

**Robusta  
tidtabeller för  
järnväg = RTJ +  
Borlänge, 6 maj 2015**

**Magdalena Grimm**  
VO Planering  
Kapacitetcenter  
Trafikverket, Borlänge

**Anders Peterson**  
Institutionen för teknik  
och naturvetenskap  
Linköpings universitet,  
Norrköping



**TRAFIKVERKET**

# Agenda RTJ+

- Bakgrund och motivering TRV
- Parter och personer i projektet TRV
- Vad är robusthet LiU
- Varför titta på Södra stambanan LiU
- Gångtidsberoende tidsseparering LiU
- Robusthet i kritiska punkter LiU
- Publikationer LiU

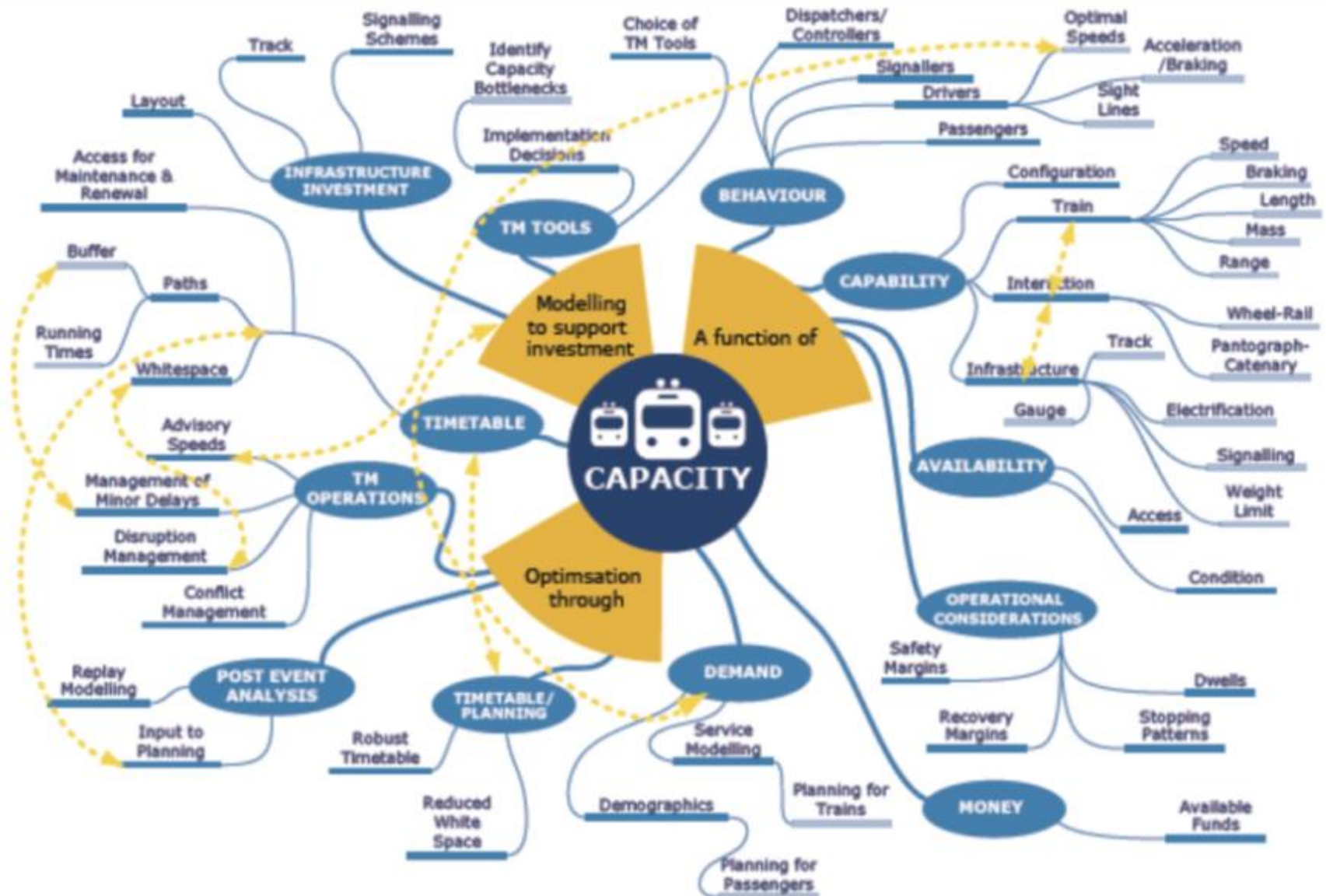
”Det är inte allt som kan räknas

som räknas

och inte allt som räknas

som kan räknas”.

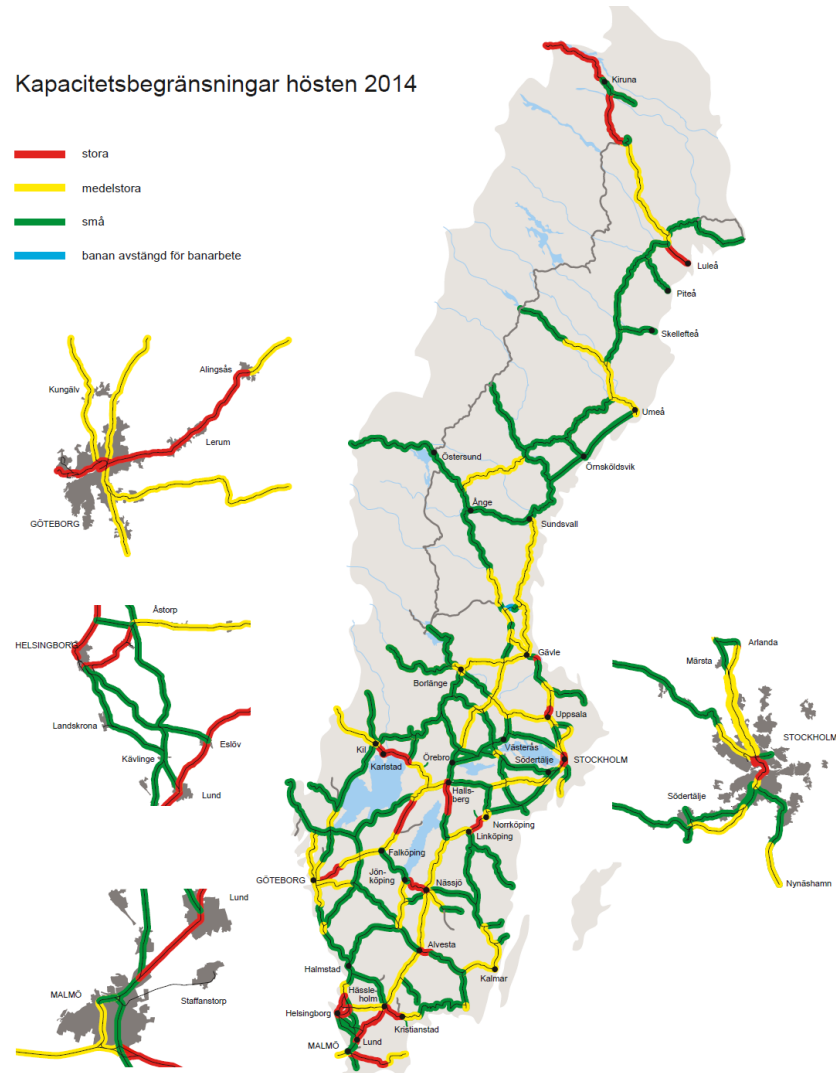
*Albert Einstein*



# Bakgrund 3

- Stor efterfråga på järnvägstransporter.
- Kapacitetsbrister på flera håll i hela landet.
- Godstrafik, lokaltåg, regionaltåg och fjärrtåg delar samma anläggning.
- Järnvägsnätet är känsligt även för små störningar, som fortplantas.
- Större förseningar påverkar fordonsomlopp och personalbehov.
- Varje försening förorsakar stora samhällsekonomiska samt förtroendet-kostnader.

Kapacitetsbegränsningar hösten 2014



- Trafikverket arbetar med leveransskvalitéer, där punktlighet och kapacitet är strikt sammankopplade.
- Trafikverket strävar efter metodutveckling av kapacitetsanalyser för järnväg.
- Trafikverket utvecklar styrning och nyttiggörande av FOI.
- I den taktiska planeringen finns etablerade metoder som tidtabellsanalyser, gångtidsberäkningar, simuleringar, som dock inte värderar lösningar.
- För att lösa komplexa tidtabellsproblem, operativt och i den taktiska planering, krävs även optimeringsmetoder.



Punktlig het



Kapacitet



Robusthet



Användbarhet



Säkerhet



Miljö och hälsa

# Parter och personer inom RTJ+

## Avnämare/Finansiärer

- Trafikverket, Magdalena Grimm, Åke Lundberg, och Armin Ruge.
- SJ AB - Marie Dagerholm, Thomas Sibbmark, Bertil Hellgren och Arne Hällqvist .
- VINNOVA - Per Norman och Emma Gretzer.



## Forskare

- Doktorand Emma Andersson (LiU) – tom 2015-03-31
- Doktorand Fahimeh Khoshniyat (LiU)
- Lektor Johanna Törnquist Krasemann (LiU)
- Lektor Anders Peterson (LiU), projektledare



**Linköpings universitet**  
expanding reality

Understrukna namn ingår i projektets styrgrupp.

# Robusta tidtabeller för järnvägstrafik

- Små förseningar kommer sannolikt alltid att uppstå.
- Minimera följd effekterna!
- Ska extra tidsmarginaler läggas in i tidtabellen?
- Om ja, var?
- Hur kan avgångs-, bytes- och mötestider justeras?

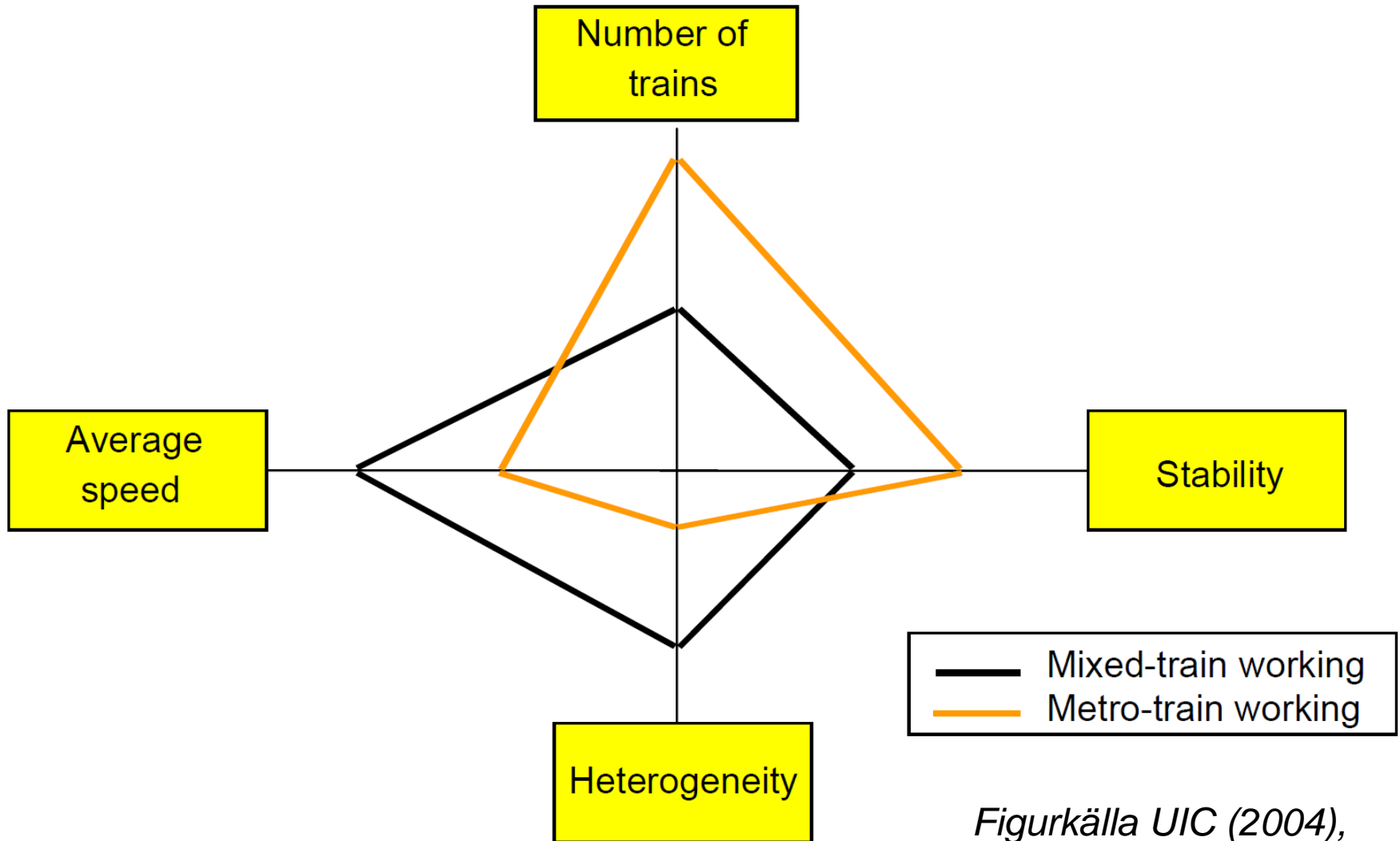




# Vad är robusthet?

- Att *“hantera relativt små störningar så bra som möjligt i operativt läge”* (Kroon m.fl., 2008, översatt):
  - Initiala störningar kan absorberas inom rimliga gränser, så att de inte leder till förseningar.
  - Få förseningar fortplantas från ett tåg till ett annat.
  - Förseningar försvinner fort, eventuellt genom enklare förändringar i tågklareringen.
- Exempel på små störningar
  - Ovanligt mycket passagerare gör att varje uppehåll tar längre tid.
  - En trasig dörr medför att på-/avstigning måste ske genom nästa vagn.
  - Ett extra stopp (t ex pga en nödbromsning).
  - Signalfel.
  - Tillfälligt nedsatt hastighet på en kortare delsträcka.

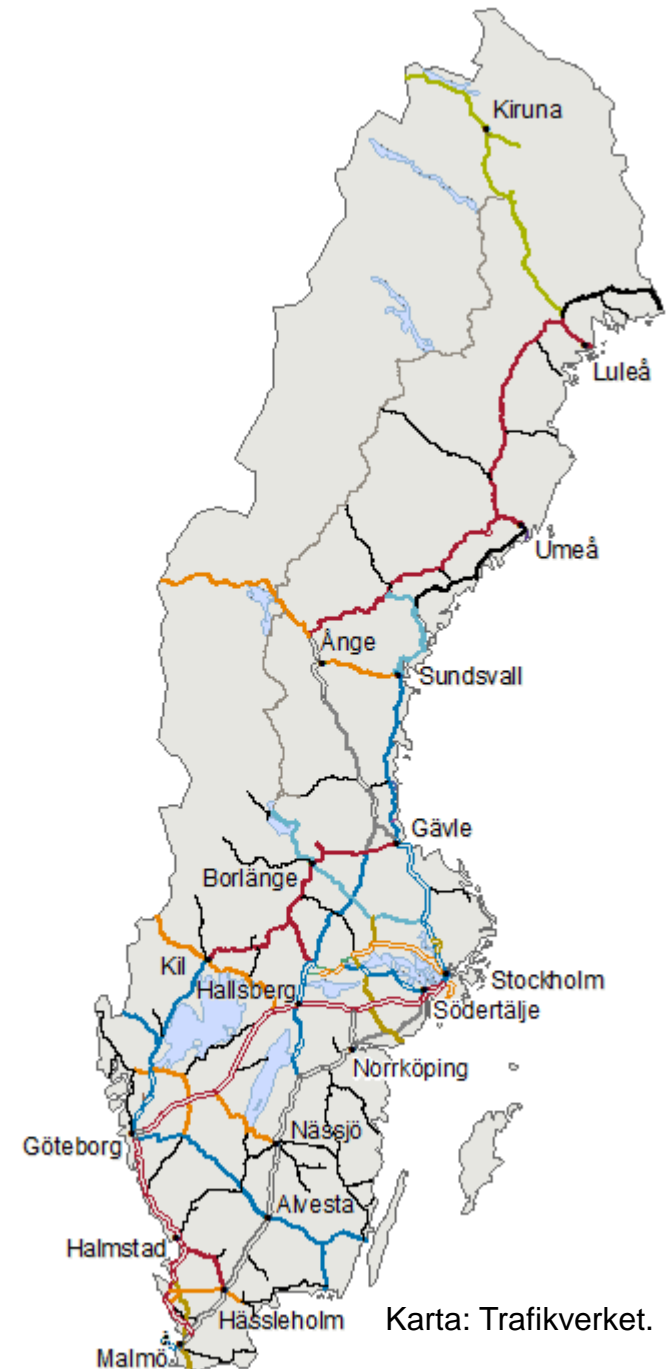
# Kapacitetsbalans



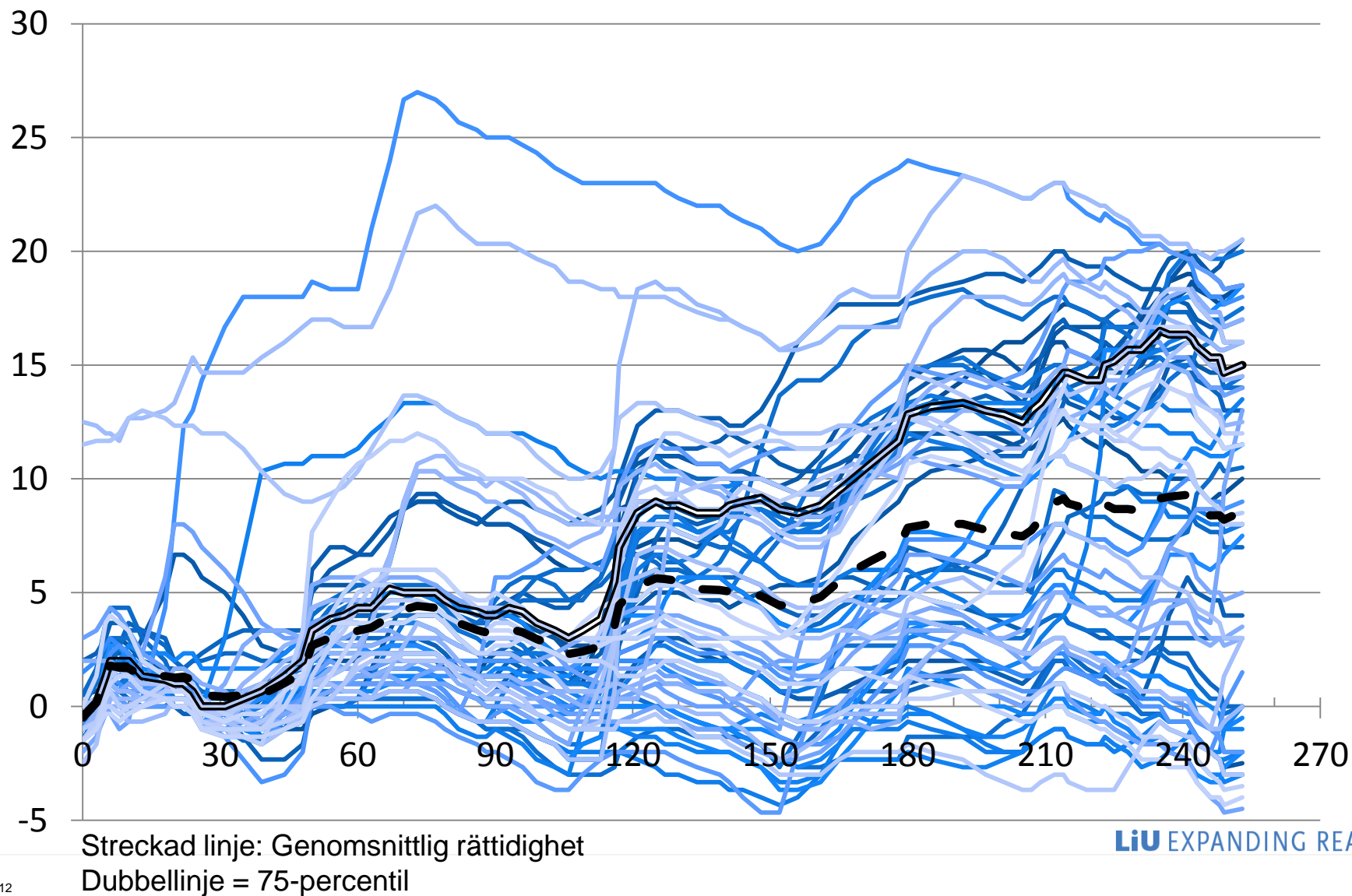
*Figurkälla UIC (2004),  
Leaflet 406 "Capacity".*

# Fallstudie: Södra stambanan

- Malmö–Stockholm.
- > 500 km.
- Dubbelspårig.
- Godstrafik huvudsakligen Malmö–Mjölby.
- Högt kapacitetsutnyttjande.
- Stor heterogenitet i trafiken.
- Önskemål om korta restider.
- Stora bekymmer med robustheten.
- Många anslutningar längs vägen (Ses, K, Nr, Lp, My, N, Av, Hm, Lu)



# Rättidighet längs vägen (exempel tåg nr 500)

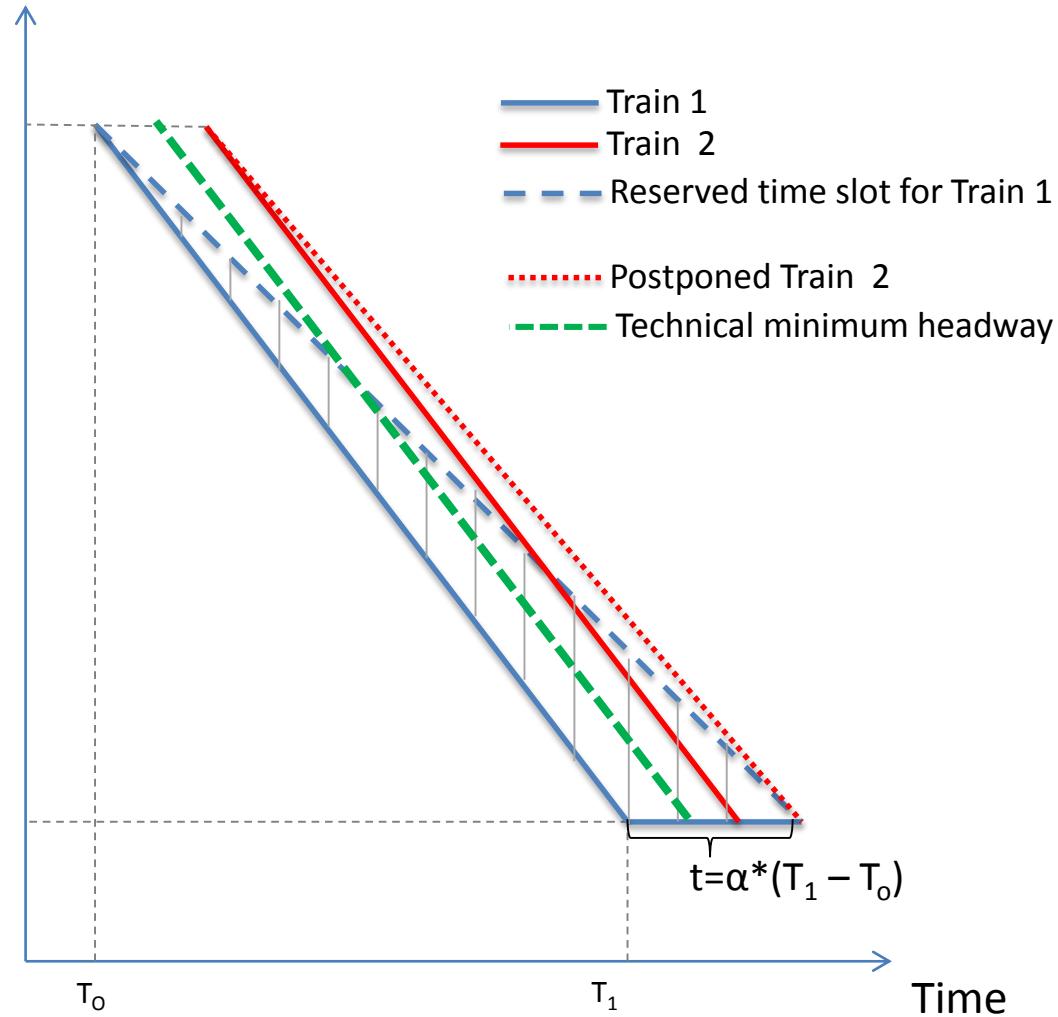


# Gångtidsberoende tidsseparering

Location

Origin station

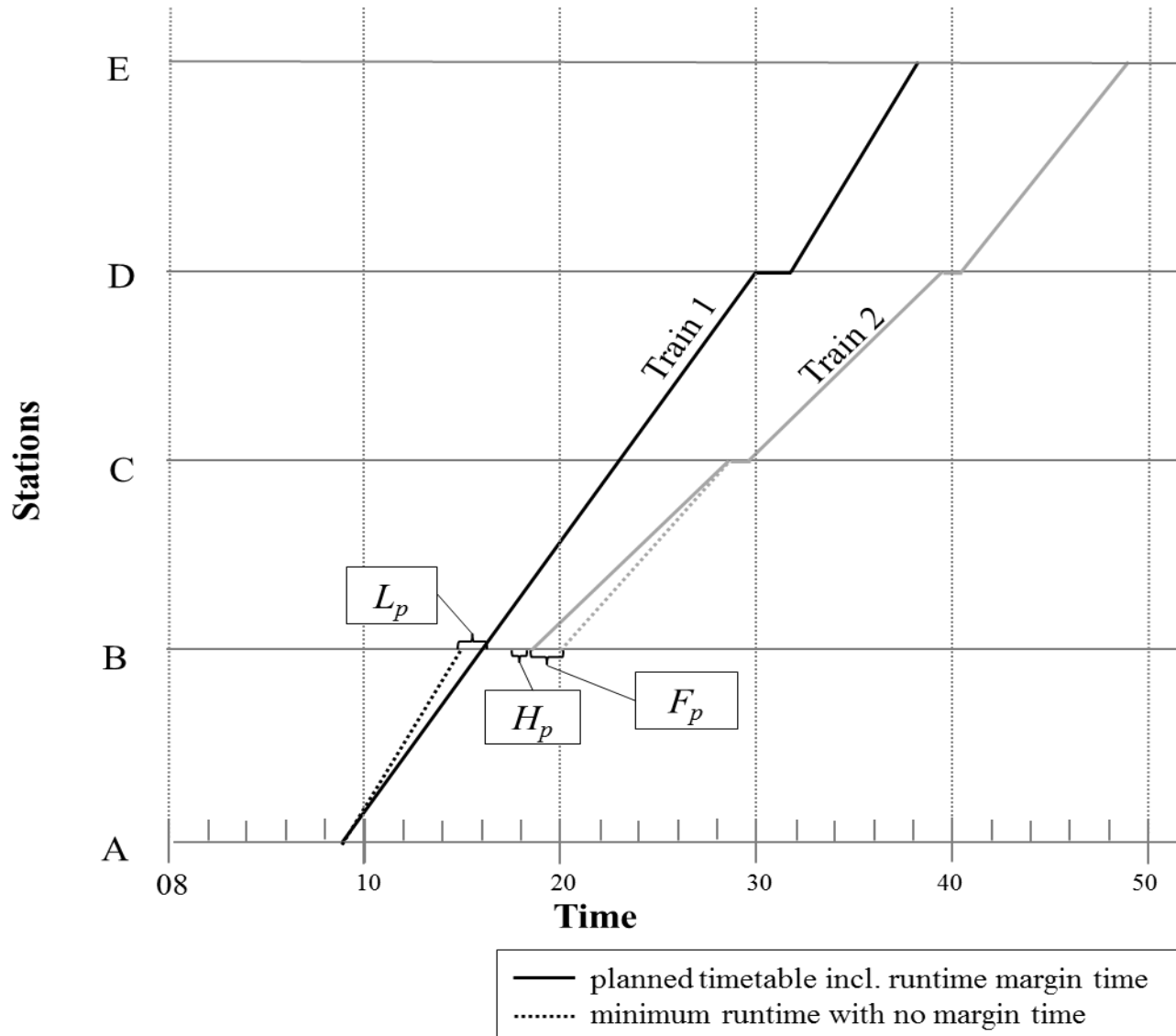
Station j



# Slutsatser gångtidsberoende tidsseparering

- Principen har implementerad och testad för fyra olika tidtabellsinstanser.
- I de flesta experiment är de konstruerade tidtabellerna bättre på att hantera störningar än de ursprungliga, särskilt då det handlar om ett enstaka tåg som försenas en enstaka gång.
- Om man återkommande stör (förlänger) gångtiderna för ett enstaka tåg, är en flexibel tågordning mycket viktig.
- Om man stör alla tåg på en viss sträcka (t ex pga nedsatt sth) är skillnaderna ganska små.
- Många möjligheter för framtida forskning:
  - Effekter för kapacitetsutnyttjande, heterogenitet och genomsnittlig hastighet.
  - Effekter vid enkelspårig trafik.
  - Värsta falls-analyser.
  - Stokastiska störningar

# Robusthet i kritiska punkter, "RCP"



# Slutsatser ”Robusthet i kritiska punkter”

- Stort arbete att identifiera kritiska punkter.
- Robustheten i de kritiska punkterna kan ökas, utan att mer körtidsmarginal behövs.
- En tidtabell med bättre robusthet i de kritiska punkterna är bättre både med avseende på total försening och antal försenade tåg.
- Priset för att öka robustheten är att visa tåg måste flyttas, och operatörerna kan få andra avgångs- och ankomsttider än de önskar.
- Framtida forskningsbehov behandlar värdering av kritiska punkter:
  - Fördelning/viktning av robusthetsmåttets tre delar.
  - Skillnader i hastighet mellan “ledare” och “följare”.
  - Avstånd till nästa förbigångsmöjlighet
  - Fler testscenarier stärker slutsatserna.



# Publikationer

1. Andersson, E.V. (2014) “Assessment of Robustness in Railway Traffic Timetables”, licentiate thesis, Linköping Studies in Science and Technology. Thesis 1636, Department of Science and Technology, Linköping University, Norrköping.
2. Andersson, E.V., Peterson, A. and J. Törnquist Krasemann (2013) “Quantifying railway timetable robustness in critical points”, *Journal of Rail Transport Planning & Management* 3, pp 95–110.
3. Andersson, E.V., Peterson, A. and J. Törnquist Krasemann (2015) “Improved railway timetable robustness for reduced traffic delays – a MILP approach”, in: *6<sup>th</sup> International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailTokyo 2015*, Tokyo, Japan, May 23–26, 2015.
4. Khoshniyat, F. and A. Peterson (2015) “Robustness improvements in a train timetable with travel time dependent minimum headways”, in: *6<sup>th</sup> International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailTokyo 2015*, Tokyo, Japan, May 23–26, 2015.



# Linköpings universitet

expanding reality



[www.liu.se](http://www.liu.se)