

# Utvärdering av planeringsstrategier under tidtabellsprocessen

Fahimeh Khoshniyat

Johanna Törnquist Krasemann

# On demand schemaläggning i högtrafikerade stråk: Metoder och utmaningar vid revidering av tidtabeller

- Här avser vi det steget i tidtabellsplaneringen där det finns en "master / årlig tidtabell", men denna måste ses över för att möta nya förfrågningar som kommer från järnvägsoperatörer och \ eller infrastrukturägare . Vi fokuserar på situationer som uppstår vanligen kort före tidtabellen tas i drift.
- Revidering av tidtabeller i litteratur
  - Praktiska/juridiska processen (t ex JNB och RNE)
  - Vetenskapligt arbete: *Burdett et al. (2009)*, *Cacchiani et al. (2010)*, *Cacchiani et al. (2016)*, *Forsgren et al. (2012)*.

# Syftet med forskningen

- För att studera effekterna av två alternativa planeringsstrategier vid ”on demand” tidtabellsplanering, med fokus på robusthet.
- Med ”alternativa planeringsstrategier” avser vi här om vi ska hantera (1) varje tåglägesförfrågan för sig och i sekvens, eller (2) beakta flera samtidigt.
- Att utveckla och utvärdera metoder för ovan, baserat på optimeringsmetoder

# När behöver man revidera tidtabeller?

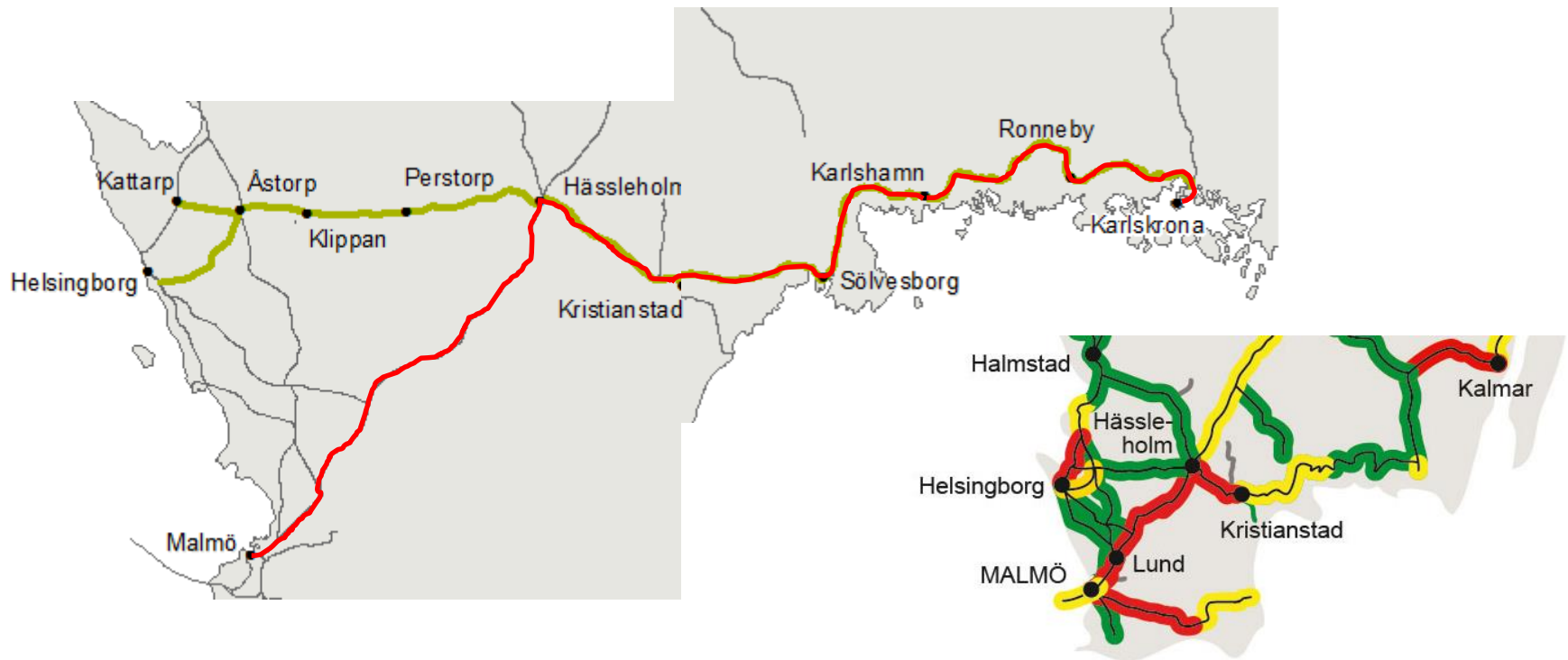
- När nya tåglägen ska läggas till eller justeras
- Vid akut behov av underhållsinsatser
  - Att ”akut” stänga ett spår för underhåll (på en dubbelspårsträcka i våra fallstudier)

# Att lägga till nya tåglägen

- Definiera tågets profil (typ, hastighet, uppehåll och aktuellt tidsfönster)
- Mål
  - Minimera eller undvika tidsavvikelsen för alla andra tåg och...
  - Minimera eller undvika förändringar i spårallokering för alla andra tåg och...
  - Minimera eller undvika förändringar i spårallokering för nya tåg och...
  - Minimera restid för nya tåg
- Begränsningar
  - Fasta eller (delvis) flexibla tidpunkter ankomst- och avgångstider (vid O-D, uppehåll)
  - Flexibel spårallokering/plattformssval (på linjen, vid uppehåll)

# Tidtabell exempel

- Karlskrona-Hässleholm-Malmö



# Egenskaper för nya tåg ("ad-hoc tåg")

Tågnummer	Bankapacitet	O-D	Riktning	Minimigångtid (hh:mm:ss)
70091	Dubbelspår	HM-MGB	Södergående	01:01:57
22221	Dubbelspår	HM-MGB	Södergående	01:02:39
33330	Dubbelspår	MGB-HM	Norrgående	01:02:30
44441	Enkel- &Dubbelspår	CRGB-MGB	Väst- södergående	01:38:24
55551	Enkelspår	SÖG-CRGB	Västlig	00:26:27
66660	Dubbelspår	MGB-HM	Norrgående	00:34:20

# Hypoteser

- Tåglägestilldelning (samtidigt eller stegvis):
- Olika lösningar med avseende på olika perspektiv inklusive robusthet och kapacitetsutnyttjande.
- Varför olika lösningar?
- Beräkningstid: Samtidig tåglägestilldelning är beräkningsmässigt mer utmanande.



# Scenarios

Scenario	Insertion strategy
Both SB	Simul.
Both SB	Step.
Both SB	Step. Changing order
Both NB	Simul.
Both NB	Step.
Both NB	Step. Changing order

# Scenarios

Scenario	Insertion strategy
Both SB	Simul.
Both SB	Step.
Both SB	Step. Changing order
Both NB	Simul.
Both NB	Step.
Both NB	Step. Changing order

Additional Train*	Travel Time	No. Track dev.
70091	01:05:07	1
22221	01:06:22	

Additional Train	Travel Time	No. Track dev.
70091	01:01:57	0
22221	01:16:41	3

Additional Train	Travel Time	No. Track dev.
22221	01:06:22	0
70091	01:05:07	1

# Scenarios

Scenario	Insertion strategy
Both SB	Simul.
Both SB	Step.
Both SB	Step. Changing order
Both NB	Simul.
Both NB	Step.
Both NB	Step. Changing order

Additional Train*	Travel Time	No. Track dev.
33330	01:17:31	9
66660	00:42:29	

Additional Train*	Travel Time	No. Track dev.
33330	01:13:58	7
66660	00:46:08	2

Additional Train*	Travel Time	No. Track dev.
66660	00:38:38	2
33330	01:32:16	5

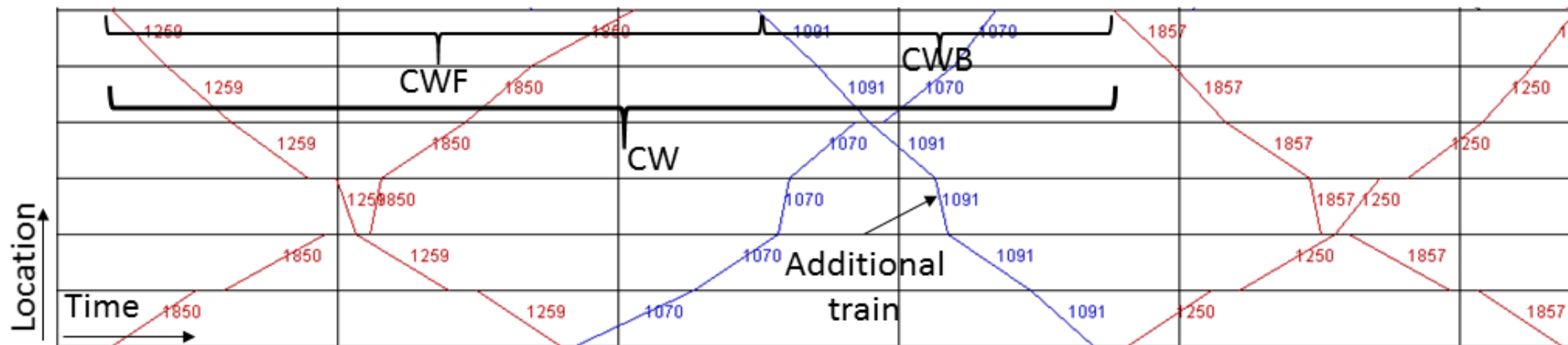
# Robusthet

- Vilka "planeringsstrategier" är lämpliga i olika situationer för att lägga in nya tåglägen?
- Vilka robusthets egenskaper är viktiga för att upprätthålla när man lägga till nya tåg?
  - För att få största möjliga framsteg mellan nya och befintliga tåg

# Att mäta robusthet

Scenario	Insertion strategy	TAoRM (s)	WAD	PoH (%)	SSHR (SB)	SSHR (NB)
Both SB	Simul.	59595	0.4210	4.16	0.1144	0.0837
Both SB	Step.	59738	0.4201	4.14	0.1138	0.0825
Both SB	Step. Changing order	59476	0.4204	4.13	0.1139	0.0843
Both NB	Simul.	60071	0.4231	4.27	0.1142	0.0817
Both NB	Step.	59699	0.4228	4.27	0.1142	0.0816
Both NB	Step. Changing order	59697	0.4228	4.25	0.1145	0.0816

# Klargörande av Channel Width(CW)



# Channel Width(CW)

Scenario ID.	CWF	CWB	CW
	<b>Train 70091</b>		
2-trains-sim	(5:24,1:52,-)	(14:36,11:04,-)	(20:00,12:56,-)
2-trains-step	(1:01,5:19,4:38)	(15:37,6:41,5:44)	(16:38,12:00,10:22)
2-trains-step	(5:24,1:52,-)	(14:36,11:04,4:29)	(20:00,12:56,-)

(HM,LU,MGB)

# Spårväxling (Track Switching)

Group	No. TS* new trains	No. TS existing trains
Train numbers	70091 + 22221	
2-trains-sim	7+7**	164**
2-trains-step	3+11	168
2-trains-step	6+9	164
Train numbers	33330 + 66660	
2-trains-sim	6+7**	173**
2-trains-step	6+11**	173**
2-trains-step	6+8**	176**



# Spårväxling (Track Switching)

Group	No. TS* new trains	No. TS existing trains	No. TS* new trains minimizing track change	No. TS existing trains minimizing track change
Train numbers	70091 + 22221		70091 + 22221	
2-trains-sim	7+7**	164**	5+6**	168**
2-trains-step	3+11	168	4+6**	166**
2-trains-step	6+9	164	3+5	168
Train numbers	33330 + 66660		33330 + 66660	
2-trains-sim	6+7**	173**	6+6**	172**
2-trains-step	6+11**	173**	6+5**	173**
2-trains-step	6+8**	176**	3+5**	180**

# Spårväxling (Track Switching), att förbjuda spårändring för befintliga tåg

Scenario ID.	No. TS* new trains	No. TS existing trains
Train numbers	70091 + 22221	
2-trains-sim	7+5	162
2-trains-step	4+6	162
2-trains-step --	7+5	162
Train numbers	33330 + 66660	
2-trains-sim	5+4	162
2-trains-step	5+4	162
2-trains-step --	5+4	162

# Spårväxling (Track Switching), att förbjuda spårändring för befintliga tåg

Scenario ID.	No. TS* new trains	No. TS existing trains	Travel time hr:mm:ss	Computation time (mm:ss)	Gap
Train numbers	70091 + 22221		70091 + 22221	70091 + 22221	
2-trains-sim	7+5	162	01:05:31+01:06:22	00:22	0
2-trains-step	4+6	162	01:02:01+01:28:53	00:09+00:12	0
2-trains-step --	7+5	162	01:05:31+01:06:28	00:09+00:12	0
Train numbers	33330 + 66660		33330 + 66660	33330 + 66660	
2-trains-sim	5+4	162	02:06:17+00:41:59	00:40	0
2-trains-step	5+4	162	02:06:21+00:041:59	00:21+00:25	0
2-trains-step --	5+4	162	02:06:17+00:42:11	00:18+00:20	0

# Att planera in "akut" underhåll- Tidsallokering för underhåll

- Det kan liknas vid införande av virtuella tåg som belägger banan under en viss tidsperiod och sträcka.

# Metoder för att reducera beräkningstiden baserat på omformuleringar av modellen

- Litteraturstudien, *Klotz et al. (2013)*.
- Utveckling av olika grupper av ”valid inequalities” (VIE)

# Slutsatser

- Samtidig eller stegvis tåglägestilldelning?
  - Tågens profil avgörande.
  - Samtidigt tilldelning: Bättre lösningar med avseende på målfunktionsvärden, svårare att lösa beräkningsmässigt, inte alltid ett val i praktiken.
  - Stegvis tilldelning : Lättare att lösa, högre kapacitetsutnyttjande (risk för längre restider för de nya tågen)
  - Operatörernas preferenser?
- Robusthet: Kanalbredd (Channel Width) , Spårväxling (Track Switching)
- Lösningstiden med VIE
  - Föreslagna VIE kan minska sökrymden men inte beräkningstiden nödvändigtvis.
  - Modellen är mycket känslig för big M-värden

# Framtida forskning i projektet RELÄET

- Att intervjua planerare för att bättre förstå deras sätt att resonera och underliggande preferenser när man gör tidtabellsrevideringar, i förhållande till de regelverk som finns.
- Hur bör en tåglägesförfrågan definieras?
- Att förbättra och snabba upp optimeringsmetoden.
- Robustheten: Vilka aktuella effekter har tidtabellens kvalitet och robusthet i driften?

Tack!



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