

Robust och energieffektiv styrning av tågtrafik

- CATO
- Forskning inom OnTime
- Vidareutveckling och möjligheter

KAJT, temadag om punktlighet
2014-11-13

Tomas Lidén
Transrail Sweden AB



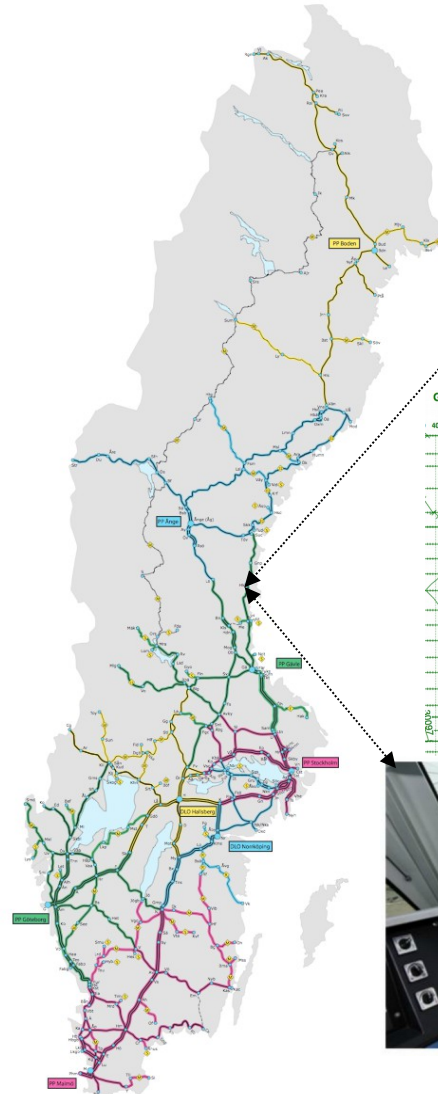
transrail cato

Dagens trafikledning

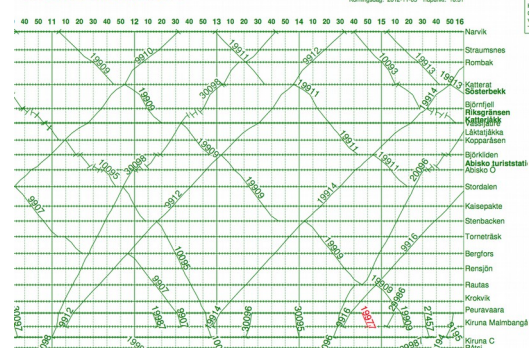
8 trafikledningscentraler

Manöversystem för
Övervakning och styrning
Tågvägsläggning
Tågrörelser

Operativ plan (tåggraf)
Från daglig graf
På papper (utom i Boden)



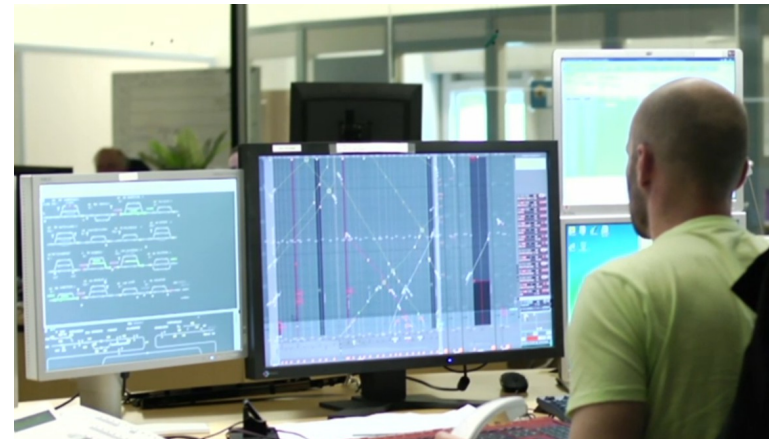
Graf 641.001 NK-BDN, RSI-SVV



transrail cato

Integrerat stöd för tågkörning, STEG/CATO

STEG – elektronisk graf
Ändra operativ plan
Ständigt aktuell bild

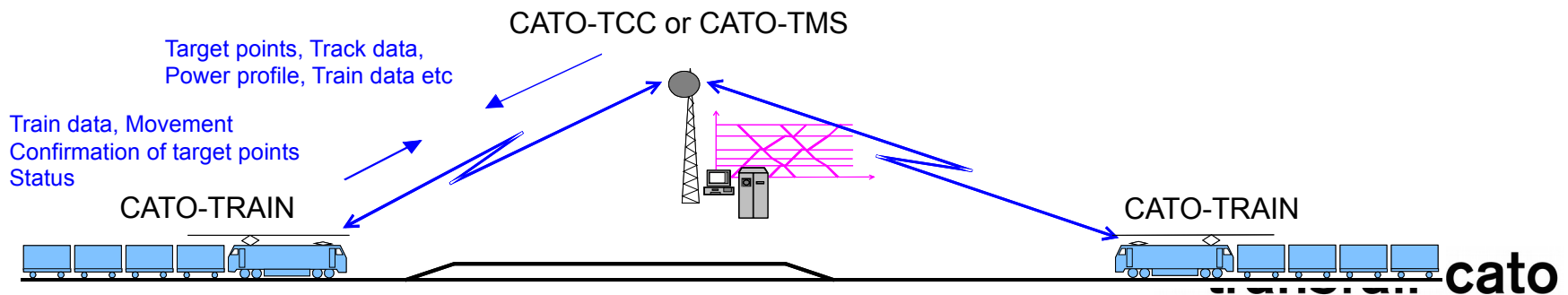


transrail cato

Integrerat stöd för tågkörning, STEG/CATO

STEG – elektronisk graf
 Ändra operativ plan
 Ständigt aktuell bild

CATO-TCC
 Målpunkter för tågen
 Spår och tågdata

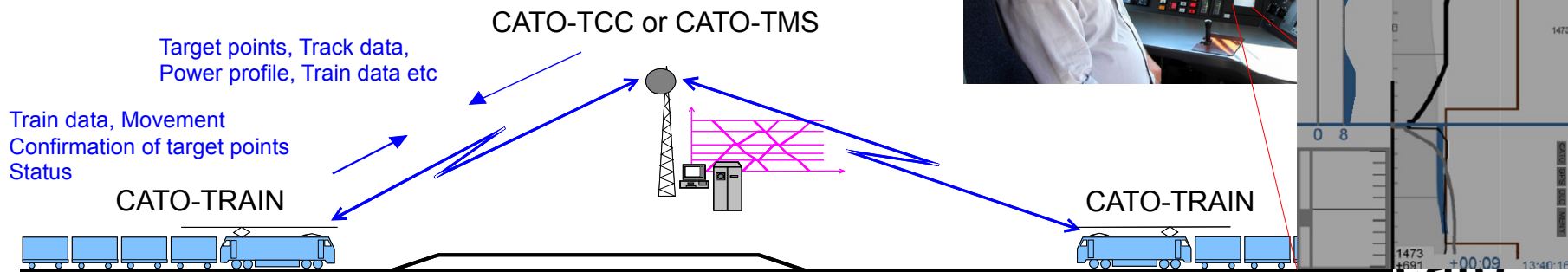
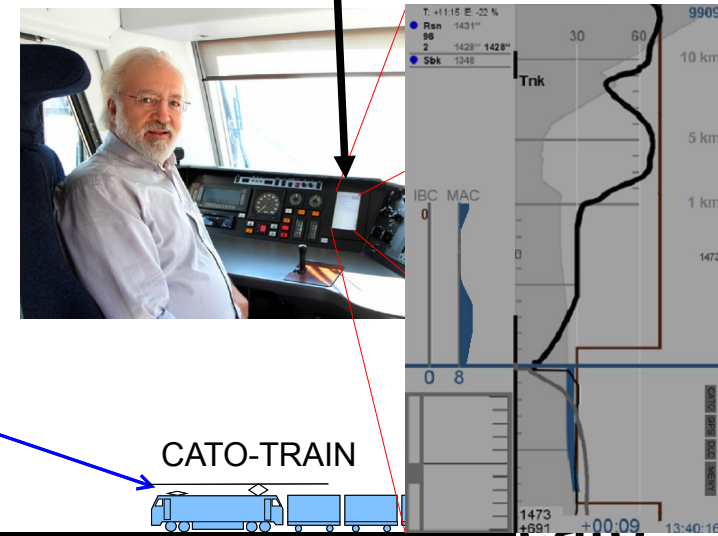
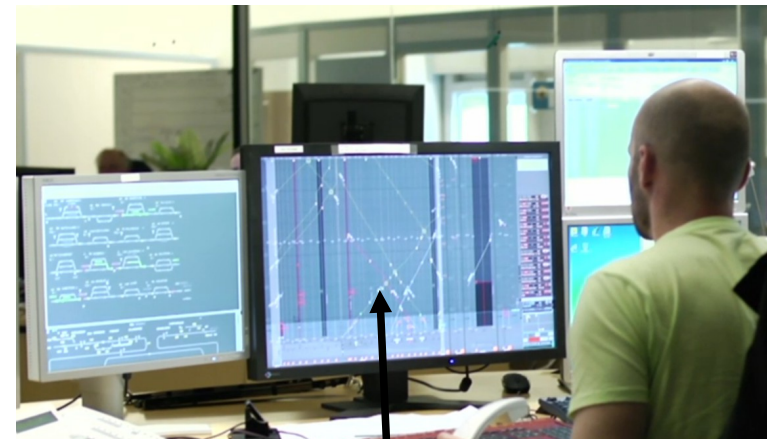


Integrerat stöd för tågkörning, STEG/CATO

STEG – elektronisk graf
 Ändra operativ plan
 Ständigt aktuell bild

CATO-TCC
 Målpunkter för tågen
 Spår och tågdata

CATO-TRAIN
 Optimal hastighetskurva
 Förargränssnitt



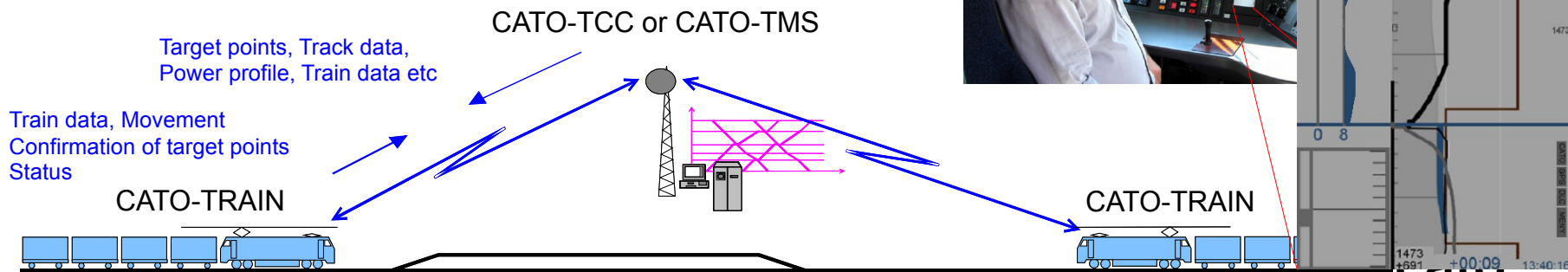
Integrerat stöd för tågkörning, STEG/CATO

STEG – elektronisk graf
 Ändra operativ plan
 Ständigt aktuell bild

CATO-TCC
 Målpunkter för tågen
 Spår och tågdata

CATO-TRAIN
 Optimal hastighetskurva
 Förargränssnitt

Stödsystem



Integrerat stöd för tågkörning, STEG/CATO

STEG – elektronisk graf
 Ändra operativ plan
 Ständigt aktuell bild

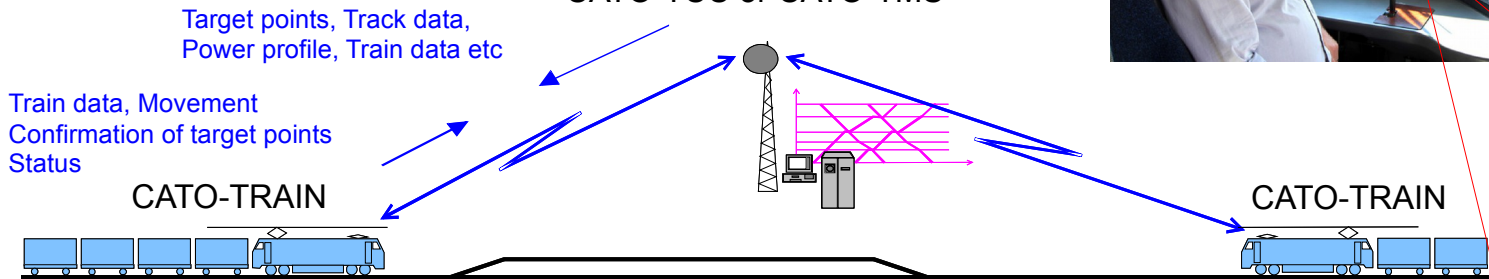
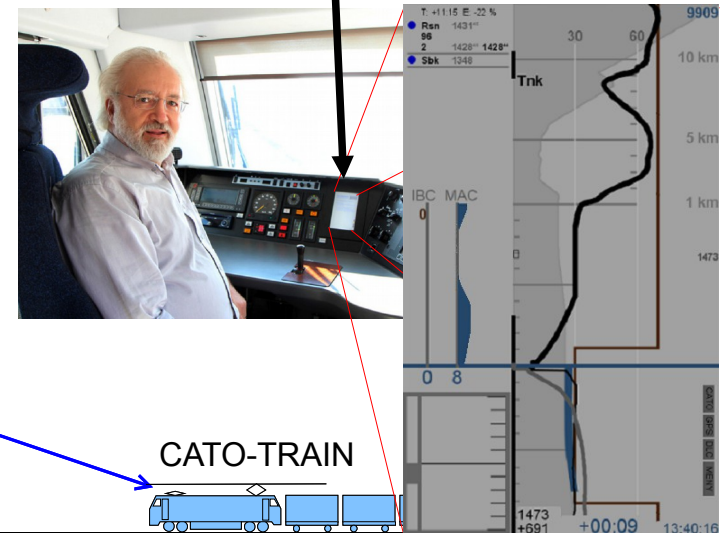
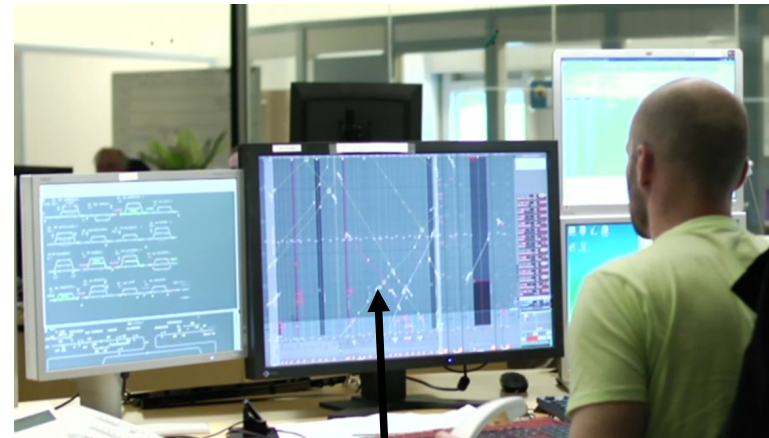
CATO-TCC
 Målpunkter för tåg
 Spår och tågdata

CATO-TRAIN
 Optimal hastigheter
 Förargränssnitt

Stödsystem



CATO-TCC or CATO-TMS

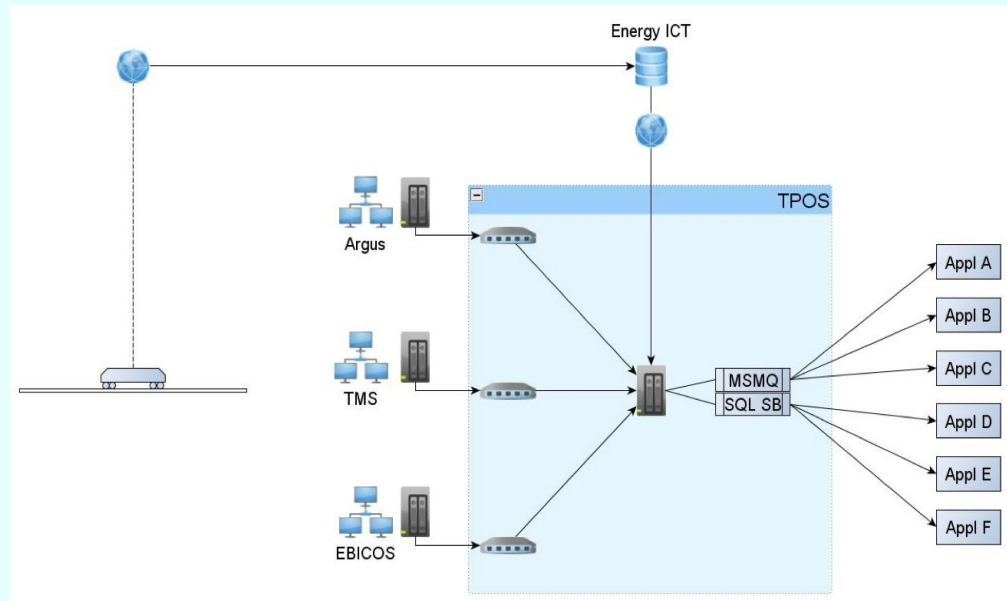


Transrail contributions

- Work in WP4
 - Monitoring of train traffic state (4.2)
 - Statistical prediction of train movements (4.2)
 - Optimal adjustment of scheduling times (4.5.3)
- Work in WP7
 - Integration with CATO & Transrail modules

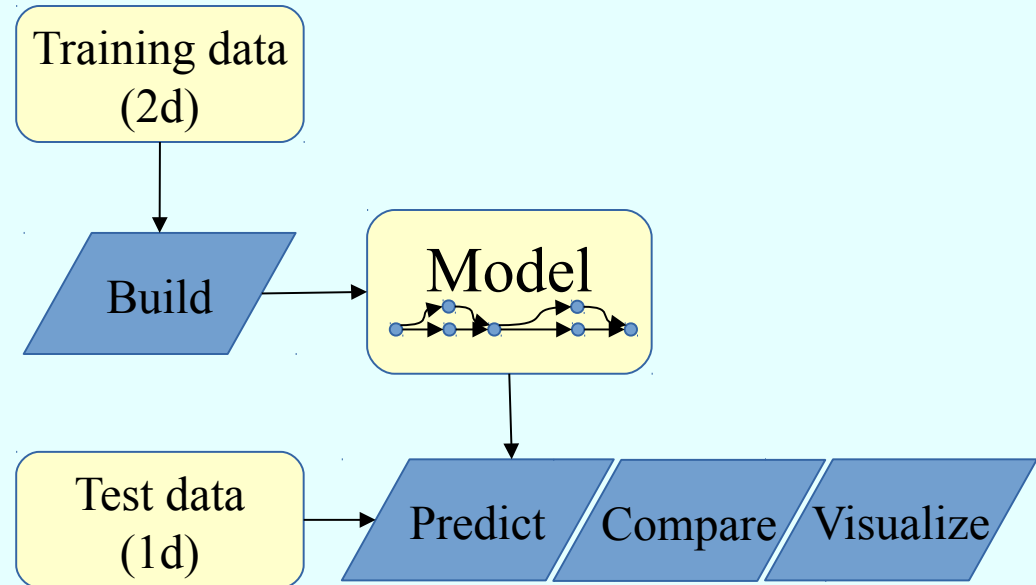
Monitoring traffic state

- Data source: TPOS
 - Train events
 - GPS positions
- Evaluation
 - Delays, time stamps
- Data set collection
 - Three days in Nov 2012
 - Malmbanan
 - Daily train graphs + logs and films from STEG, CATO, TPOS
 - Shared with all partners
 - Used in subsequent work
- Report



Predicting train movements

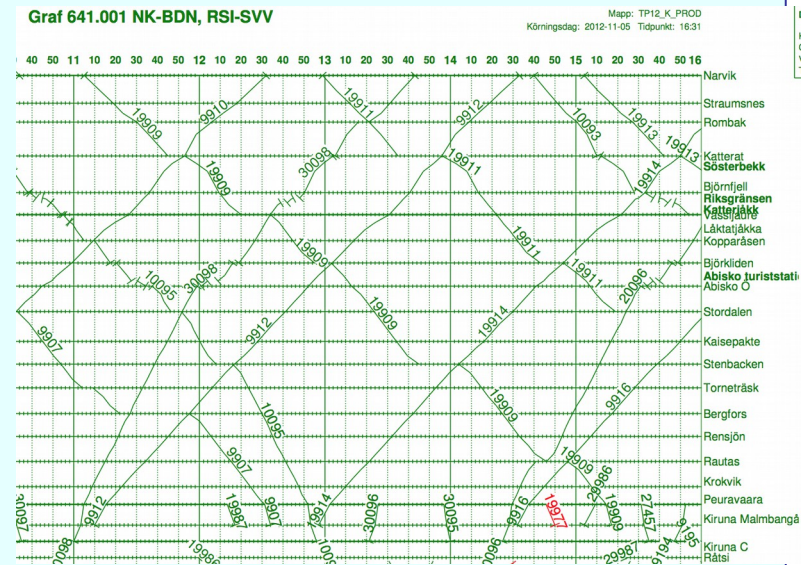
- Short term
- Training phase
 - Historical data, filtering
 - Building model (DAG)
 - Categories
 - Signals / Travel times
- On-line prediction
 - Event triggered
- Evaluation
 - Kiruna – Vassejaure
 - Error ~30 sec per 10 min (for stable characteristics)
- Report
 - Further enhancements



| Operator | # predictions | Error [s/km] | Error [s/min] |
|-------------|---------------|--------------|---------------|
| All | 2030 | 4.24 | 5.05 |
| MTAB | 1046 | 3.85 | 3.80 |
| Green Cargo | 451 | 14.04 | 14.65 |
| CargoNet | 200 | 1.94 | 2.82 |
| SJ | 224 | 2.50 | 3.81 |
| Other | 109 | 12.08 | 13.56 |

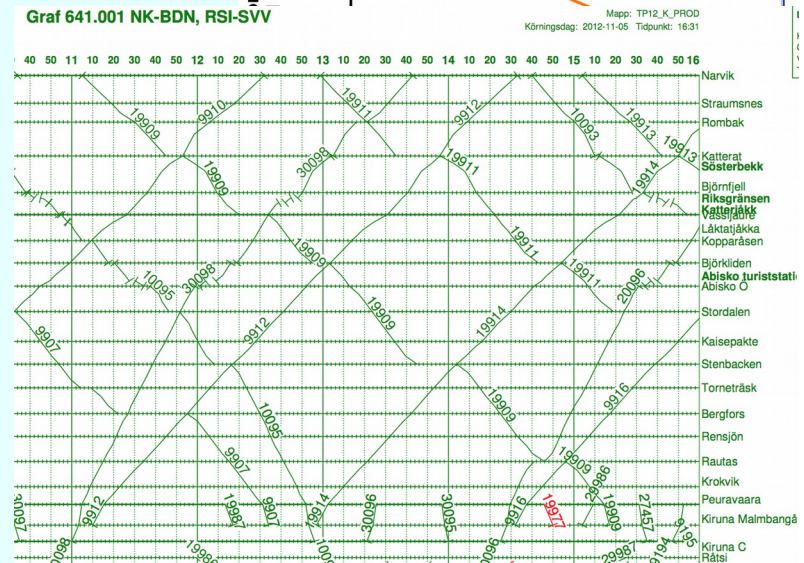
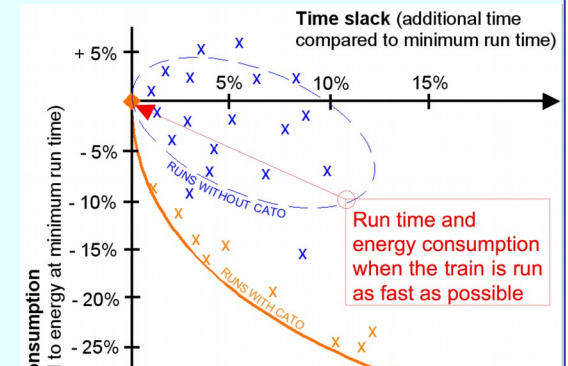
Adjusting scheduling times

- Use case
 - Dispatcher/other method decide **ordering**
 - Algorithm decide **timing**
 - Global: all trains
 - Efficient: Oper. Cost vs robustness



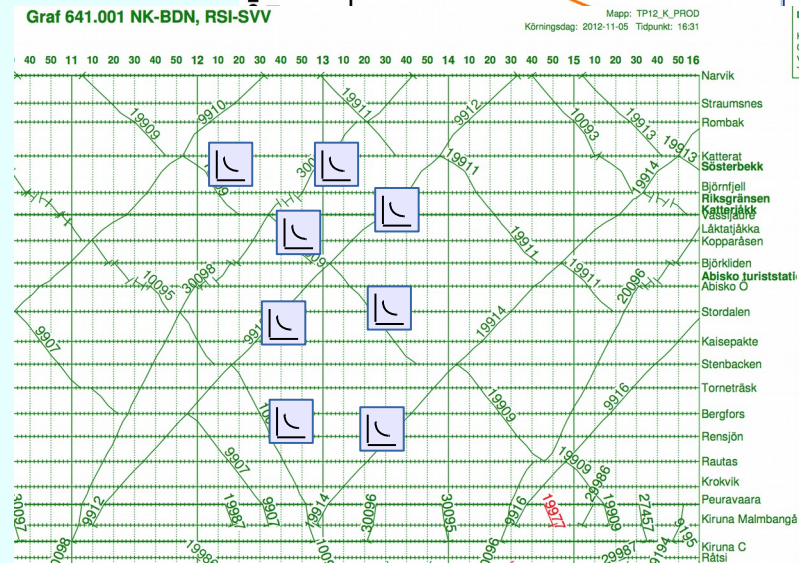
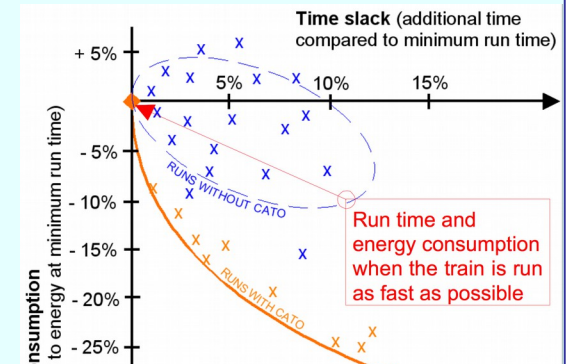
Adjusting scheduling times

- Use case
 - Dispatcher/other method decide **ordering**
 - Algorithm decide **timing**
 - Global: all trains
 - Efficient: Oper. Cost vs robustness



Adjusting scheduling times

- Use case
 - Dispatcher/other method decide **ordering**
 - Algorithm decide **timing**
 - Global: all trains
 - Efficient: Oper. Cost vs robustness



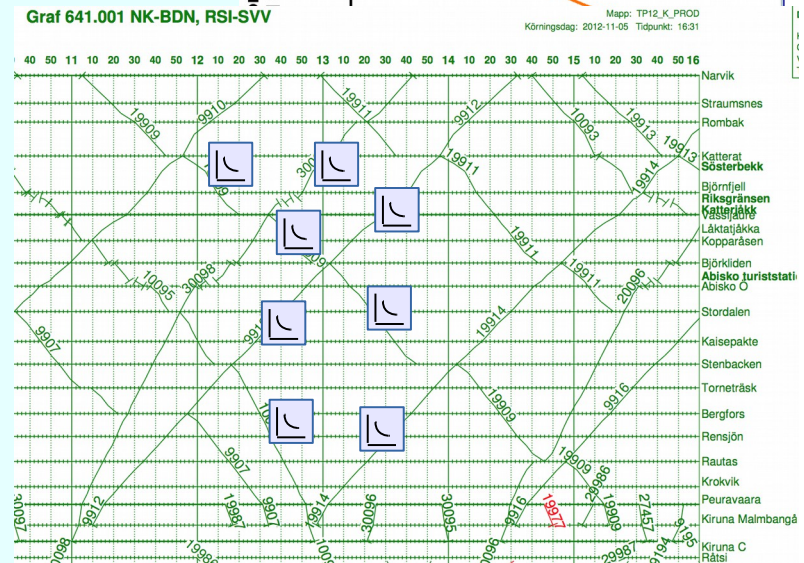
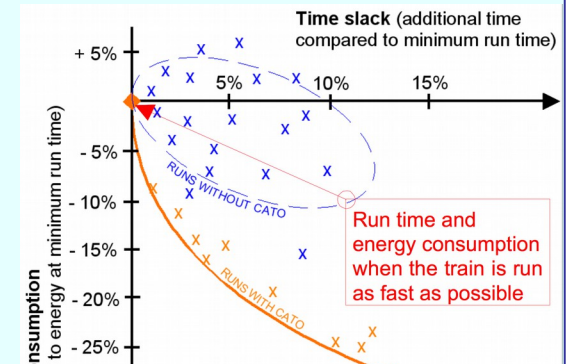
Adjusting scheduling times

- Use case
 - Dispatcher/other method decide **ordering**
 - Algorithm decide **timing**
 - Global: all trains
 - Efficient: Oper. Cost vs robustness

- Optimization model
 - Variables: Scheduling times
 - Constraints: Schedule limits, separation, margins, ..
 - Objective: Oper. Cost (energy) & robustness (margin gain)



$$\begin{aligned} \text{Min } W^T + W^C - \sigma W^R \\ W^T &= \sum_e (\omega_e^{T,\min} t_e^{\min} + \omega_e^{T,\max} t_e^{\max}) \\ W^C &= \sum_p \sum_x \lambda_{xp} W_{xp} \\ W^R &= R^C \sum_e \omega_e^k m_e \end{aligned}$$



Evaluation

| | Trip durations | Operating cost | Margins (min) | Margin gain |
|------------------|----------------|----------------|---------------|-------------|
| Original | 1.00 | 1.00 | X | 1.00 |
| Energy focus | 1.12 | 0.91 | X + 60 | 1.08 |
| Robustness focus | 1.11 | 0.93 | X + 66 | 1.15 |

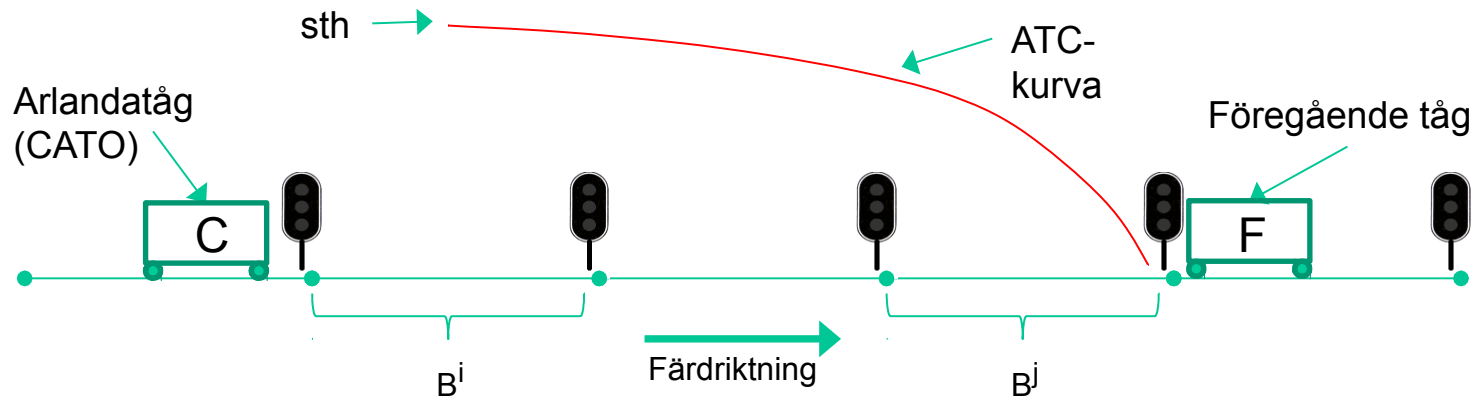
Normalised values

- Malmabanan, 4h plan, mixed traffic
- Schematic cost function, 5-10 min adjustment
- Both energy and robustness improve vs published plan
- Small margin additions give large robustness gain
- Very quick solutions (< 1s)
- Report, including modelling details

Highlights

- **Monitoring**
 - Technical platform in place
- **Prediction**
 - Good short term accuracy
 - Does not require detailed data about track and trains
- **Adjusting scheduling times**
 - Let dispatcher focus on major decisions
 - Assure correctness (separation, runtime limits, ..)
 - Save energy & improve stability
- **Continuation in other projects**
 - Ongoing, but open for more!!

Vidareutveckling och möjligheter



Arlandabanan: Beakta kringliggande tåg
 Prediktera övriga tågrörelser mha TPOS
 Passagevillkor för optimerad hastighetskurva

Förslag

Stödmoduler till trafikledningssystem

- Noggrann beräkning av gångtider (används i STEG/CATO)

- Prediktering av tågrörelser

- Optimal justering av schematider (energi och robusthet)

Målpunktsuppskattningar direkt från TPOS (för banor utan STEG)

Verktyg för orsaker till bristande punktlighet (utan att belasta fjtkl) - OTP

Sammanfattning

System och lösningar finns
Stora förbättringar är möjliga

Tack!

www.transrail.se



transrail cato