

Slutredovisning för projektet

FUKS – Förstudie Uppföljning, Kapacitetsplanering, Simulering och Trafikstyrning

FUD-id 5510

Syfte med projektet

Trafikverket samlar in en stor mängd data och information om hur det svenska järnvägsnätet planeras att användas på kort och lång sikt (trafikering och banunderhåll) och hur det faktiskt används. Denna information utgör underlag för bl.a. Trafikverkets uppföljning av kapacitetsutnyttjande, punktlighet och beräkning av ban- och kvalitetsavgifter. Metoderna och sätten varpå de olika analyserna görs på Trafikverket och vilka slutsatser man kan dra varierar.

Initiativet till FUKS-projektet vilar på KAJT-parternas övertygelse om att den information som samlas in av Trafikverket kombinerat med de kraftfulla beräkningsmetoder som utvecklats inom KAJT-parternas olika forskningsprojekt för olika ändamål skulle kunna användas i en mycket större utsträckning och ge värdefulla insikter om hur järnvägssystemets komponenter och dess olika aktörer interagerar under såväl planeringen som under drift.

Denna förstudie har syftat till att kartlägga vilka behov som finns hos Trafikverket och branschen avseende ytterligare eller annan form av uppföljning i det sammanhang som beskrivs ovan. Vilken typ av processer, tjänster eller beslutstöd dessa behov kan komma att ta form har även diskuterats och på vilka sätt definierade behov kan konkretiseras för eventuella framtida KAJT-projekt.

Ett ytterligare syfte med förstudien var att intensifiera samarbeten mellan de olika KAJT-parterna, att beskriva kunskapsläget inom KAJT i de berörda frågeställningarna samt att skapa en gemensam förståelse för Trafikverkets behov, processer och möjligheter att föra in forskningsresultat i verksamheten.

Projektet har pågått under perioden oktober 2013-april 2014 och finansierats av Trafikverket med 0.5 Mkr inom ramen för KAJT-programmet. Projektarbetet har bestått av två huvudsakliga delar:

Del 1 som syftade till att beskriva Trafikverkets processer kring planering och drift av kapacitet som sedan kopplades till aktuella utvecklings- och forskningsprojekt inom KAJT och internt på Trafikverket. Huvudfokus har varit processen förplanering (JNB) – ett årig tågplan – adhocplanering – operativ trafikering – uppföljning. Mappningen mellan processerna och pågående forskning/utveckling resulterade i en behovsanalys och förslag på relevanta framtida forskningsinriktningar med fokus på uppföljning eftersom KAJT ännu inte uttalat bedriver forskningsprojekt inom detta område men diskussioner om behov av detta pågår. Arbetet i del 1 sammanfattas i en rapport som också presenterades under ett seminarium i Solna den 28 april. Rapporten har också spridits till Trafikverket och KAJTs programråd för synpunkter dessförinnan. Rapporten bifogas som bilaga till detta dokument.

I Del 2 har tre olika frågeställningar för framtida forskningsprojekt inom uppföljningsområdet definierats och i viss mån studerats på en övergripande nivå. Dessa presenterades också vid seminariet den 28 april. Detta arbete sammanfattas som en samling PM bifogat detta dokument.

Projektgrupp

Projektet FUKS har huvudsakligen utförts av BTH, KTH, LiU och SICS på uppdrag av och i nära samverkan med Trafikverket. BTH (Johanna Törnquist Krasemann) har koordinerat arbetet och svarat för att sammanställa och samla in material tillsammans med Magnus Wahlborg (Trafikverket). Från resp. part har följande personer medverkat och arbetat aktivt i projektet:

- Johanna Törnquist Krasemann (BTH).
- Bo-Lennart Nelldal, Anders Lindfeldt, Hans Sipilä och Jennifer Warg (KTH).
- Martin Joborn och Tomas Lidén (LiU).

- Martin Aronsson, Jan Ekman, Anders Holst och Kivanc Dogany (SICS).

Dessutom har Uppsala Universitet (Bengt Sandblad och Anders Jansson) bidragit med information om aktuella projekt som UU deltar i.

Leveranser och uppföljning

Projektet har resulterat i:

- En slutrapport (Bilaga 1) på svenska som beskriver det utförda utredningsarbetet i Del 1, resultat, slutsatser och rekommendationer för fortsatt arbetet inom KAJT i de hanterade frågeställningarna.
- Förslag på frågeställningar för framtida forskning inom uppföljningsområdet (se kap. 4.3 i Bilaga 1 samt Bilaga 2, innehållande en samling PM från arbetet i Del 2).
- Ett slutseminarium (28 april 2014, hos Trafikverket i Solna) då projektresultaten presenterades och diskuterades.

Kortfattad ekonomisk redovisning

Parterna har upparbetat följande kostnader (angivet i SEK) under projektets olika delar: Del 1 resp. del 2. I BTHs arbete i del 1 ingår även projektadministration mm. Den tid som Trafikverket lagt i projektet finns inte redovisad i nedan sammanställning eftersom det inte ingår i projektbudget på 0.5 Mkr.

Projektpart	Del 1	Del 1	Del 2	Totala upparbetade kostnader per part
	Okt-Dec 2013	Jan-April 2014	Jan-April 2014	
Blekinge Tekniska Högskola	80 295	80 239	40 000	200 534
SICS Swedish ICT	39 270	10 000	80 000	129 270
Linköpings Universitet	35 196	10 000	-	45 196
Kungl. Tekniska Högskolan	35 000	-	80 000	115 000
Uppsala Universitet	-	10 000	-	10 000

Summa: 0.5 Mkr

Förstudie Uppföljning, Kapacitetsplanering, Simulering och Trafikstyrning (FUKS)

- Mappning av KAJTs forskning till
Trafikverkets verksamhet och processer

FUD-id 5510

2014-04-29



1. Syfte

Detta dokument presenterar merparten av det arbete som har utförts inom förstudien FUKS (Förstudie uppföljning, kapacitetsplanering, simulering och trafikstyrning) på uppdrag av Trafikverket inom ramen för KAJT-samarbetet.

Dokumentet syftar till att beskriva de delprocesser hos Trafikverket som hanterar planering och drift av järnvägstrafik och med fokus på hur kapaciteten tilldelas, nyttjas och följs upp (kapitel 3). Processbeskrivning kopplas sedan till relevanta utvecklingsprojekt inom Trafikverket samt de projekt och den forskning som utförs inom KAJT för att på olika sätt stödja de olika delprocesser och aktiviteter redan idag eller i framtiden (kapitel 4). Kapitel 4.3 innehåller en kort beskrivning av observerade potentiella forskningsbehov inom fokusområdena "Trafikinformation" och "Trafikuppföljning".

Med utgångspunkt från kartläggningen och slutsatserna som återges av kapitel 3-4, så görs i kapitel 5 en summering av de behov av stödjande processer, funktioner och system som identifierats av Trafikverket i processen och som kan ligga till grund för framtida KAJT-projekt.

Denna rapport syftar även till att användas inom KAJT för att koppla KAJT:s forskning till Trafikverkets och branschens processer, samt att därigenom ge kunskap om steget att implementera forskningsresultat i Trafikverkets och branschens verksamhet.

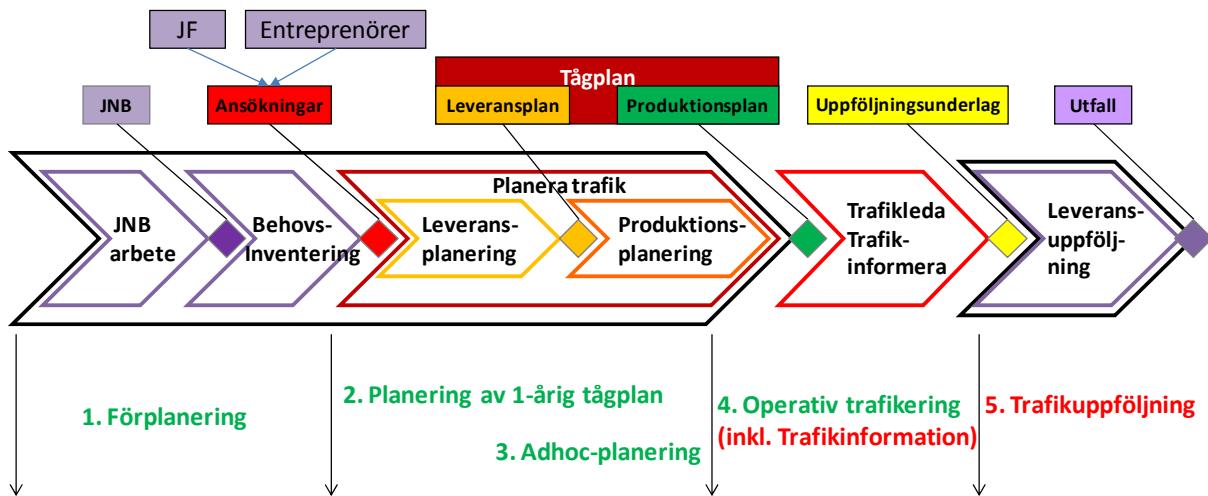
Vi reserverar oss för att processerna och motsvarande beskrivningar kan ha kommit att ändras internt på Trafikverket efter att denna rapport har slutförts.

2. Utgångspunkt och genomförande

Kartläggningen av de processer hos Trafikverket som hanterar planering och drift av järnvägstrafik och med fokus på hur kapaciteten tilldelas, nyttjas och följs upp har utgått från projektgruppens samlade kunskap om verksamheten och processerna. Trafikverkets interna processbeskrivningar såsom "Från ansökan till leverans" (Trafikverket/Göran Styhr, version uppdaterad 2011-11-10), dokumentet "Handledning 3.0" och förstudierapporten "Framtida funktionalitet inom kapacitetstilldelning – Smarta arbetssätt och moderna IT lösningar" (Trafikverket/Christian Tham, maj 2013) liksom aktuella versioner av Järnvägsnätsbeskrivningen (JNB) har legat till grund för arbetet.

Nulägesbeskrivningen i kapitel 3 resp. 4.1. har gemensamt tagits fram av Johanna Törnquist Krasemann vid Blekinge Tekniska Högskola (BTH), Magnus Wahlborg på Trafikverket, Martin Aronsson på SICS samt Martin Joborn och Tomas Lidén vid Linköpings Universitet (LiU). Dokumentet har sedan varit på remiss hos flera enheter på Trafikverket samt hos KAJT:s programråd, vilka bidragit med värdefulla synpunkter. Projektbeskrivningarna i bilagan kopplat till kapitel 4.2. har resp. projektpart (BTH, KTH, LiU, SICS, VTI samt Uppsala Universitet) svarat för att ta fram.

3. Nulägesbeskrivning



Figur 1: Processbild trafikplanering – trafikledning – uppföljning. Källa: Trafikverket, anpassad.

I Figur 1 redovisas en aktuell processbild för arbetet med JNB, tågplanearbetet, trafikledning och leveransuppföljning enligt Trafikverkets uppdelning kopplat till de fem delprocesser denna rapport fokuserar på. Röd text indikerar att delområdet trafikinformation och trafikuppföljning inte är ett huvudfokus i KAJTs verksamhet just nu.

- 1) Förplanering
- 2) Planering av 1-årig tågplan
- 3) Adhoc-planering
- 4) Operativ trafikering (inkl. funktionen att tillhandahålla trafikinformation)
- 5) Trafikuppföljning.

Respektive delprocesser och tillhörande aktiviteter beskrivs i olika delkapitel nedan.

3.1 Förplanering

I *förplaneringen* definierar och beskriver Trafikverket de förutsättningar och riktlinjer som ska gälla vid ansökan och tilldelning av tåglägen och vid utförande av trafik. Trafikverket utför även analyser av vilka effekter de föreslagna förutsättningarna kan komma att resultera i med avseende på framkomlighet mm. Dessa definierade förutsättningarna och riktlinjerna finns sedan dokumenterade i och kommuniceras via Trafikverkets publikation "Järnvägsnätsbeskrivningen" (förkortat JNB) som då uppdateras inför planeringen av varje nytt tidtabellsår. En samrådsutgåva av JNB för en kommande tidtabell ska i princip vara klar två år innan tidtabellen träder i kraft. Det innebär att JNB för tågplan är 'N' publiceras redan under år 'N-2' i form av en samrådsutgåva som då kan justeras fram till dess att

planeringen av den 1-åriga tågplanen för år 'N' initieras. Gällande JNB ska vara fastställd senast ett år innan motsvarande tågplan börjar gälla.

Av JNB och linjeboken för respektive delområde framgår vilka restriktioner och krav som gäller för ansökta tåglägen och motsvarande tågsammansättning som då beror på var, när och hur trafiken ska utföras. Krav på utrustning ombord såsom ERTMS-utrustning, största tillåtna hastighet (STH), största tillåtna axellast (STAX), största tillåtna vikt per meter (STVM), bromsprocenttal och typ av broms (t ex P/R eller G-broms) och typ av koppel. När det gäller tåglängder över 630 m, så finns det föreskrifter som anger vilka krav som ställs på bl.a. broms och hastighetsbegränsningar för tåglängder på 730m (maxlängd vid bromsgrupp P/R) resp. 880m (maxlängd vid bromsgrupp G) ¹. I JNB (samrådsutgåvan av JNB2015) anges dock att den normalt tillåtna maximala tåglängden är 630m på Trafikverkets anläggningar och att vilka längder som tillåts för resp. sträcka (om längden överstiger 630m) provas i processen för tilldelning av kapacitet.

I JNB presenteras även bland annat information om var större banarbeten är planerade att genomföras och dess omfattning och påverkan på trafikeringen och den kapacitet som kan komma att tilldelas. JNB beskriver också banans skick samt hur trångsektorsplanerna ser ut för definierade bandelar (gäller vissa sträckor och tider i Stockholms-, Göteborgs- och Skåne-regionen) och avsett tidtabellsår.

Trångsektorsplanerna är utgångspunkten för planeringen av trafik i Stockholmsområdet, Göteborgsområdet och Skåne-regionen och större banarbeten beaktas vid upprättande av trångsektorsplanerna.

Trångsektorsplanen innebär i praktiken att Trafikverket definierar ett begränsat antal bokningsbara tåglägeskanaler under den mest trafikerade tiden på dygnet (de dimensionerande tidsperioderna), vilket kan vara t ex tidsperioderna måndag–fredag kl. 6–9 samt kl. 16–19 som är fallet för en bandel i Skåne enligt JNB2015. Dessa tåglägeskanaler är kategoriserade som snabba resp. långsamma, där de snabba tåglägena är anpassade för tåg som kan framföras i minst 160 km/tim och omfattar persontåg med få uppehåll och posttåg. Långsamma tåglägen är planerade för normala godståg och för persontåg med många uppehåll för resandeutbyte.

För tågtrafiken i Skåne är samordningen med trafiken över Öresund mycket viktig och de valda tåglägeskanalerna över Öresundsförbindelsen är därför samordnade så att de även fungerar på den anslutande danska sträckan från Peberholm mot Köbenhavn H (persontrafik) respektive gränsstationen Padborg (godstrafik). Sträckan Peberholm – Malmö - Hässleholm har dessutom av RailNetEurope definierats som en internationell korridor med förplanerade tåglägen för godstrafik.

Eftersom syftet med trångsektorsplanerna är just att undvika alltför omfattande trängsel på spåren och ökad störningskänslighet och risk för merförseningar så har man definierat ett minsta tillåtna tidsavstånd mellan tåg (benämns ofta "headway-avstånd" i svenska sammanhang) för de definierade tåglägeskanalerna. Detta tidsavstånd varierar men är exempelvis 3 minuter på sträckan Malmö C–Lund samt 4 minuter Malmö C–Peberholm. Det uttrycks även önskemål i JNB2015 om att vissa

¹ <http://www.trafikverket.se/PageFiles/14338/Bilaga%20,%20Bromsprocenttabeller.pdf>

tåglägeskanaler ska förbli outnyttjade för att skapa tillräcklig robusthet mot mindre störningar och detta konkretiseras sedan i tågplanearbetet.

Aktiviteterna i förplaneringen som explicit berör KAJTs nuvarande verksamhet definieras nedan:

- Definiera och fastställa gällande prioriteringskriterier
- Definiera och fastställa gällande operativa beslutskriterier.
- Ta fram och fastställa trångsektorsplaner.
- Planera större banarbeten (PSB).
- Förplanera internationella tågslägen och banarbeten.

3.1.1. Definiera och fastställa gällande prioriteringskriterier

Aktiviteter som syftar till att analysera effekten av gällande prioriteringskriteriers utformning inför en eventuell revidering kan ses som en uppföljningsaktivitet men i detta sammanhang klassificerar vi det som en förberedande delprocess. Nedan ges en beskrivning av prioriteringskriterierna. Metoder som syftar till att stödja den faktiska tillämpningen av prioriteringskriterierna har vi valt att lägga under kapitel 4.

Prioriteringskriterier finns som ett yttersta sätt att reglera motstridiga önskemål i den ettåriga tågplaneprocessen. Huvudkriterium för prioriteringskriterierna är samhällsekonomisk effektivitet och Järnvägslagen säger följande:

”En infrastrukturförvaltare skall bedöma behovet av att organisera tågslägen för olika typer av transporter, inklusive behovet av reservkapacitet. Om ansökningarna om infrastrukturkapacitet inte kan samordnas skall förvaltaren tilldela kapacitet med hjälp av avgifter eller i enlighet med prioriteringskriterier som medför ett samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande av infrastrukturen.”

Järnvägslagen är delvis skarpare än direktivet:

I prioriteringskriterierna skall hänsyn tas till tjänstens betydelse för samhället i förhållande till varje annan tjänst som följaktligen inte kommer att tilldelas kapacitet.

Då prioriteringskriterier används för att reglera bristen på resurser så sker detta efter att den berörda infrastrukturen förklarats överbelastad. Trafikverket (infrastrukturförvaltaren) måste i samband med detta upprätta en kapacitetsanalys om inte en kapacitetsförstärkningsplan redan håller på att genomföras.

För Ad Hoc-processen finns inte motsvarande kriterier idag, eftersom Trafikverket har tolkat lagen så att man lägger in ansökningar i Ad hoc-planeringen enligt en kö, ”first come first, served.

Planeringsprocessen för tågplaneprocessen ser ut som Figur 2 nedan:



Figur 2. Planeringsprocessen ur ett tidsperspektiv.

Det är först efter att man inte kunnat samordna sig i förhandling samt försökt lösa konflikten i en s.k. tvistlösning som Trafikverket ensidigt kan använda sig av prioriteringskriterierna och fälla ett avgörande hur tågplanen skall utformas, via att förklara infrastrukturen för överbelastad. Men, eftersom detta är känt på förhand att processen ser ut så, och eftersom själva kriterierna är givna på förhand i Järnvägsnätsbeskrivningen, är tanken att det skall vara möjligt att på ett tidigt stadium kunna förutsäga utfallet om kriterierna kommer att användas. Således kastar kriterierna en "skugga" över hela den ettåriga processen. Observera också att det inte bara är tåg som vägs mot varandra, även banarbeten skall vägas mot tåg, samt också associationer d.v.s. relationer mellan tåg (omloppsvändningar, vagnsövergångar mm).

Det finns i lagen angivet ett alternativ till att använda prioriteringskriterierna, och det är att använda sig av ett auktionsförfarande. Under 2009-2010 bedrevs ett utredningsprojekt hur ett sådant förfarande skulle kunna utformas, men det kom aldrig längre än till utredningsstadiet. Således finns idag enbart prioriteringskriterierna som slutlig utslagsinstans i händelse att tågplanen inte kan regleras med samråd.

Eftersom varje tågplan enligt lag skall starta "från ett blankt papper" d.v.s. tåglägen finns enbart en planeringsperiod (ett år), finns inget vanligt jämförelsealternativ (JA) i denna kalkyl. Eller snarare, det är tomt d.v.s. den tomma planen. För varje tåg som adderas så ökar värdet för planen, och de olika möjliga lösningarna ställs mot varandra.

Det system som används är Trainplan, som är försett med beräkningsmodellen och därmed löpande kan planens nuvarande kostnad beräknas.

Uppbyggnad

Prioriteringskriterierna skall ge svar på frågan om vilka tåglägen som ska hållas fram och vilka som ska hållas tillbaka. De ska även svara på hur omfattande denna framförhållning och tillbakahållning för olika tåglägen ska vara.

Grunden för prioriteringskriterierna är att olika lösningar på intressekonflikter jämförs. Lösningarna ska alltid vara möjliga att genomföra i enlighet med reglerna för konfliktlösning av tåglägen och banarbeten. Det innebär att en jämförelselösning inte får innehålla olösta följd effekter av konflikter. För tåglägen kallas sådana utformningar för giltiga tåglägen. Ett lösningsalternativ måste, för att kunna ingå i ett jämförelsealternativ, enbart bestå av giltiga tåglägen.

Genom att på detta sätt kunna beräkna den samhällsekonomiska nyttan för varje alternativ lösning (eller i vart fall skillnaden mellan olika alternativ) kan varje möjlig lösning jämföras med varandra och den bästa lösningen (den med högst samhällsekonomisk nytta) kunna förordas. Beräkningsmodellen syftar dock inte till att i alla lägen vara ett underlag för tvingande åtgärd utan är i stora stycken tänkt att vara ett beslutsstöd och informationskälla under samordningsprocessen.

Järnvägsnätsbeskrivningens kapitel 4.2 beskriver hur beräkningsmodellen är utformad. Grundläggande i modellen är att varje avsteg från sökt läge åsätts en kostnad, och summan av alla kostnader skall hållas så låg som möjligt. "intäktssidan" i kalkylen består av en klassning av tågläget, som utgår från "värdet" för transporten i termer av t.ex. antalet resande, krav på snabbhet, mm. Hela tåglägets värdering kalkyleras som en funktion av summan av transportsträckekostnaden plus hur mycket fördröjt tåget kan bli innan det förlorar sitt kommersiella värde. Fördröjningen anges som en procentsats av gångtiden för det ansökta tågläget.

Tåglägen

För prioriteringskriterierna används följande parametrar för att beskriva ett tågläges samhällsekonomiska egenskaper:

- Transporttiden för hela transporten
- Transportsträckan för hela transporten
- Uppehållsförkortning
- Förskjutning av tågläget
- Brott mot styv tidtabell
- Avvikande dagvarianter

Informationsbehovet från den ansökande korrelerar med ovanstående och följande basdata behövs minimum i ansökan för varje sökt tågläge:

- Utgångsstation och slutstation
- Önskade uppehåll på stationer längs vägen
- Önskad avgångstid eller ankomsttid på någon av de angivna stationerna
- Rätt prioriteringskategori

Prioriteringskategori avgör vilka samhällsekonomiska nyckeltal som används för värdering av ovanstående parametrar. Med denna minsta mängd information kan tågläget planeras in.

Utöver detta kan följande data adderas ansökan:

- Önskad väg (om transporten så kräver)
- Minsta uppehållstid på stationer med trafikutbytesaktivitet
- Önskemål om styv tidtabell
- Gränsvärden för avgångar och ankomster (tidigaste respektive senaste). Dessa värden skall betraktas som "hårda" och om tåget inte kan levereras inom ramen för dessa så värderas detta likvärdigt med att tågets hela uppgift går förlorad.

Tåglägen sammanförs till prioriteringsklasser (prioriteringskategori) vars samhällsekonomiska profil är likartad. Dessa klasser återfinns i järnvägsnätsbeskrivningen. Varje ansökt tågläge skall deklarerats som hörande till en prioriteringskategori, utöver de övriga datauppgifter som behövs för att planera tågläget.

Kostnad för "ej tågläge"

Kostnaden för de dagar då ett ansökt tågläge inte kan tilldelas (på grund av trängsel) kallas kostnad för "ej tågläge". Kostnaden sätts till samma värde som då tåget blir maximalt fördröjt innan det förlorar sitt kommersiella värde. Den maximala fördröjningen sätts till ett värde lika med ett procenttal, i kostnadsparametrarna kallat "Ej tågläges-gräns" (%), multiplicerat med tågets bastid, det vill säga den transporttid som tåget har (inklusive ansökta uppehåll utom det första och sista) utan att räkna ut för trängsel. Kostnaden blir då den maximala transporttidskostnaden summerat med kostnaden för transportsträckan

Associationer

Relationer mellan tåg är en viktig komponent för både persontrafik och godstrafik, då flöden realiserats med fler tåg än ett. För att kunna knyta ihop transportnät och värdera en tågplans totala effekter samhällsekonomiskt behöver den ansökande även ange associationer och deras utsträckning i tid, samt vilken prioriteringskategori som associationen tillhör.

Associationer delas liksom tåglägen upp i prioriteringskategorier.

Banarbeten

Kostnader för banarbeten beräknas för alternativa produktionskostnader kopplat till olika tider för tillgång till spåret. Den samhällsekonomiska nyttan av ett levererat banarbete ingår inte i dessa beräkningar

3.1.2. Definiera och fastställa gällande operativa beslutskriterier

I gällande JNB (kapitel 4.8.2 – Operativa regler) definieras de operativa regler som gäller i de fall där tåg är sena och kan störa andra tåg. För tågplan 2014 gäller följande:

Tåg som avgår och framförs enligt sin tidtabell har företräde till sitt tidtabellsläge.

Skälet bakom denna regel är att rättidiga tåg inte ska störas av tåg som är försenade eller för tidiga i förhållande till sina tidtabeller. Från denna regel kan undantag göras enligt nedanstående.

Om konsekvenserna av en störning skulle vara särskilt svåra för vissa tåg, kan en sökande lämna in en begäran om att dessa tåg ges företräde framför andra (rättidiga) tåg hos samma sökande. Flera sökande kan även komma överens med varandra om att vissa rättidiga tåg hos en sökande får ges lägre prioritet än enstaka särskilt viktiga tåg hos en annan sökande. Sådana överenskommelser ska skriftligen redovisas till Trafikverket.

En begäran om förändrad, operativ prioritet ska ange vilka tåg som bedöms som särskilt störningskänsliga och motiven för detta (till exempel trafikuppgiften, anslutande transportmedel, snäva fordonsomlopp). Det måste också framgå vilka tåg den sökande är beredd att avstå prioritet för. Begäran måste sändas till Trafikverket senast i samband med ansökan om kapacitet. Detta för att begäran ska kunna beaktas när riktlinjerna för prioritering vid trafikledning tas fram.

Denna riktlinje infördes under början av 2000-talet och har diskuterats från och till sedan dess. I början av 2012 började det nationella driftforumet diskutera behovet av att se över den gällande regeln och föreslå och utvärdera alternativa förslag vilket ledde fram till projektet och pilotstudien "Nya operativa beslutskriterier" som genomfördes under 2013. Denna beskrivs mer i kapitel 4.1.

3.1.3. Ta fram och fastställa trångsektorsplan

I denna aktivitet så definieras dels den maxgräns för hur många tåg som får passera definierade stråk under den mest trafikintensiva perioden på dygnet, dels det minsta tillåtna "headway-avstånd" som rekommenderas på motsvarande stråk.

Arbetet är ett framåtsyftande arbete där man ser på förändringar i den kommande JNB tågplanen och utförs huvudsakligen i Trainplan med kompletterande analyser i Railsys. Trångsektorsplanerna är inlagda i båda IT systemen.

Trafikverket planerar kapaciteten för de tre regionerna Stockholm, Göteborg och Malmö/Skåne. Arbetet bedrivs i samverkan med de Järnvägsföretag som bedriver trafik i regionen. Möten hålls med järnvägsföretagen där förändringar inför kommande år definieras. Det är ny infrastruktur som tillkommer och större banarbeten. Ny trafik som ska köras kan anmälas. Mötena med järnvägsföretagen syftar till att informera järnvägsföretagen om efterfrågan och planering av ny trafik, samt för Trafikverket att kunna göra avvägningar för att "optimera" hela trafiksystemet, samt att säkerställa robusthet. I trångsektorsplanerna anges strukturen för trafik, minsta avstånd mellan tåg för olika avsnitt, samt antalet tillgängliga tåglägekanaler.

Bedömningen av antalet tillgängliga tåglägen görs utifrån befintlig kunskap om tillgänglig kapacitet, dvs. utifrån erfarenhet och teoretiska analyser.

Ett kompletterande arbete med headway-analyser görs i Railsys. Det arbetet beskriver minsta tidsavstånd mellan tåg. Det arbetet är ett stöd dokument till tåglägesplanerna i Trainplan och publiceras inför konstruktion av den årliga tågplanen.

Dokumentet beskriver täthet mellan tåg på linjer, täthet mellan tåg vid förbigångar samt vid ankomst till grenstationer.

3.1.4 Planera större banarbeten - PSB

I banarbetsplaneringen (BAP) ingår dels planerades större banarbeten (PSB) samt övriga banarbeten. De förra har mycket stor trafikpåverkan och innebär typiskt att banan är avstängd ett dygn eller mer. De senare har vanligtvis en tid i spåret på 4-6 timmar. Banupplåtelsetider kan vara mellan 10 minuter och 1-4 timmar.

I BAP-process hanteras alla trafikpåverkande banarbeten.

Planering av banarbeten görs i tre steg: PSB, årlig trafikplan (publicering av BAP) samt revisionsplanering. I detta arbete tillämpas ett flertal verktyg:

TRANS är ett verktyg där alla ansökningar om tillgång till banan ska göras för BAP och BUP (Banupplåtelseplanering). Överföring till TrainPlan sker när en banarbetsplanerare kvitterar/tar emot ansökan.

I TrainPlan visas alla arbetsobjekt som ansökts i TRANS och de kan godkännas eller avslås. Eventuella ändringar ska göras i TRANS. TrainPlan saknar funktioner för att identifiera konflikter mellan arbeten och tåg (precis som mellan tåg och tåg¹).

E-blankett är ett Sharepoint-baserat verktyg för att hantera arbetsplaner (säkerhetsblanketter). Alla tidtabellslagda banarbeten ska ha en arbetsplan registrerad i E-blankett, vilket anger objektsnummer, ansvarig för arbetet och vilket typ av skydd som arbetet ska ges. Från E-blankett genereras så kallad TKL-bok till trafikledningen (dagen före operativ dag).

Det finns verktyg för spåransökningsplaner (på större stationer), t ex Planno och Simulett. I övrigt används vanliga ordbehandlare, kalkylark och ritverktyg.

För planering av större banarbeten (PSB) gäller följande:

- I augusti 1,5(-2,5) år före genomförande ska alla önskade PSB vara inlagda i TRANS.
- I oktober 1,25(-2,25) år före genomförande sker samråd med JF.
- I december 1(-2) år före genomförande publiceras PSB i JNB.

JF förväntas beakta PSB i sina tåglägesansökningar och därmed blir de trafikalt anpassade.

För årlig trafikplan (publicering av BAP) gäller följande:

- I februari ska alla önskade objekt i BAP för nästkommande år vara inlagda i TRANS.
- Under april-augusti sker samråd med JF om BAP för nästkommande år.
- I juni publiceras förslag till BAP (tillsammans med tågplanen) för nästkommande år.
- I september publiceras BAP (tillsammans med tågplanen) för nästkommande år.

Det är bara ett fåtal av banarbetena som blir trafikalt anpassade i den publicerade tågplanen. Likaså ingår inte alla (trafikpåverkande) banarbeten i publicerad BAP. Resterande banarbeten och trafik Anpassning hanteras i huvudsak i revisionsplaneringen, som görs fyra gånger per år. För den internationella trafiken behöver koordinering göras vad gäller stora och trafikpåverkande banarbeten och detta beskrivs i punkten nedan.

Trafiksimulering av större banarbeten utförs i Railsys. Arbetsstegen är att bestämma förutsättningar och vad som ska studeras samt utföra en kalibrering av Railsys-modellen gentemot data om tågföringen erhållen i Lupp. Efter kalibreringen så utförs en validering. Därefter genomförs analys av tidtabellsalternativ och alternativens robusthet och punktlighet. Syfte är att ta fram beslutsunderlag för var kapacitetsgränsen går, dvs hur många tåg som kan köras med hänsyn till restriktionerna som de större banarbetena medför. I T14 gjordes simuleringar av banarbeten för tidtabellen för västra stambanan mellan Hallsberg och Göteborg.

3.1.5 Förplanera internationella tåglägen och banarbeten

Den internationella tågtrafiken samordnas i Europa av RailnetEurope (RNE). De ansvarar för samordning av JNB mellan Europas länder.

RNE ansvarar också för koordinering av Europeiska godskorridorer. För godskorridorerna finns det förplanerade godstågslägen för längre sträckor och med konkurrenskraftiga tidtabellstider. Arbetet kring godskorridor 3 "Scandinavian–Mediterranean Rail Freight Corridor (Scanmed RFC)" som går Stockholm-Hallsberg-Malmö-Palermo är nu på gång².

Beställning av internationella tåglägen sker i tidtabellsverktyget Pathfinder. Det sker samordning av internationella tåglägen mellan infrastrukturhållarna i den ett åriga tågplaneringen.

Det sker även samverkan inom banarbetsplanering och vid större operativa störningar. Koordinering av stora och trafikpåverkande banarbeten som kan påverka den internationella trafiken bedrivs också inom RNE och då med fokus på godskorridorerna.

För godskorridorerna inom EU har Guidelines tagits fram (ska beslutas/fastslås före årsskiftet). För varje korridor ska arbeten publiceras och koordineras – modellen för detta är samarbetet som Sverige, Danmark, Norge och Tyskland haft inklusive det Excel-verktyg som Bane Danmark tagit fram. Framförhållningen är cirka 2 år och

² <http://www.trafikverket.se/Foretag/Trafikera-och-transportera/Trafikera-jarnvag/Internationell-tagtrafik/Godskorridor-3-Stockholm---Palermo/>

processen mappar mot kapacitetstilldelningsprocessen. Avstämningar ska göras minst 2 ggr per år.

I godskorridorerna reserveras s.k. katalogtidtabeller (pre-arranged paths – PaPs), vilka har prioritet över de nationella tågen (godskorridorerna äger tiderna). Det är mot dessa som banarbetena ska synkroniseras för att undvika upprepade stopp längs transportkedjan.

För person- och övrig godstrafik görs koordinering mellan länder som har gränsöverskridande trafik. För Skandinavien innebär det Sverige-Norge (Malmbanan/Ofotenbanan respektive gränsbanorna till södra Norge) samt Sverige-Danmark (Öresundstrafiken och in en bit på respektive sida). ARE-tågen (norskt trafikupplägg Oslo-Narvik med transporter i båda riktningar – fisk och grönsaker bl.a.) är speciella eftersom de har två gränspassager. TrV Norr hanterar detta, med hjälp av Mitt och Väst.

3.2 Planering av 1-årig tågplan

Planering av den 1-åriga tågplanen (dvs. den ordinarie tilldelningsprocessen) initieras i januari när de förplanerade tåglägena för internationella korridorer är fastställda. I februari-april kan sedan operatörer ansöka om tåglägen för trafik under nästkommande tidtabellsår liksom Trafikverket ansöker om tid på spåren för banarbeten som ska ske utöver de större förplanerade banarbeten. Större förplanerade banarbeten framgår av gällande JNB-version.

Ansökningarna om tåglägen inkommer via webbansökan. I mitten av april när alla ansökningarna inkommit fram till slutet av juni bearbetas inkomna ansökningar till ett förslag på tågplan som går ut på remiss under sommaren. Konstruktionen av tågplanen är ett omfattande arbete som utförs manuellt huvudsakligen i tidtabellssystemet Trainplan med stöd av simuleringsprogrammet RailSys.

Under perioden juni-september pågår sedan en samordningsprocess samt tvistlösning med efterföljande kapacitetstilldelning baserat på prioriteringskriterier om det finns trafikeringsbehov på vissa bandelar som överstiger tillgänglig kapacitet och därmed skapar konflikter mellan olika önskemål (kan gälla både trafikerings- och banarbeten). Det är Trafikverket som hanterar konflikterna via s.k. tvistlösning, medan det är Transportstyrelsen som utför översyn av Trafikverkets agerande och säkerställer att det är förenligt med järnvägslagen.

Prioriteringskriterierna är ett verktyg som tillämpas av Trafikverket för att kvantifiera effekterna av giltiga alternativa sätt att lösa konfliktsituationer som inte kan hanteras via samordningsprocessen. De alternativa lösningarna skapas genom att de ansökta tåglägena som är i konflikt justeras på olika sätt genom att t ex förskjutas i tid eller att inte bli beviljat alls. Förändringarna eller ett nekande av de tåglägen som ansökts om är associerade med olika typer av kostnader såsom ökad gångtid, missade anslutningar, mm. Dessa kostnader beror på vilken prioriteringskategori resp. tågläge blivit tilldelad och motsvarande schablonkostnader. De totala kostnader som uppstår tas fram av en beräkningsmodell (se kapitel 4.2 i JNB) så att Trafikverket kan jämföra

alternativen och välja den lösning av konflikter mellan sökande som ger den minsta samhällsekonomiska kostnaden.

Tågplanen fastställs sedan i slutet av september och börjar gälla i mitten av december och ett år framåt. I och med att tågplanen fastställs så inleds också Adhoc-processen som syftar till att justera fastställd 1-årig tågplan efter nya eller förändrade behov och förutsättningar beroende på vilken restkapacitet som finns kvar efter den ordinarie tilldelningsprocessen. I den ordinarie tilldelningsprocessen reserveras dock viss kapacitet för just tilldelning av tåglägen och oplanerade banarbeten under Adhoc-processen.

Den ordinarie tilldelningsprocessen vilar på att merparten av trafikbehovet för kommande kalenderår är känt redan i april. Det vill säga i april 2014 ska operatörerna kunna beskriva den trafik de vill utföra under januari-december 2015, vilket är mer än 1.5 år i förväg om trafiken sker i slutet av året. För godstrafiken – och ibland även persontrafiken - är det svårt att göra denna bedömning och ganska detaljerade planering så pass långt i förväg. Därför planeras en stor del av godstrafik istället under Adhoc-processen men begränsas då av att en stor del av kapaciteten redan är reserverad åt annan trafik. I nuläget (2013) utlovar Trafikverket en handläggningstid på maximalt 5 arbetsdagar för ärenden kopplade till Adhoc-processen. Se vidare kapitel 3.3 nedan.

När en ansökan om ett tågläge blivit beviljat så ingår den sökande och Trafikverket ett trafikeringsavtal. Tågläget är förenat med ett visst tågupplägg som anger maxvikt, max längd, max tillåtna hastighet, hålltider mm. Ett tilldelat tågläge får inte överlätas till annan part men däremot kan den som blivit tilldelat tågläget välja att låta en annan part utföra transporten.

Att ha blivit tilldelad ett tågläge samt att utföra den avsedda trafiken är förenat med ett antal olika avgifter som debiteras av Trafikverket och i vissa fall andra parter som vissa tjänster kan utföras av såsom rangering. Vissa avgifter baseras på tilldelad kapacitet medan andra baseras på faktiskt utförd trafik. Ett tilldelat tågläge från A till B utan övriga aktiviteter där emellan kan debiteras två olika avgifter för just den tilldelade tiden på spåren: Tåglägesavgift och passageavgift. Andra avgifter tillkommer sedan baserat på den utförda trafiken.

Tåglägesavgiften finns på tre nivåer (hög, medel och bas) och är geografiskt beroende. Passageavgiften är både tidsberoende och geografiskt beroende. Tåglägesavgift och passageavgifter debiteras utifrån tilldelad, ej avbokad kapacitet. I nuläget kan operatören avboka tågläget precis innan avgång utan att debiteras. Till tågplan 2015 föreslås av Trafikverket införande av en bokningsavgift där tidpunkt och orsak till avbokningen/inställelsen kommer att ha betydelse (se samrådsutgåvan av JNB2015, s. 75 och 85).

Aktiviteter i tågplanarbetet som berör KAJT definieras nedan:

- Tidtabellskonstruktion.
- Tillämpning av prioriteringskriterier.
- Kapacitetsanalys vid överbelastad infrastruktur.

- Provtryckning av tågplanen.

3.2.1 Tidtabellskonstruktion

I denna aktivitet tas tågplanen fram genom att JFs tåglägesansökningar samt behovet av banarbete planeras in (se föregående kapitel). Auktoriserad sökandes (AS) behov inkommer via webbansökan/Excel samt *Etrans* (banarbete). Förslaget på tågplan tas fram manuellt med stöd av planeringsverktyget Trainplan för att lagra och revidera tågplanens olika versioner. Trainplan används också för att utföra vissa konfliktdetekteringar kombinerat med RailSys som används för s.k. provtryckning av tidtabellen (se nedan). Planeringen görs först på linjen och därefter görs spår användningsplanen och planer för trafikeringen av rangerbangårdarna.

3.2.2 Tillämpning av prioriteringskriterier

Se kapitel 3.1.

3.2.3 Kapacitetsanalys vid överbelastad infrastruktur:

Överbelastad infrastruktur sker när en tågplan fastställs fast det är kvarvarande konflikter mellan järnvägsföretag tåg - tåg eller mellan järnvägsföretag och Trafikverket tåg – banarbete (se Figur 2 ovan). Efter överbelastad infrastruktur ska en kapacitetsanalys genomföras inom sex månader. I kapacitetsanalysen analyseras orsaken till överbelastad infrastruktur samt förslag på åtgärder för att lösa kapacitetsbristen. Kapacitetsåtgärder tas fram enligt fyrstegsprincipen. Efter kapacitetsanalys genomförs en kapacitetsförstärkningsplan. En del av planen är att genomföra samråd med berörda järnvägsföretag. I kapacitetsförstärkningsplanen ingår också att göra en kostnads- och nyttoanalys av de föreslagna åtgärderna.

3.2.4 Provtryckning av tågplanen

Provtryckning av tågplanen görs iterativt under tågplaneprocessen för att kontrollera att tågplanen är körbar och att den inte innehåller några okörbara konflikter och görs genom att utvalda delar av tidtabellen simuleras i RailSys. Arbetet är en samverkan mellan kapacitetsanalytiker som arbetar i RailSys och tågplanerare som arbetar med att lägga tågplan i Trainplan.

År 2013 genomfördes provtryckning för Västra stambanan, Södra stambanan, Väst kustbanan, Ost kustbanan, Kust till kust banan och Värmlandsbanan. Provtryckning (P) genomfördes enligt följande:

- P1 i juni utifrån planeringsläget 10 juni första stomme till tågplan.
- P2 i juli och augusti av remissförslag till tågplan 1/7.
- P3 i juli och augusti analys av kapaciteten vid Göteborg C.
- P4 augusti kapacitetsanalys för större driftplatser på Västra Stambanan.

3.3 Adhoc-planering

Adhoc-processen startar formellt så snart som tiden för ansökan till den 1-åriga processen går ut, dvs. i mitten på april året innan tågplanen är i drift. Dock görs i praktiken inget planeringsarbete på eventuella ansökningar som inkommer i

perioden april – september, utan arbetet med Adhoc-processen startar i princip i och med fastställelsen av tågplanen i september. Se figur 3 nedan.



Figur 3. Planering av den 1-åriga tågplanen och den fortlöpande Adhoc-planeringen under innevarande tidtabellsår.

Aktiviteterna i adhoc-planeringen som berör KAJT definieras nedan:

- Hantera nya/förändrade tåglägen.
- Hantera nya/förändrade banarbeten.

3.3.1 Hantera nya/förändrade tåglägen

Ingångsmaterialet efter fastställelsen är den fastställda tågplanen samt en kö av ärenden. Ärendena består väsentligen av inställelser samt nyanordningar. All förändring görs på det som benämns restkapacitet, d.v.s. sådan kapacitet som finns tillgänglig mellan de fastställda tåglägena. Inkomna ärenden ordnas i en kö, och principiellt skall ärendena lösas i kö-ordning (first come, first served). Nu sker inte arbetet i en strikt kö eftersom flera konstruktörer/planerare arbetar parallellt med flera ärenden samtidigt. Trafikverket har ca 40 planerare, och det är cirka 8000 ärenden per månad (som referens kan nämnas att den fastställda tågplanen T13 innehåller cirka 7500 tåglägen).

Trafikverket är skyldigt att lämna svar på ansökningar inom 5 arbetsdagar från att ansökan lämnades in. Formellt är svaret från Trafikverket ett beslut om tilldelning av tågläge som är konfliktreglerat mot omgivande tåglägen, vanligen inte exakt det som den sökande lämnade in. Om läget inte "duger" för den sökande så får denne ansöka om att ställa in läget igen. Vanligen sker dock en informell kontakt under konstruktionen.

Det finns ingen gräns för när hur sent ett läge kan ställas in av en operatör, inte heller finns det något incitament (premie eller liknande) för att få en operatör att lämna in ansökan om inställelse så tidigt som möjligt. Detta kan leda till att inställelser kommer sent och att kapacitet som annars skulle kunna nyttjas inte blir tillgänglig.

I dagsläget kan sökanden inte se statusen i tågplanen, utan söker nya lägen "i blindo" i den meningen att den sökande har en "gammal" fastställd plan som denne kan undersöka själv om det går att anordna ett nytt läge. I närtid finns viss information

att tillgå på Trafikverkets hemsida³ där dagliga grafer läggs upp. De läggs dock upp i förväg, och representerar inte en uppdaterad bild av situationen.

System som används i Adhoc-planeringen är i huvudsak samma som i den ettåriga tågplanen: Trainplan, Simul, kommande Planno, mail/Outlook, TRANS, SPECTRA (specialtransporter) samt olika beräkningsark i Excel.

Inom Adhoc-perioden finns en underprocess som benämns "Revisionsplanering". Inom denna process hanteras situationen att många banarbeten inte blir av då de var tänkta att genomföras, samt att nya banarbeten måste planeras in efter fastställelsen. De planerare som arbetar inom revisionsplaneringen arbetar med att ta fram "test-lägen" som ersättning för de tåglägen som inte kan genomföras om banarbetet skall genomföras. Detta arbete är viktigt eftersom ett banarbete inte får flytta ett fastställt tågläge, så Trafikverket som samordnare måste förhandla med järnvägsföretagen om att få ställa in/förflytta de fastställda tågen som berörs för att kunna genomföra det föreslagna banarbetet (detta gäller inte akuta banarbeten).

Alla Adhoc-lägen börjar inte med en formell ansökan⁴, utan det förekommer också informella diskussioner och förslag mellan Trafikverket och Järnvägsföretaget (JF) innan en formell ansökan lämnas in till Trafikverket. Denna informella diskussion fyller syftet att ringa in var tåget skall gå så att det passar JF samtidigt som det finns förutsättningar att planera in tågläget konfliktfritt. Dessa diskussioner liknar de som gör inom revisionsplaneringen, med den skillnaden att i revisionsplaneringen är det Trafikverket som har ett behov av att flytta tågläget medan i de dessa informella diskussioner är det JF som har ett behov. Trafikverket ser en vinst i att först göra en undersökning tillsammans med JF för att se om det blir tillräckligt attraktivt innan det formella beslutat fattas att tilldela tågläget till JF varvid tågnummer tilldelas och läget fastställs.

För de banor som saknar fjärrklarering (dvs. banor med "System M" (Manuell tågklarering) "System S" (Spärrfärd) samt System F) krävs en särskild hantering, då personal måste finnas på plats för att tågläget skall kunna genomföras. Här utgör tågordningen ett säkerhetsdokument, och att ändra den är förenat med ganska mycket hantering. De banor som har "fjärrblockering" där fjärrtågsklarering är möjlig kallas "System H" och "System R" (radioblock)⁵.

Tidigare skedde överlämning veckovis till Trafikledning, men numera sker detta varje eftermiddag för nästkommande dygn (det s.k. 24-timmars-gränssnittet). Organisatoriskt så sköts planeringen från tre olika "kontor", se Figur 4 nedan.

Processen att skapa ett tågläge går delvis liknande till som i långtidsprocessen, d.v.s. tågläget börjar konstrueras i det område där det utgår ifrån, och lämnas över till

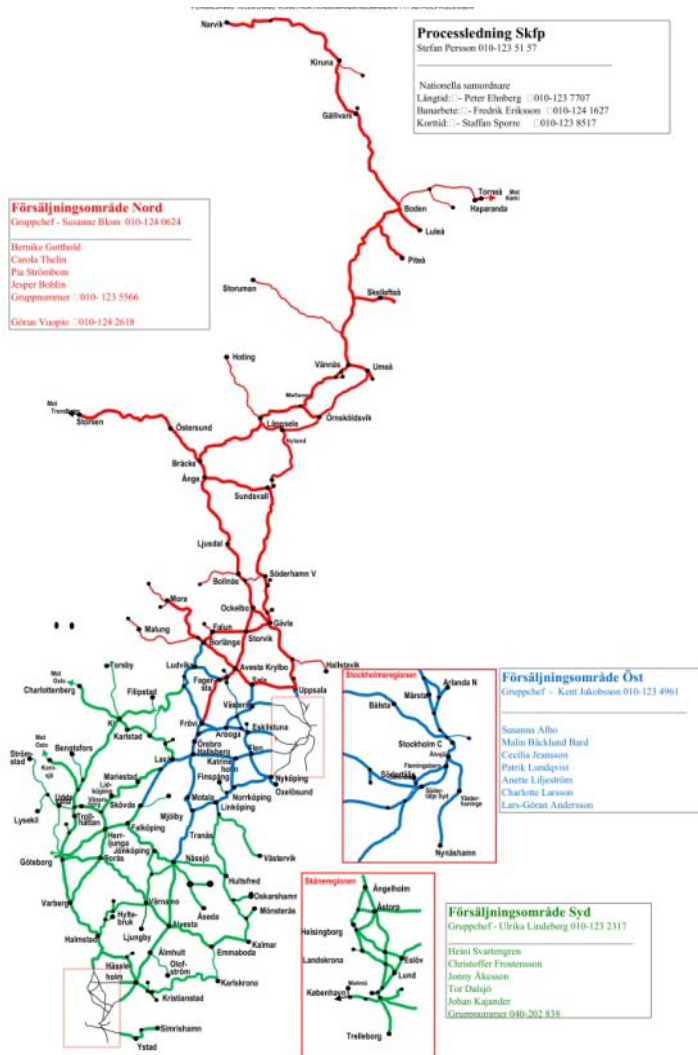
³ <http://www.trafikverket.se/Foretag/Trafikera-och-transportera/Trafikera-jarnvag/Tagplan/Tagplan-2013/Dagliga-grafer-2013/>

⁴ <http://www.trafikverket.se/Foretag/Trafikera-och-transportera/Trafikera-jarnvag/Jarnvagsnatsbeskrivning/Blanketter/>

⁵ <http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-jarnvagsnat/Jarnvagstermer/>

annan konstruktör då tåget passerar områdesgränsen. Många tåg går dock kortare sträckor inom ett område (t.ex. kortare tjänstetåg som rör sig i närområdet), av vilka också många ansöks sent, en eller två dagar innan.

Förutom tåglägen och deras konstruktion (konfliktreglering) så utgör en stor del av arbetet spårplanering (konfliktreglering), hantering av specialtransporter, skyltning och utrop.



Figur 4. Organisatorisk uppdelning av planeringen inför T13. Källa: Trafikverket.

3.3.2. Hantera nya/förändrade banarbeten

Parallellt med att planera tåglägen sker en kontinuerlig uppdatering av banarbetsplaneringen, Revisionplanering och Banupplåtelseplanering, BUP. Denna planeras också in i TrainPlan.

För att anpassa trafiken och banarbeten görs fyra revisioner för följande (ungefärliga) perioder:

- December till mars (fastläggs cirka 8-10 veckor före, dvs i oktober).
- April till juni (fastläggs cirka 10 veckor före, dvs i slutet på januari).
- Juli till september (fastläggs cirka 10 veckor före, dvs i slutet på april).
- Oktober till december (fastläggs cirka 15 veckor före, dvs i mitten på juni).

Ambitionen är att alla trafikpåverkande arbeten ska vara fastlagda och överenskomna med JF senast 12-14 veckor innan de ska utföras.

I banupplåtelseplanering (BUP) planeras arbeten som inte ska ha någon trafikmässig påverkan.

Denna process startar 8 veckor före genomförandet. Överlämning från BAP sker löpande en gång i veckan. Om något objekt inte skulle vara trafikalt anpassat så är principen att revisionsplaneraren behåller ansvaret för detta tills så skett. Processen är sedan:

- Tider för banupplåtelse kan ansökas i TRANS fram till två veckor före genomförande.
- BUP-handläggare verifierar att inga arbeten är i konflikt med tågtrafiken samt att alla arbetsplaner finns registrerade i E-blankett, så att BUP kan läsas en vecka före genomförandet (görs i regel varje torsdag).
- Varje dag genereras TKL-bok för nästa dygn och ansvaret flyttas över till trafikledningen.

Efterlevnaden av dessa tidsgränser varierar. För trafikintensiva områden runt storstäderna är den god, medan den brister för andra områden. Det kan förekomma att arbetsobjekt läggs in eller ändras ända till dagen före genomförandet.

3.4 Operativ trafikering: Trafikledning och trafikinformation

Uppdateringar av den fastställda tidtabellen sker, som tidigare beskrivet i kapitel 3.3, i Adhoc-planeringen där överlämningen till Trafikledning sker varje eftermiddag för nästkommande dygn (det s.k. 24-timmars-gränssnittet). Under driften förekommer sedan olika typer av planerade och oplanerade avvikelser. Planerade avvikelser kan vara s.k. direktplanerat banunderhåll eller andra nedsättningar i infrastrukturens kapacitet som är kända i viss tid innan. Det kan också vara tidiga tåg. Oplanerade avvikelser kan vara allt från olyckor, signalfel, rälsbrott, fordonshaveri, brist på ombordpersonal mm. Alla avvikelser leder inte till förseningar men ofta tillkommer följd effekter av uppkomna störningar, s.k. merförseningarna. Dessa försöker trafikledarna reducera i den mån det är möjligt.

Övervakning och trafikledningen av det nationella järnvägsnätet hanteras av Trafikverket och är organisatorisk uppdelat på tre olika nivåer: Nationell, regional och lokal.

Övergripande koordineringsansvar för trafiken utifrån ett nationellt perspektiv har den s.k. Nationella Operativa Ledaren (NOL) som är sammankallande för att ta emot nästkommande produktionsplan (dvs. tidtabellen för nästkommande dygn) och

förbereda det operativa arbetet. Detta görs tillsammans med fyra s.k. Regional Operativa Ledare (ROL) samt personer ansvariga för eldriften. Dessa fyra ROL ansvarar för trafiken inom varsitt trafikledningsområde (TLO) i samverkan med varsin regional operativ ledningsgrupp där det ingår tågledare, trafikinformationsledare samt personer som ansvarar för driften av den fysiska anläggningen inkl. elförsörjningen (driftledare). NOL har kundkontakt med de kunder som har primärt nationell trafik och har även ansvaret för den trafikslagsövergripande trafikinformationen. ROL har kundkontakt med primärt JF som har regional trafik inom sitt resp. TLO.

De fyra olika trafikledningsområden (TLO) består av åtta trafikcentraler (TC) vilka ansvarar för varsitt geografisk område:

- TLO NORD
 - TC Boden
 - TC Ånge
 - TC Gävle
 - TC Hallsberg
- TLO ÖST
 - TC Stockholm
 - TC Norrköping
- TLO Väst
 - TC Göteborg
- TLO Syd
 - TC Malmö

Uppdelningen medför att flera av de stora stråken såsom Västra och Södra Stambanan hanteras av flera olika TC. Sträckan Stockholm-Katrineholm-Malmö hanteras exempelvis av TC Stockholm (fram till Katrineholm), TC Norrköping (fram till Nässjö) och TC Malmö medan tågen mellan Göteborg och Stockholm hanteras av TC Stockholm, TC Hallsberg och TC Göteborg. Se Figur 5 nedan.

De 8 trafikcentralerna (DC) utgör de större produktionsplatserna medan det finns ytterligare ca 70 mindre produktionsplatser (lokala kontrollrum) där vissa hanterar lokala bansträckor som kan vara manuellt övervakade (se kapitel 3.1). Då delegeras tågklareringen till lokala tågklarare för manuell övervakning.

Den operativa ledningsstrukturen och dess ledningsnivåer ges nedan⁶:

- Systemledning (Nationell operativ ledning).
- Operativ ledning (Regional operativ ledning)
- Uppgiftsledning (Produktionsledarna, Trafikinformatör, Tågledare, Driftledare)
- Uppgifter som utförs (Tågklarare, Trafikinformatör, Eldriftsingenjör, Drifttekniker)

⁶ Trafikverket dokument TDOK 2013:0534, version 1.0, 2013-10-01.

Vissa större produktionsplatser leds av en *Produktionsledare*, medan andra leds av den *Regional Operativa Ledare (ROL)* på platsen. Ytterligare ett antal andra produktionsplatser leds av ROL på distans.

Tågledaren (TL) leder på uppdrag av ROL det administrativa säkerhetsarbetet samt övervakar förmågan att leverera tåglägen inom innevarande driftsperiod genom aktuell och proaktiv trafikövervakning. Detta innebär bland annat ansvar för att:

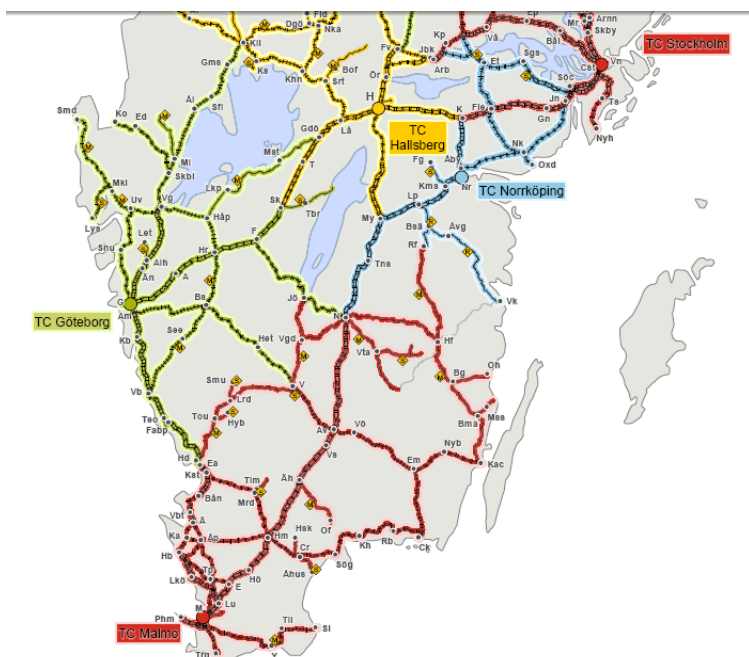
- anordna och ställa in tåg samt utföra övriga uppgifter angivna i säkerhetsföreskrifter
- samordna säkerhetsrelaterad information med angränsande trafikledningsområden
- samordna säkerhetsmässig information till *Tågklarare*

TL är därmed ansvarig för att utfärda olika sorters tillstånd till tåg och den personal som behöver tillgång till spåren för t ex besiktning och underhåll.

TL använder ett trafikledningssystem, TMS (Train Management System) för att övervaka och administrera trafiken på sträckor med s.k. linjeblockering. Den direkta trafikstyrningen görs av *fjärrtågklarare*. Det stöd som fjärrtågklararna har i sitt arbete med omplaneringen på de olika driftledningscentralerna varierar. Via TMS-systemet har alla tillgång till en aktuell realtidsbild för sitt resp. område och som visar vilka tågvägar som är lagda för resp. tåg och på vilken blocksträcka resp. tåg befinner sig (med undantag TAM-sträckorna). Trafikledningen har också tillgång till de system som registrerar avvikelser från den planerade tidtabellen (BASUN) samt en pappersgraf (s.k. Daglig graf) som visar den planerade tågtrafiken på linjen. Vid avvikelser och omplanering görs då justeringar i pappersgrafens blyertspenna.

För de sträckor som saknar linjeblockering (ett fåtal mindre trafikerade, enkelspåriga sträckor) delegerar tågledaren infarts- och utfartskontrollen till *lokala tågklarare* som befinner sig på den plats de ansvarar för och kommunicerar med driftledningscentralen via telefon och systemet E-tam.

Trafikinformationsledaren (TIL) ingår i den regionala operativa ledningen och har det övergripande kommunikationsansvaret för trafikinformation till media, kunder, resenärer och trafikanter. Trafikinformationen tas fram av trafikinformatorerna som baserat på underlag från *tågklarare* och *trafikinformationsledaren och förmedlar* information såsom förseningar, spår- och plattformändringar och inställda tåg via högtalare, informationstavlor och monitorer samt via trafikinformationssystem.



Figur 5. Ett snitt av Trafikverkets rikskarta⁷.

I nuläget hanterar tågledare och tågklarare trafiken som det beskrivs ovan med undantag för TC Boden där det finns ytterligare planeringsstöd (som dock är under utveckling inom ramen för NTL-projektet, se kapitel 4.1).

I TC Boden är den grafiska tidtabellen digitaliserad i gränssnittet som kallas STEG. I detta gränssnitt kan trafikledningen se hur trafiken är planerad på linjen och vilka eventuella framtida konflikter på linjen som finns och som behöver hanteras av trafikledaren. Tågklararen kan dra i den tågväg som finns plottat för varje tåg och därmed ändra och fastställa dess planerade avgångs och ankomsttider, samt spårval. Detta kommuniceras sedan per automatik till TLS-systemet som ställer växlar, signaler mm. Tidigare användes STEG även på en mindre del av Norrköpings driftledningsområde men det görs inte längre. I STEG finns även en vy, SPA, (spåransvändningsplan) som visar beläggningen på driftplatserna och för växlar mm där konflikter även kan detekteras. I nuläget är användningen av SPAs konfliktdetektering och detekteringen av konflikter på linjen inte fullt integrerad i STEG⁸.

I Boden används STEG i kombination med lokförarstödet CATO⁹ sedan juli 2012. CATO är i dagsläget installerat på LKABs malmtåg för att ge lokförarna körrekommendationer (dvs. hastighetsrekommendationer) för resan mellan de olika driftplatserna på Malmbanan. CATO beräknar dynamiskt den aktuella energi-optimala körprofilen för tåget med utgångspunkt från de avgångs- och ankomsttider som trafikledaren gett det specifika tåget. Vad CATO också bidrar med ur ett trafiksystemperspektiv är bättre information till trafikledaren om dels tågets exakta

⁷ http://www.trafikverket.se/PageFiles/9431/rikskartan_131212.pdf

⁸ Källa: Jörgen Hwargård.

⁹ <http://www.transrail.se/cato.php?lang=en>

position, dels bättre precision i ankomsttiden än trafikledarens egna approximationer kan ge.

CATO används även på tågen som kör Arlanda Express medan SJ har utvecklat en egen stödfunktion för sina lokförare som kallas TrAppen.

Aktiviteterna i den operativa trafikledningen som explicit berör KAJT definieras nedan:

- Planering av banunderhåll inom operativ planering.
- Analysera nuläget och identifiera potentiella avvikelser.
- Omplanera trafiken vid avvikelser och störningar (inkl. förarstöd).
- Förädla och anpassa trafikinformation.

3.4.1. Planering av banunderhåll inom operativ planering

I det operativa skedet planeras *direktplanerade arbeten*, vilka genomförs i tät samverkan mellan trafikledning och utförare (exempel: akuta reparationer, trådfällning, byte av tungkontrollkontakt), samt *arbeten med tågvarnare*, vilka genomförs av underhållsentreprenören utan att planeras med trafikledningen (exempel: besiktning, snöröjning).

I det operativa skedet sker också en samordning mellan trafikledning och underhållsutförare, då de planerade arbetena utförs, då arbetena kontinuerligt avropas, justeras och koordineras. I det operativa läget görs naturligtvis trafikmässiga anpassningar då trafik eller arbeten inte följer uppgjorda planer och denna omplanering görs manuellt.

3.4.2 Analysera nuläget och identifiera (potentiella) avvikelser

Som beskrivits ovan kan avvikelser från tidtabellen identifieras tidigare på Malmbanan/för Malmtågen då man har positionen för dessa tåg och på de sträckor som återfinns i STEG-grafen kan vissa konflikter också upptäckas innan de sker. Utöver detta kan tågledare och tågklarare själva göra prognoser av tågens planerade rutt och eventuella konflikter på linjen och i viss mån driftplatserna också göras för en begränsad tid framåt.

BASUN registrerar redan uppkomna avvikelser och dessutom fås information om trafikläget via kommunikation med personal på tågen och med närliggande driftledningsområden.

3.4.3 Omplanera vid avvikelser och störningar (inkl. förarstöd)

Omplanering av trafiken kan delas in i "normaldrift då endast mindre avvikelser förekommer" samt "avvikelser förekommer som kräver mer omfattande omplanering". Denna uppdelning vilar på On-Time projektets snarlika motsvarande uppdelning där man skiljer på omplanering som kan genomföras utan diskussion med JF resp. omplanering som kräver JFs involvering. Det är inte uppenbart hur

dessa ska definieras eftersom det beror på trafiksituationen och det regelverk som ska tillämpas. Därför låter vi denna gräns vara flytande tills vidare men vi väljer att låta situationer där typiskt den gällande operativa beslutskriterier (såsom riktlinjen om rätttidigt tåg har företräde) kan tillämpas motsvara enklare störningar och avvikelser. Exempel på större störningar är när det kan vara nödvändigt att omleda, vända eller ställa in tåg men också om situationen kräver att större avsteg från de operativa beslutskriterierna krävs.

I nuläget görs all operativ omplanering helt manuellt utan beräkningsstöd för att ta ge förslag på lösningar på potentiella konflikter eller att göra konsekvensanalys av de lösningar som tågledare/tågklarerare planerar implementera utöver den konfliktdetektering som beskrivs ovan. Som nämnts ovan finns det dock lokförarstöd som underlättar omplaneringen av det specifika tåget men också för annan trafik på banan.

3.4.4 Förädla och anpassa trafikinformation vid störningar

Trafikverket har som målsättning att ge den första förseningsprognosen i god tid. Med i god tid menas minst $1,5 * \text{den aktuella förseningen}$ storlek och en försening motsvarar +5 minuter.

Det är, som tidigare nämnt, trafikinformatörerna som ansvarar för detta och de får ta del, muntligen, av den plan trafikledaren har men gör även egna approximationer av gångtider och ankomst-/avgångstider för tågen. I Boden håller Trafikverket nu på att sätta upp en STEG-skärm hos informatörerna för att underlätta och snabba upp kommunikationen av trafikledarens plan.

3.5 Trafikuppföljning

Trafikverket tar fram en mängd statistik för att analysera och följa upp tågtrafiken och kapacitetsutnyttjandet. Aktiviteterna inom trafikuppföljning som berör KAJT beskrivs i mer detalj nedan:

3.5.1 Punktlighet och förseningsorsaker

Trafikverket sammanställer en mängd data för att följa upp punktligheten över tiden för olika tågkategorier och för olika stationer¹⁰. Trafikverket sammanställer även data över antalet inställda tåg, förseningstimmar och det kopplat till ett antal fördefinierade förseningsorsaker. En del av arbetet mot en ökad punktlighet och en uppföljning av punktlighetsarbetet är samarbetet "Tillsammans för tåg i tid"¹¹. Det är en överenskommelse mellan Trafikverket och järnvägsföretagen om att Sverige ska få Europas punktligaste järnväg. År 2020 ska 95% av alla tåg vara i tid för person- och godståg.

¹⁰<http://www.trafikverket.se/Om-Trafikverket/Trafikverket/Manatlig-trafikrapport/Transport-pa-jarnvag-i-ratt-tid/Redovisning-av-punktlig-het-till-orter/>

¹¹ <http://www.trafikverket.se/Privat/Resan-och-trafiken/Punktlig-het/Tillsammans-for-tag-i-tid/>

3.5.2 Kvalitet i trafikinformation

Som en del av uppföljningen av leverans kvalitet följer Trafikverket upp kvaliteten i de prognoser och den trafikinformation som ges. Trafikverket använder bl.a. följande mått och definierade resultatmål¹²:

- **Framförhållning skyltning/prognos, andel %**
Trafikverket ska ge en första förseningsprognosen för aktuella, försenade tåg i god tid. Med i god tid menas minst $1,5 \cdot$ den aktuella tågförseningens storlek och det är relationen mellan tidpunkten för första prognosen och tågets avgångstid från de olika stationsuppehållen som bedöms. Syftet är att förbättra framförhållningen i information om avvikelse från tidtabell i järnvägstrafiken och därmed ge kunderna en bättre valmöjlighet mellan alternativa transporter. Beräkningarna baseras på data från LUPP och det är *andelen försenade tågavgångar där en första prognos har getts i god tid* som redovisas. Målen är att 73 % (2014), 76 % (2015) samt 80 % (2016).
- **Andel försenade avgångar (minst 5 minuter) som saknar prognos**
Försenade avgångar som saknar förseningsprognos får uppgå till högst 6 % (2014), 5 % (2015) och 4 % (2016).
- **Felmarginal första skyltning/prognos, andel %**
Syftet är att få en högre precision i information om avvikelse från tidtabell på järnväg och mer korrekt första prognos. Baserat på data från LUPP, mäter Trafikverket *andelen första skyltningar/prognoser som överstiger 20 % i felmarginal*. Målen för 2014 är att andelen första skyltning/prognos ska ha en precision i 30 % av fallen.
- **Skyltningar/prognoser per försenat tåg, andel %**
Syftet är att, baserat på data från LUPP, mäta hur många gånger prognoserna ändras per tågförsening och minska antalet förseningsprognoser per tåg i förhållande till förseningarnas storlek. Trafikverket mäter *antalet skyltningar/prognoser per försenat tåg som uppnår följande relation i förhållande till förseningens längd med målvärden*:
 1. Under 15 min: 1 prognos,
 2. 15-29 min: 2 prognoser,
 3. 30 min +: 3 prognoserResultatmål som satts är att andelen skyltningar/prognoser per försenat tåg ska förbättras med 70 % (2014) jämfört mot föregående år (1/15 min, 2/15-29 min, 3/+30 min).

I ovan mått så ingår alla planerade avgångar från alla stationer och inte bara utgångsstation.

Trafikverket mäter även resenärernas bedömning av trafikinformationens nytta genom två olika mått:

¹² Källa: Magnus Axberg, Trafikverket.

- **Andel resenärer i järnvägstrafiken som är nöjda med tillhandahållen trafikinformationens i normalt läge**

Syftet är att mäta tågresenärers nöjdhet med Trafikverkets leveranser av trafikinformation i normalt läge. Mättet baseras på svar från tillfrågade tågresenärer som åker tåg minst 1-3 ggr/månad om deras inställning till den trafikinformation som ges via högtalarutrop och/eller informationsskyltar & monitorer i väntsal och perrong och utifrån fyra kvalitetsfaktorer:

- 1) Tillgänglighet av information
- 2) Snabbheten i informationen
- 3) Tydligheten i informationen samt
- 4) Användbarheten i informationen

Resenärerna anger hur nöjda de är på en 5-gradig skala, där svar 3-5 anger att resenären finner det acceptabelt eller också är nöjd. Ett svarsalternativ motsvarande "vet ej" finns också.

Mättet anges i procent och ackumulerat utfall beräknas enligt F1/F2, där F1 motsvarar antal resenärer som anser sig vara nöjda eller acceptabelt inställda (som gett betyg 3 till 5) medan F2 motsvarar alla som svarat 1-5 (dvs. exklusive "vet ej").

Resultaten fås från en webbpanelsundersökning som utförs av Intermetra och Norstat, som gör mätningar med webbenkäter i hela Sverige under hela året. Medlemsrekryteringen sker enligt slumpmässiga urval från SPAR och medlemmarna är jämnt fördelade på kön i åldrarna 16-75 år. Medlemskapet varar i högst 1,5 år för att undvika att kunderna blir experter på verksamheten, nyrekryteringar sker kontinuerligt.

Andelen resenärer på järnväg som är anser att trafikinformationen vid normal trafik är acceptabel eller bra ska öka till minst 94 % (2014), 95 % (2015) samt 95 % (2016).

- **Andel resenärer i järnvägstrafiken som är nöjda med tillhandahållen trafikinformationens i stört läge**

I likhet med ovan mätt betygsätter ett urval av resenärer som ansett sig vara med om en störning på sin senaste resa. Mättet består av svar hämtat ifrån marknadsundersökningen Sverigepanelen. Utfallet värderas sedan som andel nöjda eller acceptabelt inställda resenärer (betyg 3, 4 eller 5 på en 5-gradig skala) där ackumulerat utfall = F1/F2 där F1 motsvarar antalet resenärer som anser sig vara nöjda eller neutralt inställda (får betyg 3, 4 eller 5) medan F2 = totalt antal resenärer som ansett sig varit med om en störning på sin senaste resa.

Resultatmålen som definieras av Trafikverket anger att *andelen resenärer på järnväg som anser att trafikinformationen vid störningar är acceptabel eller bra* ska öka till minst 70 % (2014), 72 % (2015) samt 74 % (2016).

3.5.3 Analys av kapacitetsbehov och kapacitetsutnyttjandet

När man vill mäta och beskriva hur kapacitetsutnyttjandet på en linje ser ut så betraktar man ofta den andel av tiden som bandelen är belagd samt antalet tåg per timme och riktning. Den metodik som Trafikverket tillämpar för att beräkna kapacitetsutnyttjandet baseras på UIC406¹³ och är en kompressionsmetod där man - förenklat beskrivet - summerar ihop alla de tidsfönster då banan är belagd under ett utvalt dygn samt dividerar med antalet timmar under detta dygn då banan är tillgänglig. Det vill säga, man reducerar den tillgängliga tiden – 24 h – med ett schablonvärde för underhåll och banarbet och är linjens ordinarie kapacitet reducerad i en större omfattning så minskas den tillgängliga tiden ytterligare.

I de beräkningar av kapacitetsutnyttjande som Trafikverket gör baserat på kompressionsmetoden så kommer man fram till ett procenttal som relateras till tre olika intervall som anger hur pass omfattande belastningen är och följaktligen en indikation på hur störningskänslig trafiken är då belastning är så pass hög. Man utför beräkningarna på dels den mest belastade tidsperioden under dygnet (max 2h) samt över dygnet. Intervallen är:

- 81–100 % => mycket hög belastning.
- 61–80 % => hög belastning.
- 60 % och lägre => låg till medelhög belastning.

Ett kapacitetsutnyttjande i intervallet 81-100 procent anger att känsligheten för störningar är hög, medelhastigheten låg och att det råder stora problem att finna tid för banunderhåll. Ett kapacitetsutnyttjande lägre än 60 procent betyder att det finns utrymme för ytterligare trafik. Beräkningarna baseras på utförd trafik och data från LUPP.

Beroende på de olika banornas egenskaper och den trafik som går där så varierar den reella tillgängliga kapaciteten, vilket då beräkningsmetodiken behöva ta hänsyn till för att ge användbara resultat. Ett sådant specialfall är Malmbanan där kapaciteten (tiden på spåren) som rent praktisk kan användas påverkas av att flera av de malmtåg som trafikerar sträckan har en tåglängd på ca 750 samtidigt som att mötesstationer inte möjliggör möten mellan två stycken sådana tåg. Det i sin tur medför att en större andel av tillsynes ledig tid på spåren uppstår pga av att tätheten mellan två malmtåg i motsatt riktning minskar. UIC406 kan inte hantera att ta hänsyn till denna förlorade kapacitet och därför använder Trafikverket en modifierad beräkningsmetodik för just Malmbanan. För ytterligare information om hur Trafikverkets beräkningsmetodik, se t ex kapitel 3.3.1 i Kristina Nilssons forskningsrapport "Alternativa system för tågstyrning på Malmbanan" (2006)¹⁴.

¹³ UIC (2004) UIC code 406, International Union of Railways, Paris, France. ISBN 2-7461-0802-X.

¹⁴ <http://epubl.ltu.se/1402-1528/2006/01/LTU-FR-0601-SE.pdf>

3.5.4 Analys av järnvägskapacitet och förseningssamband

Trafikverket utför också analyser av punktlighet och förseningars samband med kapacitetsutnyttjandet och det görs årligen inom ramen för Trafikverkets årsredovisning. En uppföljning sker av infrastrukturförändringar och trafikförändringar. Matematiska kapacitetsberäkningar genomförs på en relativt grov nivå. Den matematiska modellen som används är dubbelspår, enkelspår och enkelspår långa tåg och korta mötesstationer. För trafikering sker uppföljning av trafiken baserat på data från Lupp.

4 Forskning och utveckling i Sverige

4.1 Utvecklingsprojekt Trafikverket

Trafikverket har ett pågående utvecklingsarbete för att samordna processerna kring konstruktion av tågplan och trafikledning. Det sker större utvecklingsprojekt som berör både trafik och verksamhet. Dessa är:

- NTL Nationellt tågledningssystem
- Framtidens kapacitetstilldelning
- Successiv tilldelning
- Nya operativa beslutskriterier

4.1.1 Projektet *Nationellt tågledningssystem (NTL)*

Syftet är att arbeta med trafikledning på samma sätt över hela landet för att få en bättre överblick, mer flexibilitet samt effektivare styrning och övervakning. Därmed kan vi utföra bättre tjänster åt våra kunder järnvägsföretagen.

Projektets slutmål är en landsomfattande trafikstyrning som bygger på principen ”styrning genom planering” och där landets alla bandelar är manövrerbara från varje plats varifrån trafikstyrning bedrivs. Projektet har följande övergripande effektmål:

- fortsatt hög drifttillgänglighet, ökad driftflexibilitet och minskad sårbarhet (vid exempelvis tekniska fel)
- förbättrad rättidighet, ökad trafikkapacitet och förbättrad förmåga att hantera trafikstörningar
- effektivare förvaltning, drift och underhåll
- förbättrad informationshantering och mer precisa trafikprognoser
- en robust, effektivare och resurssnålare nationell tågledning (i förhållande till trafikmängden)

Hela projektet beräknas vara klart under 2018 efter ett stegvis införande från och med 2016 av det nya konceptet med landsomfattande trafikstyrning.

4.1.2. Programmet *Framtidens kapacitetstilldelning*

Trafikverket driver ett program Framtidens kapacitetstilldelning. Kontaktperson för programmet är Veronica Molin. Programmet syftar till att¹⁵:

- Möta omvärlden affärsmässigt med smartare och skarpare kapacitetstilldelning
- Öka flexibilitet och att nyttja infrastrukturen bättre
- Tillsammans skapa förutsättningar för robust kapacitetstilldelning

Där ingår att definiera framtida funktionalitet för att realisera uppsatta mål. En aktuell rapport är "Framtida funktionalitet inom kapacitetstilldelning – Smarta arbetsätt och moderna IT lösningar", kontaktperson Christian Tham.

Utdrag ur rapporten:

Trafikverket står inför en mängd utmaningar innan man når målbilden för framtidens kapacitetstilldelning. Närmast förestående är att validera metoder och arbetsätt. Parallellt med detta ska kravbilden på det framtida IT-stöd som skall komma att ersätta det nuvarande verktyget Trainplan, förtydligas och klargöras.

När man därefter upphandlat ett nytt IT-stöd skall detta stegvis implementeras i verksamheten samtidigt som Trainplan stegvis fasas ut. Detta kommer att ske parallellt med införandet av nya arbetsmetoder.

Målsättningen är att målbilden för framtidens kapacitetstilldelning skall vara realiserad år 2020.

4.1.3 Projekt *Successiv tilldelning*

Projekt Successiv tilldelning ingår i programmet *Framtidens kapacitetstilldelning* och ska utmynna i en ökad effektivitet i utnyttjandet av befintliga system och i användandet av Trafikverkets och operatörernas resurser. Uppgiften är att utveckla och införa nya funktioner för att förenkla för tåg- och spårplanerare samt att ta fram underlag för införande av ny metodik rörande planering av kapacitetstilldelning, såväl ute på linjen som på bangårdar och sidospår. För detta krävs även utveckling av digitaliserade besluts- och stödsystem.

Projektet har föregåtts av en utredningsfas med framtagande av kravställande dokument. Vissa utredningar kvarstår. Projektet ska till fullo vara genomfört och funktionerna införda i slutet av år 2014 för att kunna ligga till grund för Tågplan 2015. Arbetet genomförs i ett antal delprojekt.

Projektets syfte är att ge följande effekter:

- Enhetligare Tågplane- och Adhoc-process

¹⁵ <http://www.trafikverket.se/Foretag/Trafikera-och-transportera/Trafikera-jarnvag/Framtidens-kapacitetstilldelning/>.

- Effektivare Spårplaneringsprocess integrerad med Tågplaneringen
- Ökad konkurrensförmåga för järnvägen
- Möjlighet för kunder att utföra ett större trafikarbete
- En bra grund att basera fortsatt utveckling av processer och nytt planeringssystem.

Projektet baseras bland annat på forskningsdata från SICS. I projektet ingår även framtagandet av ett optimeringsverktyg i form av en körbar prototyp från forskningsprojektet Marackasen som togs fram inom forskningsprojektet Tågplan 2015.

4.1.4 Nya operativa beslutskriterier

Under våren 2012 diskuterades de gällande operativa reglerna enligt JNB kap 4.8.2 i det nationella driftsforumet. Nuvarande grundregel enligt JNB är: "Ett rättidigt tåg har företräde mot ett försenat tåg". Regeln har diskuterats inom Trafikverket allt sedan den infördes i början av 2000-talet, eftersom den trots sin pragmatiska ansats och logik kan leda till större merförseningar än om man väljer att ta en temporär försening på ett rättidigt tåg för att prioritera ett försenat tåg. Resultatet av diskussionen blev att ett arbete påbörjades för att se över gällande regel samt att komma med ett förslag på nya regler eller riktlinjer.

Arbetet har bedrivits i samverkan med en mindre grupp av järnvägsföretag samt branschorganisationen Tågoperatörerna fram till september 2012. Ett förslag skickades därefter ut på remiss 2010-10-04: "Trv 2012/69753 Operativa prioriteringskriterier". Ett projekt, "Nya operativa beslutskriterier" startade sedan med syfte att anpassa och utprova nya operativa beslutskriterier. Projektet innefattade ett pilotförsök på sträckan Katrineholm-Nässjö under hösten 2013 med syfte att undersöka effekterna av föreslagna nya operativa beslutskriterierna i förhållande till gällande rättidighetsregel. Projektet slutrapporterades under mars 2014.

4.2 Forskningsprojekt och processutveckling inom KAJT

KAJT:s forskning och metoder har pågått längre tid och forskningsresultat implementeras i Trafikverkets verksamhet och processer. En del av forskningen handlar om att kartlägga, beskriva och utveckla processer medan annan forskning handlar om att utveckla metoder och/eller att tillämpa och utvärdera befintliga metoder. Detta delkapitel avser koppla de forskningsprojekt som helt eller delvis utförs inom ramen för KAJT och enligt följande uppdelning:

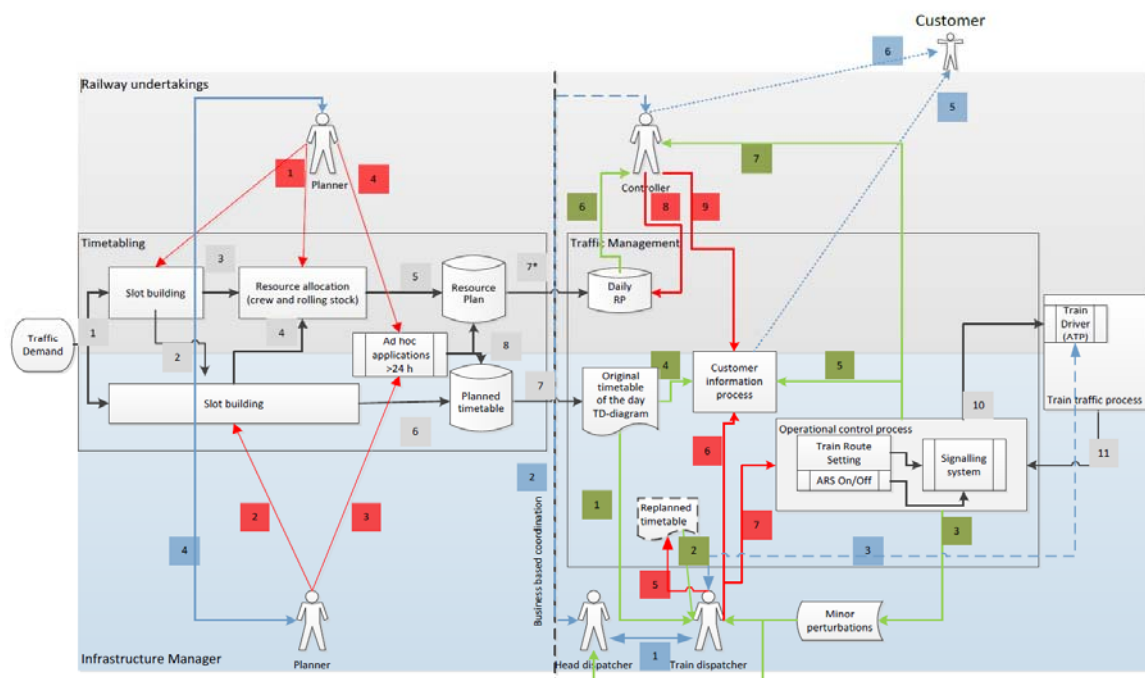
- Övergripande processutveckling
- Förplanering
- 1-årig tågplan
- Ad-hoc planering
- Operativ trafikering (inkl. trafikinformation)
- Trafikuppföljning

Kortfattade projektbeskrivningar för pågående projekt som faller under resp. rubrik "Förplanering" till "Trafikuppföljning" återfinns i bilagan.

4.2.1 Övergripande processutveckling

OnTime

Ett större arbete om processer har utförts i EU-projektet där är forskningen inriktad på att utveckla den operativa trafikeringen, men kommer även in på adhoc-planeringen. I projektet har kartläggningar av processer och kunskapsläget inom området för Sverige, Storbritannien, Nederländerna, Italien, Tyskland och Frankrike genomförts där ett resultat är figuren nedan.



Figur 3: Processbeskrivning tidtabellsplanering och operativ trafikering (Källa: OnTime)

4.2.2 Förplanering

- [1] Kapacitetsanalys i ett nätverksperspektiv (KTH, pågående)
- [2] Överbelastad infrastruktur (KTH, pågående)
- [3] Utvärdering av tidtabellstrategier (KTH, pågående)
- [4] Tidtabellsläggning m h a simulering (KTH, pågående)
- [5] Klimat på spåret 2030 - Klips (SICS, pågående)

4.2.3 Planering av 1-årig tågplan

- [6] Samhällsekonomiska prioriteringskriterier – (SICS och KTH, avslutat)¹⁶
- [7] Robusta Tidtabeller för Järnvägstrafik - RTJ+ (LiU, pågående)

¹⁶ En fortsättning av projektet "Samhällsekonomiska prioriteringskriterier" är planerad.

- [8] Effektiv planering av järnvägsunderhåll (LiU, pågående)
- [9] Framtidens Leveranstilldelningsprocess – FLTP (SICS, pågående)
- [10] Capacity4Rail (LiU, KTH; pågående)

4.2.4 Adhoc-planering

- [11] Tågplan 2015 Lean (SICS, pågående)¹⁷

4.2.5 Operativ trafikering och trafikinformation

- [12] PUNKTLIGHET genom MÅLPUNKTSSTYRNING-PUMPS (SICS, pågående)
- [13] Flexibel omplanering av tåglägen vid driftstörningar - FLOAT (BTH, pågående)
- [14] Framtida operativ trafikledning - FOT (UU, pågående)
- [15] Automation av tågtrafikstyrning - BAOT (UU, pågående)
- [16] Utvärdering av förändringar i tågtrafikledarnas beslutsfattande - (UU, pågående)
- [17] Förstudie Trafikinformation lägesbild (UU, pågående)
- [18] KOI (SICS, avslutat)
- [19] RANPLAN (SICS, avslutat)

4.2.6 Trafikuppföljning

- [20] Järnvägskapacitet och förseningssamband (SICS, KTH och VTI, pågående).
- [21] Förseningar, driftstörningar och kapacitetsutnyttjande (VTI, avslutat).
- [22] Kapacitetsutnyttjande i det svenska järnvägsnätet - Uppdatering och analys av utvecklingen 2008 – 2012 (KTH, avslutat).

4.3 Några slutsatser och observationer

Utifrån den analys av Trafikverkets processer i förhållandet till det som görs inom de KAJT-associerade forskningsprojekt som Trafikverket finansierar, har vi identifierat ett antal frågeställningar inom trafikuppföljning och trafikinformation där vi tror det finns ett behov av ytterligare forskningsarbete.

Eftersom vi inte har en fullständig bild av nuvarande förutsättningar eller de förutsättningar Trafikverket planerar för, så behöver naturligtvis detta diskuteras och konkretiseras med Trafikverket och branschen. Det som nämns skulle kunna utvecklas till tydliga utvecklingsprojekt inom KAJT men likväl projekt för kartläggning, analys och följeforskning kopplat till Trafikverkets kvalitetsarbete.

¹⁷ Projektet "Tågplan 2015 Lean" spänner över både den ordinarie tidtabellsprocessen och adhoc-processen.

Kvalitet i tågplanen/tågföringen

En förutsättning för att kunna erhålla en hög punktlighet samtidigt som banans kapacitets utnyttjas på ett effektivt sätt, är att säkerställa att den tidtabell som tågen förväntas följa är aktuell och genomförbar i så stor utsträckning som möjligt.

Det har dock varit svårt att i kartläggningen fastställa på vilka sätt Trafikverket gör systematiska analyser av faktiskt utfall i förhållande till tågplanen och hur resultaten används i återkopplande syfte. Det verkar exempelvis som att det inte utförs en systematisk uppföljning av i vilken utsträckning de riktlinjer som togs fram i det förberedande arbetet i förplaneringsprocessen sedan implementerades i praktiken och om t ex trångsektorsplanernas kapacitetsrekommendationer efterlevs liksom rekommendationerna för minsta tillåtna headway-avstånd mellan tågpar mm. Inom ramen för forskningsprojektet RTJ (Robusta Tidtabeller för Järnvägstrafik) har vi dock fått indikationer på att det finns behov och intresse av att följa upp på ett mer omfattande sätt än det görs nu av hur tågplanens utformning och egenskaper kan ha påverkat rättidighet och andra kvalitetsindikatorer (både i efterhand men också under tågplanarbetet).

Analys av kapacitetsbehov och kapacitetsutnyttjandet

Det har varit svårt att fastställa på vilka sätt Trafikverket gör systematiska analyser och uppföljning av förhållandet kapacitetsbehov - uppbokad - avbokad kapacitet och det faktiska kapacitetsutnyttjandet samt hur det påverkas av ramarna som sätts avseende (av)bokningsavgifter, tåglägesavgifter, kvalitetsavgifter mm. Det är därmed också för oss oklart om Trafikverket finner det relevant nog för verksamheten att utföra denna typ av uppföljningsanalyser och om det är möjligt, om försök har gjorts och i så fall vad man kom fram till.

Leveranskvalitet i trafikinformationen

Kvaliteten på den trafikinformation som idag delges resenärer, järnvägsföretag mfl följs upp på flera olika sätt som beskrivits i kapitel 3.5.2. Det framgår dock inte om detta kvalitetsarbete inkluderar analyser med avseende på vilka faktorer som styr kvaliteten och hur förutsättningarna för en ökad kvalitet kan uppnås. Tågtrafikinformation som tas fram idag görs huvudsakligen manuellt, vilket i sin tur baseras på den manuellt reviderade tidtabell som trafikledningen gör iterativt i ett operativt skede. Det är alltså många faktorer som påverkar möjligheterna till att tillhandahålla trafikinformation och prognoser av hög kvalitet (dvs. med god tillförlitlighet och god framförhållning). En kartläggning av hur kvaliteten påverkas av olika typer av situationer och på vilka sätt den kan förbättras med hjälp av t ex bättre dataunderlag (tågens aktuella position, gångtidsprediktioner, etc) och olika typer av beslutstöd som utgör en del av de trafikstyrningsverktyg som är under utveckling vore värdefullt för ett förbättringsarbete.

Punktlighet, förseningsorsaker och kapacitetsutnyttjandets effekt

Punktligheten i olika former följs redan upp av Trafikverket men det är oklart vad exakt som följs upp som ett centralt måttal, på vilka sätt dessa måttal tas fram och

framför allt hur den kunskap dessa bidrar till används i planeringsprocessen. T ex är det oklart om "success rate" för anslutningar och vikten av alternativa anslutningstider följs upp och om återkoppling sker till tidtabellsprocessen. Det är dock även oklart om det är Trafikverkets ansvar att följa upp just detta eller åtminstone tillhandahålla den information som krävs för att möjliggöra denna uppföljning.

Det är också oklart om metoderna för att härleda uppkomsten av olika störningar/avvikelser (t ex trängsel, signalfel, tidiga tåg etc.) och efterföljande händelser (t ex prioriteringsbeslut, medförsenade tåg) till den effekt de kan ha gett upphov till är tillräckliga och enkla nog för att det ska gå att dra några tydliga slutsatser som kan ge återkoppling till verksamheten.

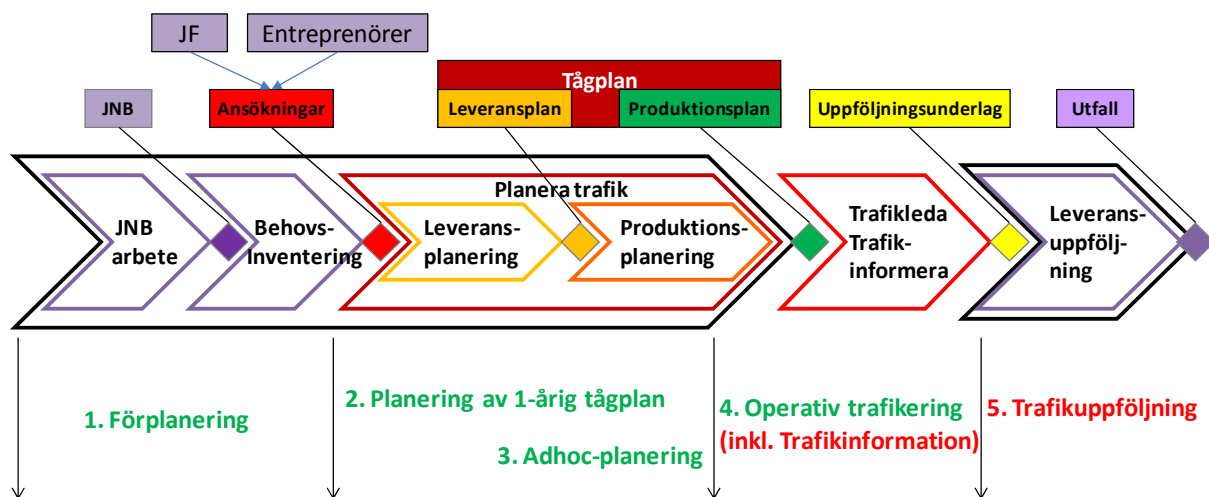
De initiala idéer om forskningsinriktningar med fokus på uppföljning som beskrivits ovan behöver naturligtvis konkretiseras och diskuteras med personer som dagligen arbetar med denna typ av kvalitetsarbete inom Trafikverket men också andra sakägare i branschen. Även om KAJT ännu inte uttalat bedriver forskningsprojekt med fokus på uppföljning så har ett mindre antal förstudier genomförts med fokus på analys av förseningsdata samt kapacitetsutnyttjandet. Ett ytterligare mindre uppföljningsprojekt, *Uppföljning och Prediktion - UoP*, är dessutom på väg att starta (under maj 2014) och som ska utföras av BTH och SICS på uppdrag av Trafikverket inom ramen för KAJT.

5 Analys och identifierade behov av forskning inom KAJT – Trafikverkets bedömning

I detta kapitel görs en analys av Trafikverkets forskningsbehov utifrån området KAJT – Kapacitet i Järnvägstrafiken med utgångspunkt från kartläggningen i kapitel 3 och 4.

5.1 Övergripande slutsatser

I figur 4 nedan redovisas Trafikverkets processbild för arbete med tågplanering från JNB arbete till leveransuppföljning. Analysen av FoU behov och forskningsuppdrag görs utifrån de olika process stegen.



Figur 4: Processbild trafikplanering – trafikledning – uppföljning. Källa: Trafikverket, anpassad.

Slutsatser av FUKS arbetet är följande:

- Behov av kompetens/frågeställningar/behov mellan FoU miljöer, samt mellan FoU miljöer och Trafikverket
- Behov att formulera forskningsområden/forskningsprojekt, samt att redovisa hur forskningen kan implementeras
- Behov av metodval och att dra nytta av kombinerade kompetenser
- Behov av demonstratorer och att utvärdera resultat

En stor del av forskningsarbetet som utförs baseras på metoder som simulering och optimering men också intervjustudier, actionsforskning mm. Forskningen utförs även på olika nivåer. Viss forskning är riktad till management nivå medan annan forskning rör användande av metoder och IT-verktyg.

Från Trafikverkets perspektiv finns det ett behov av att tydliggöra vilka metoder som används i de olika projekten (dvs. definiera den verktygslåda KAJT besitter), beskriva dessa och diskutera dessa styrkor och begränsningar från ett praktiskt perspektiv.

Det finns också behov att lära av varandra dvs vi behöver sammanföra forskare inom olika områden, samt också sammanföra forskare med Trafikverkets beställare så att forskarna får större förståelse för relevansen i deras forskning och hur forskningen kan införas i verksamhet och ge förbättringar.

En sammanfattning av de specifika Foi-behovet är enligt nedan:

En allmän slutsats är behov av breddad kompetens, samt förståelse hur forskningen bidrar till Trafikverkets processer.

Förplanering - Foi projekten [1 – 5]

Det finns behov att vidareutveckla kapacitetsmetoderna. Metoderna rör matematisk kapacitetsanalys, simulering och optimering. Modellerna är kopplade till mikromodeller från Railsys eller makromodell från Trainplan.

Det finns behov av förbättrade modeller och metoder. Exempel är gångtider, tidstillägg i tågplanen, nätverksanalys på makronivå, koppla samman förplanering med operativ styrning.

Konceptet servicefönster är en metod Trafikverket arbetar med för att förbättra banarbetsplanering. Trafikverket ser behov att vidareutveckla banarbetsplanering utifrån metoder hämtade optimering och simulering av banarbeten.

Planering av tågplan - Foi projekten [6-11]

Projektet Samhällsekonomiska prioriteringskriterier skissar på en ny process för den framtida tågplaneringen [6].

Att införa optimeringsstöd i tågplaneringen är komplext och tar tid. Det finns behov att utveckla metoder så att de stöder tågplanerarna och effektiviserar arbetet. Det finns koppling i detta område med det tidtabellssystem som används.

Den Operativa processen - Foi projekten [12 – 19]

De flesta projekt är kopplade till Steg/NTL och beslutsstödsalgoritmer.

Det finns behov att koppla samman tågstyrning med beslutsstöd, samt att ta fram demonstratorer.

Det finns behov att koppla samman tågplanering med tågföring. Forskning om operativa beslutskriterier är en aktuell fråga.

Det finns behov att följa teknik och processutveckling inom trafikstyrning utifrån MDI perspektivet.

Det finns behov att bredda området med trafikinformation, samt hantering av större störningar.

Uppföljning - Foi projekten [20 – 22]

Databaser för trafikuppföljning är under utveckling. Det finns behov av olika typer av analyser.

Forskningsbehov finns om renodlade frågeställningar utifrån Lupp systemet och definitioner, samt trafikuppföljning utifrån ett kundperspektiv.

Forskningsbehov finns om mer kvalitativa samband utifrån uppföljning kopplat till tågplan/simulering och optimering.

5.2.1 Förplanering

Forskningen sker utifrån trafiksimulering med Railsys (mikronivå) och optimeringsmodeller utifrån Trainplan (makronivå). Tillgänglighet till grunddata från Lupp och andra datakällor som Tpos, Opera, trafikbilder från EBICOS och Steg ger möjlighet att närma planeringsmodellerna med uppföljning av tågföring.

Det finns behov att koppla samman simulering – optimering - uppföljning. Det finns även behov av ekonomisk värdering och effektsamband.

Hur kan optimeringsmodeller börja användas i förplaneringen? Nu sker utveckling av metoder inom optimering hos både KTH och LiU.

Hur kan simuleringsmetodiken förbättras? Går det att använda Railsys (eller modul kopplad till Railsys) som ett analysverktyg för uppföljning av utförd trafik.

Kan forskning om uppföljning ge oss bättre kunskap om gångtider, samt vilka faktorer som påverkar tågens gångtider?

Hur kan trafiksimulering och realtidssimulering med eller utan beslutsstödsmoduler samordnas? Det finns behov att närma tågplaneringen med den operativa processen.

Andra identifierade forskningsbehov och frågeställningar är:

- Analyser av punktlighet, kapacitetsutnyttjande och tågplan på nationell nivå utifrån erhållna data, samt utifrån syftet ökad kapacitet/nytta och ökad punktlighet.
- Metoder om var går kapacitetsgränsen och hur ska tidstillägg fördelas i tågplanen
- Metoder om planering av banarbeten med optimering och simulering. Konceptet servicefönster är en metod Trafikverket arbetar med för att förbättra banarbetsplanering.

- Strategier, metoder, processer och visioner inom tågplanering-trafikstyrning-uppföljning inkl omvärldsbevakning. Inom detta område är EU projekten en viktig del.

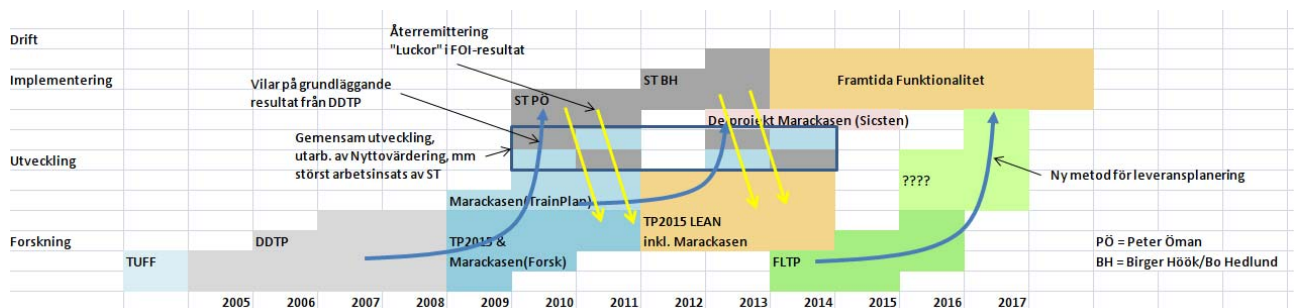
5.2.2 Ett årig tågplan och adhoc-planering

I planering av 1-årig tågplan är en central aktivitet konstruktion av den kommande tågplanen utifrån järnvägsföretagens ansökningar, samt behovet av underhåll och banarbeten. Det finns forskningsbehov om att utveckla processen och prioriteringskriterier i processen. Projektet "Samhällsekonomiska prioriteringskriterier" skissar på en ny process för den framtida tågplaneringen [6].

I adhoc-planeringen finns behov att stadga upp processen med förbättrade metoder och IT-stöd. Det finns en "IT-skuld" inom tågplaneringen som Trafikverket tillsammans med Järnvägsföretagen håller på att ta sig an med programmet "Framtidens kapacitetstilldelning". Projektet successiv tilldelning har pågått sedan 2004 och införande arbete pågår med att införa metoderna i korttidsplaneringen.

Det finns behov av förbättrade metoder inom adhoc-planering, det bör finnas behov att ta fram demonstratorer för att underlätta adhoc-planeringen.

Att införa forskningsresultat i verksamheten är tidsödande. Successiv tilldelning har pågått sedan 2004 och forskningsresultaten håller nu på att införas i korttidsprocessen med modulen Marackasen.



5.2.3 Den Operativa processen

I den operativa processen har Trafikverket i samarbete med UU forskat fram konceptet Steg styra med Elektronisk graf och styra genom planering. Detta är grundkoncept i det framtida NTL systemet som håller på att upphandlas och ska införas under de kommande åren.

Kopplat till STEG/NTL sker forskning om beslutstödssystem. Genom beslutstödssystemer går det att öka kapaciteten, minska förseningarna, samt minska energiåtgången. Det sker också forskning och utveckling av beslutstöd i loken. Beslutstöd i den operativa processen forskas fram även i projekten OnTime och Capacity4Rail. I projekten FLOAT och BAOT studeras möjligheter för tillämpning på Malmbanan. Realtidssimulatorer med beslutstödssystemer är under utveckling.

Det pågår även en förstudie om Trafikinformation lägesbild.

Identifierade forskningsbehov är:

- Förbättrad metodik för trafikstyrning, att koppla samman STEG/NTL med optimeringsalgoritmer och beslutsstödssystem
- Att utveckla kompetens och forskning som stödjer framtidens trafikledning/trafikledningssystem i driftledningscentral och lokförarstöd
- Att bredda området med trafikinformation, samt hantering av större störningar

5.2.4 Trafikuppföljning och analys

Kapitel 3-4 visar att det pågår aktiviteter kring trafikuppföljning hos Trafikverket och KAJT Foi utförare inom samtliga processteg.

Arbetet med trafikuppföljning är också under utveckling som ett eget område. Det sker arbete med att förbättra informationshanteringen. LUPP systemet är nu tillgängligt för analyser som utförs av forskarmiljöer. STEG ger möjligheter att följa upp tågplanering, tågföring och banarbeten.

KAJT projekt har studerat detta hos SICS och VTI (Järnvägskapacitet och förseningssamband) och KTH (Kapacitetsutnyttjande i det svenska järnvägsnätet – uppdatering och analys av utvecklingen 2008 – 2012).

Framförallt det förstnämnda projektet har varit kravställare gentemot Trafikverket i frågor om uppföljning av punktlighet, uppgifter om inställda tåg utifrån adhoc-planering och i den operativa processen.

Dessutom är ett ytterligare mindre uppföljningsprojekt, *Uppföljning och Prediktion - UoP*, på väg att starta (under maj 2014) och som ska utföras av BTH och SICS på uppdrag av Trafikverket inom ramen för KAJT.

Identifierade forskningsbehov:

- Att utveckla metoder och demonstratorer utifrån historiska data/tågplanering på mikronivå/optimering
- Att genom uppföljning utveckla metoder och samband att använda inom förplanering, tågplanering och den operativa processen
- Att koppla samman strategiska beslut – taktiska beslut – operativa beslut, att ta fram scenarios och göra värderingar
- Att ta fram samband som rör kapacitetsbelastning och punktlighet primära störningar och sekundära störningar, samt vad störningar orsakas av

6. Projektsammanställning

Se bilagan för en kortfattad beskrivning av resp. projekt som ges nedan.

[1] Kapacitetsanalys i ett nätverksperspektiv, Foi utförare KTH projektledare O. Fröidh, Trafikverket kontaktperson K Eriksson, en förstudie som avslutas under 2014, FUD info 5608.

[2] Överbelastad infrastruktur, Foi utförare KTH B-L Nelldal och A Lindfeldt, Trafikverket kontaktperson M Wahlborg, flerårigt pågående doktorand projekt, projektet pågår (finansiering tom dec 2014), FUD info 4973.

[3] Utvärdering av tidtabellstrategier, Foi utförare KTH B-L Nelldal och J Warg, Trafikverket kontaktperson M Wahlborg, flerårigt pågående doktorand projekt, projektet pågår (finansiering utanför KAJT), FUD info 4973.

[4] Tidtabellsläggning m h a simulering, Foi utförare KTH B-L Nelldal och H Sipilä, Trafikverket kontaktperson M Wahlborg, flerårigt pågående doktorand projekt, projektet pågår (finansiering tom dec 2014), FUD info 4973.

[5] Klimat på spåret 2030–Klips, Foi utförare SICS M. Joborn, Projektet pågår augusti 2013 – oktober 2014.

[6] Samhällsekonomiska prioriteringskriterier, Foi utförare KTH J Eliasson och SICS M Aronsson, Trafikverket kontaktperson H Dahlberg, Förstudien är avslutad, FUD info 5382.

[7] Robusta Tidtabeller för Järnvägstrafik - RTJ+, Foi utförare Linköping Universitet A. Peterson, E. Andersson, F. Khoshniyat, J. Törnquist Krasemann, Trafikverket kontaktperson M. Grimm, flerårigt pågående doktorandprojekt (finansiering tom dec 2015), FUD info 5345.

[8] Effektiv planering av järnvägsunderhåll, Foi utförare Linköping U M Joborn, T Lidén, Trafikverket kontaktperson P Hurtig, flerårigt pågående doktorandprojekt (finansiering tom dec 2015), FUD info 5498.

[9] Framtidens leveranstilldelningsprocess - FLTP, Foi utförare SICS M. Aronsson, Trafikverket kontaktperson H. Dahlberg, flerårigt doktorandprojekt som pågår 2014-2016.

[10] Capacity4Rail, Foi utförare Linköpings Universitet, A. Peterson, M. Joborn, Trafikverket kontaktperson M. Wahlborg, EU projekt 201310 -201709, FUD info 5580.

[11]] Tågplan 2015 Lean, Foi utförare SICS M. Aronsson, Trafikverket kontaktperson H Dahlberg, flerårigt projekt (pågår tom dec 2014), FUD info 96.

[12] PUMPS, Foi utförare SICS M Joborn, Trafikverket kontaktperson T. Arvidsson, förstudie/uppdrag (finansiering utanför KAJT), FUD info 5408.

[13] Flexibel omplanering av tåglägen vid driftstörningar - FLOAT, Foi utförare Blekinge Tekniska Högskola J. Törnquist Krasemann och H. Grahn, Trafikverket kontaktperson P. Hammarberg, flerårigt projekt (pågår tom dec 2015), FUD info 5514.

[14] Framtida operativ trafikledning - FOT, Foi utförare Uppsala Universitet B. Sandblad doktorand Simon Tschirner, Trafikverket kontaktperson R Edlund, fler (finansiering tom dec 2015), FUD info 5491.

[15] Automation av tågtrafikstyrning – BAOT, Foi utförare Uppsala Universitet Anders Jansson, Trafikverket kontaktperson P. Hammarberg (pågår tom dec 2015), FUD info 5544.

[16] Utvärdering av förändringar i tågtrafikledarnas beslutsfattande, Foi utförare Uppsala Universitet A. Jansson, Trafikverket kontaktperson J Hwargård (pågår tom dec 2016), FUD info 5618.

[17] Förstudie Trafikinformation lägesbild, Foi utförare Uppsala Universitet B.Sandblad, Trafikverket kontaktperson K Olsson, förstudie pågående, FUD info 5594.

[18] KOI, projekt som utfördes innan KAJT bildades, Foi utförare SICS J. Ekman, Trafikverket kontaktperson U. Sjöström.

[19] RANPLAN, projekt som utfördes innan KAJT bildades, Foi utförare SICS M Bohlin, Trafikverket kontaktperson H Dahlberg, projektet avslutat december 2013, FUD info 230.

[20] Järnvägskapacitet och förseningssamband, Foi utförare VTI J-E Nilsson, (deltagande SICS och KTH), Trafikverket kontaktperson R Braune, förstudie avslutas april 2014, FUD info 5502.

[21] Förseningar, driftstörningar och kapacitetsutnyttjande, Foi utförare, VTI FUD J-E Nilsson, Trafikverket kontaktperson R. Braune, förstudie avslutad 2013, FUD info 5477.

[22] Kapacitetsutnyttjande i det svenska järnvägsnätet - Uppdatering och analys av utvecklingen 2008 – 2012. Anders Lindfeldt, KTH Rapport 2014, TRITA-TSC-RR 14-003.

Bilaga. Projektbeskrivningar

FÖRPLANERING

Kapacitetsanalys i ett nätverksperspektiv (KTH)

Godstransporter är till skillnad från persontransporter inte beroende av exakt vilken väg godset färdas utan av start och målpunkt samt av att det finns tillräcklig kvalitet och kapacitet. I vissa fall kan därför godstrafiken ledas olika vägar. Det finns flera anledningar till att detta kan bli vanligare i framtiden:

- Differentierade banavgifter kan ibland göra det lönsamt att köra annan väg än den kortaste och om den vanliga vägen är hårt belastad kan det också gå snabbare
- Trafikverket ska etablera en nationell transportledning (NTL) vilket gör det lättare att styra trafiken i ett nationellt perspektiv både normalt och vid avbrott
- Järnvägsnätets standard varierar och i vissa fall kan det vara möjligt att köra tyngre eller längre tåg eller tåg med större lastprofil om man kan kombinera olika länkar i nätet
- Järnvägen har de senaste åren påverkats alltmer av stora trafikavbrott och störningar som kräver omledning av tåg där hela nätverket kan behöva användas
- Avregleringen av den kommersiella persontrafiken på järnväg innebär att ännu större krav kommer att ställas på kapaciteten i järnvägsnätet

Syftet med projektet är att analysera hur kapaciteten i järnvägsnätet kan utnyttjas för att möjliggöra en ökning av godstransporterna på järnväg och för att förbättra transportkvaliteten. Med utgångspunkt från de viktigaste marknaderna i form av flöden ska det svenska järnvägsnätet och de viktigaste internationella förbindelserna till Europa analyseras genom att ta fram en modell för nätverksanalys av godstransporter på järnväg som även tar hänsyn till persontrafiken.

Den metod vi avser att använda är i första hand verktyget för nätverksanalys Nemo som är kopplat till simuleringsverktyget Railsys. Till detta verktyg kan kopplas andra modeller som KTH har tillgång till såsom kostnadsmodeller och andra modeller för kapacitetsanalys. Precis som KTH Järnvägsgrupp en gång introducerade i Railsys i Sverige och anpassade det till svenska förhållanden avser vi nu att introducera och testa Nemo för det Svenska järnvägsnätet.

Klimat på spåret 2030 – Klips (SICS)

Projekt *Klimat på spåret 2030* (Klips) har som syfte att utreda om spårsystemet klarar den framtida belastning som prognostiserats fram mot 2030. Utförare är SICS Swedish ICT, på beställning av Trafikverket. Bakgrunden till projektet är att de prognoser som finns för den framtida utvecklingen av behovet av järnvägstransporter ofta inte tar hänsyn till det verkligen är möjligt att genomföra de volymökningar som prognostiseras. Projektet utgår från de prognoser som finns för framtida godsvolymer på järnväg, och ska på ett konkretare sätt än i tidigare studier analysera den belastning på järnvägsnätet som dessa tåg ger upphov till. För att avgöra beläggningen på järnvägsnätet kommer man i projektet att skapa en tidtabell för tågen, i syfte att avgöra om det är möjligt att få plats med alla tåg. SICS prototyp till optimerande tidtabellsläggningssystem kommer att nyttjas i projektet för att konstruera tidtabell. Olika scenarion för den framtida utvecklingen kommer också att analyseras, t.ex. effekterna av att infrastrukturen byggs ut. Projektet fokuserar främst på godstrafiken, även om den framtida persontrafiken naturligtvis också spelar in. Beroende på var och hur flaskhalsar uppstår i järnvägssystemet kommer olika scenarior att utvecklas och studeras. Projektet pågår augusti 2013 – oktober 2014.

Samhällsekonomiska prioriteringskriterier (SICS och KTH)

Om resurskonflikter uppstår under tågplanearbetet som inte kan lösas genom förhandlingar mellan de inblandade parterna gäller att man i sista hand ska använda "samhällsekonomisk nytta" som prioriteringskriterium:

"Om ansökningarna om infrastrukturkapacitet inte kan samordnas skall förvaltaren tilldela kapacitet med hjälp av avgifter eller i enlighet med prioriteringskriterier som medför ett samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande av infrastrukturen."

Även om detta bara används som sista instans, så får det till följd att hela förhandlings- och ansökningsarbetet präglas av en medvetenhet om att dessa prioriteringskriterier kommer användas som rättesnöre vid konflikt. Det är därför av stor vikt att dessa är rättvisande och användbara.

Trafikverket har tagit fram en uppsättning sådana samhällsekonomiska prioriteringskriterier. De infördes i JNB2011 och får betraktas som en första testversion. Det är dock i högsta grad oklart hur dessa kriterier ska användas och vad ett användande av dessa kriterier skulle innebära.

Först och främst är det vetenskapliga underlaget för de nuvarande kriterierna litet, bl a i vilken grad de överensstämmer med vad som menas med "samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande" i järnvägslagen. I dagsläget är det vetenskapliga kunnandet litet hur en tågplan skall värderas samhällsekonomiskt och nya metoder och modeller behöver sannolikt utvecklas. Traditionellt inom samhällsekonomisk värdering har mycket förenklade nyckeltal använts för att kategorisera tidtabeller (t.ex. antal tåg per timme). Ju högre utnyttjat spårssystemet är, desto viktigare blir frågan om samhällsekonomiskt optimerat utnyttjande av infrastrukturen.

För det andra behöver man undersöka vilka konsekvenser som ett användande av kriterierna skulle få – t ex vilka tågtyper som kommer prioriteras, i vilken grad, och om detta ger "intuitivt rimliga" resultat.

För det tredje behöver den praktiska metodiken utvecklas – t ex vad som ska användas som "jämförelsealternativ" när tidtabellsjusteringar ska värderas samhällsekonomiskt.

Projektbeskrivning/åtgärd

Syftet är att mer vetenskapligt genomlysna de kriterier som togs fram till 2011 och

- 1) undersöka vilka konsekvenser de får för vilka tåg som prioriteras,
- 2) peka på ev. brister och behov av komplettering, eller
- 3) förkasta dem och föreslå ny ansats.

Konsekvenser/förbättringar

På kort sikt blir de nuvarande prioriteringskriterierna antingen verifierade eller kompletterade. På längre sikt vinnas kunnande om hur tidtabeller och tågplaner skall värderas samhällsekonomiskt.

Metod

I systemet Marackasen kan tågplaner tas fram och optimeras med avseende på olika objektfunktioner. Genom att avgränsa och skapa ett lämpligt testfall kan olika samhällsekonomiska värderingsfunktioner uttryckas som objektfunktion i Marackasen. Resultatet av körningar med Marackasen ger olika tågplaner som kan studeras både från ett rimlighetsperspektiv och från ett överordnat samhällsekonomiskt perspektiv.

Olika "stress-tester" kan genomföras för att se att den samhällsekonomiska modellen inte "kollapsar" och ger uppenbart ointuitiva resultat – ett slags krocktest av modeller och parametrar i modellen.

Överbelastad infrastruktur (KTH)

Kapaciteten i järnvägsnätet är ofta hårt utnyttjad, särskilt i högtrafik. Systemet blir då mycket känsligt och minsta störning kan sprida sig över stora delar av Sverige och få stora konsekvenser för många tåg. Möjlighet finns för Trafikverket att förklara infrastrukturen för överbelastad. Men var gränsen för överbelastad infrastruktur går, och vilken tidsperiod som den bör innefatta, vilket geografiskt område, vilka marginaler som krävs etc. är inte definierat. Problemet är att det inte finns någon absolut gräns utan att det alltid är en avvägning mellan kvantitet i antal tåg och kvalitet i förseningsrisker.

Syftet med projektet är att analysera vad som händer när trafikintensiteten på en järnvägslinje närmar sig maximal kapacitet och att öka förståelsen för det underliggande beteendet hos ett överbelastat järnvägssystem. Vilka är symptomen vid överbelastning och hur påverkar olika egenskaper hos infrastruktur, förseningar och tidtabell den maximala kapaciteten?

Först analyserades järnvägsnätet i Sverige utifrån en databas över infrastruktur, trafik, tidtabell och förseningar för att hitta lämpliga indikatorer. Därefter konstrueras en modell över några dubbelspåriga linjer för att i detalj testa hur parametrar som stationsavstånd, tidtabellsstruktur, antal tåg/h och förseningsfördelningar påverkar var gränsen går för en robust tidtabell under olika förutsättningar. En metod för att använda simuleringsverktyget RailSys för att göra systematiska simuleringar av ett stort antal tidtabellsalternativ utvecklas och resultatet utvärderas med avseende på sekundärförseningar och tidtabellsmarginaler.

Därefter har olika mått på heterogenitet för tidtabeller tagits fram för att beskriva uppkomsten av sekundära förseningar och kapacitetskonsumtion. Analysen bygger på den tidigare utvecklade modellen och behandlar flera i litteraturen förekommande mått på heterogenitet för dubbelspårstrafik. Målet är att få fram ett lämpligt mått på heterogenitet som kan hjälpa till att skatta dess inverkan på kapacitet och förseningar.

Nästa steg består i att analysera tidtabellsåtgärder när ett dubbelspår med heterogen trafik blir överbelastad. Ofta är långsamma tåg lågt prioriterade när tidtabellen konstrueras, vilket medför att de får ökande tidtabellslagda förseningar p.g.a. förbigångar. Detta medför inte bara en lägre kvalitet på de långsamma tågens tåglägen, utan även att den faktiska heterogeniteten ökar då skillnaderna mellan tågens medelhastighet växer. Resultaten kan också relateras till beräknat kapacitetsutnyttjande t.ex. enligt UIC 406.

Målet är att klargöra hur olika parametrar påverkar kapaciteten på en järnvägslinje för att dra mer generella tidtabellsberoende slutsatser. Det första är att de förväntade resultaten är de metoder som utvecklas under projektet är att de skall kunna användas i framtida analyser av verkliga banor. Det andra är att kunna skapa enkla och användbara riktlinjer för trafikplanering som skall kunna användas för att avgöra hur många tåglägen som kan tillåtas utan att de resulterande förseningarna blir för stora, baserat på infrastruktur, tidtabell och primärförseningar.

Utvärdering av tidtabellstrategier (KTH)

Kapacitetsbrist i järnvägsnätet leder till förseningar och begränsar möjligheterna till att anpassa trafikeringen till efterfrågan (turtäthet, uppehållsmönster etc.). Tidtabellsanalys och simulering används för att konstruera tidtabeller och utvärdera hur väl trafik och infrastruktur fungerar och analysera hur olika åtgärder kan påverka detta. Resultaten utgör viktigt indata för samhällsekonomiska kalkyler och prognoser. Dessa tar dock idag bara i begränsad omfattning hänsyn till kostnadsökning vid förseningar eller begränsat utbud på grund av kapacitetsbrist. Ofta används bara medelvärden för både omfattning av aspekterna samt drabbade personer/gods. Samtidigt förenklas analysen av de ekonomiska effekterna mycket i kapacitetsanalyser. På grund av detta krävs det modeller och metoder för att ta fram data ur kapacitetsanalyser och simuleringar samt kvantifiera och bedöma deras ekonomiska effekter

Syftet är att identifiera kapacitetsfaktorerna som påverkar kunder och operatörer och utveckla en modell för ekonomisk utvärdering av faktorerna. Det ska även analyseras hur effekterna av t ex förlängd restid skiljer sig mellan olika typer av tåg, resande, tider på dagen, total restid etc. Genom att kombinera både kapacitets- och ekonomiska effekter ska en metod för att prioritera de mest lönsamma åtgärderna utvecklas.

Vid kapacitetsanalyser är simulering ett användbart verktyg. Som ett resultat av simulering finns det flera mått som brukar användas på hur väl trafik och infrastruktur fungerar, som till exempel punktlighet, medelförsening och återställningsförmåga. I många fall skall dessa resultat i ett senare skede räknas om till pengar i form av samhällsnytta som vägs mot kostnader för eventuella åtgärder. Problemet är att dessa kalkyler lätt blir trubbiga om de är baserade på hårt aggregerade mått som punktlighet och medelförsening.

Om syftet är att presentera en kostnad istället för t.ex. en punktlighet, kan kostnadskalkylen göras noggrannare. Genom att använda utdata från simuleringen som inte är aggregerad finns möjligheter att ta hänsyn till flera parametrar när kostnaden beräknas t.ex.:

- Vikta förseningar hos olika tågtyper med avseende på t.ex. antal passagerare, typ av passagerare och typ av gods.
- Använda olika vikter för förseningar under olika tidpunkter på dygnet, t.ex. morgonrusning, eftermiddagsrusning, lågtrafik.
- Använda icke-linjär viktning av förseningar med avseende på tid.
- Kostnad för brutna anslutningar.
- Olika kostnader för medelförsening och spridning.

För att detta skall vara möjligt krävs forskning som analyserar de olika kostnadssambanden och en noggrann analys av frekvensen och följderna av de förekommande förseningstyperna. Med dessa samband kartlagda kan flera frågor besvaras, däribland: Vilka strategier skall man ha för att minimera kostnaden p.g.a. förseningar? Hålla eller bryta anslutningar? Är det de få stora förseningarna eller de många små som kostar mest? Vilken typ av primära förseningar kostar mest, inklusive kostnader till följd av uppkomna sekundära förseningar?

Med dessa frågor besvarade kan en bedömning göras om vilken typ av förseningar som ger mest att åtgärda. Detta i sin tur kan användas för att prioritera den typ av investeringar som ger störst samhällsekonomisk nytta.

Förväntade resultat

Projektet förväntas resultera i en modell som kan användas för utvärdering av olika tidtabellsstrategier. Modellen ska kunna användas i den strategiska tidtabellsplaneringen för att prioritera olika tågssystem och tidtabellsupplägg och maximera nyttan i utnyttjandet av den befintliga infrastrukturen. Modellen ska också kunna användas för att utvärdera mindre investeringar i infrastruktur som påverkar tidtabellerna.

Tidtabellsläggning m h a simulering (KTH)

Syftet är att förbättra tidtabellsplaneringen genom att använda simulering. Syftet är att på sikt kunna snabba upp planeringsprocessen och öka kvaliteten i tidtabellerna genom att i förväg kunna simulera effekterna av olika tidtabellslägen. Arbetet med tidtabellsanalyserna handlar primärt om att identifiera tidtabellsupplägg som ger bättre punktlighet bl.a. genom att hitta samband mellan tidstillägg och tidsavstånd mellan tågen och förseningar. Genom att systematiskt testa olika fall kan generella samband tas fram, som sedan kan användas i tidtabellsplaneringen.

Metoden är i första hand att använda simulering med simuleringsverktyget RailSys för tidtabellskonstruktion och simulering men även analytiska modeller kan användas för att studera olika tidtabellstrukturer. Matematiska och statistiska modeller används för att bearbeta förseningsstatistik och utvärdering av resultat. Vikt läggs också vid modellering av de störningar som hör till indata för att senare kunna simulera. Vidare studeras hur utvärdering av simuleringsresultat kan göras och vilka slutsatser som kan dras.

Projektet bedrivs till att börja med på Västra stambanan mellan Stockholm och Göteborg. Därefter studeras södra stambanan mellan Stockholm och Malmö och slutligen Ostkustbanan mellan Stockholm och Sundsvall. Simuleringen av Ostkustbanan avser den enkelspåriga delen mellan Gävle och Sundsvall.

Västra stambanan Stockholm-Göteborg under 2009-2010.

- Inläggning och kalibrering av tidtabell T09
- Samband mellan tidstillägg, tidsavstånd mellan tågen och förseningar

Södra stambanan Stockholm-Malmö under 2010-2012

Inläggning och kalibreringar mot tidtabell T10

- Modellering av förseningsfördelningar. Simulering av för tidiga godståg.
- Effekter av ökad belastning med snabbtåg, InterCity-tåg, Regionaltåg och godståg (projekt Gröna tåget)

Ostkustbanan Gävle-Sundsvall 2013-2014.

- Simulering av olika tidtabellstrukturer på en enkelspårig modellbana
- Planerade eller parerande möten på enkelspår. Jämförelse mellan i förväg planerade tågmöten och att möten planeras operativt av trafikledningen
- Inläggning och kalibrering av tidtabell T13

Resultatet förväntas bli ökad kunskap om hur simulering kan utnyttjas i tidtabellsplaneringen både på en dubbelspårig och enkelspårig linje och vad som krävs för att ett sådant system skall kunna fungera. Projektet väntas också tillföra ökad kunskap om förseningsfördelningar, gångtidsberäkningar och tidtabellskonstruktion. Det kan också leda till konkreta förslag till hur tidtabellerna ska konstrueras, vilket också har skett i det hittillsvarande arbetet.

PLANERING AV DEN 1-ÅRIGA TÅGPLANEN ⇔ ADHOC

Effektiv planering av järnvägsunderhåll (LiU)

Sambandet mellan underhåll och trafik berör hela planeringsprocessen för tidtabellen och dess avveckling - från JNB till operativt skede. Under alla dessa planeringsskedena görs på olika sätt och med olika mål trafikala hänsynstaganden till det underhåll som skall utföras. Projektets första fas går ut på att kartlägga sambanden mellan trafik- och underhållsplaneringen. Utifrån kartläggningen ska en exaktare frågeställning identifieras att arbeta vidare med. Parametrar för val om vidare forskningsområde kommer dels att vara att man bedömer att det finns stor förbättringspotential samt att den verktygslåda som LiU besitter kan göra mest nytta. I fas 2 (med start april 2014) kommer den valda, mer konkreta frågeställningen att studeras och beforskas.

Angreppssätt och metodik

Forskningsprojektet kommer främst inrikta sig på att utveckla metoder och modeller för att ge beslutsstöd för de valda planeringsproblemen. Primär metod kommer med stor sannolikhet att vara nyttjande av matematiska optimeringstekniker. Viktiga frågeställningar blir att hitta relevanta avgränsningar, konstruera matematisk och optimeringsbar modell, samt konstruera lösningsmetoder för optimeringsmodellen. Stor vikt i projektet kommer också att läggas vid förankring hos Trafikverket och övriga branschaktörer, så att resultaten "får fäste" och på sikt kan omsättas till verkliga förbättringar.

Exempel på frågeställning

Ett intressant koncept som tidigt dykt upp i diskussionerna kring projektets fokus är användningen av *servicefönster*. Ett servicefönster är en tidsperiod då ett objekt i järnvägsanläggningen är tillgängligt för (planerat) underhåll. Ett servicefönster kan till exempel vara "mellan klockan 02-06 under udda veckor". Dessa servicefönster skall planeras så långt i förväg som möjligt så att operatörer känner till vilka tåglägen som riskerar att bli störda redan då man ger önskemål om tåglägen, dvs servicefönster skulle kunna publiceras redan i JNB. Dessutom bör de vara tillräckligt klara för att entreprenörerna ska kunna ta hänsyn till servicefönster då de ger anbud på upphandlingar. Att planera utformningen av dessa servicefönster – bandel, frekvens, tidpunkt, etc. är ett mycket intressant optimeringsproblem som kan ha stor relevans och som kan leda till robustare trafik och effektivare underhåll. Eftersom tåg rör sig över stora regioner, är även samordningen mellan servicefönster i olika delar av landet en relevant frågeställning.

Robusta Tidtabeller för Järnvägstrafik - RTJ+ (LiU)

Projektet utförs av LiU i samverkan med SJ och Trafikverket. Syftet är att utveckla, tillämpa och utvärdera en optimeringsbaserad metodik för att 1) identifiera svagheter i en förslagen tågplan genom att kvantifiera robustheten i tidtabellen utifrån ett antal mått och 2) justera tidtabellen så att robustheten kan förbättras i linje med övriga krav på tidtabellens utformning. Inom projektet finns redan förslag på mått framtagna, implementerade och tillämpade för en delsträcka på Södra Stambanan inom simuleringsexperiment. Måtten har dock fokus på svagheter relaterade till kritiska förbigångar och kommer att utvecklas. Forskningsresultaten avser stödja aktiviteter i primärt den 1-åriga tilldelningsprocessen men även under förplaneringen.

Tågplan 2015 Lean (SICS)

2005 startade arbetet med att utveckla planeringsprocessen för att tilldela kapacitet för tilldelning av tåglägen med forskningsprojektet "Den dynamiska tågplanen". Med tiden har tilldelning av kapacitet utökats med kapacitet för tjänster såsom bland annat uppställning och växling samt tider för banarbeten.

Utvecklingen av den administrativa modellen med metoden "Successiv tilldelning/planering" har skett i två olika forskningsprojekt (FOI uppdrag): "Tågplan 2015" har hanterat utvecklingen av den

administrativa modellen för tilldelning av kapacitet och "Marackasen" är IT-stödet för att optimera tilldelningen. Då delar av detta arbete hade nått den mognadsgrad att det går att sätta i drift startades projektet Successiv Tilldelning under 2010, då främst med delar av resultaten från Tågplan2015 som bas.

De resultat från Tågplan2015 som övergått till genomförandeprojektet Successiv tilldelning är de första stegen på vägen mot en effektiviserad trafikplaneringsprocess. Detta projekt syftar till att ta fram metoder och systemstöd lämpliga att användas i Trafikverkets långsiktiga satsning "Successiv Planering" som är efterföljaren till "Successiv tilldelning".

Projektet omfattar de första tre åren av de i den bilagda uppdragsbeskrivningen "Forskningsuppdraget Successiv Planering – En marknadsanpassad tågplaneprocess" beskrivna momenten (bilaga 2).

Projektets syfte

Syftet med uppdraget är att bidra till ett effektivare utnyttjande av befintlig infrastruktur både i termer av effektiv tågkörning och effektiva banarbeten samt höja kvaliteten i tågkörningen, genom att utveckla metoder och beräkningssystem för tågplaneprocessen och -konstruktionen. Metoderna baseras på ett grundläggande koncept att skilja mellan åtagande, produktion och leverans och anpassas både för långtidsprocessen och korttidsprocessen.

Projektets mål

Projektets huvudmål är att försörja införa uppdraget Successiv Planering och ST13 med metoder, demonstratorer och utredningar, vilka skall ligga till grund för avgränsade utvecklings- och driftsättningsprojekt inom Successiv Planering.

Följande delmål finns:

- Ta fram och beskriva beräkningsstödsprototyper där den dagliga grafen kan produktionsoptimeras samt möjlighet i prototypen till konflikteliminering med bibehållande av tågordningen. Prototyperna baseras på den tidigare framtagna Marackasen, en beräkningsmodell och –prototyp för tågplanekonstruktion.
- Introducera en första version av Marackasen, en tidigare framtagen beräkningsstödsprototyp vilket optimerar bort konflikter. Denna första version optimerar bort konflikter utan att ändra den av konstruktören planerade tågordningen, därigenom tas ett första steg att introducera beräkningshjälpmedel. Genom en på sikt lägre belastning på personalen minskas ledtiderna i processen.
- Minska den tidtabelltekniska tiden i tågplanen samt öka förutsättningarna för punktlig trafik genom att omfördela kvarvarande tidtabellteknisk tid dit där den skapar mest robusthet i den dagliga grafen (dvs maximera leveranssäkerheten).
- Skapa modeller, mätetal och beräkningsprototyper som möjliggör långsiktiga strategier för banarbeten som maximerar nyttan av utfört arbete och stör den faktiska trafiken så litet som möjligt.
- Studera möjligheterna för ökad effektivitet i tågplaneprocessen genom gradvis precisering av tågplanen Gradvis precisering uppnås genom att, så långt möjligt, låta planens detaljering och precision avgöras av hur stabilt informationsunderlaget är.

Framtidens LeveransTilldelningsProcess - FLTP (SICS)

Resultaten från projektet Tågplan2015 LEAN och dess föregångare har idag lett till att Trafikverket bedriver förändringsprogrammet "Framtida Kapacitetstilldelning" som bl.a. innehåller projekten Successiv Tilldelning och Framtida Funktionalitet. Detta har skett genom en medveten kombination av banbrytande forskning och framtagande av nya, innovativa processer och metoder samt satsning på praktiskt genomförande av mogna resultat. Den bärande idén är att i tågplaneprocessen skilja på vad

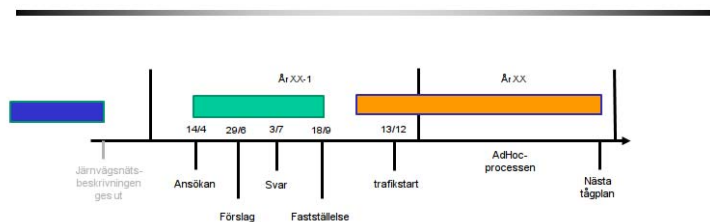
som skall levereras, väsentligen tågs ankomster och avgångar där de har kommersiellt utbyte, och hur dessa produceras. Planeringen av leveranser, leveransplaneringen, motsvarar i industrin den planering som görs i samband med försäljning och brukar vara på en generellare nivå än den planering som görs för produktion då alla detaljer gradvis planeras in.

Detta projekt, Framtidens LeveransTilldelningsProcess (FLTP), studerar och tar fram nya metoder för leveransplanering i framtidens långtidsplanering då projektet Successiv Tilldelning är genomfört. Målet är att utveckla en metod som tar fram leveransåtaganden utan att genomföra produktionsplaneringen. Syftet är att förenkla planeringsarbetet i långtidsprocessen avsevärt. Ett stort moment utgör framtagningen av de beslutshjälpmedel som behövs för att minska ledtiderna i processen, om möjligt utgående från tillämpbara metoder från industrin i övrigt för att dra nytta av de erfarenheter som industrin redan gjort. Projektet genomförs som ett doktorandarbete på SICS, arbetet startade under hösten 2013 inom ramen för projektet Tågplan2015-LEAN.

Successiv Tilldelning, ST, flyttar fokus från *realiseringar* av tågplanen till de *resultat* som tågplanen skall producera. Detta sker genom åtskillnad mellan det som skall levereras, inom ST benämnt avtalstider, och hur detta skall produceras, produktionsplanen. ST ägnar mycket av sin kraft till att se över databeroenden, system, processer och formalia så att åtskillnaden mellan avtal och produktion kan göras. Denna åtskillnad kan sedan exploateras, något som ST påbörjar men där det finns mycket mer effektiviseringsvinster att göra.

Inom det tidigare forskningsprojektet DDTP, Den Dynamiska TågPlanen, definierades en utvecklingstrappa upp i 6 steg, där ST omfattar de tre första. De tre sista stegen har definierats i termer av ett malläge på abstrakt nivå, men inte hur processer och metoder skall vara utformade i mer detalj, det behövs forskning för att kunna uppnå de stegen.

Tågplaneprocessen



- Leveransprocessen fixerar avtalståglägen ■
- Produktionsplaneringen fixerar produktionsplanen ■
- I ST används samma planering och samma hjälpmedel för att lösa båda uppgifterna

Projektet FLTP utgår från att ST är implementerat, och skall skapa förutsättningar för att steg 4 kan uppnås i utvecklingsstegen. FLTP skall ersätta den metod som idag används för att konfliktreglera tågplanen (och som kommer att vara den metod som används för att ta fram kontrolltågläget då projektet ST är genomfört) med en metod inriktad på att ta fram enbart avtalstiderna på ett så effektivt sätt som möjligt. Målet med långtidsprocessen har efter genomfört ST-projekt flyttats från att ta fram produktionsplanen till att ta fram enbart avtalstiderna. Denna förändring utnyttjas av FLTP-projektet som skall ta fram en ny planeringsmetod, baserat på redan gjorda resultat från industrin i allmänhet där så är tillämpligt. Planeringsmetoden skall förenkla planeringen i långtidsprocessen, minska ledtiderna och öka flexibiliteten i den senare produktionsprocessen. Det är en forskningsuppgift att utforma denna planeringsmetod. En viktig skillnad mellan industrin i allmänhet och Trafikverket då det gäller leveransplaneringen är att Trafikverket är en myndighet, med i det här sammanhanget målet

att tilldela kapacitet så att infrastrukturen utnyttjas på ett för samhället effektivt sätt. Det är således inte en regelrätt försäljning av produkter eller tjänster som det är i industrin i allmänhet. Detta är en viktig distinktion som FLTP-projektet också måste ta hänsyn till.

Angreppssätt

Projektet löper under 2014-2016 och bedrivs som ett doktorandprojekt med ett tydligt mål, att identifiera alternativa metoder för leveransplanering. Nära samverkan med Trafikverket är nödvändigt för att bl.a. säkerställa dataförsörjning i projektet samt prioritera frågeställningar som skall belysas.

Syfte

Det finns tre var sig viktiga syften med projektet på längre sikt, det är att skapa förutsättningar för:

- 1) Att minska det spill (onödigt arbete) som finns idag i termer av planeringsarbete som sedan visar sig vara onödigt då planerade tåg ställs in.
- 2) Att korta ledtiderna för konstruktionen från ansökan till framtagna avtalstider.
- 3) Att inte tappa helhetsperspektivet ("Hela Sverige") då avtalstiderna tas fram.

Projektet i sig är ett forskningsprojekt och skapar förutsättningar för att Trafikverket skall kunna starta genomförandeprojekt baserat på forskningsresultaten från FLTP.

Mål

Målet är att identifiera en ny planeringsmetod som kan ta fram avtalstider i den framtida långtidsprocessen. Metoden skall vara effektiv att använda i långtiden och göra det möjligt att exploatera möjligheterna som ST öppnar. De av metoden framtagna avtalstiderna skall möjliggöra en flexibilitet som kan användas i ad-hoc och produktionsplanering och som där kan optimeras utifrån olika målfunktioner, t.ex. robusthet, effektivitet etc.

Metod

En omvärldsbeskrivning tas fram, där fokus ligger på att identifiera vanligt förekommande metoder i industrin i allmänhet. Tanken är att identifiera komponenter eller hela metoder som lämpar sig för leveransplanering. Vad leveransplaneringsprocessen skall producera för resultat (utöver avtalstiderna) behöver kravställas för att kunna svara på att metoden som väljs löser rätt problem. För att verifiera att vald metod uppfyller kravställningen genomförs praktisk modellering baserad på verkliga uppgifter och data, både vad gäller innehåll och omfattning. Resultatet kommuniceras i lämpliga forskningsfora, genom seminarier och demonstrationer. Observera dock att modellen är en forskningsprototyp och inte en programvara lämplig att ta i allmänt bruk.

Nytta

Det finns åtminstone två stora nyttor som projektet bidrar till:

- Merutnyttja befintlig infrastruktur (tåg och underhåll/banarbeten). Undersökningar visar ett det finns stora möjligheter att frilägga idag dold kapacitet i järnvägssystemet
- Skapa förutsättningar för bättre produktionsplanering som uppfyller högre krav på
 - robusthet
 - rätt planeringsunderlag till genomförande i driftledning
 - rätt planeringstidpunkt

vilket bidrar till bättre leveransprecision, framför allt punktlighet.

Capacity4Rail – SP3 Operations for enhanced capacity (LiU)

Capacity4Rail (C4R) är ett större EU project med delprojekten: SP1 Infrastruktur, SP2 Gods, SP3 Planering och operativ trafik (Operations), SP4 Översyn av järnväg (Monitoring) och SP5 Systemhantering (System assessment and migration). LiU ingår tillsammans med Trafikverket SP3. Denna beskrivning avser de delar som LiU är engagerade i.

Syftet med SP3 är att bygga vidare på de kunskaper och koncept som togs fram i EU-projektet OnTime för att utveckla modeller och metoder för bättre nyttjande av järnvägens kapacitet. Utgångspunkten är situationerna vid de deltagande infrastrukturägarna. Tidshorisonten för förbättringar är dels sådant som kan införas omgående, men tar även sikte på vad som är möjligt till 2020 och 2030.

I SP3 sker forskning inom:

- Automatiserade system för tågplanering och trafikstyrning
- Datafångst, analysverktyg och algoritmer för att bereda trafikdata
- Dataverktyg för strategiska och operativa beslut, utifrån MMI (människa maskin interaktion) och utifrån automatiserade beslutsstöd
- Verifiera koncept för modeller för kapacitetsplanering och operativ styrning, samt ge en vision för framtida förbättringar inom automatiserad järnvägstrafik.

Projektet spänner över hela kapacitetstilldelningsprocessen, från kapacitetsanalys och till operativ styrning, men fokus ligger framför allt på tidtabellsläggning och operativ styrning. Projektet kommer i ett senare skede att identifiera det eller de mer specifika områden där forskning och utvecklingsarbete skall genomföras.

Det huvudsakliga svenska arbetet kommer att vara kring utveckling av modeller och metoder, såsom optimeringsmodeller, simuleringsmodeller, analytiska metoder och den typen av beslutsstöd. Exakt inriktning och utgångspunkt för vidareutveckling kommer att definieras under 2014. Val av område kommer dels att göras från var man identifierar de största behoven av förbättringar, och dels inom vilket områden man bedömer att de svenska parterna har bäst möjligheter att bidra till utvecklingen.

Ett annat område inom C4R där LiU kommer att vara engagerade rör hantering av stora störningar. Även den frågan ska belysas ur strategisk, taktiskt och operativt perspektiv, med fokus på de två senare. Som typexempel lyfter man fram effekterna av väderstörningar (t.ex. snö eller översvämningar) eller vulkanutbrottet på Island, som plötsligt gör att det blir extremt mycket större efterfrågan på tågtransporter. Även i detta område kommer LiU bidra med modell- och simuleringsutveckling.

OPERATIV TRAFIKERING

FLexibel Operativ omplanering Av Tåglägen – FLOAT (BTH)

Syfte

Projektet FLOAT utförs av BTH i samverkan med Trafikverket och BAOT-projektet. Syftet är att utveckla, tillämpa och utvärdera beräkningsalgoritmer som kan föreslå alternativa omplaneringslösningar för trafikledarna vid behov.

Att trafikledarnas arbetsuppgifter är mycket komplexa och tidvis enormt kognitivt belastande är de allra flesta överens om sedan länge. Samtidigt är tillgången till beslutstöd och hjälpmedel mycket begränsad. Eftersom trafiken i stora delar av det svenska järnvägsnätet har blivit alltmer intensiv och oregelbunden de senaste åren och kraven på transparenta operativa prioriteringskriterier har lyfts fram så har det blivit ännu tydligare att det finns ett behov av beslutstöd för trafikledarna. De stöd som tagits fram inom STEG/CATO-projekten har påvisat en tydlig potential och möjlighet att styra trafiken på ett mer hållbart och effektivt sätt. Där är trafikledarna fortfarande i centrum men med utökat beräknings- och visualiseringsstöd. De nämnda stöden inkluderar dock inte funktioner som detekterar alla typer av relevanta potentiella konflikter i föreslagen tågplan, utreder konflikternas inbördes beroenden eller ger (del)föreslag på hur konflikterna kan lösas och vad effekterna skulle bli i form av merförseningar, spårbyten, missade anslutningar, mm. Det är denna typ av funktioner som istället de tidigare projekten OAT, OAT+ och EOT har fokuserat på. Projektet har utvecklat beräkningsmetoder som också har tillämpats i en simulerad miljö för Södra stambanan. Algoritmerna planerar om spår användningen på såväl linjen som på stationerna vid behov för även mycket komplexa störningsscenarioer. Fortsatt arbete handlar om att dels förbättra algoritmen utifrån de praktiska krav som föreligger beroende på tillgång till aktuell trafikinformation, vilken bandel som avses, hur situationen ser ut och gällande operativa prioriteringskriterier.

I FLOAT avser vi ta nästa steg och studera hur dessa metoder skulle fungera i ett mer praktiskt sammanhang och anpassa dem därefter. Detta arbete ska baseras på att fallstudier och experiment i samråd med bl.a. personer som arbetat med dessa frågor i testerna av STEG/CATO på Malmbanan samt med personer verksamma inom NTL-projektet.

Centrala frågor för projektet är bl. a:

- I vilka huvudsakliga typer av situationer och driftstörningar finns det ett behov av beräkningsstöd?
- Hur bör interaktionen med trafikledarna och omgivande stöd- och informationssystem se ut?
- Vilka frihetsgrader ska beräkningsstödet ha vid framtagandet av förslag på omplaneringslösningar och hur bör detta handlingsutrymme definieras?
- Hur bör man värdera alternativa omplaneringslösningars genomförbarhet och lämplighet samt kommunicera denna bedömning till trafikledarna?

Beräkningsmetoderna ska följaktligen också vidareutvecklas och förbättras iterativt i linje med de resultat och rekommendationer som såväl den praktiska som den teoretiska utvärderingen leder fram till. Projektet avser stödja det arbete som görs inom STEG/CATO-projektet och NTL-projektet genom att aspekter kring förutsättningar för och förväntningar på komponenter i ett sådant framtida system kan gemensamt diskuteras, analyseras och testas utifrån olika perspektiv.

Projektet pågår september 2013—mars 2016.

RANPLAN (SICS)

RANPLAN är ett FUD-projekt som syftar till att utvärdera och utveckla arbetssätt och metoder för beslutstöd inom optimerad planering av rangering på rangerbangårdar. Projektet ska också

undersöka hur en beräkningsmodul för optimerad resurshantering kan utformas och vad som kan ingå i denna.

Projektmål

Projektmålet är att ta fram algoritmer och metoder för rangering, beskriva och utvärdera dessa, samt att utveckla en demonstrator/prototyp som visar på vilka möjligheter som dagens teknik erbjuder. I projektet ingår även att ta fram lämpliga mått för att kunna mäta rangereffektivitet och kvalitet.

Effektmål

På lång sikt är effektmålet att primärt öka genomströmningshastigheten för gods och öka leveranskvaliteten, och sekundärt öka tågfyllnad och punktlighet genom att effektivisera rangeringen.

Projektet levererar i första hand en utredning av möjligheterna att implementera optimerat planeringsstöd för rangering i praktiken. I detta ingår validering av utvecklade modeller genom testkörningar på historiska data och analys av resultaten.

Punktlighet genom MålPunktsStyrning - PUMPS (SICS)

Målpunktsstyrande och energioptimerande lokförarstödssystem har införts på Malmbanan. Systemet (CATO) är levererat av Transrail och installerat i LKAB:s lokflotta. Potentialen gällande både kapacitetshöjning, kvalitetshöjning och energibesparing anses vara stora.

Utgående från erfarenheterna på Malmbanan ska detta projekt analysera potentialen av införande av CATO-liknande system mer generellt i Sverige. Projektet avser att undersöka både energi-, punktlighets- och kapacitetsmässiga aspekter.

Avsikten är att utvärdera målpunktsstyrning och energioptimering främst genom analyser, beräkningar och simuleringar. Erfarenheter från driften i Malmbanan ska naturligtvis också fångas upp. Däremot, för att generalisera effekterna är det dock inte möjligt att enbart utvärdera Malmbanan och dra slutsatser därifrån, eftersom situationen där är för avvikande mot andra viktiga sträckor i Sverige. En förväntad positiv effekt av målpunktsstyrning är t.ex. trafikala förbättringar i trängsektorer, som getingmidjan eller Östergötland, och situationen på Malmbanan är allt för olik för att man direkt ska kunna överföra erfarenheterna därifrån. I allmänhet behöver målpunktsstyrande effekter på dubbelspår analyseras bättre än vad som idag finns tillgängligt. Genom fallstudier på ett antal typsträckor, t.ex. hårt belastad sträcka med blandtrafik (t.ex. Östergötland), "normal" dubbelspårssträcka (t.ex. Södra stambanan), hårt belastad enkelspårssträcka (t.ex. bergslagsbanan) ska projektet dra generella slutsatser för Sverige.

Projektet kommer inte att utvärdera "mjukare" frågor, såsom påverkan på lokförarens eller fjärrtågklararens arbetssituation. Inte heller de tekniska och praktiska möjligheterna att leverera målpunkter till tågen ingår i studien, utan projektet utgår från att målpunkter finns tillgängliga fjärrtågklararens stödsystem (som t.ex. STEG-systemet).

Automation av tågtrafikstyrning – BAOT (UU)

Projektets inriktning är att ge stöd till Trafikverket verksamhetsområde Trafikledning. Projektet angränsar till, och skall samverka med, ett annat projekt, FLOAT.

Projektet syftar till att undersöka vilka situationer som är mest värdefulla att skapa beslutsstöd för i form av högre nivåer av automation, samt att på ett generellt plan kartlägga hur sådana beslutsstöd kan realiseras i form av principer för informationsvisualisering.

Projektets avsedda resultat utgörs i huvudsak av identifiering av situationer som kan utgöra underlag vid analys av hur beslutsstöd kan utvecklas till systemstöd genom användning av beräkningsmetoder och algoritmer, samt genom utvärderingar av principerna för informationspresentation i form av realiserade användargränssnitt.

Forskningen ska utföras i samverkan med Trafikverket. Trafikverket ansvarar för implementering av forskningsresultat i sin verksamhet.

Framtida operativ trafikledning – FOT (UU)

Syfte

Fortsatt arbete med utveckling av den framtida operativa trafikledningsorganisationen och de tekniska stödsystemen.

Projektperiod

2013-07-01 till 2015-11-30

Projektplan

Projektet ska utreda, utforma, testa och utvärdera formerna för samverkan mellan trafikledningen, trafikkontor och lokförare. Behoven av informationsutbyte i båda riktningarna ska utredas och förslag på hur detta behov kan tillgodoses ska tas fram. Detta måste ske i nära samverkan med järnvägsföretag och berörda intressenter inom trafikledning.

Trafiklednings operativa organisation har nyligen förändrats med regionala och nationella nivåer och här är det viktigt att utreda hur ett organisatoriskt lärande kan förbättra kompetenser och utformning av effektiva rutiner för operativ trafikledning. En framgångsfaktor för detta är att ta med perspektivet NTL i arbetet. Hur kommer arbetet att förändras och vilka möjligheter medför det för hur organisation och kompetenser kan utvecklas ytterligare?

En annan frågeställning är behov av utökad kunskapsbas kring beslutsstöd för att minska behovet av talad kommunikation och istället se vilken information de tekniska stödsystemen ska innehålla.

Resultat från EU projektet ONTIME ska gås igenom och i tillämpliga delar anpassas till de rådande och förväntat rådande svenska förhållanden, i de fall detta står i konflikt med varandra måste den framtida synen på trafikledning vara förhärskande.

Projektet förväntas resultera i kunskap om problem och lösningar för Trafikverkets kommande utveckling av organisation och kompetenser men även framtagande av metoder och koncept kring trafikstyrning och kommunikation.

Utvärdering av förändringar i tågtrafikledarnas beslutsfattande (UU)

FTTS- och STEG-projekten har inneburit en väsentligt förändrad arbetsmiljö för de tågtrafikplanerare som arbetar med de nya arbetsverktyg (gränssnitt) som är ett av resultaten från projekten. Den förändrade arbetsmiljön består i att själva arbetsuppgiften att styra och planera tågtrafiken har förändrats i grunden. Den nya arbetsuppgiften innebär ett helt nytt sätt att bedöma situationer och fatta beslut, med större fokus på att planera och övervaka än som tidigare på att styra och reglera. En trolig konsekvens av den förändrade besluts- och bedömningssituationen är att den kognitiva belastningen på trafikplanerarna har minskat, vilket kan ses som en resursvinst. Det har dock aldrig dokumenterats och beskrivits med kvantitativa eller kvalitativa mått på vilket sätt och i vilken omfattning den kognitiva belastningen har minskat. Någon systematisk utvärdering av de nya beslutsstöden finns alltså inte i detta avseende. Minskad kognitiv belastning leder förmodligen till ett effektivare arbetssätt då resurser frigörs, men att risken för felbedömningar minskar som en konsekvens av minskad kognitiv belastning är inte självklart. Här måste man istället analysera på vilket sätt det nya gränssnittet påverkar förmågan till situationsmedvetenhet och möjligheten att momentant skaffa sig en överblick över trafiksituationen i situationer som känns obekanta och ovanliga. Projektet syftar därför till att utförligt dokumentera och utvärdera de förändringar i tågtrafikplanerarnas beslutsfattande som genomförts genom att undersöka på vilket sätt och i vilken omfattning det förändrade gränssnittet påverkar den kognitiva belastningen, möjligheten att arbeta effektivare samt säkerheten i de bedömningar som tågtrafikplanerarna gör. En intervjustudie syftar

till att utvärdera förändringarna både ur ett perspektiv där individens beslutsfattande står i fokus, men också där beslutsfattandet sätts in i ett socio-tekniskt sammanhang där särskilt MTO-aspekter ska studeras.

Parallellt med detta avser vi att på ett mer kontrollerat sätt försöka mäta effekterna av varför vi ändå tror att STEG-grafen är ett bra verktyg. Vi har identifierat fyra väsentliga förändringar jämfört med tidigare arbetssätt och verktyg som vi skulle vilja dokumentera: 1) dynamisk visning av information, inkl. trender; 2) konkreta objekt i den visuella designen som möjliggör uppbyggnad av bättre och snabbare förståelse av arbetsdomänen; 3) direktmanipulering i form av interaktion med visade objekt som skapar känslan av omedelbar återkoppling; samt 4) styrning på en taktisk/strategisk nivå istället för på operativ nivå (alltså planera tåg istället för att styra teknik (växlar mm)). Alla de här delarna är av generellt intresse inom människa-maskinforskningen, dvs. kan vi visa varför STEG-grafens funktioner och arbetssätt är bra, så kan det användas som underlag i många olika sammanhang, upphandling, kravställning, enhetliga system, effektivitetsvinster mm. Den här delen planerar vi att utvärdera i en mer kontrollerad miljö.

Sammanfattningsvis; UTB-projektet syftar till att utvärdera hur arbetsstationer och gränssnitt påverkar tågtrafikplanerarnas arbetssätt och beslutsfattande utifrån ett kapacitetsperspektiv. Projektet avser att undersöka vad det är i det nya arbetssättet som fungerar bra och vad som fungerar mindre bra. En intervjustudie kommer att genomföras på fältet för att se hur system och gränssnitt används i praktiken. En mer experimentellt inriktad studie avser att mer i detalj undersöka vad det är i det nya arbetssättet som gör att det fungerar bra. Slutligen avser projektet att undersöka vilka hot och risker det finns i ett MTO-perspektiv när det nya arbetssättet införs.

ON-TIME (UU)

Syfte

The aim of this project is a step-change in railway capacity by reducing delays and improving traffic fluidity. This will be achieved by a partnership between railway industry experts, system integrators, small dynamic knowledge led companies and academic researchers. The project will draw on previous research projects and national trials.

Projektperiod

2011-11-01 till 2014-10-31

Projektplan

Uppsalas del i projektet består huvudsakligen av följande:

WP2: Examination of existing approaches and specification of innovations

Task 2.1: Railway planning and operation process (Level 1) led by UoU. Review of underlying railway operations management processes (strategic planning, tactical planning and operational planning). Functional work systems analysis and modelling (what are the normal processes, and how is tactical and operational planning done). A review of traffic planning and control from different perspectives. The area perspective is international, national and regional networks. The organisation perspective is decentralisation, deregulation and the roles of infrastructure managers (IM) and Railway undertakers (RU). The traffic perspective is to study traffic control and railway management. How is traffic control organised and developed today in Europe? What are the major benefits of an advanced traffic control system? What are the disadvantages of a conventional traffic control system?

To benchmark and describe capacity restrictions and how capacity is utilized. What is the traffic demand of passenger traffic and freight traffic? Brief review of timetable principles and operational principles. Review of underlying timetable principles. The timetable has a different purpose depending on the railway type – e.g. high-frequency passenger lines or single track lines with mixed traffic. What

kind of capacity restrictions and bottlenecks exist? What are the approaches to handling these bottlenecks in different countries?

Task 2.4: How to implement developed methods into practice (Level 2) led by TV. In Task 2.1 the railway system, traffic demand, processes and problem description are described. In WP 3–6 methods and algorithms are developed to improve timetable planning and operational traffic. It is a step to take theoretical methods and to implement them into real railway traffic processes and systems. To take this step, human, technological and organizational aspects must be considered, as well as political and commercial aspects. This task complements Task 2.5, which is a formal evaluation of deliverables.

WP3: Development of robust and resilient timetables

Task 3.3: Analysis of problems in the integration of timetabling and traffic control. Analysis of problems in the integration of timetabling, tactical traffic planning and operative control. Specification of requirements for integration, evaluation criteria and indicators of operations performance and feedback of operations data to timetabling. Input for WP4, WP5 and WP6.

WP4: Methods for real-time traffic management (perturbations)

Task 4.4: Concept for human-machine interaction (Level 3) led by UoU. Specify the design of a human-centred supervisory train traffic control system, including control principles and strategies, information interfaces, human roles/functions and decision support routines, and including appropriate systems, e.g. decision support, automatic detection of perturbations and conflicts, alerts and alarms.

Conceptual development of HMIs for providing the relevant information for real-time perturbation management. Specification of requirements for communication between traffic controllers, their information and support systems, and train drivers, so that they can exchange information needed for their planning activities and for mutual understanding of perturbations and real-time changes in the traffic plans. The HMI for Traffic Management in large disturbances (WP5) will be based on the developments made in this task.

WP5: Operation management of large scale disruptions

Task 5.5: Procedures and Graphical User Interfaces (Level 3) led by UoU. Based on the strategies and the HMI requirements defined in Task 5.3.1, this task will develop corresponding procedures and Graphical User Interfaces (GUI). The graphical interface for traffic representation will be based on that developed in Task 4.4. The procedures implement the decision support strategies ranging from best practice guides (e.g. 'rules of thumb'), through adaptive automation and decision support to automated decision support. The graphical user interfaces will allow the operators to interact with the problem solving algorithms and to feel confident that the data they are using are current, accurate, similarly shared and viewed by all.

KOI (SICS)

Utgångspunkt och syfte

Det övergripande målet med projektet KOI, ett av Trafikverket finansierat FUD-projekt åren 2010 och 2011, är att öka tillgänglighet och precision hos information som är kritisk för olika järnvägstillämpningar och på så sätt höja kvaliteten i dessa tillämpningar. Projektets fullständiga namn är: "Förbättringar av järnvägens informationssystem - högre transportkvalitet genom ökad tillgång till operativa data".

Det arbete som utförts i projektet handlar om precis information om positioner och hastigheter hos tåg. Historiska GPS-data med denna information har använts för statistisk modellering av gångtider. Projektets resultat visar hur de utvecklade statistiska modellerna tillsammans med realtids data om positioner och hastigheter kan användas för att göra tillförlitliga prognoser om tågens ETA (förväntade tid till ankomst) och även ange osäkerheten hos prognoserna.

Genomfört arbete

De experiment med metoderna som gjordes inom KOI är på tågdata från området Nyköping, Norrköping, Katrineholm, Flen under perioden februari - april 2011. Tågdata är från vissa X2 tåg i området och de är inte omfattande. Vi har inte använt någon ytterligare data för identifiering av konflikter med tåg som inte finns i dessa data. För modellering av ostörda tåg har vissa tåg manuellt tagits bort. Det är bara för gångtider det finns statistiska modeller. Även övriga skeenden bör behandlas: tid för uppehåll, tid för möte, tid för möte mm. Faktorer som kan ha väsentlig påverkan på tider, t.ex. väder och rusningstrafik har inte tagits hänsyn till. De fiktiva realtidssituationerna i demon handlar om ankomsttider och möten. För ankomsttider beräknas medelvärde och ett sannolikhetsintervall. För konflikter beräknas risken för följdstörning och kanske något mer.

Potential och vidareutveckling

En lämplig realisering av utvecklade metoder och de prognoser om tågens ETA (förväntade tid till ankomst) som metoderna beräknar är att visualisera ETA och dess osäkerhet i verktyget STEG. Utöver ETA kan information om gångtider, avvikelser och chansen att ett tåg fördröjer ett annat också vara aktuell. Bättre positionsdata och prognosdata än idag kan användas till förbättrad operativ drift och är värdefull som information till godskunder och resenärer. Tidig upptäckt av onormala situationer kan också vara till hjälp för tågledningen att snabbt återställa trafiken till plan. Bättre uppskattning av gångtider kan vara värdefull i tågplanprocessen.

Förstudie Trafikinformation lägesbild (UU)

Syfte

Förstudie för att bidra till att lösa Nationell Operativ Lednings (NOLs) önskemål om en trafikslagsövergripande lägesbild.

Projektperiod

2013-2014

Projektplan

Detta projektets mål är att belysa en bredare lägesbild som kan utgöra ett underlag på längre sikt. Detta kan göras parallellt (och samordnat) med NOL-projektet. Intressanta aspekter är att se på var den internationella forskningsfronten står idag och hur den ser på framtiden. Utredningen kan titta på:

- vilka parter som är lämpliga,
- vilken information som behövs och när den behövs
- vilka hjälpmedel som är viktiga
- hur drar man nytta av resenärers kunskap och feedback (feedback-loop och crowdsourcing)?
- m.m.

Arbetet kommer att bestå av:

- En kartläggning, nationellt och internationellt, av kunskapsläget samt existerande system som avser att lösa delar av de aktuella problemen.
- Ett visionsseminarium, där deltagande intressenter ges tillfälle att gemensamt ta fram en grundläggande beskrivning av sina framtida behov av operativ trafikinformation och trafikplaner. Ett visionsseminarium är en process där man gemensamt, under t ex en arbetsdag, tar fram en bild av de önskade framtida lösningarna.
- Utformning av en rapport, som remissbehandlas av de deltagande intressenterna, där resultaten sammanfattas samt en plan för fortsatt forskning och utveckling.

TRAFIKUPPFÖLJNING

Förstudie *Förseningar, driftstörningar och kapacitetsutnyttjande (VTI)*

Utgångspunkt och syfte

År 2009 godkände dåvarande Banverket en ansökan från VTI med rubriken "Förseningar, driftstörningar och kapacitetsutnyttjande". Syftet med projektet var dels att etablera generellt användbara samband mellan kapacitetsutnyttjande och förseningar på olika bansträckor, dels att etablera metoder för att kvantifiera hur stora förseningar som uppkommer i särskilda problemområden inom järnvägsnätet. Under projektets gång visade det sig dock att kvaliteten på data var så bristfälligt att systematiska analyser var meningslösa och projektet avbröts därmed.

Sedan dess har Trafikverket vidareutvecklat sitt system för registrering av förseningar och därmed har förutsättningarna för att genomföra analyser av förseningsdata förbättrats. Syftet med föreliggande förstudie är att granska kvaliteten på det datamaterial avseende förseningar 2010-2012 som VTI fått tillgång till (LUPP-data). I några fall finns hypoteser kring hur eventuella kvarvarande problem med materialet kan hanteras och avsikten är att i förstudien pröva om detta är möjligt.

Förstudien *Järnvägskapacitet och förseningssamband (SICS, VTI, KTH)*

Utgångspunkt

En obesvarad fråga i Trafikverkets samhällsekonomiska kalkyler är att klargöra hur spårförbättringar, framför allt i form av högre kapacitet i banan, påverkar trafiksystemets förmåga att bedriva trafik enligt tidtabell. Specifikt är kunskapen ofullständig om sambandet mellan kapacitet och förseningsfrekvens. Också på en mera aggregerad nivå är kunskaperna om vilka förhållanden som ger upphov till förseningar ofullständig. Man vet inte heller på en systematisk nivå hur primära förseningar sprider sig i nätet och vilka konsekvenser de får för senare kommande tåg. Den rådande uppfattningen om effektsambanden bygger till stor del på simuleringsstudier, där antalet tåg varieras i en i övrigt oförändrad omvärld. Denna metod har sina förtjänster men kan missa t.ex att färre pendeltåg innebär mer trängsel ombord, ökade dörrstängningsproblem (vilket aldrig uppkommer i en simulering) och ökade tågförseningar. Det finns således ett behov av att studera ifall tillgänglig statistik stödjer de slutsatser som tagits fram via simuleringar.

Syfte

Trafikverket har tillgång till data dels över inträffade förseningar, dels trafikdata och signaldata. Ansatsen är att se om man utgående från dessa data kan härleda vilka förseningar som är primära respektive sekundära, samt vilka av dem som sprider sig eller förvärras på grund av begränsningar i infrastrukturen.

Förstudien genomförs av VTI, SICS och KTH under perioden november 2013-mars 2014. Med stöd av parternas erfarenheter av olika typer av analyser av dessa frågor kommer ett seminarium att genomföras under 2014 där resultaten av arbetet redovisas och där grunden kan läggas för en eventuell huvudstudie.

Uppföljning av kapacitetsutnyttjande, nyckeltal (2008-2012) -KTH

År 2009 genomförde KTH ett större projekt "Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige " på uppdrag av Trafikverket. I ett delprojekt togs en databas fram av tidtabellsdata, förseningsdata, BIS och trafikstatistik för 2008. Ett stort antal mått på kapacitetsutnyttjandet togs fram och beräknades för alla länkar i det svenska järnvägsnätet. Några exempel är hastighetsblandning, förseningar per 100 km, medeltågstorlek och medeltåglängd för godståg. Dessa redovisades också på ett överskådligt sätt på kartor med färgkoder som indikerade hur belastad de olika länkarna i nätet var.

Sedan 2008 har mycket hänt inom järnvägen, trafiken har ökat men det har också under vissa perioder varit stora problem med förseningar. Under 2013 fick KTH därför medel av Trafikverket för att uppdatera denna databas och analysera förändringarna mellan 2008 och 2012. En del nya nyckeltal och analyser har därvid också tagits fram. Resultaten har presenterats i en rapport 2014.

Förbättrade metoder för uppföljning av järnvägsnätets prestanda och kapacitetsutnyttjande över tiden

Bakgrund och syfte

Detta dokument summerar den mycket korta studie som Johanna Törnquist Krasemann (BTH) gjort inom KAJT-projektet FUKS (*Förstudie Uppföljning, Kapacitetsplanering, Simulering och Trafikstyrning*) och som förberedande arbete inför start av projektet Uppföljning och Prediktion (UoP) som BTH och SICS kommer utföra på uppdrag av Trafikverket inom ramarna för KAJT-samarbetet.

En "biprodukt" av tidigare projekt på BTH¹ är en rutin för att läsa in tidtabeller från TrainPlan (exporterade TDEF-filer) för olika typer av experiment men även för olika typer av analyser och jämförelser av olika versioner av "samma" tidtabell.

Den årliga tågplanen ändras väsentligt under innevarande år som alla vet, vilket föranleder frågan om hur dessa förändringar påverkar tillgängligheten till tid på spåren för trafik och underhåll och tågföringen/utfallet.

Trafikverket samlar in en stor mängd data och information om den utförda och planerade tågtrafiken samt banarbeten. Denna information kan i ännu större utsträckning än vad som görs idag användas för att systematiskt och kontinuerligt analysera hur infrastrukturen faktiskt används, hur det faktiska nyttjandet skiljer sig från det planerade och varför.

Detta arbete syftar till att studera hur tillgänglig LUPP- och Trainplan-data kan utgöra underlag för att beräkna hur behovet liksom användning av banans kapacitet varierar över tiden och möjliggöra systematisk identifiering av såväl ledig kapacitet som potentiellt dolda flaskhalsar.

Nytta och potential

Analysen av kapacitetsutnyttjandet i det svenska järnvägsnätet görs i dagsläget årligen och på en mycket aggregerad nivå eftersom denna typ av arbete är förenat med ett omfattande manuellt arbete. För att få en ännu bättre bild av hur kapacitetsuttaget ser ut och varierar (som komplement till den övergripande analysen) skulle det vara intressant att kunna beräkna och visa det planerade kapacitetsuttaget utifrån ett "ögonblicksnedslag" för vald tidsperiod och sträcka och sedan dessutom jämföra detta med faktiska utfallet. Denna typ av analys-/beräkningsmodul skulle kunna tillhandahålla funktionalitet som kan:

1. Analysera frekvens och mängd av inställda/ombokade tåglägen för en viss dag, viss operatör, och viss sträcka (dvs. olika versioner av tidtabellen jämförs).
Huvudsaklig datakälla: Trainplan.
2. Beräkna tidsförluster (tidtabellsteknisk tid), genomloppstider samt faktiskt kapacitetsutnyttjande för vald tidsperiod och sträcka (dvs. en tidtabells egenskaper beräknas).
Huvudsaklig datakälla: LUPP (ATL-data), OPERA Utökad vy (TPOS-data) samt TrainPlan.
3. Jämföra planerat resp. aktuellt kapacitetsutnyttjande (tas fram genom kombination av resultat från 1) och 2) ovan för vald tidsperiod och sträcka.

Denna typ av analyser kan vara värdefulla i t ex adhoc-processen för att hitta lämpliga tåglägen för tåg såväl som tidsfönster för banarbeten, liksom i det strategiska arbetet med att studera marknadens beteende i förhållande till de ramar som sätts med avseende på (av)bokningsavgifter, tåglägesavgifter mm.

Behov av data för analyserna 1-3) ovan

I punkten 1) ovan så jämförs systematiskt olika versioner av en tidtabell för att studera på vilka sätt tidtabellen förändras över tiden med huvudfokus att studera vilka tåglägen som tillkommer, faller bort eller förändras (pss gäller för banarbete) och därmed hur tillgänglig/uppbokad kapacitet förändras.

Utöver att beräkningen kräver tillgång till de versioner av tidtabeller som ska analyseras för en viss tidsperiod och bandel, så krävs det information som stödjer ev. koppling mellan två snarlika tåglägen

¹ www.bth.se/com/eot samt www.bth.se/float

(från två i olika versioner av tidtabellen) som rent praktiskt är samma tåg men som har tilldelats nytt tågnummer pga. vissa förändringar av tågläget. Det innebär alltså att avsaknaden av ett visst tågnummer i en senare version av tidtabellen inte nödvändigtvis innebär att tågläget är avbokad/inställt utan att tågläget blivit justerat och tilldelat ett annat tågnummer. Det innebär att tåglägena måste hanteras på en djupare detaljnivå där andra egenskaper än bara tågnumret identifierar ett tågläge. I Trainplan kan ett tågläge (kombinerat med ett datum) bestå av flera tågnummer där det övergripande tågnumret anges i TrainHeader (THD) och eventuella andra tågnummer anges för resp. delsträcka/TDT. Vid uppföljning av det faktiska utfallet är tågnumret för resp. delsträcka/TDT det som är nyckeln till trafikdatan för motsvarande tåg och för koppla ihop den datan från LUPP behöver mappningen mellan olika tågnummer göras mhja datan från tidtabellen via Trainplan.

LUPP och OPERA tillhandahåller olika typer av loggar för tågs ankomst-, avgångs- och passagetider vid trafikplatser, vilket skapar underlag för att mäta eventuella avvikelser mot tidtabell, aktuella gångtider och beläggning av banans olika delar. Alla ankomster, avgångar och passagetider loggas dock inte och det är viktigt att ta hänsyn till begränsningarna i rapporteringen och avsaknad av data för att undvika felaktiga antaganden om hur ett tåg har rört sig på banan.

För att studera förutsättningarna för att kunna använda LUPP i denna typ av analys inhämtades och bearbetades LUPP-data för trafiken som gått på Malmbanan (delsträckan Kiruna-Riksgränsen) en eftermiddag i maj 2013. Syftet var att försöka härleda tågföringen för att beräkna gångtider, tidsförluster, banans beläggning mm. Dataanalysen visade svårigheterna med att härleda hur vissa tåg framförts enkom baserat på LUPP-datan och då specifikt för tåg som hade gjort oplanerade uppehåll och där endast avgångstid från trafikplats loggades (vilket kan tolkas som att tåget passerat utan uppehåll). Detta gällde exempelvis möten mellan tåg 9916 och 9913 resp. 9918 och 19173 vid Kopparåsen (14 maj 2013). Enligt LUPP förvaltning (Jens Lindow) ska "alla avgångar loggas vid passage av trafikplats och en tidrapport skall skapas, antingen automatiskt eller manuellt. Sedan kan det finnas tekniska begränsningar som gör det svårt att få till på vissa platser, alternativt kan det vid ombyggnationer falla under en övergångstid.²". När det gäller ej loggade faktiska, men oplanerade, ankomsttider så finns det inga uttryckliga krav på att tidrapporter skall läggas in manuellt i de fall när planerad ankomsttid saknas. Det går inte heller att skapa logik för att utföra detta automatiskt i de fall som det skulle krävas, enligt förvaltningen (ibid).

I analysen upptäcktes även vissa logiska felaktigheter i de tidsvärden som togs fram via LUPP t ex för tåg 9915 "Utförd tid" i Björkliden är ankomst (kl 18:50) efter avgång (kl 18:49) vilket skapade frågetecken kring hur "Tidsavvikelse" och "Utförd tid" beräknas. Svaren från LUPP förvaltning följer nedan:

"Tidsavvikelse och utförd tid i Lupp är inte beräknat i Lupp utan tas från källsystemet ATL som i sin tur matas av TPOS-systemet. I ATL finns justeringspunkter trafikplatser som lägger på sekunder i vissa fall och drar av sekunder i vissa fall för att kompensera mätutrustningens placering. Tidrapporterna trunckeras sedan på sekunder ned till minuter vilket kan ge en olycklig effekt i ett fåtal fall. Exempelvis om justeringstiden är anpassad för att ett tåg skall bromsa in och stanna men tåget istället kan gå i full fart förbi den dagen. Ankomsten kan då få ett påslag av sekunder medan avgången får ett avdrag. Om det hamnar i övergången mellan minuter kan då detta fenomen uppstå."

Slutsatser

Tillgången till den stora mängd data som kan exporteras via TrainPlan, LUPP och OPERA öppnar upp goda möjligheter för att kunna automatisera kraftfulla analyser för att etablera viktiga samband gällande infrastruktur-tågplan-tågföring-leverans kvalitet. I de fall där LUPP inte ger fullgod information kan data från OPERA komplettera eftersom där ges mer detaljerad information för valt tågnummer och datum. LUPP är dock att föredra som datakälla eftersom där kan större mängder data samtidigt exporteras än från OPERA via det manuella gränssnittet. Dock saknar dessa datakällor information om banarbeten och trafikdatan ligger bara kvar 1 år. Därefter är trafikhandlingar inte sökbara i dessa system, vilket är en nackdel utifrån ett forskningsperspektiv. Arbetet som påbörjats i denna studie fortsätter inom ramen för projektet UoP med start maj 2014.

² Jens Lindow påpekade även (via vår e-postdiskussion den 28 mars 2014) att trafikplatserna Peuravaara och Abisko östra verkade konsekvent sakna tidrapporter, vilket skulle undersökas vidare.

Förbättrad analys av förseningsdata med hjälp av RailSys

Bakgrund

En av slutsatserna från projektet "Kapacitetsutnyttjande i det svenska järnvägsnätet. Uppdatering och analys av utvecklingen 2008 – 2012" är att det är svårt att använda empirisk förseningsdata för att analysera sambandet mellan förseningar och kapacitetsutnyttjande p.g.a. datans låga upplösning och att marginaler i tidtabellen inte är kända. En ny möjlighet som uppkommit tack vare att den planerade trafiken numera importerar till RailSys är att det skulle kunna vara lättare att avgöra var i tidtabellen det ligger gångtidsmarginaler. Det skulle också vara enklare att skatta hur nära tågen ligger varandra i praktiken då det är möjligt att ta hänsyn till signalsträckor m.m.

Analysen skulle kunna göras både på den planerade tidtabellen och på det faktiska utfallet för att bättre förstå kopplingen mellan kapacitet, tidtabell och förseningar. Ett förslag är att skapa en tidtabell i RailSys för en eller flera banor som baseras på det som inträffat enligt LUPP för en eller flera representativa dagar. Därigenom kan marginaler för tåg och buffertider i konfliktpunkter studeras (förutsatt att fordonmodellerna stämmer hyfsat). En möjlighet är också att göra en så kallad trace-driven simulering för att t.ex. kalibrera trafikledningsparametrar i RailSys.

Syfte

Syftet är att demonstrera hur RailSys kan användas för att avgöra var gångtidsmarginaler finns i den planerade tidtabellen och för att med bättre precision bedöma hur tåg har interagerat med varandra baserat på LUPP-data. Slutligen är målet även att ge rekommendationer för hur eventuellt fortsatt arbete kan genomföras och vilka resultat som detta skulle kunna leda till.

Genomförande

Fullt utvecklad är tanken att metoden ska kunna tillämpas på en planerad tidtabell eller utfall på en järnvägslinje i Sverige eller eventuellt på hela järnvägsnätet. Detta förutsätter att metoder/rutiner utvecklas. Då det inte finns tid i denna förstudie att utveckla dessa rutiner väljer vi att endast titta på två tåg för att demonstrera principen.

Tåg 400 och 402 som går från Göteborg till Stockholm tidigt på morgonen är ett lämpligt val då de följer tätt in på varandra hela vägen, vilket underlättar beräkningen av faktiskt headway i den planerade tidtabellen. Detta gäller även när det faktiska utfallet analyseras då dessa tåg ofta kört efter varandra även i verkligheten, tabell 1. Tågen är också intressanta då deras förseningsstatistik skiljer sig betydligt, trots att de har liknande tåglägen utan stopp på vägen och små gångtidsmarginaler, figur 1. Vad som däremot skiljer sig åt är avståndet till närmast föregående tåg. Tåg 400 är stora delar av sträckan tidtabellslagt med en headway på 5-6 minuter efter tåg 402. Avsikten med att lägga dessa två tåg så tätt in på varandra är, förutom att täcka den stora efterfrågan på resor som finns vid denna tidpunkt på dygnet, att de två tågen skulle "hjälpa" varandra och tillsammans bilda en kanal. En hypotes till varför tåg 400 har så pass mycket sämre statistik är att tåg 400 relativt ofta blir påverkat av tåg 402, medan det omvända inte gäller i lika stor utsträckning. Detta gör det intressant att studera utfallet för dessa två tåg med avseende på buffertider dem emellan.

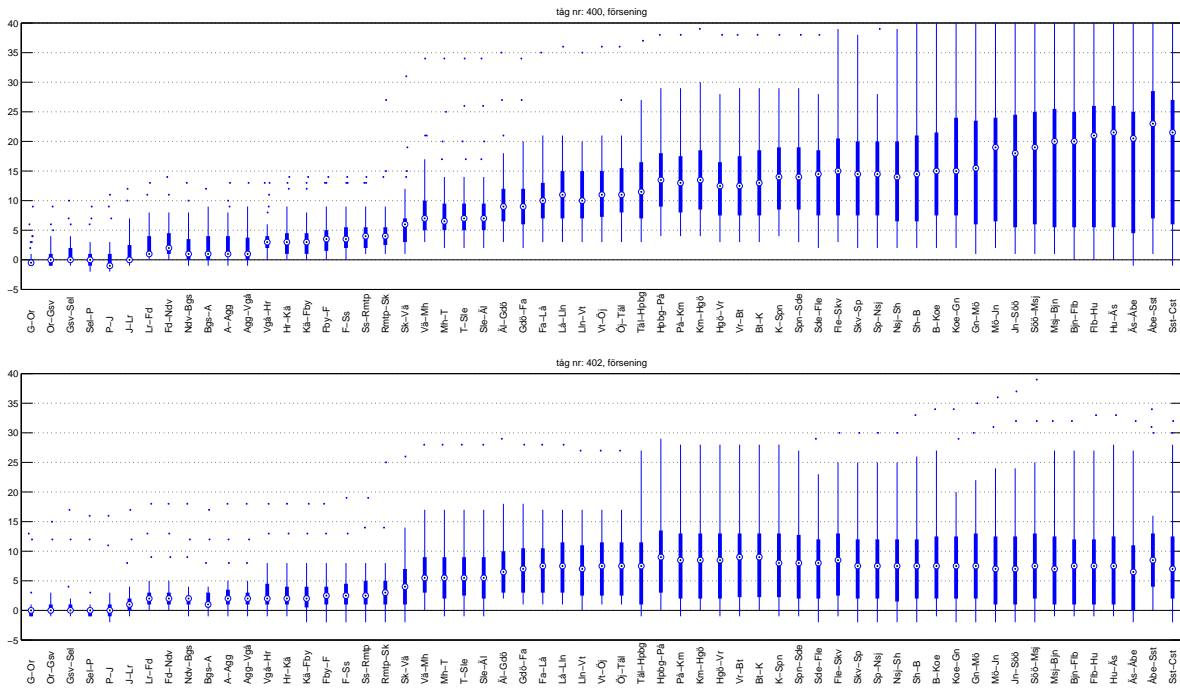
Tidtabell för tåg 400 och 402 – SJs snabbaste snabbtåg. Tågen är direkttåg mellan Stockholm och Göteborg utan uppehåll. Tåget som går 6:00 etablerades först och blev så populärt att det måste multipelkopplas med ytterligare ett tågsätt. När dessa två tåg också blev fulla gick det inte att koppla på ett tåg till då plattformen inte var tillräckligt lång. Lösningen blev att köra ett tåg till precis föer med avgång 5:54 och tanken var att de båda tågen skulle gå i samma tidtabellskanal.

60 Göteborg-Stockholm		Alla tåg Göteborg-Alingsås tab 131, Göteborg-Hallsberg-Katrineholm-Stockholm tab								
1 jul-8 dec 2012		Sj	Sj	Sj	Sj	Sj	Sj	Väst	Sj	
Uppdaterad 2012-06-17		Snabbtåg	Snabbtåg	Snabbtåg	Reg ②	Reg ②	Snabbtåg	Reg	Snabbtåg	
Tågnummer		420	402	400	122	112	472	164	7204	422
Period		30/7-8/12	12/8-8/12	12/8-8/12	12/8-8/12	1/7-11/8	12/8-8/12			1/7-11/8
Måndag-Fredag		M-F	M-To	M-F	M-F	M-F	M-F	M-F	M-F	M-F
Lördag								L		
Sön- o Helgdag										
km	Går även / Går ej							②		
0 fr	Göteborg C	5.07	5.54	6.00				6.04		6.42
45 fr	Alingsås	5.34 p						6.31		7.07 p
66 fr	Värgårda							6.42		
80 t	Herrljunga	5.48						6.51		
	fr Uddevalla C 67	1					5.40	5.40 5		
	fr Borås 67	1	5.07 2				6.00	6.00 6		
80 fr	Herrljunga	5.48					6.48	6.53		
100 fr	Floby									
114 t	Falköping C	6.03 3					7.05	7.09 7		
	fr Jönköping 65	1					5.21	5.21 6	6.19	
114 fr	Falköping C	6.03					7.05	7.11	7.15	
128 fr	Stenstorp								7.23	
144 t	Skövde C	6.20					7.21	7.27	7.32	7.45
144 fr	Skövde C	6.22					7.23	7.29		7.47
183 fr	Töreboda						7.38	7.46		
228 fr	Laxå							8.08		
258 t	Hallsberg	7.03					8.12	8.24		
	t Örebro C 64	1	7.36				8.48	8.48		
258 fr	Hallsberg	7.07			7.14	7.25	8.14	8.28		
303 fr	Vingåker				7.34	7.45				
324 t	Katrineholm C	7.31			7.45	7.56				8.51 9
	t Norrköping 56	1	8.23 4		8.23	9.24				9.24
	t Eskilstuna 56/57	1	8.33 4		9.48	9.48				9.48
	t Västerås 56/57	1	9.15 4		10.25	10.25		9.50		10.25
324 fr	Katrineholm	7.33			8.00	8.00				8.53
347 t	Flen				8.15	8.15				
392 fr	Gnesta				8.37	8.37				
419 t	Södertälje Syd				8.51	8.51	9.18 a			9.29 a
440 t	Flemingsberg	8.21 a			9.03	9.03				
455 t	Stockholm C	8.35	8.45	8.50	9.16	9.16	9.40	10.53 8		10.00
	t Uppsala C 51	1	9.51	9.51	9.51	10.25	10.51	10.51	11.51	11.51

Tabell 1: Tabellen visar de tågnummer som har använt länkarna närmast innan tåg 400, planerat (t.v.) och utfört (t.h.)

Mätperiod: måndag-torsdag v. 36-44 2012.

400 planerat			400 utfört		
tåg nr	antal	andel (%)	tåg nr	antal	andel (%)
402	1947	92	402	1379	65
2936	108	5	620	287	14
92414	36	2	122	110	5
77422	27	1	222	80	4
			266	59	3
			914	29	1
			2420	20	1
			512	20	1
			2716	17	1
			61302	14	1
			2936	14	1



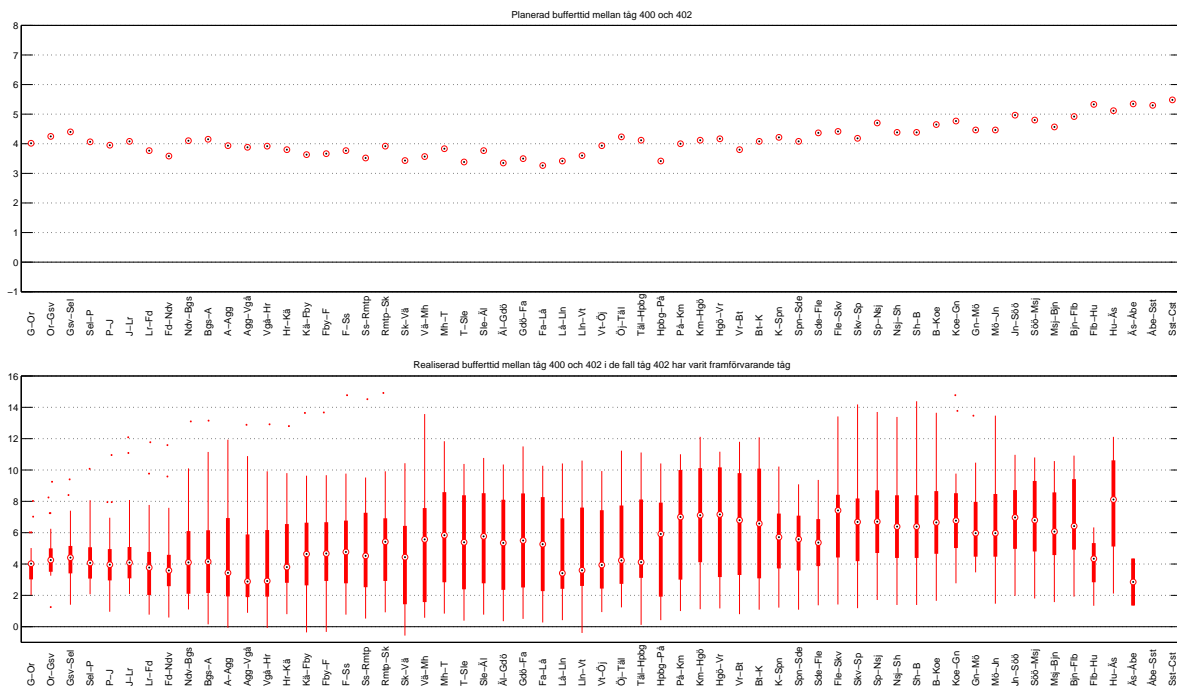
Figur 1: Försening [min] för tåg 400 och 402, utförsening från länkarna. Mätperiod: måndag-torsdag v. 36-44 2012.



Figur 2: Headway [min] för tåg 400, baserat på planerad [överst] och utförd trafik [underst]. Headway är mätt när tåget kommer in på länken. Notera att det inte skiljs på inner- och ytterspår på fyrsparret mellan Flemingsberg (Flb) och Stockholms Södra (Sst), varvid beräknad headway på sträckan kan vara kortare än i verkligheten. Mätperiod: måndag-torsdag v. 36-44 2012.

Fördelen med att använda RailSys i analysen är att den detaljerade infrastrukturmodellen kan användas för att ge information om hur tågen belägger blocksträckor etc. Detta gör det möjligt att beräkna buffertider mellan tåg i den planerade tidtabellen och det faktiska tidavståndet mellan tåg i verkliga utfallet. Figur 2 visar avståndet till föregående tåg för tåg 400, både planerat och realiserat baserat på data från LUPP. De verkliga buffertiderna är dock betydligt mindre och varierar längs sträckan beroende på bl.a. signalsystemets konfiguration, tågens hastighet, bromsförmåga och längd. I RailSys tidtabellsmodul finns det för varje tåg angivet headway till närmaste föregående och efterkommande tåg för samtliga blocksträckor som tåget är planerat att passera. Denna information går att exportera, men måste göras tåg för tåg, vilket gör det ytterst tidskrävande att göra för en hel tidtabell med många tåg. Ett bättre alternativ är att göra en simulering av tidtabellen utan några externa störningar och exportera länkelägningsdata. Detta innebär att RailSys kan logga tidsangivelser för när tåg bokar och släppt länkar. Detta medför att det går att beräkna buffertider för en hel tidtabell. För att göra motsvarande på det verkliga utfallet krävs först att LUPP-data används för att skapa en tidtabell i RailSys som motsvarar det verkliga utfallet dag för dag. Då RailSys kan ha en tidtabell som är flera dygn lång, borde det inte vara något problem att automatisera en analys av utfallet från många dagar.

I denna förstudie har den planerade tidtabellen (T12) för tåg 400 och 402 lagts in i RailSys. Därefter har en simulering gjorts av den planerade tidtabellen för att erhålla länkelägningsdata. Ett enklare script har skrivits för att läsa utdatafilen och beräkna de faktiska buffertiderna i tidtabellen, se figur 3. Dessa buffertider kan också användas för att göra en förenklad analys av utfallet. Genom att använda de planerade buffertiderna mellan tåg 400 och 402, kan en bättre bedömning göras ifall tågen påverkat varandra i verkliga utfallet. Detta är en förenkling så till vida att buffertider från den planerade tidtabellen dras av från utförd trafik, vilket fungerar någorlunda i detta enkla fall med dessa två tåg. I en analys av en hel tidtabell, bör buffertiderna istället beräknas direkt baserat på den utförda tidtabellen, som tidigare nämnts.



Figur 3. Överst: Planerad buffertid mellan tåg 400 och 402 enligt RailSys. Buffertiden för varje länk är beräknad som den minsta av de på länken förekommande signalblocksträckorna. Underst: realiserade buffertider baserat på utfallet i Lupp.

Slutsatser och fortsatt arbete

Resultaten visar att det skulle kunna vara möjligt att använda RailSys för att förbättra analysen av både den planerade tidtabellen men kanske framförallt det verkliga utfallet. Förstudien visar att det finns möjlighet att kombinera data från LUPP med RailSys för att få en bättre bild om hur infrastrukturen används och hur tåg interagerar med varandra. Möjligheten att uppskatta var

sekundärförseningar uppstår och varför kan därmed förbättras vilket är värdefull information för att kunna identifiera var det finns flaskhalsar i systemet.

Förslag på hur flaskhalsarna kan åtgärdas skulle kunna identifieras tack vare att de är möjligt att exportera mycket detaljerad beläggningsdata från RailSys. Denna data innefattar inte enbart signalsystemets blocksträckor, utan även många av de objekt som ingår i dessa, t.ex. växlar och punkter för partiell uppläsning av tågvägar. En slutsats skulle kunna vara att en växel på en station är högt belastad, vilket t.ex. skulle kunna åtgärdas genom att analysera effekten av lämpliga signalåtgärder.

Även om informationen som går att få från RailSys är detaljerad, krävs det att datat från LUPP inte är för grov för att analysen ska bli tillräckligt bra. De viktigaste förbättringarna i informationen från LUPP som identifierats är:

- På stationer där tåg inte har ett planerat uppehåll finns det inte några registrerade ankomsttider. Istället för ankomsttiden anges avgångstiden. Detta gör det svårt att skilja på om förseningar uppstått på linjen eller stationen, vilket t.ex. försvårar analys av möten på enkelspår.
- Spårval på stationer. Krävs för att analysera kapacitet på större stationer. Det planerade spårvalet finns i Trainplan.
- Bättre tidsupplösning på registreringarna och information om var de mäts samt vilka korrigeringar (tidskompensation) som utförs av systemet.

Det första steget i ett fortsatt arbete består i att skriva generellare program som klarar av att hantera beläggningsinformationen från en tidtabell med många tåg på en linje eller ett nätverk. För att kunna analysera verkligt utfall krävs även rutiner för att skapa en tidtabell utifrån förseningsdata och därefter importera denna till RailSys. Delar av dessa metoder är dock redan utvecklade inom ramen för tidigare arbete på KTH.

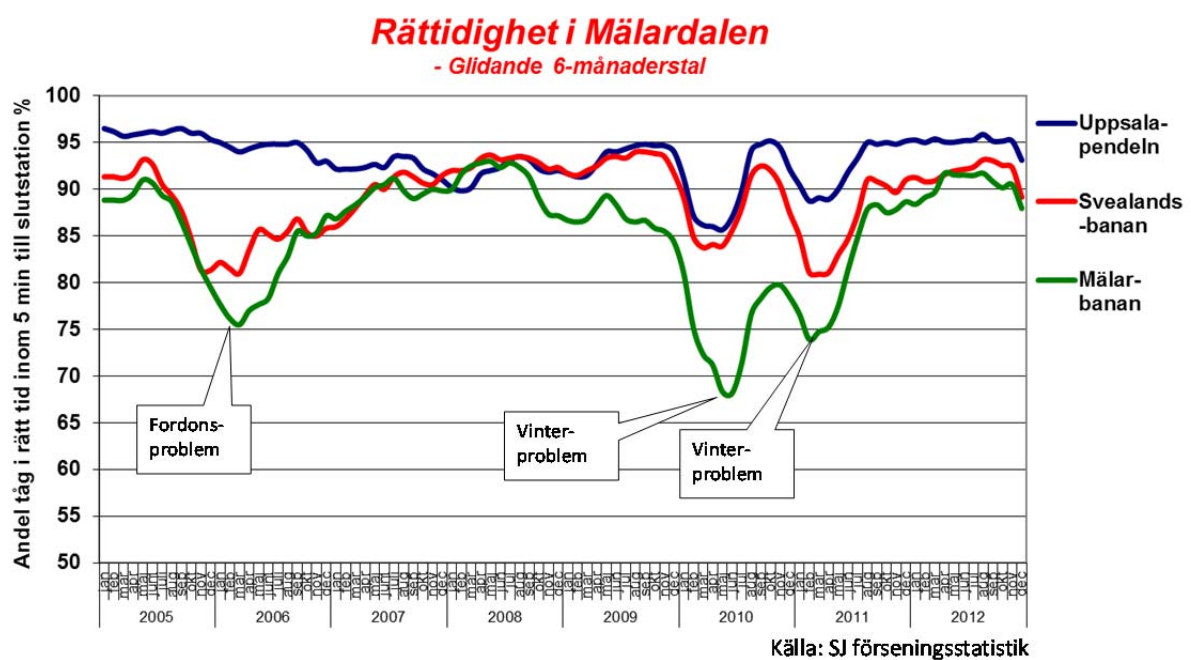
Informationen kan användas i flera olika typer av analyser:

- Förbättrad analys av förseningar och kapacitetsutnyttjande på nationell nivå.
- Detaljerade studier av kapacitetsutnyttjandet på större stationer.
- Estimera nya bättre stokastiska fördelningar för primärförseningar. Olika fördelningar kan tas fram för olika förhållanden, t.ex. linjeklass, tågtyp, väderlek o.s.v.
- Generellt bättre analyser baserat på förseningsdata. Vad orsakar förseningarna? Hur används gångtidsmarginaler och buffertider i verkligheten?

KAJT Förstudie Uppföljning, kapacitetsplanering, simulering och trafikstyrning (FUKS) – KTH del 2: Förseningsmått

1. Bakgrund och syfte

Det finns många olika sätt att redovisa förseningar. För att visa hur bra ett system, en operatör etc presterar presenteras ofta andelen tåg som har nått sin slutdestination i tid eller med ett visst antal minuters försening. Även i kapacitetsanalyser används mestadels detta mått om fokus ligger på systemets prestanda. På grund av att tågtrafiken i Sverige har drabbats av många eller större förseningar de senaste åren och att det råder kapacitetsbrist på flera linjer i Sverige har ämnet blivit viktigt för både forskningen, politiken och planeringen, men också för de drabbade: Resenärerna, operatörerna och godskunder. Detta har lett till uppmärksamhet i media, men också åtgärder som Kraftsamling Mälardalen mm. Dessutom har brister i statistik och sättet att redovisa denna ifrågasatts.



Figur: Exempel på utveckling av punktligheten på tre linjer i Mälardalen. Figuren visar tre systemsammanbrott och därutöver mer normala variationer i punktligheten. Mått: Tåg i rätt tid inom 5 minuter, glidande 6-månaderstal. Det framgår också att ju längre linjen är desto sämre punktlighet. Källa: Bearbetning av SJs förseningsstatistik.

För att förbättra situationen är det viktigt att data används på rätt sätt för att upptäcka var bristerna finns. Även i redovisningssyfte är det viktigt att rätt information visas.

I den här förstudien ska analyseras vilka mått som används idag och för- och nackdelar med detta studeras. Möjligheter för alternativ redovisning ska visas. Hur kan det analyseras vad

som är viktigt för resenären och hur kapacitet kan utvärderas med hänsyn till detta? Är måtten som används idag relevanta? Fokus ligger på persontrafiken. För att hitta relevanta mått är resenärens värdering av stort värde. När inverkar en försening negativt på syftet med resan? Hur uppfattar kunderna en försening, och vad värderas högre/lägre?

Att välja relevanta mått är viktigt vid uppföljning av verklig trafik, dvs analys och presentation av historiskt trafikeringsdata men även i planeringsskedet. Till exempel kan trafiksystemet modelleras och simuleras och olika åtgärder (exempelvis i infrastrukturen) testas. Ska effekten bedömmas utifrån punktlighetsaspekten är det viktigt att rätt mått jämförs. För verklig data från olika källor tillkommer dessutom en risk att mätningarna sker på olika sätt som minskar jämförbarheten, t ex om inställda tåg räknas med i den ena, men inte i den andra statistiken etc.

Det övergripande syftet är att hitta mått som är begripliga och stämmer så bra som möjligt med resenärens värderingar. Dessutom ska en bedömning göras om skillnader för olika tågslag/tider på dagen/året etc. är relevanta.

2. Redovisning av punktlighetsdata idag

I Sverige och många andra länder redovisas förseningar i andel tåg som ankommer till en station i tid eller några minuter sent. Stationen avser ofta tågets slutdestination.

Trafikverket har tillsammans med flera representanter från branschen skrivit på en avsiktsförklaring att ”ta fram gemensamma, väl definierade mål och indikatorer för att förbättra punktligheten inom järnvägssystemet” [3]. Förbättrad statistik gentemot resenärerna är en del av samarbetet. Även nöjdhet med förseningsinformationen mäts. Som ett av resultaten redovisar Trafikverket punktligheten sedan september 2013 inte bara till slutstationen utan även till bytespunkter samt stationer med stort resandeutbyte. För tåg som ställs in dagen innan eller samma dag som deras avgång var planerad infördes begreppet ”akut inställt tåg”. Ett sådant tåg räknas sedan januari 2014 som försenat i redovisningen av punktlighet. Statistiken publiceras månadsvis på Trafikverkets hemsida [12]. Persontågen är sedan mars 2014 uppdelade på kort- (pendel- och flygtåg), medel- och långdistanståg samt gods. Innan dess redovisades långdistans-, regionaltåg samt pendeltåg i storstad. Fram till augusti 2013 publicerades separat statistik för snabb- och flygtågen. Trafikverkets statistik används av många, bland annat även Trafikanalys.

Även många operatörer presenterar punktlighetsstatistik. På SJs hemsida [6] kan man hitta punktlighetssiffror baserade på principerna som bestämdes i enlighet med [10]. Statistiken fokuserar dock på SJ:s utbud och visar mer detaljerad information. Uppdelat i snabb- och regionaltåg publiceras vecko- och månadsvisa siffror för utvalda sträckor. Dessutom visas punktligheten för tåg med tidtabellslagd avgång eller ankomst mellan 06.00–09.00 eller 15.30–18.00 från/i Stockholm, Göteborg eller Malmö separat.

Även Skånetrafiken presenterar statistik löpande. Tidigare utvärderades punktligheten för varje station, men man gick ifrån detta från januari 2014 och anpassade till bussarnas redovisning i stället [7]. Inställda turer ingår inte. Västtrafik och SL gör egen statistik också, publicerar denna dock inte regelbundet.

Sidan Tågstatistik.se [14] visar och utvärderar statistik för samtliga tåg som går på statliga ägda banor i Sverige. Datat finns från 2010 och stammar från Trafikverkets realtidsinformation ”Läget i Trafiken” [9]. Samtliga stationer finns med. Det finns ett stort antal möjligheter för sammanställning av information:

- Stationer/sträckor
- Operatörer
- 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 120 min förseningstolerans
- Tid på dygnet (5-8:59, 9-15:59, 16-18:59, 23-4:59)

Som förseningsmått finns punktlighet (inkl/exkl inställda tåg, totalt eller till slutstation), andel inställda avgångar, medelvärden för annonserad och faktisk ankomstförsening samt restid, medianförsening för faktisk ankomst och mer-resande tid. Tjänsten används även av myndigheten Trafikanalys som kombinerar förseningsdata med uppgifter om antalet resenärer.

Marginalen för punktlighet är olika för olika tågkategorier och olika operatörer etc redovisar olika. I Trafikverkets punktlighetsstatistik definieras tåg som är upp till 5:59 minuter sena som punktliga. Under en period ändrades gränsen för fjärrtrafik till andel tåg i rätt tid inom 15:59 minuter. För pendeltåg var gränsen tidigare 2:59 minuter, ett mått som används av operatörerna också.

Liknande mått används även i en internationell kvalitetsstudie [2]. Systemets prestationsförmåga mäts i lika delar genom indikatorer för kapacitetsutnyttjande, servicekvalitet och säkerhet. Punktlighet (andel tåg < 5 min/15 min sena) för regionalståg samt långväga resandetåg (>10 mil) ingår som två av kvalitetsfaktorerna (övriga: andel höghastighetståg samt biljettpris). Punktlighet för gods ingår inte.

En annan fråga utöver gränsen för rättidighet är var punktligheten ska mätas – är det slutstationen som är avgörande eller ska även mellanliggande stationer utvärderas? För resenärerna är det viktigt att de kommer fram till sin slutdestination i tid – och den sammanfaller ofta inte med tågets. Dessutom ligger det ofta extra gångtidstillägg i tågens tidtabell innan slutdestinationen. Det betyder att förseningar kan kompenseras till viss del innan avläsningen sker – detta innebär att en passagerare som går av på stationen innan kan drabbas av en större försening än vad som redovisas.

Andra svårigheter och brister har utpekats av Trafikanalys [8]. Internationellt skiljer sig exempelvis behandlingen av inställda tåg, mätmetoden, själva systemet (utbud, trafiksystem, tidtabellskonstruktion etc) vilket försvarar jämförelsen. I sin egen statistik kombinerar de punktlighetsdata med antal resenärer.

3. Resenärernas värdering

SJ mäter kundupplevd punktlighet som indikerar när resenären känner av en försening. I en enkätundersökning på X2000 på Södra Stambanan 2009 utvärderade de upplevd punktlighet med TFör-data [5]. Det visade sig att folk ofta uppskattade förseningen vara lägre än vad den faktiskt var. En kompletterande fråga skulle vara hur dagens mobilanvändande påverkar uppfattningen, dvs om förseningarna upplevs som mindre störande därför att mobilen skapar möjligheten att använda tiden effektivt. Intressant är också avvägandet om man jämför den verkliga ankomsttiden med den planerade eller den annonserade i fall dessa skiljer sig, och om fler kunder blir nöjda om man annonsera en längre restid så att små förseningar döljs.

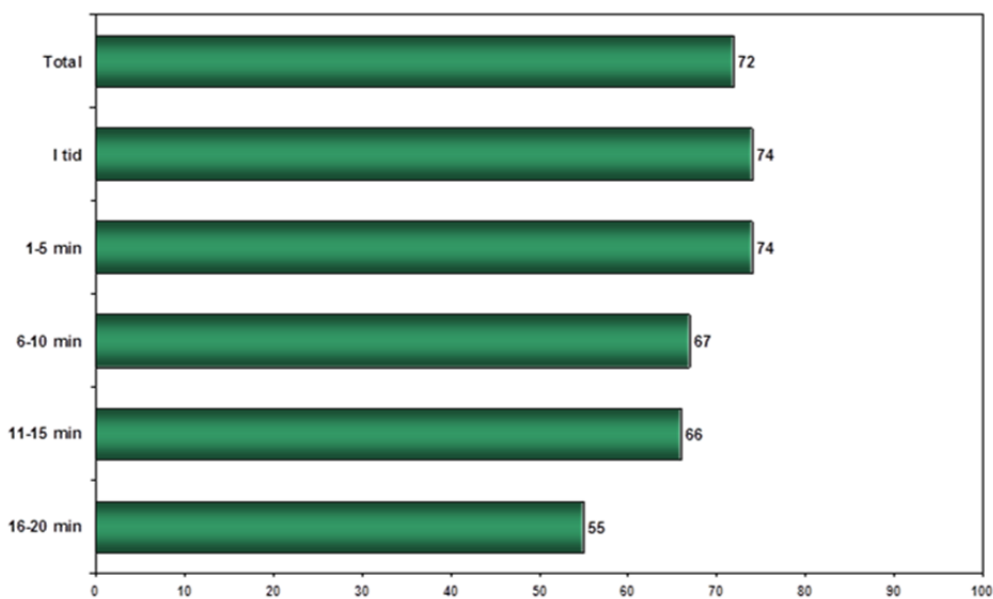
Inställda turer påverkar resenärer mycket, framförallt vid låg turtäthet. Ändå ingår dessa ofta inte i statistiken. Trafikverket har tidigare inte redovisat sådana, inkluderar dem dock sedan januari 2014 som försenade tåg i punktlighetsstatistiken.

Föreningen TIM-pendlares arbetsgrupp för förseningsstatistik [11] har jämfört nyttan av olika förseningsmått för pendlare. Det visas bland annat att medelförseningen kan vara väldigt missvisande, till exempel när man jämför statistiken för en specifik avgång under en period med medelvärdet för samtliga tåg under en dag (i exemplet för Stockholm – Västerås vecka 8 2011 låg medelvärdet för punktligheten på 83 %, men av avgången kl 16:55 kom bara 20 % i tid). En redovisning per tåg kan vara bra för de pendlare, har de flexitid kan de exempelvis anpassa sina arbetstider. Vikten av att redovisa inställda tåg, framförallt vid låg turtäthet, beskrivs. Statistiken föreslås också rensas på "specialfall" som orsakade stora förseningar. Det är även viktigt att visa förseningarnas längd, inte bara hur många tåg som inte är i tid. Dessutom varnas för en generalisering av rusningstiden med hänsyn till antalet resande som drabbas. Det behöver inte vara samma för varje linje, och behöver inte bero på arbetstider utan kan exempelvis även hänga ihop med anslutningar (till exempel är antal resande på linjen Västerås-Stockholm högre när en avgång ansluter till UVEN). Olika mått diskuteras. Att ange tider med 95%-ig säkerhet rekommenderas.

I en enkätundersökning på Västra Stambanan i maj 2013 [16] utvärderas de resandes skäl att välja en viss avgång. Trots att förseningsstatistiken för de fem framförvarande månaderna visade att ett tåg men ungefär samma avgångs-/ankomsttid var mycket oftare och mer försenat än tåget de intervjuade åkte var det ingen som angav att valet av avgången berodde på förseningsrisken. Undersökningen visade dock också att det finns intresse för förseningsstatistik bland resenärerna. Vad som kan hjälpa och hur visade sig dock vara svårt att svara på, och till viss del verkade statistiken snarare skapa förvirring än att den hjälpte.

I samhällsekonomiska bedömningar är det ofta tider som har stora effekter, exempelvis minskad restid för en ny bana. I svenska praktiken räknas förseningstidens värde som 3,5 gånger det normala restidens [13] vilket visar att det är av stor vikt att använda adekvata värden.

Att större förseningar som uppträder sällan påverkar resenärer mer än små förseningar ofta visas i [1]. Även detta är en anledning till att inte bara använda sig av medelvärden.



Figur: Resultat av NKI-mätning (Nöjd-Kund-Index) för SJs trafik första halvåret 2006. Man ser en tydlig nedgång av NKI när tågen är mer än 5 minuter och mer än 15 minuter sena. Källa: SJ.

1. Godstransporter

För godstransporter skiljer sig både tidtabellerna, punktligheten, kundernas värderingar och kapacitetskraven från persontrafiken i många avseenden.

Godstågen går efter tidtabell men får också avgå före tidtabell. I slutaändan är också en större andel av godstågen försenade än persontågen. Detta behöver inte betyda att godset kommer fram för sent till kund eftersom det ofta är flera led innan godset kommer fram: Rangering, matartransport och ibland omlastning till lastbil. Green Cargo redovisar därför punktlighet för leverans till kund inom en timme som mäts på 40-50 000 vagnar per månad som år 2013 var 95 % (GCAB hemsida) [17].

Operatörerna önskar snarare ha en mer flexibel tidtabell än i dag så att man dels kan köra tågen mer anpassade till efterfrågan d.v.s. ställa in och anordna tåg beroende på konjunkturerna, dels också operativt leda tågen så att de kommer fram så fort som möjligt till slutdestinationen. En kort transporttid är viktig för att få en låg kostnad och effektiva omlopp av godstågen. Det är detta som ligger bakom projektet ”successiv tilldelning”.

Godskundernas krav varierar också mycket. När vi diskuterar förseningar i persontrafiken så mäter vi i minuter, när det gäller godstrafiken så är ofta timmer ett mer relevant mått. Ett vanligt mönster är att man producerar på dagen och transporterar på natten ”övernatt”. Det innebär ofta krav på sen inlämning och tidig hämtning av godset t.ex. kl. 18:00 resp 06:00. För kunden spelar det då inte så stor roll om tåget kommer fram 4:00 eller 6:00 men kommer det därefter så kan en dags distribution missas.

Godskundernas krav framgår av (Lundberg 2006) [4] ”Godskunders värderingar” där en fråga ställdes om hur mycket försenad en transport måste vara för att det ska innebära en merkostnad för företaget eller mottagaren. Resultatet blev att 9 % ansåg sig få en merkostnad från första minuten en transport blir försenad. 45 % fick en merkostnad om transporten blir 2-8 timmar försenad. Efter 1 respektive 2 dygns försening uppkom en merkostnad för 21 % respektive 10 % av företagen. 11 % ansåg sig få en merkostnad först efter 3 dygns försening. Det är således en stor spridning, ungefär hälften räknade i timmar och hälften i dygn.

Av detta kan man däremot inte dra slutsatsen att det inte spelar någon roll när godstågen kommer fram. Man kan se godstrafiken som en del industrins produktionssystem där det har stor betydelse för produktionskostnaderna, även inom järnvägsystemet, att tiderna hålls inom vissa marginaler. I en undersökning av stora trafikavbrott (Nelldal 2013) [18] har kostnaderna för förseningar för ett stort svenskt företag beräknats och dessa blev betydande, både för industrin p.g.a. uteblivna eller försenade leveranser till kund och för järnvägsoperatörerna i form av merkostnader och reserver för driften.

Även om man ser till tågssystemet i sig så är det också viktigt att tågen tar sig fram så fort och effektivt som möjligt för att få ett högt kapacitetsutnyttjande. Så när man mäter förseningar i järnvägsystemet så är det fortfarande minuter och måttet inom 5 min är då jämförbart med persontrafiken och motsvarar också ett tågläge ur kapacitetsynpunkt. Om man har en mer flexibel tidtabellsplanering kan diskutera om gränsen ska sättas till +/-15 min eller +/- 30 minuter för att anpassas till verkligheten. Då kan man i princip tänka sig att man skapar en ny tidtabell varje dag och då är det ju denna tidtabell som punktligheten skall mätas mot.

2. Mått i kapacitetsstudier

Sammanställningen av måtten som används visar att det inte finns ett konkret mått som borde användas i alla kapacitetsanalyser. Med tanke på verklighetskoppling och jämförbarhet är det bra om måtten anpassas mot det som används av operatören/förvaltaren av de tågen som analyseras, eller väljer liknande tåg för framtida trafik. Detta gäller framförallt förseningsmarginalen.

Var utvärdering sker beror mest på vad som ska utvärderas. I vissa fall kan slutstationen vara tillräcklig, i andra kan den vara helt ointressant, men en/några mellanstationer är de intressanta.

För att bedöma åtgärder eller prioritera tåg i tilldelningsprocessen eller operativ planering är dock inte bara gränsen för en försening viktig. Här är det framförallt från betydelse vad det är som jämförs – en fem minuters försening kan till exempel vara avgörande för ett tåg vars resande missar anslutningen, medan samma försening inte har lika stor betydelse i andra sammanhang, till exempel vid långa resor med betraktade som slutstation. Även spridningen av förseningarna kan vara från intresse.

Inställda tåg behandlas i stort sett inte i simuleringar och kapacitetsstudier vilket är en brist med tanke på att dessa är av stor betydelse för resenärerna.

För att åtgärda låg punktlighet kan det vara av fördel att redovisa statistik för olika avgångar separat istället för den vanliga aggregerade statistiken som presenteras för kunder.

Utvärderingen beror ofta på målet med analysen samt den analyserade sträckan/nätet. Det kan till exempel även vara andel tåg inom 5 min, medelförsening, absoluta förseningar, förseningens andel på den verkliga restiden, försening per försenat tåg, tåggrupp, spridning, etc.

I [15] beskrivs en modell för utvärdering av tidtabellstrategier. I denna ingår både planerade parametrar som restider och trafikblandningen och operativa faktorer som förseningar. Det visas att många aspekter är viktiga att ta hänsyn till när alternativ jämförs.

En sammanställning av kvalitetskriterier finns även i [3], där olika länders metoder jämförs.

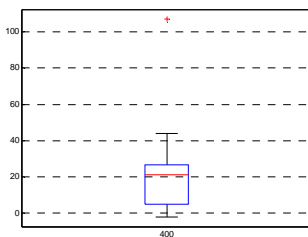
Förseningsstatistik är en viktig indata i simuleringar, det är dock ofta schablonvärden som används. Med hjälp av tillgängligt och fullständigt material kan kapacitetsstudier bli mer relevanta.

Med hänsyn till tidtabellsläggningen och kapacitetsutnyttjande så är måttet inom 5 minuter bra eftersom det motsvarar ett tågläge. I storstadsområden där det finns trångsektorplaner så kan 3 minuter vara bra som används för pendeltågen men om man ska välja ett mått och dessutom kunna ha jämförbarhet, t ex mellan tåg eller olika regioner/länder samt över tiden så är inom 5 minuter ändå det bästa måttet. Då ser man också att olika tågssystem har olika svårt att hålla den punktligheten.

3. Koppling till projekt 1 (att använda Railsys för att skapa en tidtabell i kombination med Lupp)

Projekt 1 (A. Lindfeldt/H. Sipliä) handlar om hur empirisk förseningsdata kan användas för att analysera sambandet mellan förseningar och kapacitetsutnyttjande. Det är intressant att koppla projekten med tanke på att förseningsdata från LUPP kan användas för att testa förseningsmått samtidigt som tidtabellens skapande kan baseras på mått som har visat sig vara relevanta i den här studien. Kan sekundärförseningar detekteras kan en försening också betygsättas beroende på hur stora problem den skapa för resten av systemet.

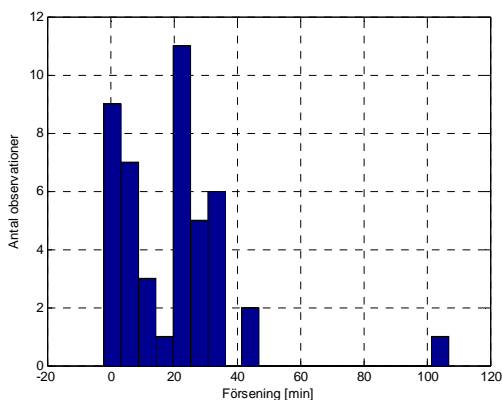
4. Fallstudie



Figur 1: Ankomst till Stockholm C, tåg 400 v 36-44 2012 (Lupp).

Figuren beskriver ankomst till Stockholm Central för tåg 400 under 36 dagar (måndag-torsdag v36-44 2012). Boxplotten visar att 50 % av avgångarna når slutstationen 4 till 27 minuter sent. Det är en väldigt stor intervall vilket tyder på att ankomsttiden varierar ganska mycket. En av ankomsterna (markerad med kryss) var till och med 120 min sen.

Boxplotens storlek kan dock också bero på att just två ankomsttider som ligger långt isär förekommer ofta. I så fall skulle man dra nytta av att veta frekvensen för en viss försening. Viss information om detta får man av medianen som ligger på 22 minuter vilket är nära den övre gränsen av boxen, dvs minst en av ankomstminuterna i intervallet 22-26 uppträder relativt ofta. Detta kan ses när man tittar antalet förekomster av frekvenserna:



Figur 2: Ankomstfrekvenser för tåg 400 v 36-44 2012 (Lupp).

Här syns det att det framförallt är många tåg som ankommer mellan 20 och 38 minuter sent. Genom att analysera detta intervall ännu närmare skulle man kunna se om det finns indikationer att just en avgångstid är vanlig och kan vara till nytta för analysen/kunden. På liknande sätt kan många mått jämföras.

5. Slutsatser och fortsatt arbete

Den här förstudien visar att det finns många möjligheter för presentation av simuleringsresultat och statistik och att det är svårt att välja rätt mått samt rätt aggregeringsnivå. Att Trafikverket ändrade sitt sätt att presentera statistiken två gånger under senaste halvåret styrker detta. För att skapa en bra koppling mellan dessa och resenärernas uppfattning av förseningar samt behov för presentation behövs mer noggranna analyser samt fallstudier. Detta syftar på att se vilka mått som är relevanta, vad som ska inkluderas och vilka fall som måste skiljas åt. Mer information om värderingar måste samlas, till exempel genom enkätundersökningar och intervjuer.

Det är viktigt att ta hänsyn till skillnader i person- och godstrafik och att också analysera skillnader i punktlighet för olika tågslag som pendeltåg, regionaltåg och fjärrtåg. För kunderna måste man göra analyser som fokuserar mer på olika resandegrupper och godsslag.

I fallstudier kan förseningsdata analyseras på många olika sätt och med olika indelningar och aggregeringsnivåer (tider på dagen, tågtyper etc), samt för olika banor och system. Med hjälp av jämförelser och analys av resultaten och bedömningar om hur dessa speglar verkligheten kan relevanta mått urskiljas.

Med hänsyn till kapacitetsstudier skulle det också vara intressant att redovisa en försening baserad på kapacitetsutnyttjandet, till exempel i antal tåglägen, och om förseningen skapar sekundärförseningar och påverkar systemets återställningsförmåga.

6. Referenser

- [1] Börjesson, M., Eliasson, J.. On the use of “average delay” as a measure of train reliability. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 45, Issue 3, Pages 171–184. 2011.
- [2] Finger, Matthias. Boston Consulting Group. *The 2012 European Railway Performance Index*. Presentation Oktober 2012.
- [3] EPFL. *On-time. Assessment of State-of-Art of Train Timetabling*. Schweiz, 2013
- [4] Lundberg, Sofia. KTH. *Godskunders värderingar av faktorer som har betydelse på transportmarknaden*. Licentiatavhandling. Stockholm, 2006.
- [5] Paulin, Christina. SJ. *Resenärernas upplevelse av punktlighet och försening*. Presentation Transportforum 2011.
- [6] <https://www.sj.se/sj/jsp/polopoly.jsp?d=1205&l=sv>
- [7] Skånetrafiken. *Kvalitetsrapport Januari 2014*. http://www.skanetrafiken.se/upload/Dokument/Kvalitetsrapport/2014/Skanetrafiken_Kvalitetsrapport_01_Januari_2014.pdf
- [8] Trafikanalys. *Förseningar i personågstrafiken – mått och metoder PM 2013:3*. Mars 2013, Stockholm.
- [9] <http://trafikinfo.trafikverket.se/LIT/#url=Tagtrafiken/Taginfo>
- [10] Trafikverket. *Analys av punktligheten inom järnvägstrafiken. Resultatrapport 2013*. Stockholm, Augusti 2008.
- [11] Staav, Per-Anders. Föreningen TIM-pendlare. *Verklig Förseningsstatistik. En undersökning av förseningar i Mälardalen Januari-Februari 2013*. Utkast 24/4-2014.
- [12] <http://www.trafikverket.se/Om-Trafikverket/Trafikverket/Manatlig-trafikrapport/Transport-pa-jarnvag-i-ratt-tid/>
- [13] Trafikverket. (2012). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5*.
- [14] www.tagstatistik.se
- [15] Warg, Jennifer. KTH. *Economic evaluation of capacity with simulation*. Proceedings of WCRR 2013. Sydney.
- [16] Warg, Jennifer. KTH. *Utvärdering av tidtabellstrategier*. Presentation Transportforum 2014.
- [17] www.GreenCargo.com
- [18] Nelldal, Bo-Lennart, KTH. *Större trafikavbrott vid Sveriges järnvägar 2000-2013 och dess effekter på transportkunderna*. Rapport 2013. TRITA-TSC-RR 13-010.

Förbättrat utfall hos trafikledningen genom högre kvalitet hos operativ information (koi)

1 Inledning

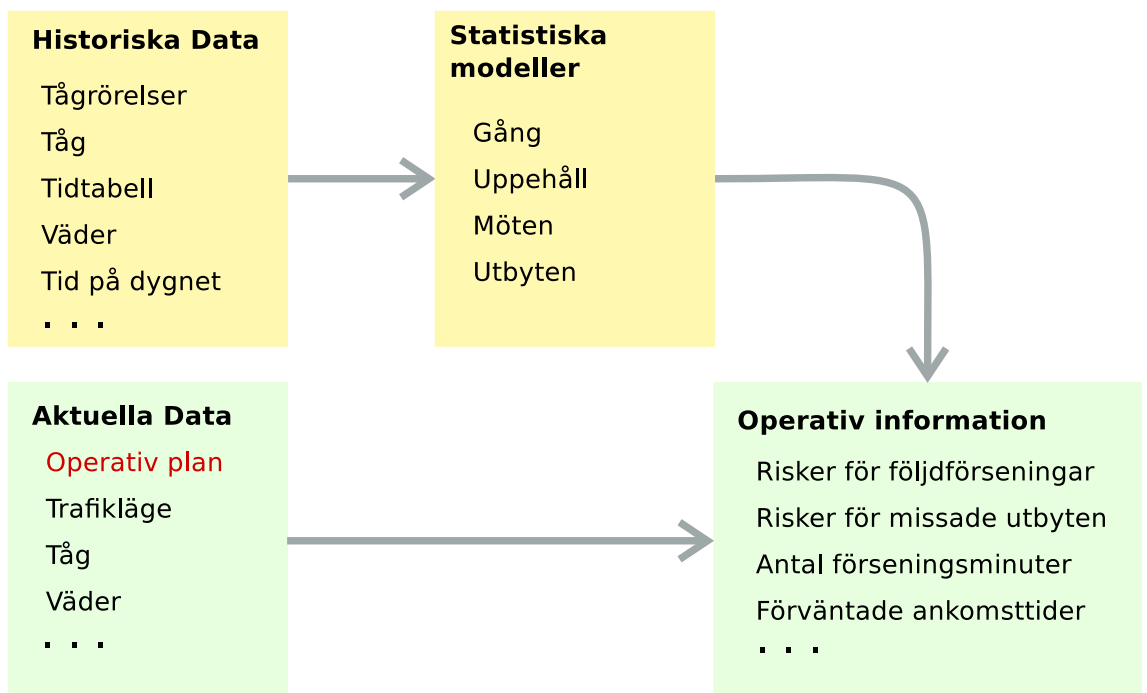
Motivet till detta projekt är det stora behovet av tillgänglig och precis information vid trafikledning och andra järnvägstillämpningar. Projektet har det långsiktiga övergripande målet att förbättra utfallet av beslut i operativ trafikledning och i tågplaneprocessen i sin helhet. En väsentlig del av projektet rör användning av historiska data till att bedömma risker, göra prediktioner med mera. Den informationen som tas fram av metoderna i projektet har användning även utanför den operativa trafikledningen. Exempelvis kan precisa uppskattningar av gångtidsvarianser och gångtider användas i tågplaneprocessen för att öka tågplanernas robusthet och minska risker för störningar i trafiken. Statistiska fördelningar för gångtider och övriga förlopp kan också användas till simuleringar av trafiksimuleringar av tågplaner.

2 Risker och Prediktioner

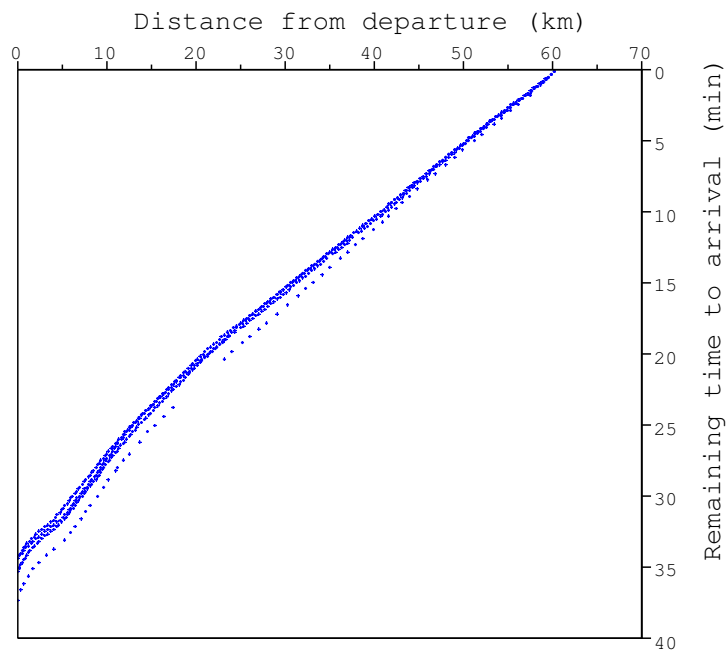
Målet med att ta fram operativ information med hög kvalitet till trafikledningen är att

1. ge en uppfattning om risker som till exempel stora spridningar av förseningar
2. ge en tydlig bild av den framtida trafiksituationen
3. ge tillförlitliga prognoser om ankomsttider med mera
4. jämföra olika operativa planer, det vill säga jämföra olika omplaneringslösningar, med olika effektivitets- och nytto-mått

Den operativa informationen kan bestå av riskuppskattningar och prediktioner men kan också vara aggregerad i mått som anses viktiga för trafikledningsbesluten. Figur 1 beskriver metoden att ta fram operativ information baserat på historiska data. Informationen som tas fram kan användas direkt eller indirekt till att förstå och mäta konsekvenserna av trafikledningsbeslut och på detta sätt erhålla ett förbättrat utfall hos trafikledningen. Som beskrivs av figuren är idén att använda statistiska modeller av gångtider, tider för uppehåll, tider för möten och tider för utbyten. Den operativa informationen tas fram ur dessa modeller tillsammans med aktuella data. Ju mer de statistiska modellerna tar hänsyn till faktorer har väsentlig inverkan på trafiken ju högre kvalitet har informationen och ju bättre utfall av besluten är möjligt att erhålla.



Figur 1: Operativ information baserad på historiska data



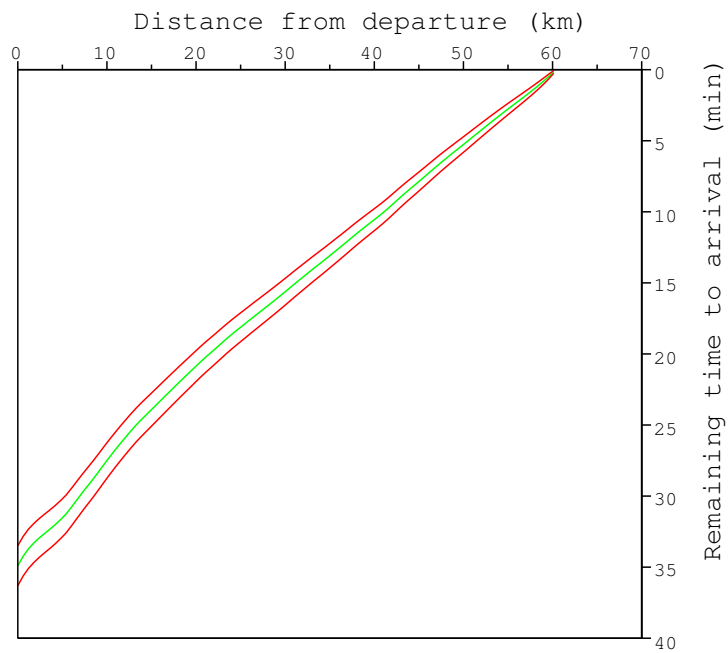
Figur 2: Återstående tid till ankomst baserat på GPS data för några tåg mellan Norrköping och Nyköping

3 GPS data

I projektet används GPS data från tåg som historiska tågrörelsedata. GPS avläsningarna ligger tätt i tiden och ger en tydlig bild av händelseförloppen i trafiken. Figur 2 visar ett exempel på användning av GPS data från tåg mellan Norrköping och Nyköping.

4 Gångtidsmodeller

Figur 3 visar ett exempel på en gångtidsmodell. För varje punkt på banan mellan Norrköping och Nyköping visar figuren medelvärdet av den återstående tiden till destinationen Nyköping med ett sannolikhetsintervall på 90%. Figur 4 visar en gångtidsmodell för tiden från avgångsstationen. Modellen är baserad på data

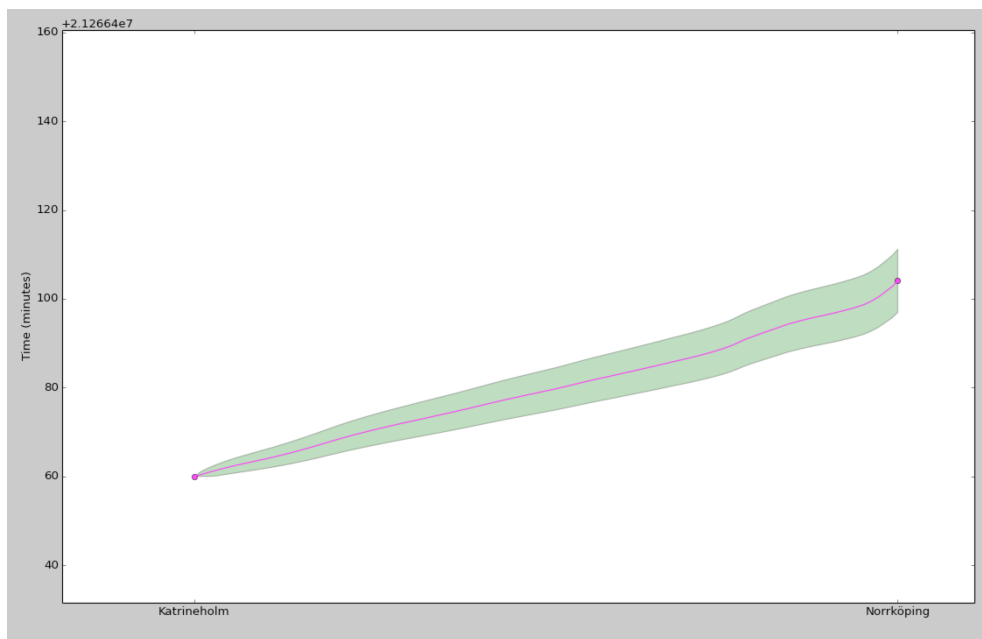


Figur 3: Modell för återstående tid till ankomst GPS data för några tåg mellan Norrköping och Nyköping

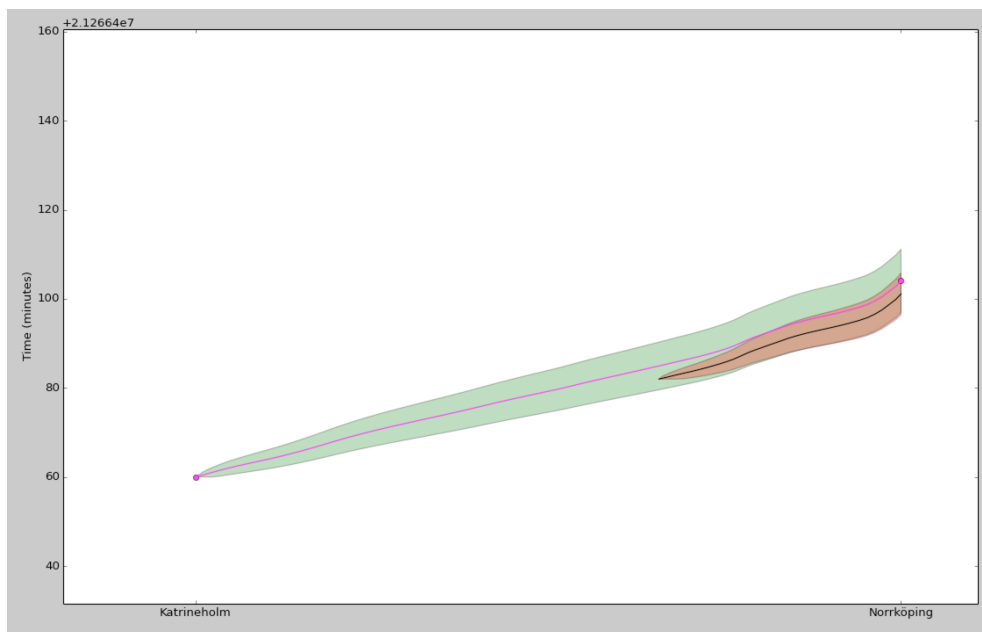
för några tåg mellan Katrineholm och Norrköping. Det gröna området i bilden är ett sannolikhetsintervall på 90%. Det röda området i figur 5 representerar en gångtidsmodell för tåg i en viss position på banan mellan Katrineholm och Norrköping.

5 STEG och NTL

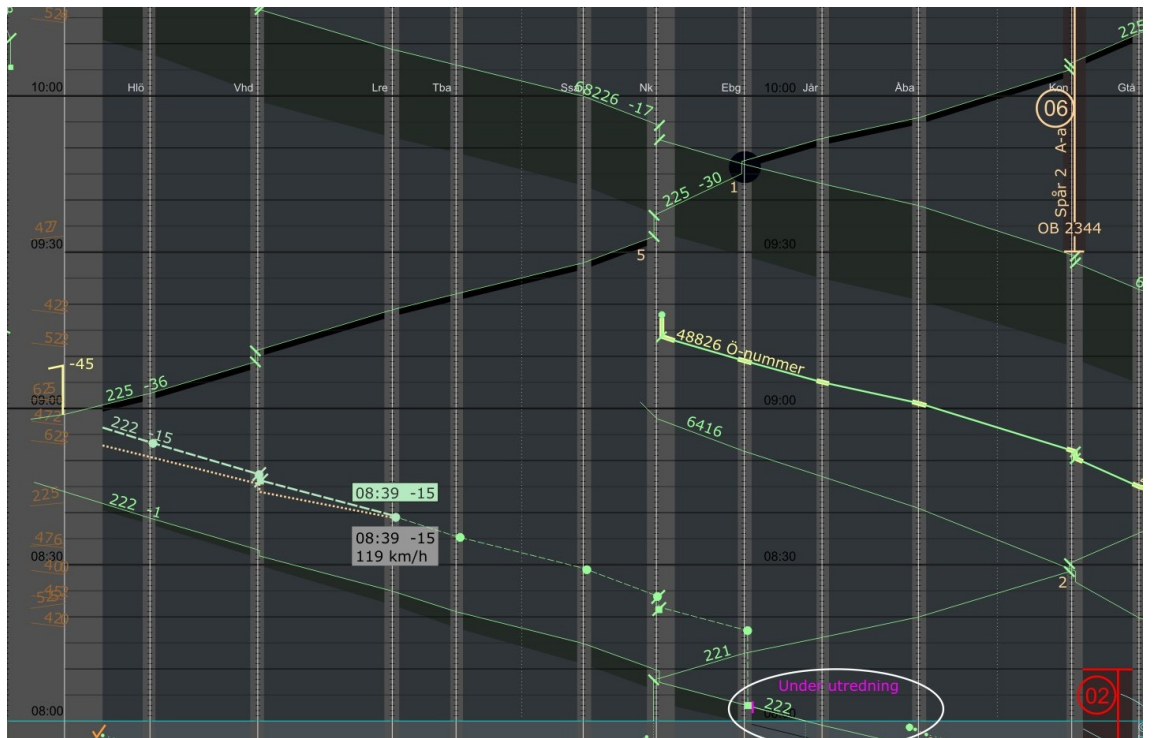
STEG och NTL, som representerar de framtida sätten att trafikleda, erbjuder också möjligheter att göra den operativ informationen i detta projekt tillgänglig. Figur 6 visar STEGs gränssnitt med den aktuella planen för trafiken.



Figur 4: Modell för gångtid för tåg som utgår från Katrineholm mot Norrköping



Figur 5: Modell för gångtid för tåg i en viss position på banan mellan Katrineholm och Norrköping



Figur 6: STEG gränssnittet

6 Relevanta projekt och relevant forskning

Följande projekt på BTH, Linköpings Universitet, Uppsala Universitet, KTH och Transrail är relevanta för detta projekt och projektet kommer att på olika sätt samverka med flera av dessa projekt.

- Styrning av tågtrafik med elektronisk graf (STEG)
- Robusta Tidtabeller för Järnväg (RTJ)
- Flexibel omplanering av Tåglägen (FLOAT)
- Punktlighet genom Målpunktstyrning (PUMPS)
- Computer aided train operation (CATO)
- Tidtabellsimulering i Railsys

GPS data används i många olika länder på olika sätt i tågtrafiktillämpningar. En vanlig tillämpning är visa tågpositioner i realtid på en karta. Här är några exempel på användning av GPS data.

- Tågen på kartan (VR, Finland)
- Tågkartan.se (Sverige)
- Kalibrering av tidtabeller (Universitetet i Trieste, Italien)
- Track a train (Amtrak, USA)

7 Viktiga frågor för projektet

Detta avsnitt diskuterar några relevanta frågor för projektet

Vad detta projekt levererar Detta projekt levererar metoder att göra prognoser till stöd för operativ trafikledning. Projektet levererar också en prototypimplementering och en demonstrator. Projektet levererar även statistiska modeller för gångtider, uppehåll etc. Projektets leverabler i övrigt fastställs i startbeslutet och i det till startbeslutet bifogade projektförslaget samt även i överenskommelser med Trafikverket under projektets gång.

Storleken hos nyttan projektet bidrar med Projektet bidrar till ett förbättrat utfall i den operativa trafikledningen. För att kvantifiera nyttan behövs (i) ett vädefinierat mått på effektivitet (ii) en uppskattning av effektiviteten hos dagens trafikledning. Även utan att ha definierat vilka de väsentliga måtten på effektivitet hos tågledningsbeslut är, bör de gå att uppskatta på något sätt. Hur man än mäter finns en potential i att öka effektiviteten i den operativa driften eftersom dagens operativa beslut fattas på information som inte är tillräcklig. Ett sätt att undersöka nyttan hos projektet är att betrakta skillnaden i nytta

hos enskilda alternativ som en trafikledare har i givna konkreta situationer, vilka val som sannolikt görs med och utan stöd från informationen som erhålles från metoderna i detta projekt. Nyttan med projektet bestäms också av precision och pålitlighet i riskbedömningar och hos prognoser vilket i sin tur beror av kvalitet hos och tillgänglighet till aktuella och historiska data.

Projektresultatens användbarhet Riskbedömning av olika omplaneringslösningar och de prognoser som projektets metoder föreslår är omelbart användbara. Olika mått på effektivitet hos tänkta omplaneringslösningar kan användas för att ytterligare få en tydligare bild av skillnaderna mellan olika val och som ett sätt förbättra utfallet vid den operativa driften. För ytterligare förbättringar kan nytänkande och organisatoriska förändringar vara en betydelsefull faktor. Exempel på trafikledningsbeslut där dessa förändringar spelar roll är beslut som rör tåg som lämnas över från en tågledningscentral till en annan. Ytterligare en aspekt på användbarheten är betydelsen av information för trafikledare: att kunna känna sig trygg med att inte behöva ta risker ökar betydligt möjligheten för trafikledaren att vara flexibel och våga pröva nya sätt att hantera störningar och konflikter. Modeller för gångtider m.m. är användbara vid tidtabellskonstruktion och för simuleringar. Uppskattningar av förväntade ankomsttider och riker för missade övergångar är viktigt för resenärer, godskunder, tågpersonal, operatörer med flera. Genom att ta fram information att fatta beslut på i trafikledningen uppnår projektet det långsiktiga övergripande målet att förbättra utfallet av beslut i operativ trafikledning och i tågplaneprocessen i sin helhet. Här är några exempel vad som kan komma att göras i detta projekt som bidrag till att uppnå målet.

- Tågtrafikledningen och andra aktörer får tillgång till precis information om risker med och förväntade konsekvenser av trafikledningsbeslut
- För att erhålla hög precision i den operativa informationen och ett förbättrat utfall av den operativa driften tar projektets metoder hänsyn till de faktorer som har väsentlig påverkan på utfallet
- Projektets metoder tar hänsyn till målen med den operativa driften och vilka de bästa stöden till den operativa driften är
- Projektet tydliggör vad ett förbättrat utfall i praktiken betyder genom att ge konkreta exempel på möjligheter till ytterligare tåglägen, mer robusthet hos tidtabeller och så vidare

Användning av projektresultaten i praktiken Detta kan till stor del vara beroende på enskilda trafikledare, tågklarare. Det är också beroende på vad som väger "tyngst" vid besluten idag. Ytterligare en faktor är operativa regler och principer som tillämpas vid tågtrafikledning. Förhoppningsvis finns det i dagens trafikledning utrymme att ta bra beslut. I detta fall kan många av projektets resultat direkt gå att använda. Det krävs då att trafikledare har tillgång

till verktyg som ger möjlighet att välja omplaneringslösningar och få ut information de behöver. En möjlighet är att använda gränssnitten till STEG/NTL för detta. En annan praktisk implementering är att påkalla uppmärksamhet om att framtida konflikter och förseningar högst sannolikt kommer att inträffa med den aktuella planen. Ytterligare en praktisk implementering är att påkalla uppmärksamhet om kraftig avvikelse från det normala.

8 Status och plan

Koi november 2011 I slutet av år 2011 presenterade projektet en rapport med bland annat förslag till idéer om hur operativ information med hög kvalitet kan tas fram och statistiska metoder för modellering av gångtider baserade på historiska GPS data. Även en implementering av gångtidmodellerna och en demonstrator av ett visuellt stöd till tågtrafikledningen hade tagits fram till slutet på år 2011. Demonstratorn visar på ett enkelt STEG-liknande sätt de förväntade framtida trafiksituationer med ett 90% sannolikhetsintervall.

FUKS april 2014 (Nu) Planeringen av en fortsättning av projektet har genomförts som en del av FUKS projektet och resulterat i startbeslut och projektplan till Uop-projektet, där koi-projektet ingår som ett delprojekt. Som en del av FUKS projektet har arbetet i Uop-projektet startat genom förbättringar av demonstratorn och genom påbörjade diskussioner om samverken med andra projekt om GPS data och hur resultaten från ett projekt kan användas som indata till ett annat projekt.

Uop maj 2015 Första delen av Uop-projektet avslutas i maj 2015. Under denna del av projektet planeras en ny och större mängd data användas till utveckling av metoder och till demonstrator. Modellerna till grund för riskbedömningar och prediktioner kommer att förbättras. Nu, i april 2014, finns bara metoder för gångtidsmodeller och dessa behöver kompletteras med modeller för uppehåll, möten och utbyten. Modellerna behöver också ta hänsyn till tågtyper med mera. Arbetet med dessa förbättringar kommer att ha påbörjats fram till maj 2015, de kommer inte att vara avslutade. Hur modellerna ser ut kommer till viss del att anpassas till vilka data det är möjligt att ta fram. Att undersöka vilka data som går att få tillgång till, om de kan användas och vilka data som är centrala för att erhålla precision i modellerna är en viktig del av arbetet i projektet under de närmaste åren. Detta arbete kommer att ha påbörjats fram till maj 2015.

Projektbeskrivningen som bifogas till startbeslutet till Uop ger följande beskrivning av projektet:

“Projektet kommer att vara indelat i tre olika arbetspaket: 1. Statistisk modellering av tågrörelser och tåginteraktioner. Ansvarig för arbetspaketet: SICS. Beskrivning: Målet är att använda historiska data tillsammans med realtidsdata, bland annat den mer precisa positions- och hastighetsdata som allt mer blir tillgänglig från tågen, för att bättre kunna prognostisera hur trafiken kommer utvecklas i förhållande till tidtabellen med hänsyn till mätbara faktorer i realtid som påverkar trafiken.”