



Capacity for Rail

# Simulation and models to support planning and management of railway traffic for improving capacity

KAJT vårseminarium, Borlänge 27 April 2017

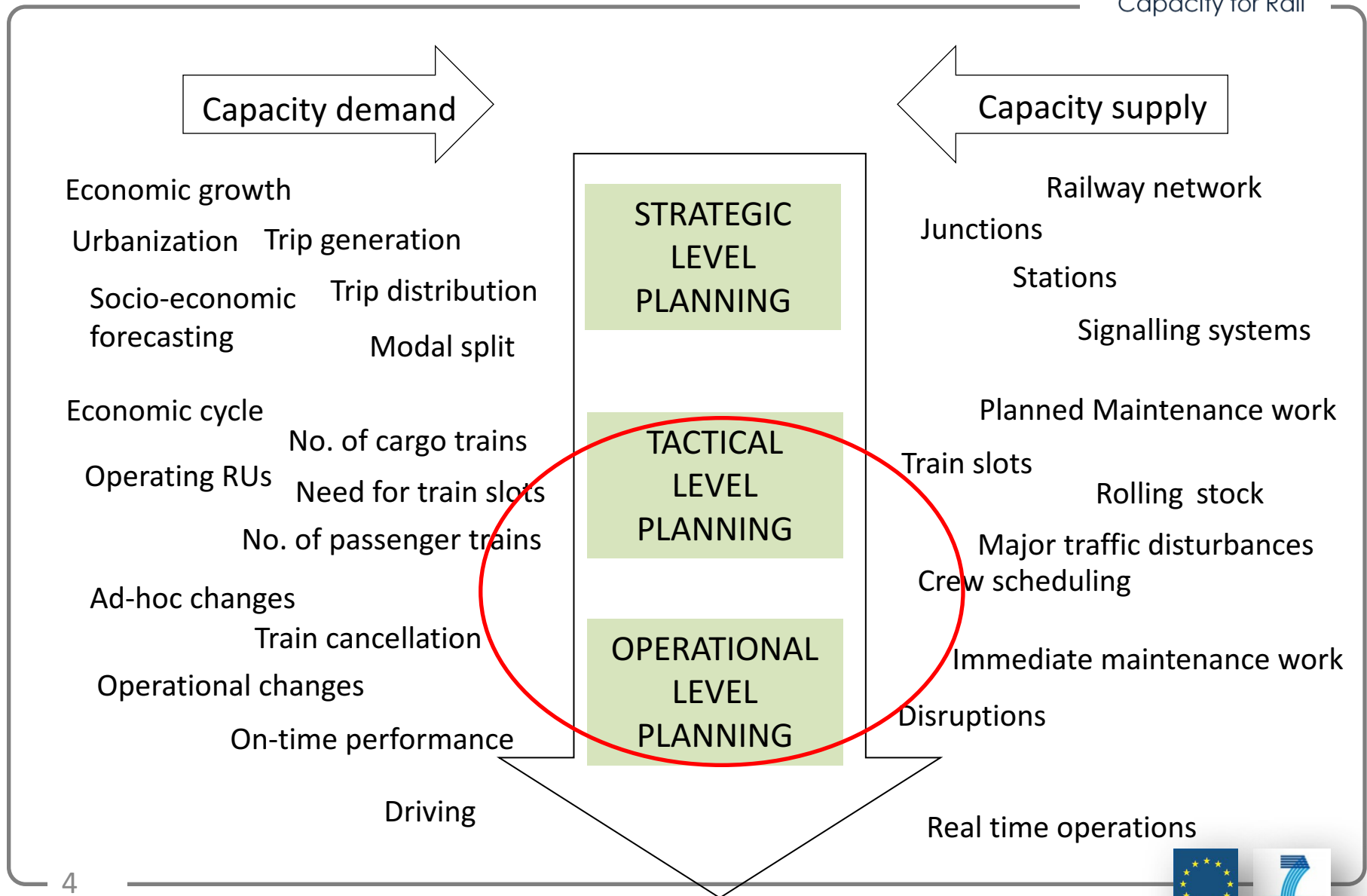
Magnus Wahlborg, Trafikverket,  
Anders Peterson – Linköping University



- Viktigaste utmaningar för tågplanering och styrning av järnvägskapacitet i dagens järnvägssystem
- Konceptet kritiska punkter – algorithm för att förbättra punktligheten
- Outcomes and conclusions on use of modelling tools for automated traffic planning and management.

# Viktigaste utmaningarna för tågplanering och styrning av järnvägskapacitet i dagens järnvägssystem

# Modelling railway capacity



Existerande metoder för tidtabellsplanering är effektiva – tidtabellsplaneraren har stor påverkan på punktligheten:

- tidtabellsplanering är regelstyrd (konfliktfri och buffert tider mellan tåg, tidstillägg – Trainplan (tdtsystem) och Railsys (simulering/analys)
- Infrastrukturförvaltare (intressenter) definierar och stödjer vad som är acceptabel/korrekt punktlighetsnivå

# Kommentar 1 (bild 2)

Existerande metoder för tidtabellsplanering är effektiva – tidtabellsplaneraren har stor påverkan på punktligheten:

- Genom att följa konstruktionsregler med konfliktfri tågplan och att ha “bra tidstillägg” (ej minustider) i den årliga tågplanen har varit huvudorsak till att punktligheten ökat.

Punktlighet Riket **2016** = 90,3%

Punktlighet Värmlandsbanan 2016 = **79,1%**

Differens Värmlandsbanan vs. Riket = -11,2 procentenheter.

Punktlighet Riket hittills **2017** =91,9%

Punktlighet Värmlandsbanan hittills 2017 = **92,6%**

Differens Värmlandsbanan vs. Riket = +0,7 procentenheter.

För att möta efterfrågan från morgondagens kunder (järnvägsföretag, resenärer/transportköpare) behöver Järnväg automatisera tidtabellsplanering på ett bra sätt:

- Det behövs algoritmer, metoder och automation
- Det behövs kunskap och utveckling av processer/information/kommunikation/kompetens

# “The LiU model”: developed by Pavle Kecman

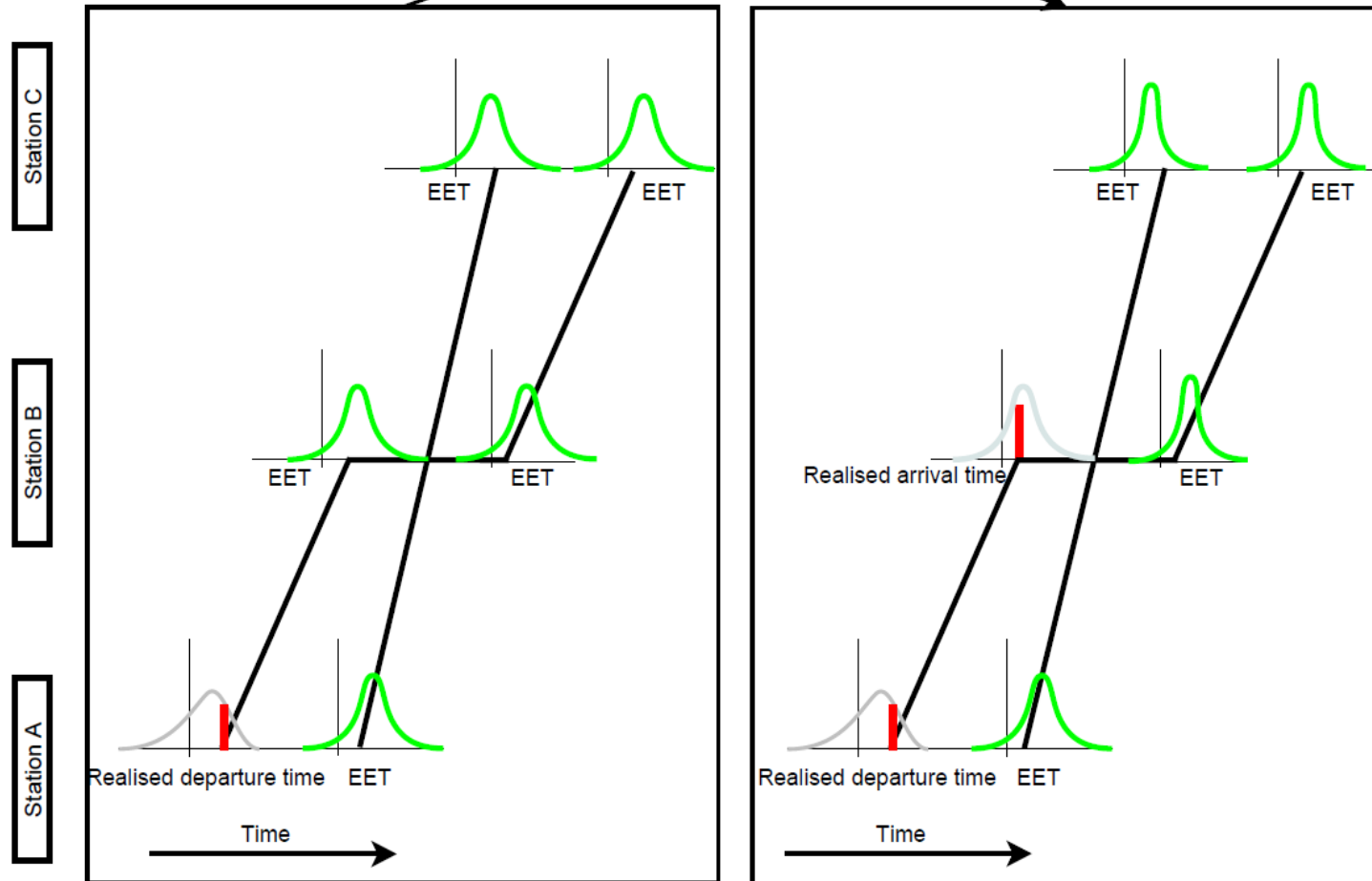


- Stochastic railway traffic model
- Data-driven model of traffic based on Bayesian networks (BN)
- Online use – uses real time information for dynamics of uncertainty and predicts traffic over long horizons
- Offline use – timetable simulation resulting in analysis of stability, robustness and resilience
- *Här har modellen använts enbart offline.*

- Ett Bayesiskt (Thomas Bayes, 1700-tal) nätverk är en grafisk modell för sannolikhet.
- Används här för att propagera (skriva fram) förseningar i tid och rum.
- Tar hänsyn till beroenden mellan olika tågrörelser.
- Använder historisk information från LUPP
- Ger en sannolikhetsfördelning över rättidigheten för varje tåg vid varje station.
- Därav kan vi extrahera den *förväntade förseningen*.
- Den förväntade förseningen kan användas som ett godhetsmått för tidtabellen.



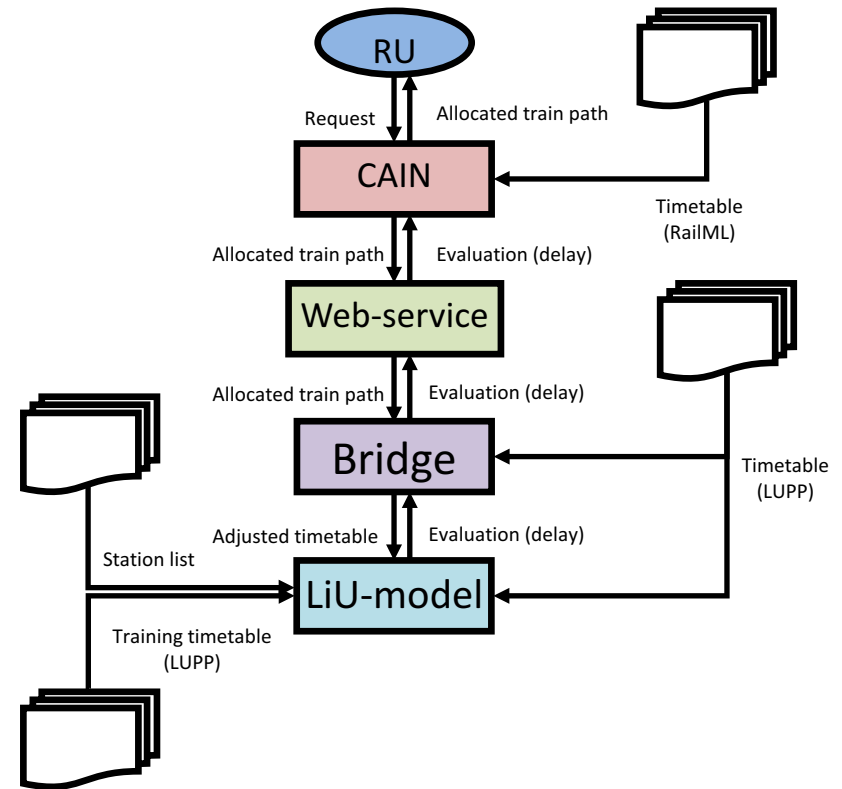
# Improved prediction of uncertainties



EET = Estimated Elapsed Time = Uppskattad tidsförbrukning

# The LiU model – Interaction with CAIN

1. A request for an new train path sends to CAIN. (blue)
2. CAIN creates an allocated train path. (red)
3. An application (Bridge) fetches the allocated train path from CAIN via an Web-service. (green)
4. The bridge inserts the allocated train path into an adjusted timetable. (purple)
5. The LiU-model evaluates the adjusted timetable. (teal)
6. The Bridge sends the evaluation back to CAIN via the web-service



# Numerical results - Cases

## Case 0 – Unchanged timetable

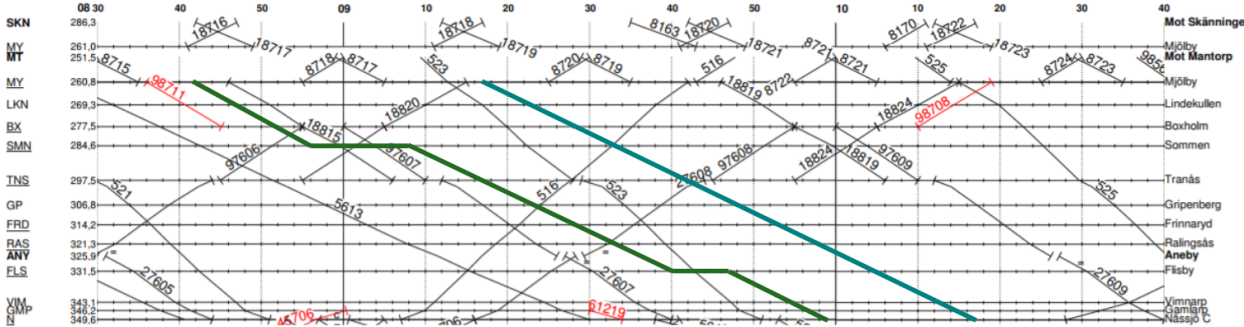
- Used as a benchmark for the different cases

## Case 1 – Ad hoc train (green)

- Departing from Mjölby at 08:40
- Waits at Sommen and Flisby for passing passenger trains
- Arrives at Nässjö at 09:59

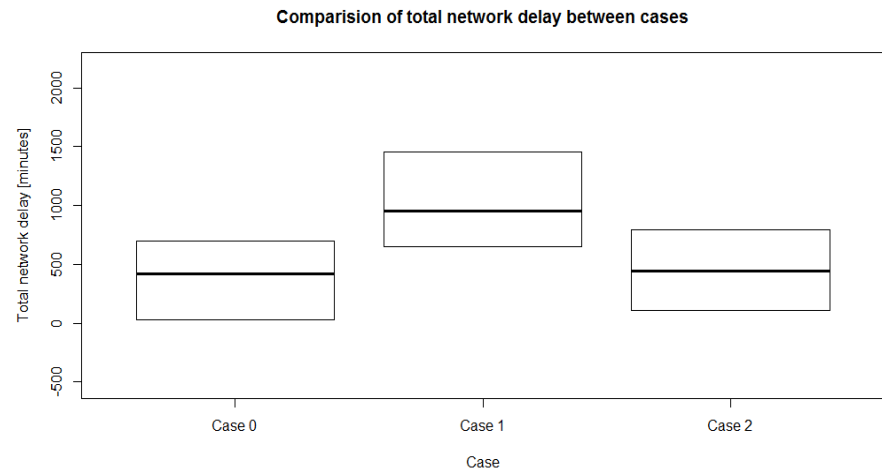
## Case 2 – Ad hoc train alternative slot (teal)

- Departing from Mjölby at 09:17
- Arrives at Nässjö 10:17



# Numerical results - Comparison

- Using the desired train path in case 1 more than double the estimated delay in the railroad network.
- Using the alternative train path in case 2 increases the estimated delay in the railroad network with 5 %.
- The best choice from a robust time schedule point of view is case 2.



# Delstudie:

Robusthet i kritiska punkter –  
funkar det även på mikronivå?

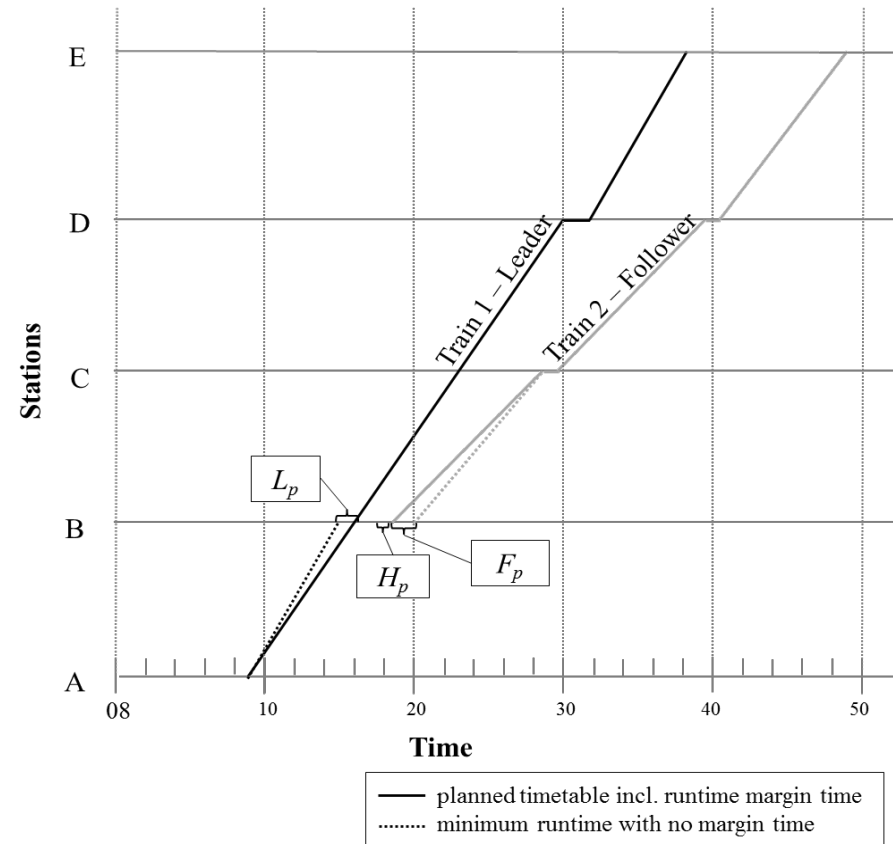
# Robustness in Critical Points (RCP)

Available marginal time in a critical point can be computed as

$$RCP_p = L_p + F_p + H_p$$

*I dessa analyser*

$RCP_p \geq 360$  s för alla punkter  $p$





Disturbances are added in the form of

1. initial disturbances at departure station
2. dwell-time disturbances
3. driving disturbances.

## *Experiment 1:*

Initial disturbances identical to the previously performed macroscopic evaluation.

## *Experiment 2:*

- Initial disturbances according to Trafikverket statistics (Lupp T14)
  - Dwell-time and driving disturbances according to values provided by KTH.
- Requires extensive calibration to represent reality correctly.

## Comparison to previous results

Robustness measure	Macroscopic		Microscopic	
	Initial	Optimized	Initial	Optimized
Total delay – terminal destination	16.0	14.4	23.7	18.8
Number of on-time trains (+5) – terminal destination	98.9	98.9	98.0	98.4
Total delay– at all scheduled stops	115.2	98.7	105.8	92.8
Number of on-time trains (+5) – all scheduled stops	88.0	88.9	88.4	89.5

- Increased RCP values give a more robust timetable, also in a more detailed simulation environment with more realistic dispatching.
- However, the type of primary delays affect the results, and it is important to define the degree of freedom for re-scheduling of marginal time
  - Also the level-of-detail in the optimization model should be increased to avoid very unrealistic changes.

Outcomes, recommendations,  
and conclusions on use of  
modelling tools for automated  
traffic planning and management.

# Main results

1. The LiU model have given us knowledge about a data analytic model to predict punctuality, when parameters in the timetable are changed.
2. The CAIN – LiU model interaction have given us new knowledge about interaction between IM timetable system and optimisation/data analysis model to predict timetable robustness and punctuality in the network due to changes in the timetable.
3. The development of CAIN demonstrator and connection to LiU model have learned us how to transfer data from Railsys (RailML format) and Lupp database to LiU model and CAIN demonstrator.
4. Optimisation of the concept Critical points have learned us more knowledge about the algorithm and the possibility to implement decision support algorithm to increase punctuality in a double track line with an existing timetable.
5. To define a method with analysis of ex-ante measures and then by simulation compare the outcome in traffic simulation with Railsys.

1. CAIN-verktyget inte aktuellt för Sverige, motsvarande funktionalitet kommer att finnas det nya TPS-verktyget från HaCon. Processen att implementera FoU resultat/algorithmer i TPS (och NTL) behöver redas ut. Demonstratorer kan vara en väg?
2. Konceptet med Bayesiska nätverk är användbart för trafikinformation. Dialog pågår med Trafikverket/IT som vill implementera systemet.
3. Metoder för att sätta in nya tåg i en befintlig tidtabell studeras för närvarande av LiU inom Shift2Rail/ARCC, med fokus på godståg.
4. Vad som är "bästa sätt" är en sammanvägning av olika kvalitetsmått. Frågan kommer att studeras vidare, bland annat i det nystartade KAJT-projektet Tidtabellskvalitet (TTK), LiU/SICS.
5. Användandet av Key Performance Indicators för att utvärdera "kritiska punkter" är lovande. I den aktuella KAJT-ansökan "*KPI-Värmland*" är tanken att prova ett snarligt konceptet för att utvärdera de nya konstruktionsreglerna för Värmlandsbanan.



**Magnus Wahlborg**

*C4R WP3.2*



**Anders Peterson**

*C4R WP3.2*

