-6030
Projektnamn:	Komplexa signalsystem
Uppdragsgivare:	Vinnova
Nyckelord:	Signalsystem, järnväg, kollektivtrafik, arbetsprocesser, innovationsupphandling, integrerad produktutveckling, säkerhet
Språk:	Svenska
Antal sidor:	47

Abstract

The aim in this project was to identify problems and needs associated with innovative signal system procurement procedures. The project was based on the client organisation's ability to achieve the goals of functionality, time and budget. A literature review and a number of workshops, with subsequent structured analysis, were carried out. All rail traffic is subject to some form of control system and safety standard. Signal systems constitute the main part of this control system. From a systems perspective, infrastructure level signal systems are complex, technically advanced systems that require inter-disciplinary consideration. At sub and individual levels, signal systems and traffic control objects are usually not that complicated. Combining many sub-systems and integrating them into infrastructure systems creates a complex structure and becomes an abstract, non-visual creation. In order to be able to understand the complexity of these systems, and move towards a more manageable way of identifying the requirements needed for effective and innovative signal system development, an analysis of signal systems was carried out from a process perspective point of view. Requirements were analysed from two theoretical perspectives, Integrated Product Development (IPD) and Systems Engineering (SE). Both contain descriptions of how product development actors should be involved in terms of roles and responsibilities.

Analysis of the workshop results identified a number of problem areas that need to be addressed if future signal system development is to be implemented in a better way. Several problem areas were also identified through the IPD and SE theoretical descriptions but these need to be adapted to suit individual client organisations.

- Title:** Procurement and implementation of complex signaling systems – work processes and tools
- Author:** Ragnar Hedström (VTI, www.orcid.org/0000-0001-8715-9767)
Mats Lindberg-Collin, (Trafikförvaltningen/AB SL)
Anders Lindahl (KTH)
Gustaf Lindström (KTH)
Kristina Löwenberg (Trafikförvaltningen/AB SL)
Susanne Nilsson (KTH)
Lars Pettersson (MTO Säkerhet AB)
Sofia Ritzén (KTH)
- Publisher:** Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se
- Publication No.:** VTI rapport 889
- Published:** 2016
- Reg. No., VTI:** 2014/0504-9.1
- ISSN:** 0347-6030
- Project:** Complex signaling systems
- Commissioned by:** Vinnova
- Keywords:** Signaling systems, railway, public transport,
- Language:** Swedish
- No. of pages:** 47

Förord

All spårburen trafik har någon typ av styrsystem och säkerhetskoncept där signalsystemet utgör en grundläggande och väsentlig del av säkerheten. Signalsystem är en tekniskt avancerad infrastruktur som kräver ett tvärvetenskapligt angreppssätt utifrån flera perspektiv som bland annat teknik, kompetens och arbetsprocess. Systemets komplexitet innebär att det måste analyseras som ett system av system där olika komponenter samverkar enskilt och i kombination med varandra där den funktionella helheten är slutresultatet. Att beakta denna samverkan måste göras i ett tidigt skede av utvecklingsarbetet genom analys av operationella behov och sedan följas upp genom spårbarheten till systemkrav och hanteringen av gränssnittet mellan delsystemen.

I denna rapport redovisas problembilden som underlag för genomförd behovskartläggning som möjliggör att målen för funktionalitet uppnås vid implementering av komplexa signalsystem.

Projektet har finansierats av Vinnova och genomförts av VTI, KTH, Trafikförvaltningen/AB SL och MTO Säkerhet AB.

I projektgruppen har följande personer medverkat och som även skrivit rapporten:

Ragnar Hedström, VTI

Mats Lindberg-Collin, Trafikförvaltningen/AB SL

Anders Lindahl, KTH, Avdelningen för Transportvetenskap

Gustav Lindström, KTH, Avdelningen för Transportvetenskap

Kristina Löwenberg, Trafikförvaltningen/AB SL

Susanne Nilsson, KTH, Integrerad produktutveckling

Lars Pettersson, MTO Säkerhet AB

Sofia Ritzén, KTH, Integrerad produktutveckling

Linköping, mars 2016

Ragnar Hedström
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Intern/extern peer review har genomförts 27 januari 2016 av Björn Peters, VTI. Ragnar Hedström har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Anita Ihs har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 3 mars 2016. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Internal/external peer review was performed on 27 January 2016 by Björn Peters, VTI. Ragnar Hedström, VTI has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Anita Ihs, VTI, examined and approved the report for publication on 3 March 2016. The conclusions and recommendations expressed are the author's/authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
Summary	11
1. Inledning	13
1.1. Syfte	13
2. Bakgrund	14
2.1. Historisk tillbakablick	15
2.2. Trafikförvaltningen organisation – från egen regi till beställare.....	16
2.3. Vad är komplexitet och hur uppstår det?	17
2.4. Komplexitet och ledarskap.....	19
2.5. Upphandling av komplexa system	21
2.6. Verktyg för komplexa system	21
3. Forskningsstudien genomförande	23
4. Resultat.....	25
4.1. Livscykelperspektiv på komplexa system.....	25
4.2. Problem identifierade genom internutredningar	26
4.3. Problem identifierade genom workshop med aktörer	27
4.4. Behovsanalys med stöd av integrerad produktutveckling.....	30
4.5. Behovsanalys med hjälp av Systems Engineering	32
5. Omvärldsbevakning och omvärldsanalys på Trafikförvaltningen	34
6. Diskussion och slutsatser	35
7. Fortsatt arbete	37
7.1. Berörda parter för fortsatt utredning	37
7.2. Kompetensbehov för sektorn	37
Referenser	39
Bilaga 1	41
Bilaga 2. Modell för utvärdering av systemupphandlingsprojekt	43

Sammanfattning

Innovationsupphandling och implementering av komplexa signalsystem – Arbetsprocesser och verktyg

Ragnar Hedström (VTI), Mats Lindberg-Collin (Trafikförvaltningen/AB SL), Anders Lindahl (KTH), Gustav Lindström (KTH), Kristina Löwenberg (Trafikförvaltningen/AB SL), Susanne Nilsson (KTH), Lars Pettersson (MTO Säkerhet AB och Sofia Ritzén (KTH)

All spårburen trafik har någon form av styrsystem och säkerhetskoncept. För att ett spårburet transportsystem ska kunna styras på ett snabbt, tryggt och säkert sätt kompletteras man spår och fordon med trafikstyrningssystem, där signalsystemet utgör en grundläggande och väsentlig del av säkerheten.

Signalsystemen karakteriseras av stor komplexitet, extrema krav på tillförlitlighet och säkerhet samt ska fungera under lång tid, 25 till 30 år samtidigt som tekniken hela tiden utvecklas. Komplexa system är strukturer som innehåller många enheter som interagerar. Varje delsystem och varje objekt i ett trafikstyrningssystem är vanligtvis inte komplicerat i sig självt. Det är kombinationen av många objekt, delsystem och integrationen med övrig infrastruktur som tillsammans skapar en komplex struktur och blir en abstrakt, icke visuell skapelse. Ur ett systemperspektiv är signalsystem en avancerad teknisk infrastruktur som behöver behandlas tvärvetenskapligt med avseende på bland annat teknik, kompetens, arbetsprocesser. Helhetsperspektivet får därför stor betydelse för att kunna hantera denna typ av system. Avsaknaden av helhetsperspektivet har i många fall lett till att det inte finns teknisk kompetens vare sig hos den upphandlande förvaltningen eller hos anbudsgivande konsultföretag och/eller leverantörer. Gapet mellan olika aktörers kompetens och agerande måste minskas för att säkerställa att slutresultatet verkligen blir det som beställts och efterfrågats.

Bakgrunden till projektet är de problem som Trafikförvaltningen/AB SL inom Stockholms läns landsting har haft vid genomförandet av tre stora signalprojekt. Utgångspunkten i föreliggande rapport är att det finns en potential för att utveckla innovativa arbetsprocesser och verktyg för implementering av komplexa system, till exempel signalsystem via gränsöverskridande konstellationer där respektive disciplins kompetens och erfarenhet beaktas ur ett system- och helhetsperspektiv.

För att hantera komplexiteten och närma sig ett hanterbart sätt att identifiera vilka behov som finns för en mer effektiv och innovativ utveckling av signalsystem, gjordes inom ramen för projektet en analys av signalsystem ur ett processperspektiv och utifrån principerna för Integrerad Produktutveckling (IPU). Detta var också utgångspunkten för den behovs-/problemanalys som genomfördes i form av en workshop där ett flertal aktörer från olika discipliner deltog. Resultaten analyserades sedan ur två teoretiska perspektiv – Integrerad Produktutveckling (IPU) och Systems Engineering (SE). Båda dessa har beskrivningar av hur olika aktörer vid produktutveckling bör involveras med avseende på roller och ansvar i utvecklingsarbetet. Genom att analysera resultaten från workshopen kunde SE-relaterade behov identifieras för respektive fas i signalsystemets livscykel.

Analysen visade att deltagarna i workshopen i huvudsak identifierade SE-relaterade problem på beställarsidan och sådana problem som är gemensamma för både leverantör och beställare.

Vidare framkom att helhetsperspektivet, långsiktig strategi och klar målbild var något som saknades i behovsdelen av processkedjan. I förstudiefasen upplevdes en brist med avseende på återkopplingen till erfarenhet och att gränssnitt saknas. Bristande fokus på underhåll och brist på kompetens var karakteristiska faktorer i upphandlingsfasen. Ytterligare en faktor i upphandlingsfasen som ansågs försvåra innovativa lösningar var att det alltid är lägsta pris som gäller samt att beställaren i sina strategiska dokument vill ha beprövad teknik. I övriga efterföljande faser i processkedjan framkom att

det fanns brister vad gäller målbild, funktioner, systemtester, och att uppföljning av felaktigheter är bristfällig i förvaltningsfasen.

Den typ av komplexa produkter som signalsystem är, lider av att vara fragmentiserade och att någon typ av helhet behöver åstadkommas. Det finns därför ett fortsatt behov av att analysera implementationen av befintliga SE-processer på Trafikförvaltningen samt att säkerställa att de integreras på ett bra sätt med de principer som fastställs inom integrerad produktutveckling. Frågan som därmed behöver utvecklas och besvaras är på vilket sätt man skulle kunna sammanföra synsättet på IPU och SE vid upphandling av komplexa signalsystem samt att tillföra en dimension med avseende på innovationsupphandling i den teoretiska beskrivningen. Detta behöver göras i och med att fler organisationer går mot att bli rena upphandlingsorganisationer och därmed behöver dessa organisationer ett stöd för att kunna göra innovationsupphandlingar av komplexa system och ändå behålla kontrollen under produktutvecklingen.

Summary

Procurement and implementation of complex signaling systems – work processes and tools

Ragnar Hedström (VTI), Mats Lindberg-Collin (Trafikförvaltningen/AB SL), Anders Lindahl (KTH), Gustav Lindström (KTH), Kristina Löwenberg (Trafikförvaltningen/AB SL), Susanne Nilsson (KTH), Lars Pettersson (MTO Säkerhet AB) and Sofia Ritzén (KTH)

All rail traffic is subject to some type of control system and safety standards. In order to be able to operate a rail transport system in a safe, efficient, and secure manner, tracks and vehicles must be controlled by some kind of traffic management system. The signal system is a fundamental part of this system and is essential for safe rail transport operation.

Signal systems are characterised by their great complexity. They are subjected to extreme demands on reliability and security and must function over a long period of time (25 to 30 years). In addition, systems must be able to incorporate constantly evolving technology. Complex infrastructure level signal systems contain many interacting devices. At sub-system and individual levels, signal systems and traffic control objects are usually not that complicated. Integrating a number of sub-systems and traffic control objects into an infrastructure system creates a complex structure and becomes an abstract, non-visual creation. From a systems perspective, infrastructure level signal systems are complex, technically advanced systems that require inter-disciplinary consideration of techniques, skills and work processes. An entire perspective approach is therefore vital and is required for the effective management of these type of systems. The lack of such an approach has in many cases led to a reduction of technical expertise found within rail administrations, consultants, and contractors. Discrepancies between different actor's technical expertise must be reduced to ensure that the end results are as requested.

The projects background is related to problems experienced by *Stockholm Region's Trafikförvaltningen/AB SL* during the implementation of three major signaling projects. The starting point was with the development of innovative processes and tools, which could be used to implement complex systems, such as signal systems via cross-border constellations, where respective discipline's expertise and experience was considered from a systemic and entire perspective.

In order to manage the complexity and move towards a more manageable way of identifying the needs required to produce a more efficient and innovative signal system development process, an analysis of signal systems was carried out from a process perspective using the principles of Integrated Product Development (IPD). This was also the starting point for the needs and problem analysis that was carried out during workshops where a number of participants from different disciplines took part. Results were subsequently analysed from two theoretical perspectives – Integrated Product Development (IPD), and Systems Engineering (SE). With regards to the product development process, both perspectives describe the different roles and responsibilities associated with each actor. By analysing the workshop results, SE-related needs could be identified for each phase of the signal system's life cycle.

The analysis showed that workshop participants mainly identified SE-related problems that were either client specific or were common to both supplier and client.

It was also apparent that, from an entire perspective point of view, long-term strategy and clear purpose were lacking in the critical phase of the process procedure. During the feasibility study phase, it emerged that there was a shortage of feedback from experience, and that interfaces between actors were missing. Lack of focus on maintenance and lack of expertise were characteristic factors in the procurement phase. Other procurement phase factors, which hamper innovative solutions, were that it is always the lowest price that is applicable, and that the client's strategic documents required the use

of proven technology. In other subsequent phases of the process chain, shortcomings in terms of vision, function, and system testing were discovered. In addition, the monitoring of inaccuracies was missing from the administration phase.

Complex products, such as signal systems, suffer from fragmentation and require to be somehow brought back together. There is, therefore, a continuous need to analyse the implementation of existing SE processes and ensure that they are properly integrated in accordance with product development principles. The problem is how to create a collective approach towards the IPD and SE processes during the procurement of complex signaling systems. In addition, dimensions in terms of innovative procurement are also required in the theoretical descriptions. This is required as more organisations move towards becoming purely procurement organisations. Consequently, these organisations require support if they are to facilitate innovative procurement of complex signal systems while still maintaining control over product development.

1. Inledning

Beställarorganisationen Trafikförvaltningen/AB SL inom Stockholms Läns Landsting har haft problem med genomförandet av tre stora signalprojekt inom givna ramar vad gäller, tid, budget och funktionalitet. Detta får stor påverkan på den spårburna lokaltrafiken, inte minst för dess drygt en miljon dagliga resenärer. En tillförlitlig infrastruktur har stor betydelse för möjligheten att skapa hållbara och attraktiva städer. Signalsystemen karaktäriseras av stor komplexitet, extrema krav på tillförlitlighet och säkerhet samt ska fungera under lång tid, 25 till 30 år samtidigt som tekniken hela tiden utvecklas. Detta kräver samverkan mellan olika discipliner samt innebär att system- och helhetsperspektivet får stor betydelse för hanteringen av dessa system. En tydlig identifiering av processkedjan krävs. Vanligen genomförs stora projekt i dessa steg: Strategier tar fram en beskrivning av projektets mål och utföranderamar, en upphandling sker baserat på beskrivningen, det utförda resultatet driftsätts och överförs till driftorganisationen. Delarna utförs av olika enheter inom samma organisation. Detta gör att helhetsperspektivet över projektet tappas och att olika aktörers kompetens suboptimeras.

Bedömningen är att det finns stor potential för att utveckla innovativa arbetsprocesser och verktyg inför implementering av komplexa system, typ signalsystem, via gränsöverskridande konstellationer där respektive disciplins kompetens och erfarenhet beaktas ur ett system- och helhetsperspektiv. De krav som finns på den framtagna arbetsmetoden är att den skall:

- ge översikt och styrmöjlighet över hela (signal)projektet

- använda öppna lösningar

- ge möjlighet till delleranser

- tillåta kontinuerliga teknikuppdateringar

- inte vara bunden till signalprojekt.

1.1. Syfte

Syftet med projektet är att definiera problem och göra en behovskartläggning som möjliggör att en beställarorganisation uppnår målen för funktionalitet, tid och budget för innovationsupphandling av i första hand signalsystem.

2. Bakgrund

All spårburen trafik har någon form av styrsystem och säkerhetskoncept. För att ett spårburet transportsystem ska kunna styras på ett snabbt, tryggt och säkert sätt kompletteras man spår och fordon med trafikstyrningssystem, där signalsystemet utgör en grundläggande och väsentlig del av säkerheten.

Komplexa system är strukturer som innehåller många enheter som interagerar. Exempel på komplexa system är finansiella transaktionsstrukturer, mobiltelefonnät och dagens datoriserade trafikstyrningssystem för spårburen trafik med delsystem i form av fast infrastruktur i mark, både lokalt, centralt och ombord på rullande fordon.

Varje delsystem och varje objekt i trafikstyrningssystemet är vanligtvis inte komplicerat i sig självt. Det är kombinationen av många objekt, många delsystem och integrationen med övrig infrastruktur som tillsammans skapar en komplex struktur och blir en abstrakt, icke visuell skapelse.

Befintlig infrastruktur byggs ut samtidigt som Stockholm växer. Ett dilemma är att bedriva trafik samtidigt som utbyggnad sker. För att nå visionen om attraktiv kollektivtrafik kan resenären tvingas uppleva att det först blir sämre innan det blir bättre. Ett flertal projekt inom trafikförvaltningen har på senare år drabbats av störningar och förseningar. Gemensamt har varit att projekten inkluderat signalsystem.

Signalsystemet utgör en bråkdel av kostnaden i ett anläggningsprojekt och kommer in i slutet på genomförandet när anläggningen finns på plats i form av banvall, spår och växlar. Återstående tid till trafikstart är kritisk.

I förvaltningsfasen utgör signalsystemet normalt en mycket liten del av den årliga drifts- och underhållskostnaden som läggs på en viss spår-anläggning.

De delar som finns i teknikutrymmen, åtskilda från spårmiljön, tickar och går i årtal, utan mänsklig närvaro.

Infrastrukturen, för ett Stockholm som växer, blir i framtiden inte bara mer omfattande utan även mer komplex. Livslängden hos många ingående objekt och delsystem är kortare än förr i tiden. Vi har generationsskiften i teknik, i organisationer och hos människor. Sammantaget leder detta till att drift- och underhållsinsatser ökar kontinuerligt.

Ur ett systemperspektiv är signalsystem en avancerad teknisk infrastruktur som behöver behandlas tvärvetenskapligt, dvs. ur flera perspektiv såsom teknik, kompetens och arbetsprocess.

Komplexa konstruktioner och sammanhang kan analyseras ur ett operationsanalytiskt perspektiv. Operationsanalys innebär användning av matematiska modeller, linjär- och icke-linjärprogrammering, nätverksanalyser, optimering och modellering för hjälp vid beslutstagande. Operationsanalyser genomförs i samverkan med en grupp personer med olika bakgrund och kompetens. Fackspecialister bidrar med expertkunskap inom problemområdet, beslutsfattare bidrar med problemformulering och att lösningar överensstämmer med ledningens intentioner.

Ju mer en arbetsprocess delas upp i enskilda moment desto mer förloras helhetsperspektivet. Samtidigt sker en trivialisering av yrkeskompetens och ett ifrågasättande av andra perspektiv. Gapet mellan olika perspektiv behöver minskas för att gynna inriktningen att bli en kompetent upphandlare.

Integrerad Produktutveckling (IPU) har använts inom verkstadsindustrins för att överbrygga gap mellan olika perspektiv. Syftet är att minimera, eller helst eliminera, antalet sena ändringar. Kostnadsdrivande produktutformningar identifieras. Ju senare ändringar i produktutvecklingsprocessen, desto dyrare.

2.1. Historisk tillbakablick

Grunden till den nuvarande förvaltningen och dess hantering kan spåras tillbaka till den regeringsform som den dåvarande rikskanslern Axel Oxenstierna lämnade år 1634. Det var grunden för den svenska statsförvaltningen med oberoende tjänstemän som planerade och genomförde sina uppdrag. De skulle stå för sakkunskap och genomförande utan att påverkas (det var då dock helt ok att muta andra länders tjänstemän). Det var här som de oberoende myndigheterna skapades med oberoende tjänstemän. Dessutom skapades här den svenska länsindelningen för södra Sverige (för norra Sverige skedde detta år 1810).

Traditionellt har utveckling inom järnvägssidan varit ett internt lärlingssystem, såväl inom Statens järnvägar som inom SL, Storstockholms Lokaltrafik, tidigare Stockholms Spårvägar. Man anställdes som ung och fick initialt följa de mer rutinerade och lära sig yrket och tekniken. Dessa kunde vara utbildade vid yrkesskola, tekniskt gymnasium eller möjligen civilingenjör. De järnvägsspecifika kunskaperna erhöles vid tjänsten. Förutom Järnvägsskolan i Ängelholm (tidigare SJ-skolan och Banskolan) är det först de senaste åren som det kommit alternativa järnvägsrelaterade utbildningar.

Under de senaste 30 åren har kostnaderna för banbyggnad och framför allt banunderhåll stegvis ökat. Detta har lett till en politisk process där uppdraget för den tidigare förvaltningen har omdefinierats genom en avregleringsprocess så att förvaltningen idag endast är en förvaltande och upphandlande organisation och externa konsultföretag av olika slag genomför de tekniska uppdragen som planering genomförande och utvärdering av såväl re-investering och nybyggnad samt underhåll av den spårburna infrastrukturen. Förvaltningarna har nu även politiskt fått ett nytt och bredare uppdrag. De ska inte bara vara tekniska genomförare av transporttjänster utan ha ett bredare samhällsbyggnadsuppdrag där transporterna är del av samhällsutvecklingen.

Dessa konsultföretag kan i vissa fall vara den tidigare förvaltningens genomförandeavdelningar som nu knoppats av. Det kan även vara andra nationella samt internationella bolag med spårburen verksamhet som tar uppdrag. Genom upphandlingar tävlar de om de olika uppdragen som läggs ut. Kompetensen inom dessa olika bolag kommer dels från den tidigare förvaltningen men även anställda med vitt skilda bakgrunder och kompetenser.

Genom det bredare uppdraget och att förvaltningen själv inte ska genomföra den faktiska driften och utvecklingen utan snarare förvalta det, minimeras nu antalet tekniker och ingenjörer. Förvaltningen anställer nu mer ekonomer och jurister i stället. Hos konsultföretagen har nu de tidigare teknikerna och ingenjörerna fördelats och i möjligaste mån kompletterats efter behov. På grund av processen med upphandlingar för de olika uppdragen har det dock visat sig att den tekniska kompetensen och erfarenheten inte alltid räcker till. Dessutom har det i upphandlingarna blivit en prispress så att det ofta är det lägsta anbudet som vinner uppdragen och att de kvalitativa aspekterna prioriteras lägre. Detta har framför allt skett för Trafikverkets upphandlingar och i lägre grad för kollektivtrafiken i Stockholm.

Detta har lett till att det i vissa fall inte finns komplett teknisk kompetens vare sig hos den upphandlande förvaltningen eller hos de olika anbudsgivande konsultföretagen. Detta beror delvis på en fokusering på det övergripande samhällsutvecklande uppdraget, prispressen att offerera till lägsta pris och att tillskottet av ny teknisk kompetens inte varit tillräckligt stort beroende dels på att det inte finns ett väl utbyggt utbildningssystem nationellt för spårburen specialkompetens som komplement till Järnvägsskolan och dels att branschen på grund av små ekonomiska marginaler inte prioriterar kompetensutveckling, inskolning samt fort- och vidareutbildning av personalen. Till detta kommer att förvaltningarna, främst kanske Trafikverket inte anser att det i deras uppdrag ingår att anställa nyutbildade utan i så fall anställer äldre, redan erfarna utredare. Men också att t.ex.

Trafikförvaltningen antagit en strategi som säger att förvaltningen bara skall köpa in beprövad teknik.

Generellt har diskussionen om kompetensbehov och försörjning legat på en låg nivå. Tidigare skedde denna försörjning som nämnts ovan huvudsakligen som internutbildning och att de yngre lärde av de

äldre. I samband med avregleringsprocessen har inte detta följts upp utan när förvaltningarna diversifierats har den befintliga kompetensen spridits ut bland befintliga bolag. Det saknades efterfrågan på ett utvecklat utbildningsystem för spårfordon och dess system. De sista åren hos Banverket fanns ett intresse att skapa ”ett nationellt utbildningssystem för järnvägen”, men det försvann vid skapandet av Trafikverket. Sedan några år har dock några av branschorganisationerna: Swedtrain, Tågoperatörerna och Järnvägsentreprenörerna börjat driva frågan om kompetensförsörjning till branschen, men det skulle behövas ett bredare intresse och drivkraft.

För att återknyta till inledningen så går det att konstatera att en stabil kompetensförsörjning och oberoende tjänstemän, enligt Axel Oxenstiernas modell, inte finns längre på samma sätt utan att en liberal marknadsmodell nu åtminstone till viss del ersatt denna. Det behövs ytterligare tid och gemensamt arbete för att få en stabilitet på kompetensförsörjningen till järnvägsbranschen och speciellt till järnvägssignalsektorn.

2.2. Trafikförvaltningen organisation – från egen regi till beställare

Trafikförvaltningen, tidigare SL, har under de två senaste decennierna gått från att vara en trafikoperatör med i det närmaste total monopolställning inom Stockholms län, till att bli en beställarorganisation som upphandlar såväl trafik som andra tjänster. Det betyder att flera verksamheter successivt har outsourcats till olika bolag. Till exempel har underhållet av infrastrukturen konkurrensutsatts, liksom biljettkontrollen, kundtjänsten och underhållet av hissar och trappor. Tanken är att fortsätta lägga ut fler av koncernens verksamheter i privat drift och ytterligare renodla sin beställarroll.

Ett motiv för utveckling mot en renodlad beställarorganisation har varit att den skulle leda till effektivitetsvinster och kostnadsreduceringar.

Under 1970- och 1980-talen ökade underskotten i verksamheten och den blev allt mer beroende av skattefinansiering. I början av 70-talet finansierades SL till cirka 40 procent av skatteintäkter, medan resten bestod av intäkter från biljettförsäljning. 1989 hade förhållandena ändrats, så att 70 procent utgjordes av skattefinansiering, vilket var den högsta andelen sedan SL:s bildande 1967.

År 1990 inledde SL en omfattande omorganisation vid namn SL90.2. Verksamheten delades upp i en beställarorganisation med ett antal helägda dotterbolag som skulle sköta driften av trafiken. Företag som SL Buss och SL Tunnelbanan såg dagens ljus. Kort därpå började man successivt att utsätta de egna driftbolagen för anbuds konkurrens genom att låta privata företag vara med och tävla genom upphandling. De första upphandlingarna ägde rum 1992 och resulterade bland annat i att SL Buss förlorade trafikuppdraget på fyra av sju konkurrensutsatta områden.

Beslutet att konkurrensutsätta trafikverksamheten kan ses i ett bredare perspektiv än effektivitet och kostnader. En viktig omständighet var 1988 års bolagisering av SJ, vars resultat bar tydliga likheter med hur SL kort därpå kom att omorganiseras. En ny myndighet, Banverket, fick ansvaret för infrastrukturen, medan SJ skulle driva trafiken. Därtill skärptes de affärsmässiga kraven på verksamheterna.

En annan händelse var förändrade regler för linjetrafik. Fram till den 1 juli 1989 behövde trafikhuvudmännen ett särskilt tillstånd för att bedriva sådan trafik. En omreglering möjliggjorde konkurrensutsättning genom upphandling och har haft stor betydelse för framför allt den regionala busslinjemarknadens utveckling.

Kollektivtrafiken var inte heller ensam om att genomgå förändringar mot ökad marknadsutsättning under 90-talet. Förutom spår- och busstrafiken togs stora kliv mot avregleringar av bland annat tele-, el-, post-, inrikesflyg- och taximarknaderna.

Den officiellt uttalade drivkraften bakom denna liberalisering var ofta, precis som i SL:s fall, mål om effektivitetsvinster och kostnadsreduceringar – drivkrafter som blev allt viktigare i takt med att 90-talets ekonomiska kris fick fäste. Det fanns en allmänt ökad tilltro på marknadslösningar bland

styrande politiker och makthavare. En ideologisk förskjutning medförde att avregleringarnas positiva effekter ibland togs för givna utan att motiven bakom besluten behövde preciseras och effekterna utredas.

SL fortsatte under hela 90-talet att renodla sin roll som beställare av trafik tjänster. Enligt SL:s årsberättelse 1996 uppges SL ha minskat sina kostnader med cirka 1 miljard kronor mellan 1989 och 1996 samtidigt som utbudet av trafik ökade med 15 procent. Därmed kunde skattefinansieringsgraden minskas från 70 procent till 55 procent i mitten 1990-talet. I dag ligger den runt 50 procent. Den minskade skattefinansieringsgraden handlar inte enbart om sänkta kostnader, utan också om ökade intäkter bl.a. genom biljetter, reklam och lokalhyror, (Rydstedt, 2014).

En större omorganisation som omfattade hela SL ägde rum 2011. Samtliga anställda och chefer (VD undantagen), sammanlagt omkring 700 personer, fick söka sina tjänster på nytt. I början av december 2010 tillsattes flera cheftjänster och i maj 2011 blev omorganisationen klar. Målet för SL var att minska kostnaden för administration med 15 procent. Omorganisationen medförde förhoppningar om att konsultberoendet inom organisationen kraftigt skulle minska.

Beroendet av konsulter är inte enbart en kostnadsfråga utan också en kompetensfråga för den egna organisationen. Om man använder alltför mycket extern kompetens, som är tillfälligt kontrakterad, så säkerställer man inte att kompetensen finns kvar inom den egna organisationen, vilket gör den sårbar. Det blir ett mönster som gör att man då åter igen måste använda konsulter, vilket är kostsamt. För att ha koll på alla konsulter som arbetar för SL bestämdes att de köps in via en konsultmäklare, företaget Zerochaos.

Trafiken drivs i dag enligt modellen beställare och utförare. Det betyder att det landstingsägda bolaget AB Storstockholms Lokaltrafik (SL) äger infrastrukturen och kontrakten, medan leverantörer svarar för drift, planering och underhåll. AB Storstockholms Lokaltrafik (SL) innehåller inga anställda förutom SL:s VD. De anställda finns i Trafikförvaltningen. För medarbetarna innebar 2013 en ny arbetsgivare, från aktiebolaget SL till en lanstingsanställning hos Trafikförvaltningen.

Trafikförvaltningen är idag en beställar- och förvaltningsorganisation. Målet är att vara en tydlig och effektiv beställare och strateg med hög kompetens.

Trafikförvaltningen består av tre huvudavdelningar:

- Strategisk Utveckling
- Projekt och Upphandling
- Trafikavdelningen

Under 2014 har Trafikavdelningens ledning arbetat med frågan om hur organisationen ska rustas, för att på bästa sätt kunna möta framtidens ökade volym av avtalsförvaltning och projektmottagning (t.ex. i form av utbyggt linjenät), utan att öka resurserna. I maj 2015 blev omorganisationen av Trafikavdelningen klar. Ambitionen är att arbeta smartare, fortsätta outsourcing samt omfördela och prioritera resurser inom befintliga ramar.

2.3. Vad är komplexitet och hur uppstår det?

På många håll i samhället konstaterar man att komplexiteten ökar (Palmberg Brorud, 2013) vilket ofta tas som en intäkt på att organisationer är svårstyrda, svåra att utveckla och förändra både ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv. Ibland beskrivs komplexiteten som ett hinder och skäl till varför man inte lyckas åstadkomma det man vill och behöver (Nilsson, 2007). Komplexitetsteori representerar ett angreppssätt och perspektiv som försöker förena kunskap och antaganden om verkligheten över flera discipliner och teoretiska områden. Idéerna och koncepten som används och

utvecklas inom komplexitetsområdet har flera ursprung och det pågår idag en utveckling av dessa inom flertalet naturvetenskapliga så väl som sociala vetenskapsområden

Samtidigt konstaterar (Nilsson, 2007) att:

1. Hanteringen av komplexa beteenden är relativt nytt inom forskarvärlden. Traditionen har varit av förenklande karaktär.
2. Frågor om kontroll (via strukturer, strategier och processer) dominerar management-praktiken. Kontrollmekanismer är lättare att hantera om de är "lineära" och förenklade än icke-lineära och flerdimensionella. Maskiner utgör enklare metaforer än exempelvis organismer och ekosystem.
3. Ofta undviks komplext beteende då "konstiga" avvikelser ofta ses som misslyckanden

På senare år har det kommit fram kunskap inom svensk och internationell forskning som tagit fasta på den vetenskapliga utvecklingen runt så kallade "komplexa adaptiva system" (KAS). Denna kunskap har stor betydelse för hur man leder en organisation som kan skapa hög kvalitet i sina tjänster (Palmberg Broryd, 2013). Det har stor relevans för organisationer där man inte kan styra verksamheterna på ett hierarkiskt sätt, utan behöver andra angreppssätt för att hålla ihop en utveckling. Man hävdar att den nya vetenskapen om komplexa adaptiva system erbjuder nya metaforer som kanske kan vara till hjälp att hantera verkligheten bättre.

Sedan andra halvan av 1900-talet har det skett en förflyttning från strävan att dela upp organisationer i mindre delar (som exempelvis i den funktionella hierarkin) och att leta efter raka orsak-verksamhets samband mellan delarna (processledning t.ex.), till att se på helheter och system. Allmänt talar man om: "Från industrisamhälle till kunskapssamhälle" eller "Från maskinålder till systemålder". Ett komplext adaptivt system kan definieras som ett antal sinsemellan beroende aktörer som skapar en helhet som har möjlighet att utvecklas och anpassa sig utifrån förändrade förutsättningar genom självorganisering (utan att någon ledare berättar exakt hur det ska gå till). Aktörerna kan både vara enskilda personer eller hela organisationer (Palmberg Broryd, 2013).

Att utgå från ett komplexitetsangreppssätt betyder ett ifrågasättande av traditionella antaganden vad gäller existerande rutiner, policys, lednings- och kvalitetssystem som man idag utgår från (Nilsson, 2007). Komplexa fenomen kan beskrivas som öppna där utbyte av energi och information med omvärlden sker kontinuerligt. Det finns ett antal aktiviteter/processer som livligt interagerar och är mer eller mindre ömsesidigt beroende av varandra samtidigt som det finns en viss konkurrens. Aktiviteterna och/eller processerna har sin egen inre struktur och sina egna mål och motiv samt har också flera identiteter som växlar från situation till situation (chef, medarbetare, expert, etc.), (Nilsson, 2007).

Definitionen av vad en process är finns ganska tydligt formulerat och både vetenskapssamhället och praktiker är mer eller mindre eniga (Palmberg Broryd, 2013).

"En process är en horisontell sekvens av aktiviteter med en start i ett kundbehov och ett slut i ett resultat som förhoppningsvis möter ett behov hos kunder eller intressenter"

Att arbeta processorienterat har mer eller mindre blivit en del av varje organisations vardag, men fortfarande råder delade meningar om vad det betyder i praktiken (Palmberg Broryd, 2013). Många organisationer kämpar med att få ordning på sitt processarbete: hur mycket ska man kartlägga, mäta och förbättra, på vilken nivå? Hur ska man organisera sig i sina processer i förhållande till den traditionella ofta "linjebaserade" organisationen? Framtiden ses i huvudsak som okänd och i den finns en mängd utforskade potentialer av möjligheter såväl som risker i alla sammanhang (Nilsson, 2007).

2.4. Komplexitet och ledarskap

Komplexitetsperspektivet påverkar av naturliga skäl ledarskapet som måste anpassas till den komplexitet som råder i det aktuella fallet. Det förutsätter ett botten-upp tänkande där involvering och delaktighet från de som utför det dagliga, faktiska arbetet är centralt (Nilsson, 2007). Detta till skillnad från traditionella modeller där högre chefer designar och bestämmer vad som skall göras. Vidare är det viktigt utifrån ett komplexitetstänkande att variation och skillnader inom grupper och avdelningar uppmärksammas då detta är centrala element i utvecklingen.

För ledare i komplexa adaptiva system handlar ledarskapet om relationsbyggande istället för den mekaniska, byråkratiska fokuseringen på att definiera roller. Anledningen är att det är i kopplingarna (relationerna) som såväl information som lärande, erfarenhetsutbyte och synergier uppstår.

Komplexiteten innebär också att lösa kopplingar behövs mellan olika resurser. Detta gör organisationen betydligt mer anpassningsbar och därmed mer beredd på uppkommande förändringar (både kortsiktiga och långsiktiga), (Nilsson, 2007). Ledarskap i en komplex situation är väldigt situationsberoende och handlar om att utifrån erfarenhet och kunskap kunna improvisera. Ytterligare en aspekt som karakteriserar ledarskapet ur ett komplexitetssynsätt handlar om att se framtiden som fylld av verksamhetsmässiga potentialer som ledarna måste reflektera över och skapa scenarier från.

Förr kunde man ofta fatta beslut på grundval av sin direkta erfarenhet av det konkreta innehållet i arbetet, idag är bilden helt annorlunda. I många sammanhang har ett tekniskt system skjutits in mellan människan och arbetsmaterialet/processen. Avancerad teknologi har förändrat människans förhållande till arbetsmiljön, både i form av tillgänglig information för att kunna skaffa sig kunskap, och i form av möjligheter att påverka. Istället för direkt information om det konkreta arbetsinnehållet, så förmedlas idag informationen via abstrakta representationer om verkligheten (PwC, 2014). Dessa har för det mesta skapats av systemkonstruktörer som har mer eller mindre god kännedom om vilken information som beslutsfattaren verkligen behöver. Resultatet har blivit att en stor del av beslutsfattarens/operatörens möjligheter att påverka idag finns i händerna på systemkonstruktörer. Ett problem vid konstruktion av system är att det i förväg är svårt att veta exakt vilken information som behövs och vilken information som är användbar när systemet verkligen kommer i drift.

Beslutsfattarens villkor har därför förändrats från att inte bara omfatta beslut om själva arbetsinnehållet, utan också om att kunna lära sig och förstå det tekniska systemets egenskaper. När förutsättningarna för beslutsfattande så radikalt har förändrats har naturligtvis även förutsättningarna för forskning om beslutsfattande förändrats, åtminstone om man avser mer komplexa beslut i vardagsnära och naturliga arbetssituationer (Sandblad, 2006).

Det finns olika typer och nivåer av beslutsproblem (Duvner, 2013) och det underlättar om man känner till vilken typ man har att göra med. Rena valproblem handlar om att välja det bästa av ett bestämt antal alternativ. Optimeringsproblem handlar om att hitta den bästa lösningen på ett problem. Det är vanligt att optimeringsproblem övergår i valproblem eftersom det är kostsamt att generera alternativ. Ett satisfieringsproblem handlar om att bestämma sig för om en föreslagen lösning eller åtgärd är tillräckligt bra för att kunna godtas. Man kan också dela in beslut i olika nivåer med olika tidshorisonter:

- strategiska beslut är ofta svåra och kräver en noggrann analys då de är av stor betydelse för verksamheten
- signifikanta beslut är antingen viktiga men rätt lätta eller också svåra men inte så betydelsefulla
- snabba beslut är typiska små vardagsbeslut.

De åtta vanligaste misstagen som görs i samband med beslutsfattande redovisas i rapporten (Duvner, 2013):

- arbetar med fel problem eller misslyckas med problemformuleringen
- misslyckas med att identifiera huvudmålen
- misslyckas med att ta fram en lista över bra och kreativa alternativ
- bortser från viktiga konsekvenser kopplat till alternativen
- lägger för lite tid på att kompromissa mellan målen
- struntar i osäkerhetsfaktorer
- glömmer att fundera över risktoleransnivån
- glömmer att planera framåt när besluten är länkade.

En annan typ av beslut är dynamiska beslut som måste tas givet ett visst sammanhang och inom en begränsad tidsram (Sandblad, 2006) och som har följande karaktär:

- 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.
- 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.
- Tillståndet hos ett beslutsproblem förändras, både av sig självt och som konsekvens av beslutsfattarens handlingar.
- Besluten måste tas i realtid och ofta under tidspress.

Flera faktorer måste vara uppfyllda för att man ska kunna förstå, övervaka och styra en dynamisk process och det gäller att följande villkor är uppfyllda (Sandblad, 2006):

- att det finns ett tydligt mål med det som ska uppnås
- att den som ska styra/kontrollera har en modell över (förstår hur det fungerar, har kunskap om etc.) processen eller skeendet
- att det finns tillräckliga möjligheter att påverka processen eller skeendet, det s.k. styrebarhetsvillkoret
- att den som styr har tillräcklig information om processen eller skeendets aktuella tillstånd, det så kallade observerbarhetsvillkoret.

I många olika arbetssituationer gäller i praktiken dock ofta att en eller flera av förutsättningarna inte är uppfyllda. Detta leder till en rad problem. Styrandet av den dynamiska processen kan inte utföras så som det var tänkt och planerat. Verksamheten blir ineffektiv, eller mer eller mindre okontrollerad. Noggrannhets-, kvalitets- och säkerhetskrav kan inte uppfyllas. Den som ska utföra arbetet kommer dessutom att uppleva olika slags hinder, irritation, stress, hjälplöshet m.m. De problem som uppstår är

alltså nära relaterade till kognitiva arbetsmiljöproblem. I många arbetssituationer är målen inte klart formulerade, eller formulerade så att det är omöjligt för den enskilde individen att i varje läge avgöra vad som ska uppnås. Det är då dels svårt att planera och utföra sitt eget arbete på ett bra sätt, dels svårt att bedöma och utvärdera det egna eller gruppens prestationer i relation till målen. Det är heller inte ovanligt att det finns olika mål i en arbetssituation och att det finns konflikter mellan olika mål. Sådana målkonflikter kan leda till problem som exempelvis osäkerhet och stress, då man har svårt att veta vilka av de motstridiga målen man ska följa (Sandblad, 2006).

2.5. Upphandling av komplexa system

Vid offentlig upphandling finns det ett flertal fallgropar som kan påverka upphandlingsarbetet och resultatet (Duvner, 2013). En del av fallgroparna hör ihop med själva upphandlingsprocessen medan andra relaterar till kravställning och anbudsutvärderingen. Ett förfrågningsunderlag ska innehålla åtminstone krav på leverantören, kravspecifikation eller uppdragsbeskrivning, utvärderingsgrund, kommersiella villkor och administrativa bestämmelser. Om det brister i någon av ovanstående delar kan det få oanade konsekvenser. Om kraven i förfrågningsunderlaget måste ändras efter att anbudsfrågan har skickats ut måste upphandlingen göras om från början. Att göra om en upphandling kan medföra stora kostnader både för myndigheten och för leverantörerna och får därför endast göras om sakliga skäl föreligger.

Det finns ett antal fallgropar i samband med upphandling och (Duvner, 2013) redovisar bl.a. följande:

- Tidsoptimism: Det är vanligt att man är tidsoptimist under en upphandlingsprocess. De upphandlare som deltagit i denna undersökning arbetar heltid i sina roller som ett stöd till resten av verksamheten. Beställaren har ofta inte lika mycket tid avsatt för upphandlingen. Det är vanligt att beställaren inte har förståelse för hur mycket arbete en upphandling innebär.
- Bristande marknadsundersökning: Myndigheten slarvar med marknadsundersökningen och har dålig koll på vilka aktörer som finns på marknaden och hur utbudet av varor och tjänster ser ut.
- Bristande kravställning: Det läggs för lite tid och kraft på kravställningen och simulering av hur kraven påverkar resultatet.
- Gamla upphandlingar som mall: Myndigheten tittar för mycket på tidigare upphandlingar och glömmer bort att varje upphandling är unik.
- Förväntningar: Om beställaren förväntar sig ett visst resultat, till exempel en viss leverantör blir upphandlingen sällan lyckad.

2.6. Verktyg för komplexa system

En förändringsresa börjar med att man blir uppmärksam på att saker och ting kan göras på ett annorlunda sätt och att det annorlunda sättet förväntas leda till förbättring. Som ansvarig för utveckling är det angeläget att denna insikt är på plats innan man diskuterar tänkbara förändringsarbeten (Andersson & Edström, 2013). En viktig del i insikten om förändring är att analysera och framför allt tolka tecken på den egna verksamhetens förmåga att förändra, faktorer (kultur, regler, beslut) som påverkar förändring och samspelet med andra aktörer för att identifiera vad som förhindrar en förbättring. En diskussion om detta ökar möjligheten att höja diskussionen från ”vi kan inte göra något om vi inte får mer pengar” till ”vad ska vi göra utifrån de pengar vi har”.

Ett förbättringsarbete som utgår från att uppnå ett önskvärt tillstånd men arbetar i nuet har visat sig mycket framgångsrikt (Andersson & Edström, 2013). En förutsättning för detta är att beskriva såväl den önskvärda nivån och nuläget med fakta och mätningar men också en berättande beskrivning. En utveckling som inte har en visionär styrning blir tämligen tandlös eftersom det är svårt att veta åt

vilket håll man ska gå och visionen måste uttrycka det man ärligen och genuint bryr sig om. Den bör innehålla varför man vill att förändringen skall äga rum, hur man vill att det skall se ut i det önskvärda tillståndet samt en tidshorisont. Detta steg syftar alltså till att tydliggöra vikten av att aktivt arbeta för att skapa en uppslutning kring viljan att åstadkomma förändringen.

Ansvar för att designa förändringsarbete åligger framförallt ledare (Andersson & Edström, 2013). Ansvar innehåller flera faktorer som delegation samt viljeinriktning mot övergripande mål. Erfarenheten visar att om man lyckas beskriva förutsättningarna samt målsättning så tydligt som möjligt så underlättas och förkortas tiden för själva förändringsarbetet. Det blir enklare att se vilka medarbetare som berörs och bör delta i förändringsteamet. Ju tydligare förutsättningarna beskrivs desto större utrymme ges för tillit till teamet. Om förutsättningarna är tydliga ökar också stödet till positiva drivkrafter. Man måste dock se upp så man inte fastnar i ett detaljplanerande som inte leder utvecklingsarbetet framåt och att öppenhet finns för lokala anpassningar när så behövs. I komplexa system finns alltid överraskningar och det går inte att anta att bara för att det finns en plan så kommer det att bli så. Utgångspunkten för en förändring ligger ett några enkla regler:

- bestäm riktning genom att formulera mål
- ge resurser och tillåtelse till medarbetare att arbeta med frågan om hur målen ska nås
- formulera tydliga enkla regler och gränser för arbetet (t ex tidsramar).

3. Forskningsstudiens genomförande

Ett flertal projektmöten genomfördes samt en större workshop med ett stort antal externa aktörer med tydlig relation till signalsystem. De workshops som är definierade i projektplanen har modifierats något mest beroende på praktiska omständigheter med att samla andra informanter än de i projektgruppen. Det innebar i praktiken att frågor som var definierade för olika workshops i projektplanen, togs upp vid samma tillfälle då en större grupp samlades. Workshopen i projektet har genomförts med en tydlig agenda och med dokumentation och arbetsuppgifter fördelade till projektdeltagarna däremellan. Detta har lett till en konvergent process där vi gått från att närmre beskriva de olika projektdeltagarnas perspektiv, deras styrkor i förhållande till frågorna i studien till att tillsammans analysera och dra slutsatser av de data som samlats in på vägen. Data har kommit från framförallt tre källor:

1. Litteratur och omvärldsanalys. Alla projektdeltagare har tillskansat sig nya referenser inom området och inspiration och beskrivningar från såväl teori som omvärlden har införskaffats, se referenslistan.
2. Trafikförvaltningens interna dokument. Av särskilt intresse har varit två interna rapporter där signalsystemsprojekt har granskats för att identifiera svårigheter och utmaningar vid utveckling av nya signalsystem (PwC, 2014; Lindberg Collin, 2014). Dessa rapporter har systematiskt granskats för att definiera behov i hela systemet av signalsystemsutveckling och särskilt utifrån ett processperspektiv.
3. Empiriska data. Den större workshopen som refereras till ovan organiserades för att projektet på ett effektivt sätt skulle kunna inhämta information från externa aktörer med avseende på deras kunskap och erfarenhet kopplat till utveckling och drift av signalsystem. Workshopen organiserades med inspiration från Design Thinking (Brown, 2008) för att hantera de olika perspektiven och den stora erfarenhet som dessa aktörer tillsammans representerar. Se nedan för en mer detaljerad beskrivning av denna workshop.

Data från den första källan har delvis gett inspel till både datainsamlingen från de andra två källorna men också till analysen av insamlade data. Den har också direkt bidragit till flera delar i denna rapport, såsom bakgrund, historisk tillbakablick och omvärldsanalys. Särskilt litteraturen från teorin har varit viktig då behovsanalysen har genomförts.

Data från de andra två källorna ligger till grund för behovsanalysen som är central i rapporten och studiens huvudsyfte. I resultatavsnittet beskrivs hur data har analyserats, i korthet kan sägas att meningskoncentrering och kategorisering från Kvale & Brinkmann, 2008, har använts. Analysen har syftat till att identifiera huvudaktörerna (intressenterna) samt att tolka olika aktörers erfarenhet för att kunna etablera en mer heltäckande behovsbild och för att sätta behoven i en viss struktur för att ge dem större mening (användbarhet). Den struktur som valdes motiveras i inledningen till denna rapport och förhåller sig till ett livscykel tänkande i kontexten av signalsystem.

Vid inledningen av studien gjordes ett gemensamt arbete för att visualisera och beskriva den komplexitet som utveckling och drift av signalsystem har. I det skedet valdes att anta ett processperspektiv och att beskriva signalsystem ur ett livscykel perspektiv. Detta är motiverat från teorin och ansatsen användes i den kommunikation som skedde med inbjudna aktörer. Ansatsen redovisas tillsammans med övrig dataanalys i avsnittet Resultat.

Workshopen som involverade ett stort antal aktörer förtjänar att beskrivas något närmre. Genomförandet av workshopen tog sin utgångspunkt i Design Thinking som kan beskrivas som en filosofi eller förhållningssätt och ett antal metoder med ett tydligt användarperspektiv. Både analytiska och kreativa metoder används i en iterativ process för att skapa en förståelse för de problem och behov

som finns och för att möjliggöra mer innovativa lösningar. I aktuell workshop var fokus på att identifiera problem hos olika intressenter och användare av signalsystem.

Workshopen genomfördes tillsammans med olika aktörer som på olika sätt varit delaktiga i signalupphandlingar gentemot Storstockholms Lokaltrafik. Förutom projektgruppen och representanter från Signalavdelningen på SL deltog representanter från externa parter.

Leverantörerna var representerade av Ansaldo, Bombardier och Siemens (General Electric hade förhinder), samtliga med verksamhet i Sverige. Konsultföretagen som projekterar och planerar om- och utbyggnader var representerade av ett stort antal företag, Atkins, Dalco, Intersignal, Ramböll, Sweco Rail, WSP och ÅF. Från operatörerna kom MTR som idag trafikerar tunnelbanan, Arriva som idag trafikerar ett antal av lokalbanorna inom Stockholmsområdet hade förhinder och kunde inte vara med. Från underhållssidan deltog såväl Infranord och Strukton. Slutligen deltog även fristående konsulter som tidigare varit chefer såväl inom SL som hos leverantörer av signalsystem. I olika roller har dessa personer varit mycket aktiva i tidigare uppbyggnad av spårtrafiken i Stockholmsområdet.

Workshopen inleddes efter en introducerande del med att deltagarna i mindre grupper fick arbeta med att identifiera de aktörer och intressenter som är involverade i respektive fas. Graden av involvering eller betydelse i respektive fas illustrerades visuellt och resulterade i en aktörskarta (summerad i Bilaga 1, Tabell 3). Efter att aktörerna hade identifierats fick deltagarna arbeta med att identifiera problem i respektive fas. Dessa problem rangordnades sedan efter grad av betydelse för påverkan på utvecklingen av signalsystem (summerad i Tabell 1). I ett efterföljande steg analyserades de mest betydelsefulla problemen med hjälp 5-why's (Staats & Upton, 2011) för att identifiera mer grundläggande orsaker till problemen. Workshopen avslutades med en presentation och öppen diskussion om de problem som identifierats som mest betydelsefulla och deras orsaker.

Samtliga steg i workshopen dokumenterades och i efterföljande steg analyserades de problem som identifierats genom att klustra och kategorisera problemen i olika problemområden och genom att analysera dessa med hjälp av mer föreskrivande litteratur baserat i Integrerad produktutveckling och Systems Engineering.

Tabell 2 illustrerar de olika typer av kategoriseringar som genomfördes och en närmare beskrivning av analysen och dess resultat beskrivs i efterföljande sektioner i rapporten.

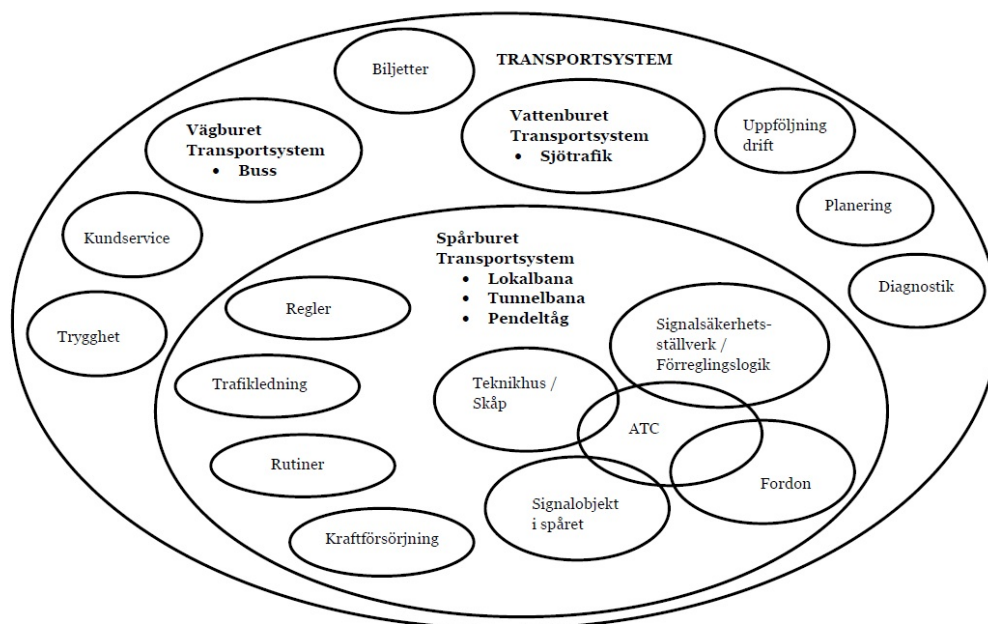
4. Resultat

I det följande kommer resultaten från forskningsförstudien att presenteras. Initialt presenteras den process som projektgruppen har haft som utgångspunkt för att dels belysa komplexiteten i signal-system dels identifiera behov hos olika aktörer. Processen följs av en beskrivning av de problem som Trafikförvaltningen tagit fram internt i två (PwC, 2014; Lindberg Collin, 2014) olika analyser vilka legat till grund för analys i denna studie. Därefter beskrivs de problem som identifierades genom en workshop med ett stort antal aktörer (beskriven under kap. 3, Studiens genomförande) och därefter presenteras analysen av de identifierade behoven vilken genomfördes med hjälp av teori baserat på Integrerad Produktutveckling och Systems Engineering.

Behovsanalysen i studien har gjorts i ett antal steg. I det första steget ombads deltagarna i den externa workshopen att beskriva vilka problem de ser i vilken fas av signalsystemets livscykel. Deltagarna i workshopen ombads även prioritera behoven, speciellt att välja ut de viktigaste, vilket ledde till tre nivåer. I det andra steget har projektgruppen kategoriserat de identifierade behoven med syfte att tydliggöra vilka problem som måste angripas för att utveckla lösningar. I ett tredje steg har behoven analyserats ur två mer teoretiska perspektiv: Integrerad Produktutveckling och Systems Engineering.

4.1. Livscykelperspektiv på komplexa system

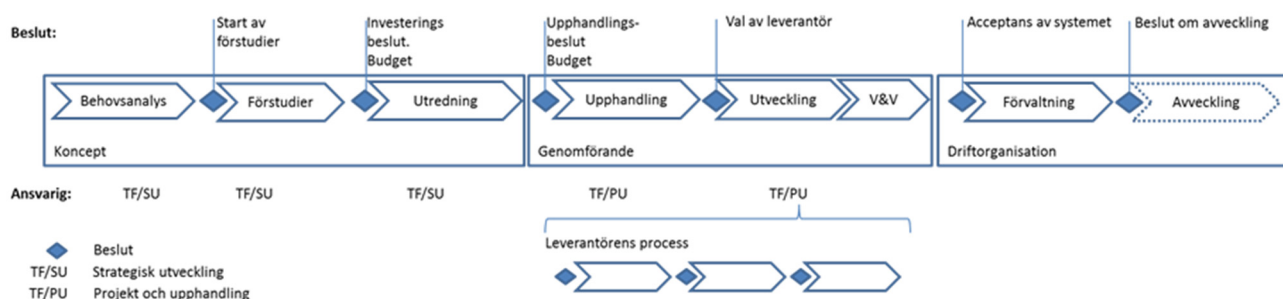
Som tidigare beskrivits så är signalsystem i allra högsta grad komplexa system och är system som består av en rad delsystem (system av system). Beskrivningen av detta och illustrationen i figur 1 är ett viktigt resultat från studien.



Figur 1. System av system.

Att hantera komplexiteten i system av system är en av de största utmaningarna vid utveckling och drift av komplexa system, vilket också var en utgångspunkt för forskningsförstudien. För att hantera komplexiteten och närma sig ett praktiskt hanterbart sätt att identifiera vilka behov som finns för en både mer effektiv och innovativ utveckling av signalsystem, gjordes en analys av signalsystem ur ett processperspektiv. Projektgruppen kartlade vilka aktiviteter och aktörer som ingår samt vilka beslut som fattas och av vem, se figur 2. Modellen har under arbetets gång fyllt en viktig funktion för att

kunna föra en dialog om behov och problem i samband med utveckling av signalsystem och utgör därför också ett viktigt resultat från studien.



Figur 2. Livscyklfaserna för system samt ansvariga för respektive fas ur ett processperspektiv.

4.2. Problem identifierade genom internutredningar

Trafikförvaltningen (TF) beställde våren 2014 två analyser¹ som ett svar på de problem som förvaltningen hade haft med de nyligen upphandlade signalsystemen. Dessa två analyser genomfördes parallellt med varandra av en intern utredare och ett konsultbolag, Lindberg Collin (MLC), (Lindberg Collin, 2014) på Trafikförvaltningen och av Pricewaterhousecoopers (PwC), (PwC, 2014). Den interna rapporten av MLC har huvudfokus på de brister som uppkommit i förstudiefasen men behandlar också tydligt upphandlingsfasen och utvecklingsfasen medan PwC:s rapport fokuserar på utvecklingsfasen samt i mindre utsträckning också på förstudier och upphandling.

Vidare, i MLC:s rapport behandlas leverantören endast i någon omfattning, medan i PwC:s rapport så är leverantören nästan helt frånvarande. I MLC:s rapport framgår det att TF inte ser behovet av att involvera leverantörerna i förstudiefasen. Leverantören beskrivs som en intressentgrupp som förvaltningen skall förhålla sig till och ge ramar men inte involvera i någon högre utsträckning. Det PwC säger om leverantörerna i förstudiefasen är att TF inte gjort en fullständig intressentanalys och därmed inte fått med leverantörens behov och att förvaltningen ser en lösning på detta genom att göra funktionsupphandlingar dvs. genom att beskriva den funktion som ska uppnås genom upphandlingen i stället för att beskriva en produkt som ska köpas (Edqvist, 2014).

När det gäller upphandlingsfasen så beskriver MLC att problemen med de nyligen upphandlade signalsystemen är relaterade till att uppföljningen från TF:s sida brister och att TF tvingat in leverantörerna i projekt med ett tidsmässigt svårt läge. Vidare så ser MLC att TF:s arbetsätt, där inte hela processen från ax till limpa omhändertas, resulterar i att TF inskränker sitt egna perspektiv till allt för kortsiktigt då dessa signalsystem bara skall verka under en begränsad tid av hela spårbanans livslängd.

När TF medarbetare tillfrågas, av MLC, om var de anser att problemen finns så pekar de på sin egen organisation och dess oförmåga att hantera upphandling av komplexa signalsystem. Detsamma beskriver PwC då de anser att den grundläggande orsaken till problemen med signalsystemen är att TF underskattat komplexiteten att bygga signalsystem även om systemet innehåller beprövad teknik. Detta pekar på att TF:s medarbetare är medvetna om problematiken men att varken managementnivån eller de arbetsprocesser som används stöder det behov som medarbetarna ger uttryck för.

Den idébild som MLC beskriver finns inom TF är att när beprövad teknik används i signalsystemsprojekt behövs det inte någon produktutveckling eftersom det betraktas som ett rent byggprojekt.

¹ Som tidigare nämnts i detta kapitel.

Därmed uppstår det, ur ett TF-perspektiv, störningar då projekten har fel kompetens, fel tidplan och fel budget med avseende på att signalsystemsprojekten faktiskt kräver viss produktutveckling.

MLC säger också att signalsystemen av idag är fragmentariskt uppdelade i så små beståndsdelar att helheten lätt tappas bort och att det samma gäller hur leverantörerna definierar systemet. Detta skiljer sig mot PwC:s rapport som ifrågasätter om TF har tillräcklig kompetens att kunna styra den multiprojektorganisation som idag krävs av TF. PwC ser bara en lösning på detta och det är att skapa upphandlingar där entreprenaden får ett totalansvar för allt från projektering till drift och underhåll livstiden ut i syfte att minska mängden projekt och uppnå enklare styrning.

Det PwC- och MLC-analyserna gemensamt kommit fram till är att den typ av komplexa produkter som signalsystem utgör lider av att vara fragmentiserade och att någon typ av helhet behöver åstadkommas, samt att TF inte observerat det. Både MLC och PwC har beskrivit att TF inte heller har observerat att förvaltningen inte längre har den kompetens som krävs för att vara den goda upphandlare som förvaltningen säger sig vilja vara.

4.3. Problem identifierade genom workshop med aktörer

Intressenter inom utveckling och drift av signalsystem samt vilken grad av involvering de har inom olika faser identifierades under workshopen, se Bilaga 1, Tabell 3. Projektgruppen kategoriserade intressenterna i olika grupper med ambitionen att tydliggöra vilka aktörer som är centrala för utveckling och drift av signalsystem i olika delar av livscykelprocessen.

Kartläggningen av intressenter tydliggjorde det stora antalet olika aktörer, offentliga såväl som privata, som är involverade i framtagandet av signalsystemen. En högre grad av involvering av myndigheter och offentliga aktörer dominerar i tidiga faser i utvecklingen av signalsystem med undantag av Trafikförvaltningen som har en hög grad av involvering i princip samtliga ingående faser. Privata leverantörer involveras i högre utsträckning i de senare faserna. Användare involveras i alla faser men enbart med en hög grad av involvering i de senare. Resultatet från intressekartläggningen visar i linje med internutredningarna att leverantörer sällan involveras i någon större utsträckning tidigt processen.

De högst prioriterade problemen som identifierades genom workshopen visas i Tabell 1. Det framgår att många av de problem som identifierades i de interna analyserna också lyfts fram när många olika aktörer gemensamt prioriterar de viktigaste problemen. T.ex. så återfinns problematiken med brist på kompetens och helhetsperspektiv. En hel del av problemen som identifierades under workshopen pekar dock på andra kritiska problemområden som t.ex. problem relaterat till bristen på process och livscykelperspektiv, problem specifikt relaterat till krav och test samt problem som ligger närmare själva upphandlingsprocessen som t.ex. legala och ekonomirelaterade problem. Workshopen var således viktig eftersom den lyfter kritiska perspektiv som kompletterar internutredningarna och fördjupar förståelsen för vilka problem som är viktiga att hantera för att kunna utforma mer lyckades signalsystemprojekt i framtiden.

Tabell 1. De högst prioriterade problemen identifierade under workshopen.

BEHOVSANALYS	FÖRSTUDIE/ UTREDNING	UPPHANDLING	UTVECKLING	VERIFIERING OCH VALIDERING	FÖRVALTNING
Helhetsperspektivet saknas för hela transportsystemet	Dåligt med erfarenhets-återkoppling	Orimliga och ensidiga kommersiella villkor	Oklar målbild	Brist på resurs/kompetens	Långsiktig strategi saknas
Avsaknad av långsiktig strategi	Förankring saknas	Avsaknad av fokus på underhåll	Tydliggörande av kravbild, kommer för sent och tar för lång tid	Tillgång till testanläggningar för FAT-test saknas	Helhetsperspektivet saknas
Samhällsbyggnad saknas	Problem-avgränsning Gränssnitt!	Alltid lägsta pris gäller	Sena önskemål om nya funktioner	Svårigheter att testa HELA systemet	Systemen fungerar ej tillsammans
Avsaknad av slutanvändarna (förvaltning, operatörer, förare, underhåll, arkiv)	Studera "hela" signalsystem från DLC till förare	Brist på kompetens i upphandlingsfas. Fokus är istället på legala frågor.	Kränglig godkännande process	Sena systemtester	Komplexitet - många delar, många gränssnitt
Tillförlitlighet		Oklart på vilka grunder beslut om vilket signalsystem som upphandlas tas	Detaljstyrning som ger oklar ansvarsfördelning	Allt för många funktioner ger långa ledtider	Uppföljning av felaktigheter är bristfällig
Utbildning. Kompetensförmedling			Avsaknad av tydliga milstolpar, grindar för att gå vidare till nästa steg	Testkatalog för verifiering ska vara tydligt från början	Systemen inte anpassade för verksamheten
Oklar eller avsaknad av problemformulering				Projektörer styrs av föreskrifter som sällan uppdateras	Utlovad kapacitet uppnås inte
					Obefintlig överlämning till förvaltning

Klustring av problemen ledde till identifiering av nio problemområden, se Tabell 2. Det område där de flesta problemen identifierades är det som definieras som Process. Detta område återfinns i samtliga faser och pekar på brister i ett processtänkande som t.ex. rör hur aktörer involveras, brister i överlämningar mellan olika faser, avsaknad av vissa kritiska moment och för hur olika insatser bör fördelas över tid. Inte minst framgår det att kritiska aktörer inte involveras tillräckligt tidigt i processen. I viss mån är de problem som klustrats som processrelaterade också nära sammankopplade med de problem som återfinns i problemområdet som benämns Livscykelperspektiv. Problemen i detta område handlar relativt unisont om brist på livscykelperspektiv, särskilt att underhåll och möjlighet till reparationer och uppgraderingar inte beaktas. Även problem relaterat till snabb teknisk utveckling belyses.

Ytterligare ett område där många av de identifierade problemen återfinns är Test/Krav. Dessa problem återfinns framförallt i de senare faserna Upphandling och Verifiering & Validering. Problemen visar en relativt entydig bild och handlar om att en tydlig kravbild saknas. Problemen som uppstår i de senare faserna uppfattas således bero på att det inte finns tydliga krav i tidigare faser eller på att de ändras mer eller mindre okontrollerat över tid vilket också får konsekvenser för testningen, såväl när det gäller vilka kriterier som vilka metoder som ska användas för att testa kraven. Dessutom påpekas det att bristen på testmöjligheter av hela signalsystemet utan att behöva påverka ordinarie drift är ytterligare en viktig orsak.

På samma sätt som i de interna utredningarna framgår det också att många problem är relaterade till brister i kompetens och helhetssyn. Problemen relaterat till kompetensbrist återfinns i alla faser, något fler under Förstudie-fasen. Kompetensrelaterade problem gäller avsaknad av kunskap om kundbehov, bristande teknikkompetens och på att tyst kunskap (erfarenheter) inte värdesätts eller att kritisk kompetens undervärderas. När det gäller problemen relaterat till brist i helhetssyn så har de en viss övervikt i Behovsanalysfasen. Problemen pekar på att avsaknaden av helhetssyn beror på att intressenterna är många till antalet, målbilden är oklar och på att systemet är stort och komplicerat.

Problemen relaterar därför starkt till de problem som härrör till att signalsystem är sant komplexa, samlade under problemområdet Komplexitet. Komplexitetsrelaterade problem pekar på problemen med att systemet inte är direkt moduluppdelat och på att delsystem inte alltid är kompatibla, speciellt inte nya och gamla delsystem.

Ytterligare tre problemområden kopplade till kvalitet, ekonomi och legala aspekter identifierades. Även om antal problem som kan beskrivas härröra från dessa områden är färre till antalet så är de kritiska eftersom inte minst problem i de två sistnämnda områdena är koncentrerade till upphandlingsfasen. Problemen relaterar till krångliga lagar kring upphandling och att det är lägsta pris som gäller.

Sammantaget lyckas de båda interna analyserna och resultatet från workshopen identifiera ett antal problemområden som behöver hanteras för att utveckling av signalsystem ska kunna genomföras på ett bättre sätt i framtiden. I den fördjupade analysen av problemen analyserades dessa med hjälp av teori från två olika fält; Integrerad Produktutveckling och Systems Engineering. Både integrerad produktutveckling och Systems Engineering har beskrivningar om hur olika aktörer vid produktutveckling bör involveras.

Tabell 2. Kategoriserade problem i olika problemområden samt en summering av problemen inom varje område. Siffran inom parentes representerar antal problem identifierade inom varje område. (Se avsnitt 4.4 med IPU-principer)

PROBLEM-OMRÅDE	SUMMERING	RELATERADE IPU-PRINCIPER SAMT LÖSNINGSOMRÅDE (det sistnämnda i kursivt)
Process (37)	Återfinns i samtliga faser. Involvering av aktörer samt aktörers olika perspektiv är framträdande. Processen utsträckning i tiden är ett problem samt att man inte arbetar framtungt. Vidare är integrationen mellan olika faser ett problem.	Alla IPU -principer kan sägas fokusera på hur man bör utforma utvecklingsprocessen. Mer specifikt kopplat till de problem som lyfts fram i denna kategori är principerna 1 och 5 eftersom de trycker på vikten av att förstå och involvera olika aktörer som kunder och leverantörer tidigt i processen.
Test/Krav (26)	Återfinns framförallt i Upphandlings- och V&V-faserna. Problemen visar en relativt entydig bild som påvisar en avsaknad av tydlig kravbild. Vidare är testning av system ett problem.	De problem som återfinns under Test/Krav kan framförallt hänföras till principerna 6,7,8 och 9 som alla pekar på hur man på olika sätt bör testa en produkt under utveckling. Både användning av simuleringar och digitala produktmodeller lyfts fram som viktiga verktyg i kombination av systematisk användning av olika typer av reliabilitetsmetoder.
Kompetens (18)	Återfinns i alla faser med viss tyngdpunkt på förstudie. Brister i kompetens är ett centralt och återkommande problem: brister i teknikkompetens, kundens kompetens samt problem med tyst kunskap lyfts fram.	IPU-princip 1 lyfter fram vikten av att skaffa sig god kompetens om sina kunder och slutanvändare. Problem som lyfts fram tyder på att detta inte görs idag på ett systematiskt sätt. IPU-princip 3 pekar på behovet av att sätta samma team med olika bakgrund och kompetens även i ett tidigt skede av en utvecklingsprocess.
Helhetsperspektiv (16)	Återfinns särskilt i behovsanalys. Bristande helhetsförståelse, oklar målbild och systemens storlek och beroenden lyfts fram som kritiska problem.	Problemen som är relaterade till avsaknad av helhetsperspektiv kan ses som relaterade till IPU-princip 2; vikten av att integrera utvecklingsprocessen med övergripande verksamhetsstrategier. De investeringar man gör i utveckling och driftsättning av signalsystemen är inte kopplade till den övergripande verksamhetsstrategin.
Komplexitet (11)	Återfinns i de flesta faser. Ett återkommande och stort problem är att signalsystem är sant komplexa med en mängd delsystem, avsaknad av modultänk och kompatibilitet.	Hantering av komplexitet hanteras av samtliga IPU-principer men enbart indirekt genom att IPU enbart är relevant vid utveckling av komplexa produkter.

PROBLEM-OMRÅDE	SUMMERING	RELATERADE IPU-PRINCIPER SAMT LÖSNINGSOMRÅDE (det sistnämnda i kursivt)
Livscykel (11)	Återfinns i alla faser utom V&V- och Förstudie-fasen. Problemen handlar om brist på livscykelperspektiv, särskilt att reparationer och möjliga uppgraderingar inte beaktas. Även problem relaterat till snabb teknisk utveckling belyses.	IPU-princip 4 belyser vikten av att ta med perspektiv från tillverkning och underhåll tidigt i utvecklingsprocessen. Princip 11 kan också ses som ett sätt att betona vikten av att göra ständiga förbättringar istället för att sträva efter att "tro" att det går att ta fram en optimal process en gång för alla.
Kvalitet (7)	Återfinns i de flesta faserna. Problemen handlar om tillförlitlighet, dåligt förarbete och dåliga underlag samt brister i standarder.	IPU-princip 9 betonar vikten av att använda sig av systematiska kvalitets-och reliabilitetsmetoder för att säkra processer och skapa förutsättningar för en mer robust slutprodukt. De problem som identifierat indikerar brist på systematisk användning av sådana arbetssätt och metoder när signalsystem utvecklas.
Legala (6)	Återfinns endast i Upphandlings-fasen. Problemen relaterar till krångliga lagar kring upphandling och faktumet att systemen måste upphandlas.	Det finns inga IPU-principer som beskriver hur man specifikt bör hantera legala krav.
Ekonomi (3)	Återfinns endast i Upphandlings-fasen. Ett stort och återkommande problem som också är logiskt är den ständiga strävan efter lägsta kostnad i upphandling.	IPU-princip 8 och 10 sätter kostnad för en utvecklings process i fokus men inte till "vilket pris som helst". Princip 8 lyfter fram värdet av att kunna simulera prestanda och drift för att kunna identifiera kritiska tester vilket förnsabbar och förenklar utvecklingsprocessen. Princip 10 lyfter fram behovet av att identifiera möjliga sätt att standardisera processer för att kunna vinna tid och kostnad. Ekonomi måste beaktas i rätt fas och man måste klargöra vilka kostnader man beaktar.

4.4. Behovsanalys med stöd av integrerad produktutveckling

Integrerad produktutveckling har använts inom verkstadsindustrins för att överbrygga gap mellan olika perspektiv. Syftet är att minimera, eller helst eliminera, antalet sena ändringar. Kostnadsdrivande produktutformningar identifieras. Ju senare ändringar i produktutvecklingsprocessen, desto dyrare.

Ett sätt att sammanfatta vad integrerad produktutveckling förespråkar är att utgå från ett antal principer som kan sägas beskriva vad det handlar om. Dessa principer kan sammanfattas med följande lista:

1. Förstå dina kunder och användare och deras behov och krav.
2. Integrera R&D, produktutveckling och processinvesteringar med den övergripande affärsstrategin.
3. Använd produktutvecklingsteam för att underlätta för tidigt involverande och parallell design.
4. Designa produkten och produktions- och supportprocesser parallellt.
5. Involvera leverantörer tidigt i utvecklingsprocessen.
6. Använd digitala produktmodeller för att lättare fånga och underhålla en mer komplett och överensstämmande representation av designen.
7. Integrera CAE, CAD, CAM och liknande verktyg i processen för att förbättra effektivitet och reducera utvecklingstiden.
8. Simulera produktprestanda och tillverkningsprocesser elektroniskt för att reducera kostsamma konstruktioner och testiterationer.

9. Använd kvalitets- och reliabilitetsmetoder för att utveckla mer robusta produkter och processer.
10. Skapa effektiva och standardiserade utvecklingsprocesser för att reducera kostnad och utvecklingstid.
11. Förbättra utvecklingsprocessen kontinuerligt.

De är alltså i någon mening föreskrivande. IPU principerna har använts i analysen av problemen som identifierades under workshopen i syfte att identifiera möjliga lösningsområden.

Samtliga IPU-principer kan sägas fokusera på hur man bör utforma en utvecklingsprocess för mer komplexa produkter och produktsystem. Några av principerna är tydligare kopplade till många av de process-relaterade problemen. Framförallt principerna 1 och 5 eftersom de trycker på vikten av att förstå och involvera olika aktörer som kunder och leverantörer tidigt i processen. IPU princip nr.4 belyser vikten av att också ta med perspektiv från tillverkning och underhåll tidigt i utvecklingsprocessen vilket kan ses som ett sätt att hantera de problem som pekar på brister i att anamma ett livscykelperspektiv. Princip 11 kan också ses som ett sätt att hantera bristen på ett livscykelperspektiv genom att betona vikten av att göra ständiga förbättringar istället för att sträva efter att "tro" att det går att ta fram en optimal process en gång för alla.

De problem som återfinns under Test/Krav kan framförallt hänföras till principerna 6,7,8 och 9 som alla pekar på hur man på olika sätt bör testa en produkt under utveckling. Både användning av simuleringar och digitala produktmodeller lyfts fram som viktiga verktyg i kombination av systematisk användning av olika typer av reliabilitetsmetoder för att säkerställa hög kvalitet i slutprodukten. IPU princip 1 lyfter fram vikten av att skaffa sig god kompetens om sina kunder och slutanvändare. Många av de kompetensrelaterade problem som identifierats tyder på att detta inte görs på ett systematiskt sätt idag. Vidare, så pekar IPU princip nr. 3 på behovet av att sätta samma team med olika bakgrund och kompetens även i ett tidigt skede av en utvecklingsprocess. Detta skulle kunna vara ett sätt att hantera kompetensrelaterade problem som relaterar hur man kan på bästa sätt tar hand om erfarenheter som är svårare att dokumentera och enkelt göra explicita.

Problemen som är relaterade till avsaknad av helhetsperspektiv kan ses som relaterade till IPU-princip nr. 2; vikten av att integrera utvecklingsprocessen med övergripande verksamhetsstrategier. De problem som lyfts fram visar på att investeringar man gör i utveckling och driftsättning av signal-systemen inte är kopplade till en övergripande verksamhetsstrategi eftersom en sådan inte existerar i den utsträckning man behöver. IPU princip nr. 9 betonar vikten av att använda sig av systematiska kvalitets-och reliabilitetsmetoder för att säkra processer och skapa förutsättningar för en mer robust slutprodukt. De kvalitets-relaterade problem som identifierats indikerar brist på systematisk användning av sådana arbetssätt och metoder när signalsystem utvecklas.

Det finns inga IPU principer som beskriver hur man specifikt bör hantera legala krav eller offentlig upphandling av komplexa produkter. IPU princip nr. 8 och 10 sätter dock kostnad för en utvecklingsprocess i fokus men inte till "vilket pris som helst". Princip 8 lyfter fram värdet av att kunna simulera prestanda och drift för att kunna identifiera kritiska tester vilket snabbar upp och förenklar utvecklingsprocessen. Princip 10 lyfter fram behovet av att identifiera möjliga sätt att standardisera processer för att kunna vinna tid och kostnad. Frågan är därför om strävan efter lägsta kostnad som lyfts fram som ett problem i signalsystemupphandling ställs i rätt fas och vilket pris det är man tittar på.

Sammantaget så visar analysen av problemområdena att användning av den kunskap som finns tillgänglig inom integrerad produktutveckling utgör ett bra stöd när det gäller utformning av utvecklingsprocessen för signalsystem.

4.5. Behovsanalys med hjälp av Systems Engineering

En av de centrala rekommendationerna från PwC-analysen av TF:s signalsystemsprojekt och programstyrning är att signalsystemprojekt som innehåller ett stort mått av systemintegration, testning och anpassning kräver att TF bejakar behovet av systemutveckling. Rapporten konstaterar att TF måste se över ansvarsfördelning och dialogformer mellan TF och dess leverantörer så att TF bygger upp tillräcklig kompetens och kapacitet för att kunna beställa utvecklingsarbete.

Ett vedertaget sätt att hantera komplexitet i utveckling av signalsystem inom transportsektorn är att tillämpa Systems Engineering (SE). En sammanställning av fallstudier där SE har använts från transportsektorn ger tydligt stöd för vikten av att ha ett helhetsperspektiv där standardiserade systemutvecklingsprocesser används vid utveckling av transportsystem (Edqvist, 2014). Flera av fallstudierna har hanterat liknande problem som Trafikförvaltningen brottas med. Vi kan t.ex. jämföra utvärderingen av uppgraderingen av Röda linjen (PwC, 2014) med fallstudien som berörde uppgraderingen av Jubilee Line och Northern Line i Londons tunnelbana (INCOSE, 2011).

Vid uppgraderingen av Jubilee Line och Northern Line i Londons tunnelbana så identifierades följande utmaningar för projekten.

- ny teknik med begränsad möjlighet att simulera funktionalitet
- en uppgradering medan tunnelbanelinjen är i drift, med minimal påverkan på passagerarna
- ny teknik som kräver nya arbetssätt
- hantering av flera intressenter.

Utmaningarna för signalsystemprojekten från London i SE-fallstudien liknar de som finns i Röda Linjens signalsystemsprojekt. Båda linjerna har varit i drift under lång tid och uppgraderingen ersätter äldre teknologi med nyare teknik som kräver nya arbetssätt. Det nuvarande signalsystemet för Röda Linjen är mer än 50 år gammalt och har nått sin tekniska livslängd. Röda linjens nya signalsystem ska vid leverans vara redo att tas i omedelbar drift och kräver att bytet av signalsystemet genomförs i redan befintlig bana. Genomförandet kräver samverkan av ett flertal intressenter varav TF, programorganisationen (RLU), projektorganisationen (MER TTSS) och leverantören av signalsystemet är de centrala parterna (PwC, 2014).

I både uppgraderingen av Jubilee Line och Northern Line så beskrivs hur stora resurser har satsats på att hantera riskerna genom att tillämpa SE-processer för kravhantering, beskrivning av systemarkitekturen och hantering av gränssnitt mellan delsystem.

Trots det lyckades inte signalprojektet för Jubilee Line att leverera i tid och hade initialt tillförlitlighetsproblem. Problemen kunde dock avgränsas till anpassningar i delsystem då den övergripande systemarkitekturen var korrekt utförd.

Det efterföljande Northern Line projektet tog lärdom av Jubilee Line projektet och förändrade bland annat projekthanteringen från att ha varit geografiskt distribuerad till att få en samlokalisering av kundens och entreprenörens team. SE-processerna förstärktes med ytterligare tester i separata testanläggningar. Sammantaget fick det till följd att Northern Line projektet levererade i tid och enligt budget och mötte effekt- och tillförlitlighetsmålen vid dag ett.

Båda projekten visar på vikten av att investera i SE-processer tidigt i V-modellen samt att ha god tillgänglighet till testsystem vid verifiering och validering. Men vad som är minst lika viktigt är ett gott stöd i projekthanteringen vilket uppnåddes med bland annat ett tätare samarbete mellan kunden och entreprenören i Northern Line projektet.

Vad gäller granskningen av uppgraderingen av Röda Linjen så har rapporten inte tagit hänsyn till vare sig systemlösning, funktionskrav eller teknisk totalbild ("baseline") vid upphandling (PwC, 2014). De problem som tas upp i analysen om signalutvecklingsprojektet i röda linjen som t.ex. bristfälliga intressentanalyser och frekventa ändringar i kravbilden under utveckling indikerar att det finns ett stort behov av att förbättra SE-processerna på Trafikförvaltningen, men rapporten i sig uttrycker inte det i klartext.

Genom att analysera problemen från workshoppen med hjälp av Friedman & Sage (2004) modell i Bilaga 2 så kan man identifiera SE-relaterade behov för respektive livscykel fas. Forskningsförstudiens analys visar att workshopdeltagarna i huvudsak identifierade SE-relaterade problem på beställarsidan och sådana problem som är gemensamma för både leverantör och beställare, se tabell 5.

Exempel på ett SE-relaterat problem som identifierades vid Behovsanalysen är "*Avsaknad av slutanvändarna (förvaltning, operatörer, förare, underhåll, arkiv)*", se Tabell 5. Enligt riktlinjerna från Friedman och Sage modell, Tabell 4, (Ruta A.3.) så är det TF:s/beställarens ansvar att se till att "*Den som ska använda systemet bör vara intimt involverad vid framtagningen av kraven för systemet.*".

Två andra SE-relaterade problem som identifierades vid Behovsanalysfasen men som rör Livscykelperspektivet är "*Avsaknad av långsiktig strategi*" och att "*Helhetsperspektivet saknas för hela transportsystemet*", se Tabell 5. Enligt riktlinjerna i Tabell 4 så ska leverantören ta hänsyn till att "*All design ska utföras med tanke på hela livscykeln snarare än en tidig konceptfas*" och beställaren/TF ska se till att "*upphandling av system under utveckling skall ta hänsyn till den totala livscykelkostnaden LCC genom metoder som Earned Value Management.*"

En slutsats är att det finns ett fortsatt behov av att analysera implementationen av befintliga SE-processer på Trafikförvaltningen samt att säkerställa att de integreras i projekthanteringen med de principer som fastställs inom integrerad produktutveckling.

5. Omvärldsbevakning och omvärldsanalys på Trafikförvaltningen

Trafikförvaltningen arbetar med systematisk omvärldsanalys. Målet med omvärldsanalysen är att kontinuerligt bevaka de omvärldsfaktorer som är viktiga för trafikförvaltningens strategiska arbete. På så sätt skapas beredskap för framtiden, vilket gör det lättare att prioritera och hantera osäkerheter vid beslutsfattande. Omvärldsbevakningen kopplar till de övergripande målen i Stockholms läns landstings regionala trafikförsörjningsprogram och processen för omvärldsanalys ska genom ett systematiskt och strukturerat arbetssätt ge stöd till beslutfattande och vara ett underlag för Trafikförvaltningens styrdokument.

Trafikförvaltningen har sammanställt åtta trender som enligt trafikförvaltningen bedöms ha en stor påverkan på kollektivtrafikens framtida utformning. Trenderna rubriceras som: Stockholmsregionens utveckling, den moderna stockholmaren, hälsomedvetenhet, en komplex marknad i förändring, IT-utvecklingen, medietransparens, klimatkrav och förnybar energi och slutligen utvecklingen av trafikkoncept, trafikslag och fordon. För en utvecklad beskrivning av trenderna och dess påverkan på kollektivtrafiken hänvisas till rapporten "Omvärld i förändring" (Brandell & Lovén, 2012).

Trafikförvaltningen arbetar även kontinuerligt med omvärldsbevakning där relevanta händelser med hjälp av ett systemstöd kartläggs och sammanfattas varje månad. Varje tertial analyseras dessa händelser och en analysgrupp formulerar konsekvensbeskrivningar och strategiska råd som presenteras för Trafikförvaltningens ledningsgrupp.

6. Diskussion och slutsatser

All spårbusen trafik har någon typ av styrsystem och säkerhetskoncept där signalsystemet utgör en grundläggande och väsentlig del av säkerheten. Signalsystem är en tekniskt avancerad infrastruktur som kräver ett tvärvetenskapligt angreppssätt utifrån flera perspektiv som bl.a. teknik, kompetens och arbetsprocess. Systemets komplexitet innebär att det måste analyseras som ett system av system där olika komponenter verkar enskilt och i kombination med varandra där den funktionella helheten är slutresultatet. Att beakta denna samverkan måste göras i ett tidigt skede av utvecklingsarbetet genom analys av operationella behov och sedan följas upp genom spårbarheten till systemkrav och hanteringen av gränssnittet mellan delsystemen. Ju mer en arbetsprocess delas upp i enskilda moment desto mer förloras helhetsperspektivet. Avsaknaden av helhetsperspektivet har i många fall lett till att det inte finns teknisk kompetens vare sig hos den upphandlande förvaltningen eller hos de olika anbudsgivande konsultföretagen. Gapet mellan olika aktörers kompetens och agerande måste minskas för att säkerställa att slutresultatet verkligen blir det som beställts och efterfrågats.

Litteraturstudien som genomförts inom ramen för forskningsförstudien pekar på att komplexiteten ökar på många håll i samhället vilket ofta tas som en intäkt på att organisationer är svårstyrda, svåra att utveckla och förändra ur ett tekniskt, ekonomiskt och organisatoriskt perspektiv. Att anta ett angreppssätt utifrån ett komplexitetsperspektiv innebär bl.a. ett ifrågasättande av existerande rutiner, lednings- och kvalitetssystem och många organisationer kämpar med att få ordning på sitt processarbete. Detta påverkar i sin tur även ledarskapet som måste anpassas till rådande situation. Det krävs också ett "botten-upp" tänkande där involvering och delaktighet från de som utför det dagliga, faktiska arbetet är centralt. Man kan även konstatera att beslutsfattande har förändrats vilket kan kopplas till möjligheten att skaffa sig relevant information. I dag förmedlas ofta information via abstrakta representationer om verkligheten som ofta skapats av systemkonstruktören som har mer eller mindre kännedom om vilken information beslutsfattaren verkligen behöver. Resultatet har blivit att beslutsfattarens möjlighet att påverka har förändrats och idag finns i händerna på systemkonstruktörer. Att styra systemkonstruktörens arbete blir därmed centralt och vad denna forskningsförstudie pekar på är att användandet av teoretiska produktframtagningmetoder och system av system analyser blir avgörande för att nå framgång.

För att hantera komplexiteten och närma sig ett hanterbart sätt att identifiera vilka behov som finns för en mer effektiv och innovativ utveckling av signalsystem gjordes inom ramen för projektet en analys av signalsystem ur ett processperspektiv och utifrån principerna för Integrerad Produktutveckling. Detta var också utgångspunkten för den workshop som genomfördes med ett flertal aktörer från olika discipliner. Behovsanalysen genomfördes i flera steg. Steg 1 innebar att aktörerna skulle beskriva vilka problem de ser i vilken fas av signalsystemets livscykel samt prioritera behoven. I steg 2 kategoriserade projektgruppen de identifierade behoven med syfte att tydliggöra vilka problem som måste angripas för att utveckla lösningar. Behoven analyserades sedan i steg 3 ur två teoretiska perspektiv – Integrerad Produktutveckling och Systems Engineering. Både Integrerad Produktutveckling (IPU) och Systems Engineering (SE) har beskrivningar om hur olika aktörer vid produktutveckling bör involveras med avseende på roller och ansvar i utvecklingsarbetet.

Genom att analysera problembilden från workshopen kan SE-relaterade behov identifieras för respektive fas i signalsystemets livscykel. Analysen visar att workshopdeltagarna i huvudsak identifierade SE-relaterade problem på beställarsidan och sådana problem som är gemensamma för både leverantör och beställare.

Vidare framkom att helhetsperspektivet, långsiktig strategi och oklar målbild var något som saknades i behovsdelen av processkedjan. I förstudiefasen upplevdes en brist med avseende på återkopplingen till erfarenhet och att gränssnitt saknas. Bristande fokus på underhåll och brist på kompetens var karakteristiska faktorer i upphandlingsfasen. Ytterligare en faktor i upphandlingsfasen som ansågs försvåra innovativa lösningar var att det alltid är lägsta pris som gäller samt att beställaren i sina

strategiska dokument vill ha beprövad teknik. I övriga efterföljande faser i processkedjan framkom att det fanns brister vad gäller målbild, funktioner, systemtester, och att uppföljning av felaktigheter är bristfällig i förvaltningsfasen.

Den typ av komplexa produkter som signalsystem är lider av att vara fragmentiserade och att någon typ av helhet behöver åstadkommas. Det finns därför ett fortsatt behov av att analysera implementationen av befintliga SE-processer på Trafikförvaltningen samt säkerställa att de integreras på ett bra sätt med de principer som fastställs inom integrerad produktutveckling. Ett sådant synsätt kommer med stor sannolikhet att skapa bättre förutsättningar att hantera upphandlingen av komplexa signalsystem på ett mer systematiskt och strukturerat sätt än vad som för tillfället sker. En väl fungerande upphandlingsfas kommer också att leda till signalsystemets resterande faser säkerställs ur ett livscykelperspektiv.

I kapitel 5 syns det tydligt att Trafikförvaltningen inte tänkt i Integrerad Produktutvecklings termer eller i Systems Engineering termer. Att det sedan dyker upp problem i genomförandet av signal-systemsprojekten som Trafikförvaltningen bedriver härrör sig troligen från avsaknaden av ett systematiskt tänkande i IPU- och SE- termer.

Trafikförvaltningens arbetssätt där inte hela processen från idé till avveckling av processen omhändertas resulterar i att TF inskränker sitt egna tidsperspektiv till en allt för kortsiktig syn. Då ett signalsystem bara skall verka under en begränsad tid av hela spårbanans livslängd, så missas flera av faserna ur ett livscykelperspektiv. Man kan skämtsamt säga ”signalsystem kommer och går men banan består”. Det intressanta är att TF:s medarbetare är medvetna om problematiken men att varken managementnivån eller de arbetsprocesser som används stöder det behov som medarbetarna ger uttryck för.

Sammantaget lyckas de båda interna analyserna och resultatet från workshopen i denna forskningsförstudie identifiera ett antal problemområden som behöver hanteras för att utveckling av signalsystem ska kunna genomföras på ett bättre sätt i framtiden. Samtidigt så har det framkommit att flera problemområden redan finns identifierade i IPU och SE teoretiska beskrivningar men att de behöver modifieras till att passa upphandlingsorganisationer. Detta behöver göras i och med att fler organisationer går mot att bli rena upphandlingsorganisationer och därmed behöver dessa organisationer ett stöd för att kunna göra innovationsupphandlingar av komplexa system och ändå behålla kontrollen under produktutvecklingen.

7. Fortsatt arbete

7.1. Berörda parter för fortsatt utredning

I fortsatt arbete önskar vi bredda och fördjupa frågeställningen. Hittills har det handlat om att skapa ett första utkast till struktur för upphandling och implementationsprocessen av komplexa signalsystem för Storstockholms Lokaltrafik. Nu önskar vi utvidga detta, dock fortfarande med Stockholms spårburna kollektivtrafik som bas, men söka samverka även nationellt och delvis även på nordisk nivå för att studera hur upphandling sker och vilka lärdomar som går att dra för att utveckla processen med upphandling och implementering av underhåll, re- och nyinvestering av signalsystem för spårburna system.

Detta innebär att vi bland annat kommer att söka kontakt med till exempel Trafikverket, Transportstyrelsen, Konkurrensverket, flera lokala trafikförvaltningar i Göteborg, Skåne, Köpenhamn, Oslo och Helsingfors samt en breddning av genomförande företag inom tillverkning, konsulter, operatörer, underhållare samt möjligen även nationella branschorganisationer och internationella samordningsorgan. Möjligen att detta även kan ge kunskap och erfarenheter för upphandlande förvaltningar av processen för att driva även andra teknikområden inom spårburna trafiksystem.

7.2. Kompetensbehov för sektorn

När strukturen för processen är konstaterad kan en fortsättning vara att genomföra en kompetensinventering för att se vilka parter, såväl inom förvaltningen som hos de olika genomförande externa företagen som behöver vilken kompetens inom vilka yrkesområden.

Denna kompetens består av tre olika delar, faktisk utbildning, yrkeserfarenhet och slutligen skapande av ny kompetens, dvs. utveckling, innovation och forskningsbehov. Med avseende på utbildningen behövs en inventering av hur utbildningssystemet, med fokus på signalsystemet, är strukturerat och hur det kan utvecklas ytterligare. Därefter en kompetensinventering, vilken kompetens finns var och hur kan den vidareutvecklas och spridas för att få en mer balanserad kompetensbas inom sektorn. Slutligen, vilken kompetens är det som saknas och behöver utvecklas genom forskning och utveckling inom t.ex. akademien, tekniska parter eller på systemnivå.

Referenser

- Andersson, U. & Edström, A. (2013). Snurran – Storskalig spridning av komplexa system. Memeologen 2013.
- Brandell, S. & Lovén, L. (2012). Omvärld i förändring – trender och konsekvenser för kollektivtrafiken i Stockholm (juni 2012),
- Brown, T. (2008): Design Thinking, Harvard Business Review, June, pp. 1-10.
- Duvner, S. (2013). Fallgropar vid offentlig upphandling ur ett beslutsteoretiskt perspektiv. Akademin för teknik och miljö. Högskolan Gävle.
- Edqvist, C, 2014, Konkurrensverket, 2014: ”Offentlig upphandling och innovation”, Konkurrensverket uppdragsforskning 2014:5, ISSN-nr 1652-8069
- Friedman, G. & Sage, A. P. Sage (2004). Case Studies of Systems Engineering and Management in Systems Acquisition
- INCOSE Transportation Working Group (2011). Systems Engineering in Transportation Projects A Library of Case Studies
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009) Den kvalitativa forskningsintervjun, Studentlitteratur, Lund, Sverige.
- Lindberg Collin, M, (2014) ”Vad är det som är så svårt med signalsystem?”, Diariernr: TN-2014-0339, Stockholms Läns Landsting
- Nilsson, F. (2007). Den komplexa vården – om komplexitet och komplexa processer inom hälso- och sjukvården. Utvecklingscentrum, Region Skåne.
- Palmberg Broryd, K. (2013). Om att leda och driva utveckling – processer. Matriser och att leda i komplexitet. Fysioterapi nr 3, 2013.
- PwC, 2014, ”Projekt Faros Slutrapport”, ID-nr: 390336, Stockholms Läns Landsting
- Rydstedt, J. (2014). Verkligheten på spåret – Rapport om villkoren för anställda och resenärer i Stockholms tunnelbana (rapport nr 42/2012), Johan Rydstedt, <http://tankesmedjantiden.se/wp-content/uploads/2014/10/Verkligheten-p%C3%A5-sp%C3%A5ret.pdf>
- Sandblad, B. (2006). Människan i styrning av komplexa dynamiska system – principer, gränssnitt och användning av simulatorer. MDI, inst. För informationsteknologi, Uppsala universitet.
- Staats, B. and Upton, D.M. (2011): Lean Knowledge Work, Harvard Business Review, Oct, pp. 1-11

Bilaga 1

Tabell 3. Intressenter och deras grad av involvering i olika delar av ett signalsystems livscykel.

H – hög grad av involvering

M – medelhög grad av involvering

L – låg grad av involvering.

Fas: Aktör:	Kategori	Behovs- studie	Förstudie	Upphandling	Utveckling	V & V	Driftsättning	Förvaltning	
Politiker	Politiker	H	M		L				
Trafikförvaltningen	Myndighet				H		H	M	Projekt
Transportstyrelsen	Myndighet				H	M	M		Projekt
Kommuner/Staden	Kommun	M					L	L	Ref
Kommun/stad: Stadsutvecklare	Kommun	M							Projekt
Trafikant	Användare, direkt	M		L	L	L		L	Ref
Trafikförvaltningen Informatör	Myndighet	M					L		
Operatör	Användare, privat	M		L	M		H	M	Projekt
Infrastruktur- förvaltare	Användare, offentlig	M		L			H		Projekt Trafikverket
Entreprenör	Användare, privat	M	L	L	M			H	Projekt
Operatör: Förare	Användare, privat	M?		L			L	M	
Väljare	Användare, indirekt/direkt	L							
Systemleverantör	Leverantör, privat	L	M	M	H		H	H	Projekt
Fordonsleverantör	Leverantör, privat						M	L	Projekt
Trafikförvaltningen: Ledningsstrateg	Myndighet		L						
Trafikförvaltningen: Specifikationsförfattare	Myndighet			H					
Trafikförvaltningen: Upphandlare	Myndighet			M			L		
Trafikförvaltningen/ konsulter: Utvärderare	Myndighet/ konsult			M			L		
Projektör/konsulter	Leverantör, privat			L			M		Ref
Produktion	Leverantör, privat			L			H		Ref
Konsult (teknik/utveckling)	Leverantör, privat				H				
Trafikförvaltningen: Kravställare	Myndighet				H		H		
Problemlösare (konsult)	Leverantör, privat				H				

Fastighetsägare	Användare, indirekt				L			L	
Säkerhetskonsult	Leverantör, privat					H	M		Projekt
Ibruktagare /ibruktagarledare	Leverantör, privat					H	H		
driftledningscentral	Användare, offentlig					M			Ref
Tågklarerare/operatör	Användare, offentlig					M	L		Ref
Felavhjälpare	Leverantör, privat						M	H	Ref
Driftledare/trafikledare	Leverantör, privat						M	M	Ref
Entreprenör: Förare underhållsfordon	Leverantör, privat							M	
Arbetsgivare	Användare, indirekt							L	
Räddningstjänst	Myndighet,						L	L	

Bilaga 2. Modell för utvärdering av systemupphandlingsprojekt

Riktlinjerna i Tabell 4 utgår från Friedman och Sage modell för utvärdering av systemupphandlingsprojekt (Fridman & Sage, 2004) och är anpassad till de livscyklfaser Trafikförvaltningen (TF) använder. Utöver livscyklfaserna A.-F. så finns aspekterna G. Livscykelperspektiv, H. Riskhantering och I. Projekthantering som måste tas hänsyn till över samtliga livscyklfaser.

Med hjälp av riktlinjerna i Tabell 4 kan man utvärdera om de viktigaste aspekterna av systems engineering och projekthantering är omhändertagna i ett systemupphandlingsprojekt.

Tabell 4. Riktlinjer för utvärdering systemupphandlingsprojekt baserad på Friedman & Sage modell och anpassad till Trafikförvaltningen (TF).

	Leverantörens ansvar	Gemensamt	TFs ansvar
A. Behovsanalys	Krav ska flöda ner i ett konsekvent och spårbart sätt från den översta nivån till alla lägre nivåer av det system som konstruerats.	Leverantör och TF ska dela varandras kunskaper om tillståndet i teknisk mognad i förhållande till det nya systemet med okända egenskaper som konstruerats.	TF skall integrera behoven hos sina brukarorganisationer med dess utvecklingsorganisation. Användaren och utvecklingsorganisationen är ofta åtskilda av klyftor av kultur och språk. Den som ska använda systemet bör vara intimt involverad vid framtagningen av kraven för systemet.
B. Förstudie /Utredning	Systemarkitekturen i komplexa projekt skall fastställas i början av varje projekt och ska omfatta alla dimensioner av tekniska frågor samt kundernas behov och tillfredsställelse, förväntade politiska förändringar och kontinuitet i finansieringen. En genomtänkt systemarkitektur ger fördelar som sträcker sig långt över sina kostnader. Vid hantering av system-av-system, skall det förutses att systemarkitekturen kommer att förändras utifrån den ursprungliga arkitektur som systemet är konstruerat med.	Systemarkitektur skall vara definierad tidigt av de skäl som anges i B1, och den bästa bedömning av både TF och entreprenören skall användas i alla centrala frågor, inklusive valet av att nyutveckla eller återanvända äldre system.	En komplett systemarkitektur skall vara fastställd av TF av skälen som anges i B1 för att ge en god effektivitet över ett brett spektrum av användningsområden.

C. Utveckling	Systemdesign skall utföras på ett logisk och överskådligt sätt genom funktionell nedbrytning med spårbarhet till design som utgår ifrån systemets funktionella arkitektur och i slutändan resulterar i designspecifikationer för hur systemet ska byggas.	TFs kunder och underleverantörer ska ha ett kontrakt avseende delning av ansvaret för systemdesignen.	TF ska dela effektmåtten på användningen av systemet med leverantören och därigenom säkerställa att föreslagen design är den som är effektivast för alla berörda parter, särskilt den operativa organisationen.
D. Integration	Leverantören ska visa att systemens integration och interface mot varje delsystem och på all komponentnivåer stödjer hela systemets funktionalitet under hela dess livscykel.	Leverantören och TF skall försäkra sig om att alla system är integrerade mot sig själva samt mot gränssnitt med andra befintliga operativa system.	TF skall försäkra sig om att dess operativa system: under utveckling, i drift, eller i planeringsstadiet är kompatibla och ömsesidigt stödjer i ett brett "system-av-system" och "federation av system"-tänk.
E. Validering och Verifiering	Varje krav skall ha ett test och varje test ska ha ett krav. Dessa kräver validering och verifiering. Planering för verifiering och validering samt kriterierna för att godkänna testen skall definieras tidigt i projektet.	Förvaltningens anläggningar är ofta dyra att använda och med begränsad tillgång. Anläggningarna ska delas med Leverantören under Verifiering och Validering (V&V) processen. Testkriterier skall delas tidigt.	TF ska få det slutliga ordet vad gäller testning under utveckling, funktionstest och utvärdering, och införande och operativ användning. Dessa kräver en bedömning på övergripande nivå, eftersom inte alla driftförhållanden kan testas. Den egentliga verksamheten skiljer sig ofta långt ifrån vad planerarna initialt trott och tänkt.
F. Förvaltning	Medan system genomgår funktionstest och utvärdering skall leverantören underhålla tillräcklig utveckling- och testförmåga för att stödja samla in, analysera och rekommendera eventuella ändringar i utformningen av systemet eller stöd genom konstruktionsförändringar .	Både TF och leverantören ska samarbeta för att genomföra och utvärdera ett operativt test av systemet (OPEVAL) och att vara öppen för att återmata information tillbaka till de ursprungliga organisationer samt kunna hantera förändrad design eller senare ändringar genom konstruktionsförändringar.	TF ska säkerställa att en operativt test av systemet genomförs. Det ska bygga på både leverantörens och beställarens resurser, och att alla uppgifter som samlats in i testerna utvärderas för potentiell rekommendation för systemförändring, omformning eller konstruktionsförändringar. Förplanerade strategier för produktförbättringar skall uppmuntras.

G. Livscykel-perspektiv	All design ska utföras med tanke på hela livscykeln snarare än en tidig konceptfas.	Anpassning av metoder, mätningar, teknik och processer skall tillämpas för att stödja en effektiv livscykel.	Finansieringsstöd, under ett projekts livscykel, ska hållas i balans, och upphandling av system under utveckling skall ta hänsyn till den totala livscykelkostnaden LCC genom metoder som Earned Value Management.
H. Riskhantering	Vid varje detaljnivå, skall risken identifieras, prioriteras, och motverkas, eftersom tidig riskhantering kräver tiopotenser mindre resurser och orsakar tiopotenser mindre program störningar än att låta potentiell risk att bli en verklig kris. Risken är kopplad till alla de tre stora programdimensioner: teknisk, tidplan och kostnad.	Det är till TFs fördel liksom leverantörens att identifiera och minska riskerna tidigt. TF skall försäkra sig om att riskhanteringen är en del av upphandlingsavtalets Systems Engineering Management Plan (SEMP), att den får tillräcklig finansiering, och finns representerad i varje granskning av projektet.	Riskhantering i alla delar av projektet skall vara en central och naturlig del av all systemering och livscykelaktiviteter.
I. Projekt-hantering	Varje projekt som kräver Systems Engineering, även små, skall ha en Systems Engineering Management Plan (SEMP) där utvecklingsprocessen anpassas till projektet. Projekt skiljer sig med många storleksordningar i storlek, komplexitet, ööverträffad teknik, och svårigheten att anpassa gränssnitt; SEMPen medger rätt insats för varje omständighet.	Behovet av Systems Engineering i utveckling och förvaltning skall erkännas och stödjas.	TF ska skapa säkerhetsnivåer för projekt för att skydda viktiga teknik och särskilda operativa kapacitet.

Tabell 5. De högst prioriterade problemen identifierade under extern workshop ”problemidentifiering och prioritering.

	Leverantörens ansvar	Gemensamt	TFs ansvar
A. Behovsanalys			Oklar eller avsaknad av problemformulering Samhällsbyggnad saknas Tillförlitlighet Utbildning. Kompetensförmedling. Avsaknad av slutanvändarna (förvaltning, operatörer, förare, underhåll, arkiv)
		G. Livscykelperspektiv Avsaknad av långsiktig strategi Helhetsperspektivet saknas för hela transportsystemet	
B. Förstudie /Utredning		Dåligt med erfarenhetsåterkoppling	Problemavgränsning. Gränssnitt! Studera "hela" signalsystem från DLC till förare
C. Utveckling		Detaljstyrning som ger oklar ansvarsfördelning Krånglig godkännande process Oklar målbild	Avsaknad av tydliga milstolpar, grindar för att gå vidare till nästa steg Tydliggörande av kravbild, kommer för sent och tar för lång tid
D. Integration	-	-	-
E. Validering och Verifiering	brist på resurskompetens I. Projekthantering projektörer styrs av föreskrifter som sällan uppdateras	alltför många funktioner ger långa ledtider sena systemtester testa HELA systemet testkatalog för verifiering ska vara tydligt från början tillgång till testanläggningar för FAT-test	

F. Förvaltning

komplexitet - många
delar många gränssnitt
obefintlig överlämning
till förvaltning
systemen fungerar ej
tillsammans

obefintlig
överlämning till
förvaltning
systemen fungerar ej
tillsammans
systemen inte
anpassade för
verksamheten
utlovad kapacitet
uppnås ej

G.
Livscykelperspektiv
helhetsperspektivet
saknas
långsiktig strategi
saknas
I. Projekthantering
uppföljning av
felaktigheter är
bristfällig

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

