

Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden

*Resultat från Fol-projektet SATT, modellstudie
Presentation på KAJT höstmöte, 2021-11-23*



TRAFIKVERKET

Joel Sultan



vti

Tomas Lidén
Chengxi Liu

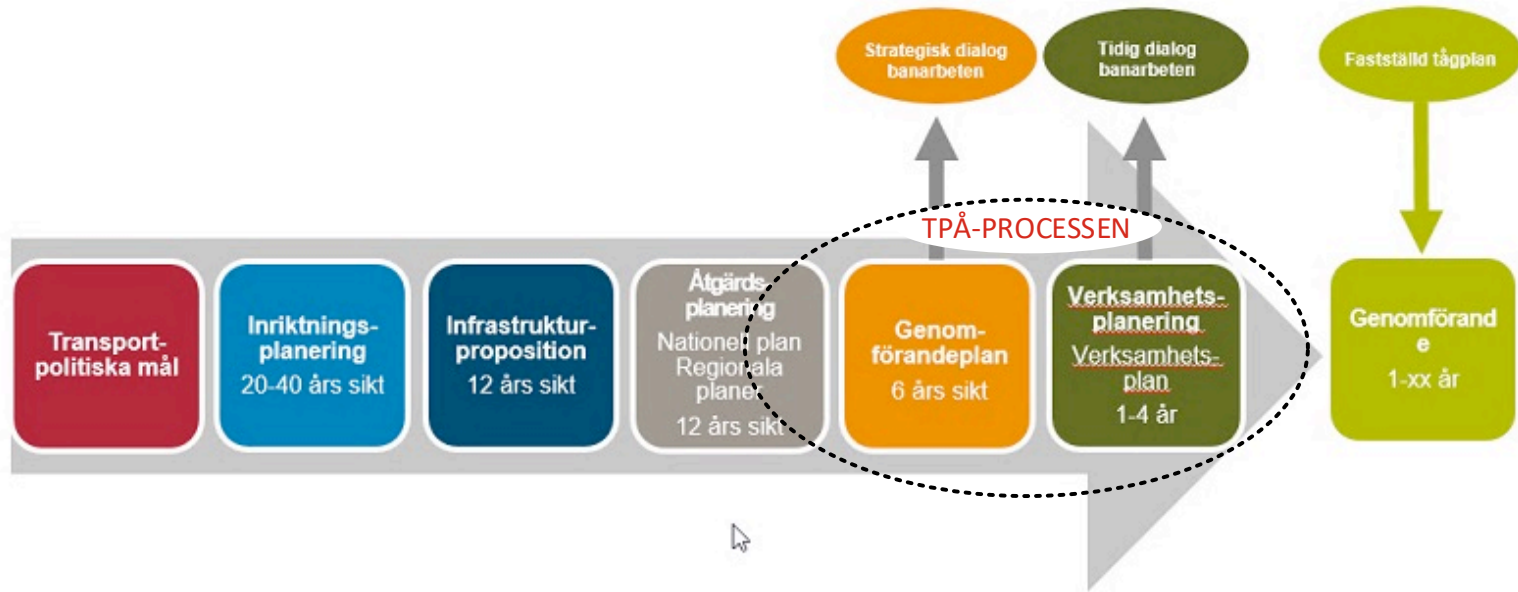
RI
SE

Martin Aronsson
Eddie Olsson

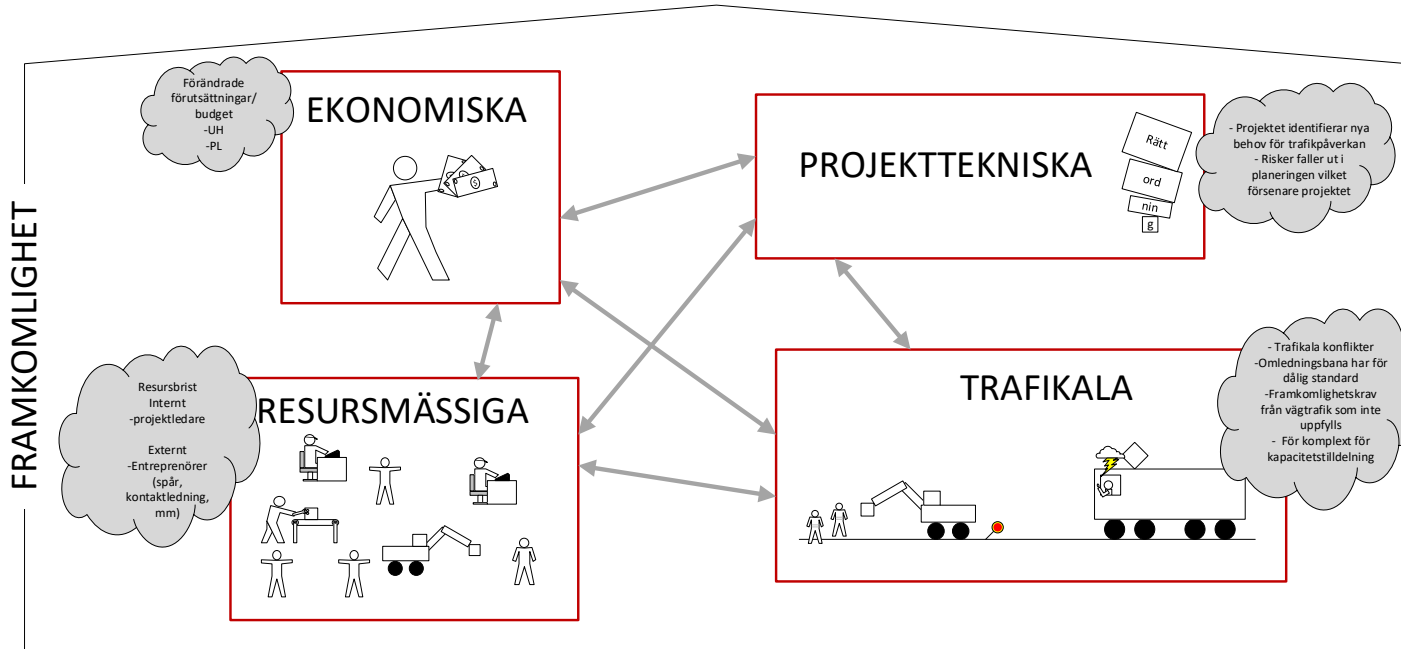
Agenda

1. Process, utmaningar, behov
2. Översikt av projektet
3. Två-delad modell och schemaläggning banarbeten
4. Trafikpåverkan och modell för trafikflöden
5. Sammanfattning, fortsatt arbete





MÅL OCH ANLÄGGNINGSMÄSSIGA KRAV



T25-27: Godsstråket, kapacitet, db Avesta Krylbo-Dalslund (B31P017)
 T25: FÖ-lina, Krylbo-Skinnskatteberg-Frövi (15462)
 T24-25: Mötesspårsförlängning Morshyttan (15341)
 T24: Fors växelbyte (18081)
 T24: Kapacitetshöjande åtgärder, Storvik-Avesta Krylbo (16914)
 T25-26: Kapacitetshöjande åtgärder, Avesta Krylbo-Frövi (21566)
 T26: FÖ-lina, Avesta Krylbo-Skinnskatteberg-Frövi (15462)

T27: Förlängning till 750 m långa spår, Gräsberg (15349)
 T28: Ktl-upprustning, Borlänge rbg (17331)

T27-28: Silverhöjdenspåret Kontaktledningsbyte, Grängesberg-Ställdalen (17327)

T27-28: Kil ställverksbyte (8412)
 T27: Trimmingsåtgärder vid Kil ställverksbyte (16175)

T25: Frövi bangårdsombyggnad (16620)
 T26-28: Kontaktledningsupprustning + FÖ, Hallsberg-Örebro-Frövi (15574)

T24-26: Paket Dalabanan, Avesta Krylbo-Uppsala (Punkt 16-utredning pågående)

T25-27: Utbyte 3 signalställverk, Munktorp-Köping-Valskog (17322)
 T25: Spår och växelbyte, Ålsång-Jädersbruk (19135)
 T24: Kolbäck-Dingtuna-(Västerås C) utbyte av ställverk (14115)
 T24-25: Spår-, räls och växelbyte, Tillberga-Jädersbruk & Eskilstuna-Kolbäck, (10398)

T24-28: Projekt Mäljarbanan (B30P800)
 T25-28: Utbyte av 8 signalställverk modell 85 och hybridlinjeblock till ERTMS, Västerås norra-Kungsängen, (17271)
 T25: FÖ-lina, Västerås-Bålsta (9808)
 T25: Ktl-ombyggnad Grillby Enköping Uppspår 6km (17286)

T24-26: Bangårdsombyggnad, Avesta Krylbo bangård (18157)
 T24-25: Avesta Krylbo plattform (16025)

T25-26: Fagersta station plattformsåtgärder (19723)
 T24-26: Åtgärder Fagersta C (18712)
 T24-25: Fagersta bg, ktl byte (18858)
 T26: Fagersta växelbyte (10241)

T25-28: Uppsala plankorsningar (B11062)
 T28: Ostkustbanan Fyrspår (8095)

T25-28: Hagalunds bangård, ombyggnad (4927)
 T24-27: Stockholm C/Nord, spårbyte (2230)
 T27: Stockholm C, växelbyte (15786)



Projektinnehåll

- Kartläggning: litteraturstudie + inventering av krav och behov
- Modellstudie: undersöka alternativ + experiment i forskningsmiljö
- Prototyp för beräkning av trafikpåverkan som en viss banarbetsplan ger på en specifik tågplan (utan anpassningar)



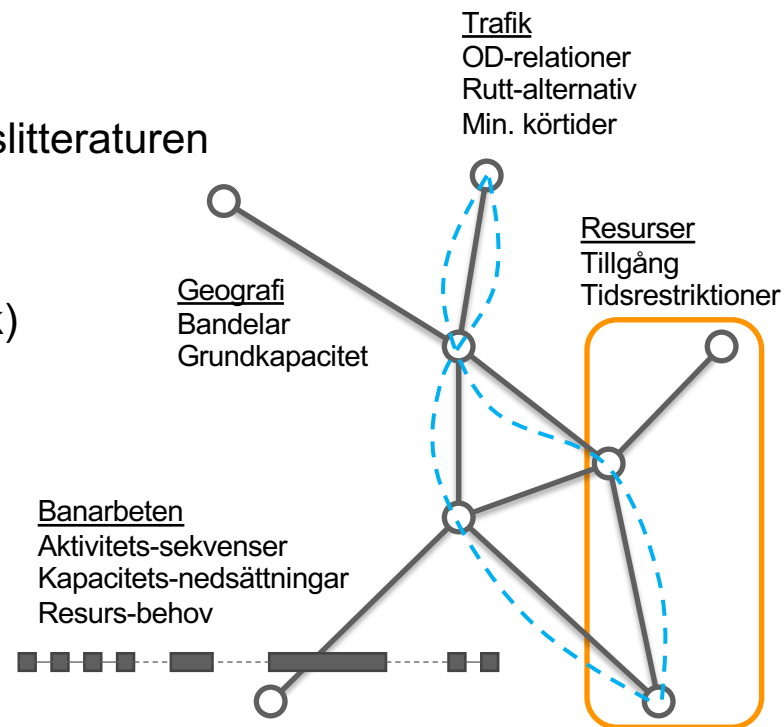
Resultat av kartläggning

Inga existerande modellansatser hittade i forskningslitteraturen

Krav och framtida önskemål listade för

- Representation (geografi, banarbeten/TPÅ, trafik)
- Målfunktion och frihetsgrader
- Villkor och begränsningar
- Tidsupplösning

=> Avgörande skillnader mellan TPÅ och trafik



Delrapport inom kort på DiVA

VTI resultat

Samplanering av trafikpåverkande åtgärder
och trafikflöden, modellstudie
Delrapport 1 – Krav- och behovsinventering

Thomas Löfén
Martin Aronsson
Chengqi Liu

Målfunktion

1. Minsta trafikpåverkan
2. Utjämnat resursbehov

Frihetsgrader / beslut

Förskjutning av aktiviteter
Rimligt anpassad trafik

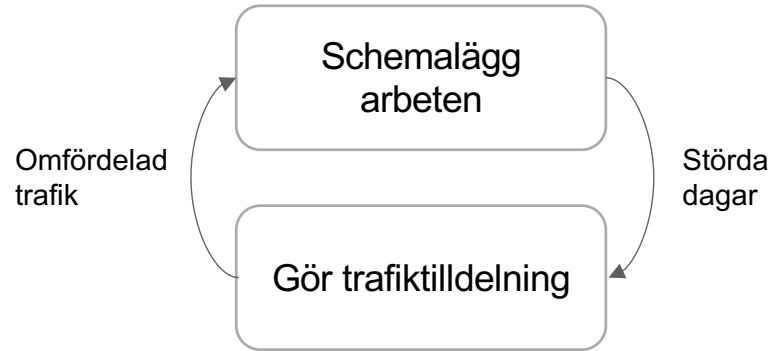
Tidsupplösning

Arbeten: dag, del av dag
Trafik: 2-5 perioder per dag

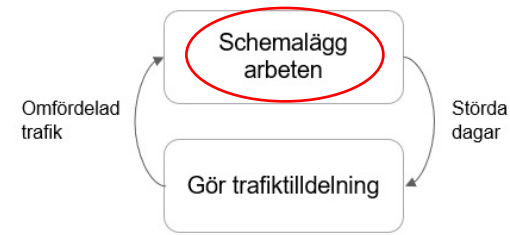
Modellstudie: Två-nivå-modell

- Övre nivå för att schemalägga arbeten
 - MIP-modell
- Undre nivå för att ta fram trafiktilldelning
 - Flödesmodell
 - Även undersökt DTA
- Implementerat och testat i modelleringsmiljö
 - Varje nivå för sig, ihopkoppling i nästa projekt

**Möjliggör olika representation (tid, upplösning),
formulering, målfunktioner etc**



Modell för att schemalägga banarbeten



An optimization model for renewal scheduling and traffic flow routing

Tomas Lidén, Martin Aronsson

September 17, 2021

Abstract

This document is the third sub-report from the research project SATT (Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden, modellstudie / Coordinated planning of temporary capacity restrictions and traffic flows, model study). The report summarizes the modeling alternatives that have been considered. The main result of the model study is that we propose a bi-level approach for handling the two parts of the problem, namely the scheduling of renewal projects and the subsequent adjustments of railway traffic flow. The contributions are: (1) a mixed integer formulation for scheduling project tasks, and (2) a network flow formulation for establishing the possible railway traffic during the imposed capacity restrictions of these project tasks. The intended usage is for economical (or intervention) planning of a production year, which takes place before the actual capacity planning and timetabling process starts. This document introduces the problem and gives a full description of (1) along with results from computational experiments that have been conducted with this model. An accompanying report gives the details of the final formulation of (2).



Schemalägga banarbeten

- Detaljerad MIP-formulering
- Kodning och testning i MiniZinc
 - Något svag prestanda vid stora frihetsgrader (stora symmetrier)
 - Provat effekt av olika förbättringsidéer, villkor, begränsningar etc
 - Avgränsningar vad gäller storlek (planeringshorisont) hjälper
 - Lösa stegvis för att etablera giltiga gränsvärden fungerar
 - Trafikblockering / kostnad
 - Resursutnyttjande
 - Sedan sammanvägt (med gränsvärden för trafik och resurser)



Inställelse

Resurs-
kostnadTrafik-
påverkan

Modellöversikt

$$\text{minimize } \sum_{u \in U} c_u^U s_u + \sum_{k \in K} c_k^K q_k + \sum_{d \in WD(\bar{y})} F_d(x)$$

- Besluts-/huvudvariabler (binära)

- s_u : Om projekt u schemaläggs eller ej
- y_{uwt} : Om aktivitet w i projekt u pågår under tidsperiod t eller ej
- z_{uwt} : Om aktivitet w i projekt w startar i tidsperiod t eller ej

Min/max separation

y_{u1}	0 0 0 1 1 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
y_{u2}	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1 1 1 0

- Status-/stödvariabler (reella)

- q_k : Max användning av resurs k (i någon tidsperiod)
- $x_t^{b,m}$: Max trafikblockering under tidsperiod t
- ... och några till

- Villkor

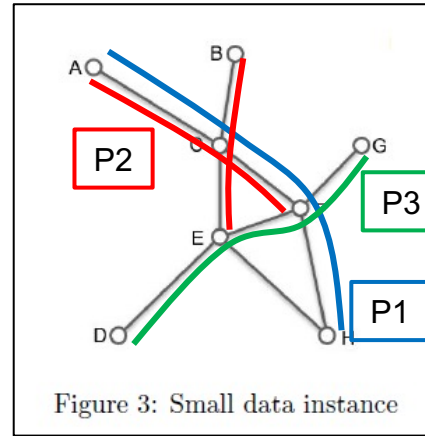
- Aktivitetslängder, ordning, separation, resursanvändning, trafikblockering etc

RI
SE

vti

Testfall

- Tre projekt
 - 3, 7, 5 aktiviteter
 - Över olika länkar
 - Varierande längder, resursförbrukning och trafikblockering

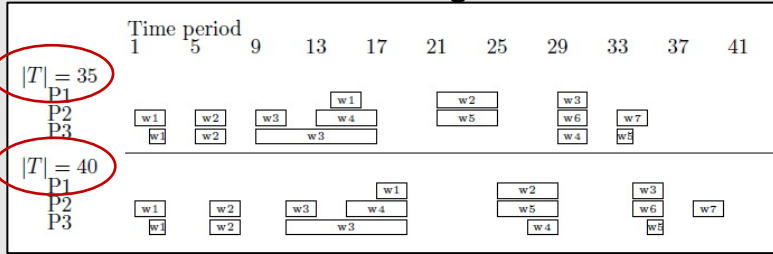


Proj/ Task	Task len.	Rest time Min/Max	Usage		Link blocking									
			R1	R2	A-C	B-C	C-E	C-F	E-H	F-H	D-E	E-F	F-G	
P1/W1	2	2/6	0	4			2		2					
P1/W2	4	4/8	1	8	1		3		3					
P1/W3	2	-/-	0	4			2		2					
P2/W1	2	2/6	0	4	2									
P2/W2	2	2/6	0	4		2								
P2/W3	2	2/6	0	6	1	1	1	1						
P2/W4	4	4/8	1	10	2		3							
P2/W5	4	4/8	1	10		2		3						
P2/W6	2	2/6	0	6	1	1	1	1						
P2/W7	2	-/-	0	6	1	1	1	1						
P3/W1	1	2/7	0	4								2		2
P3/W2	2	2/8	0	8								1	2	1
P3/W3	8	8/20	1	8								5	5	5
P3/W4	2	2/6	0	8								1	2	1
P3/W5	1	-/-	0	4								2		2

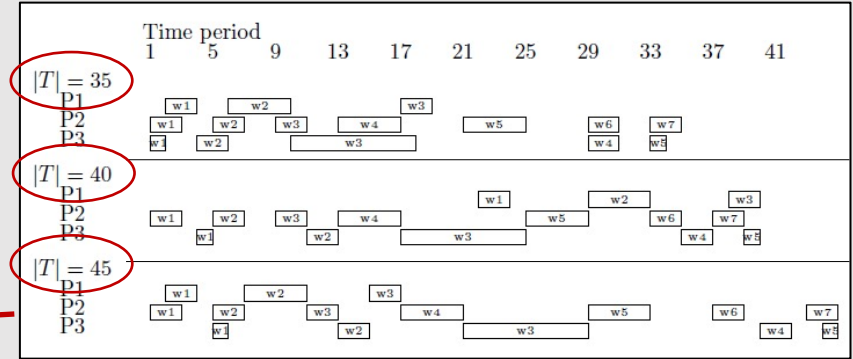
Table 2: Project schedule settings for small test case

Resultat

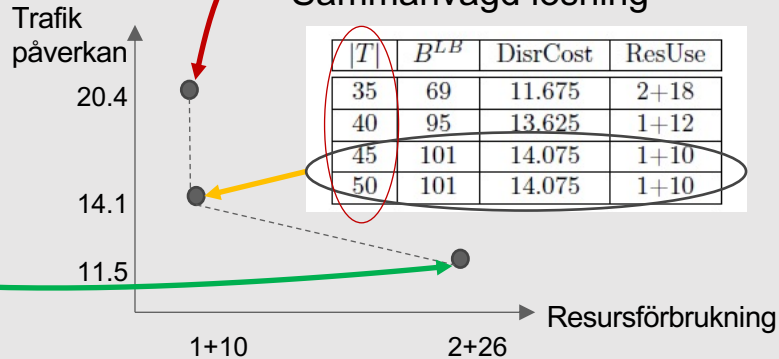
Minimera trafikstörning



Minimera resursförbrukning



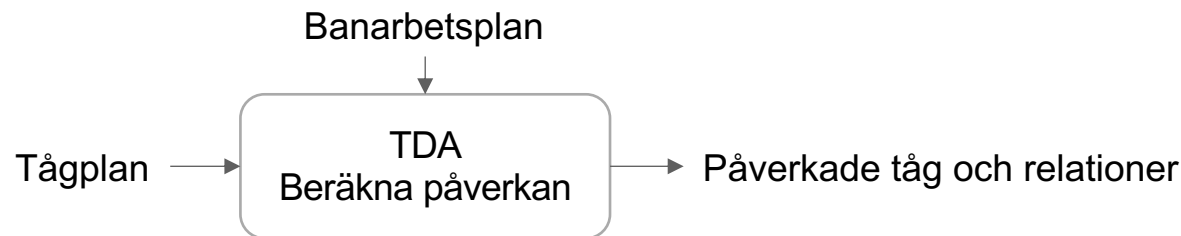
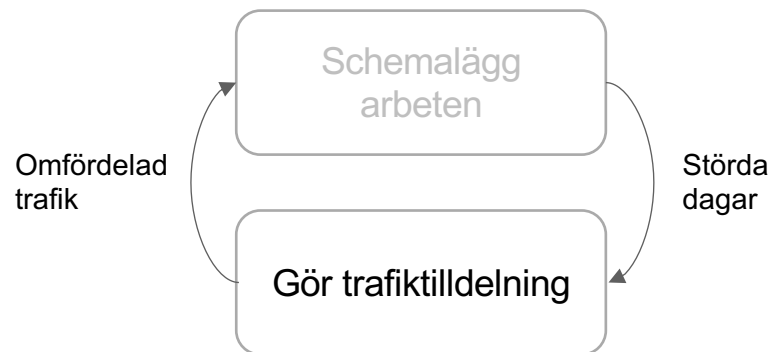
Sammanvägd lösning



- Problemstorlek (variabler x villkor)
(2k x 4k) – (3k x 6k)
- Lösningstid (till optimalitet) 1 s – 5 min

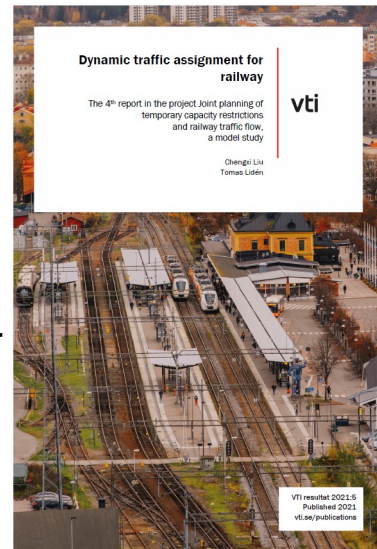
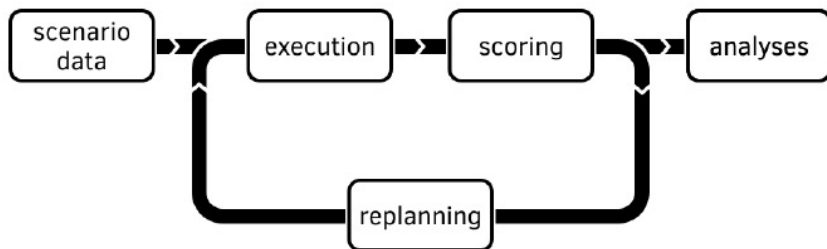
Trafikaspekten – olika alternativ

- Övre nivå för att schemalägga arbeten
 - MIP-modell
- Undre nivå för att ta fram trafiktilldelning
 - Optimerande flödesmodell (strax)
- Alternativ: dynamisk trafiktilldelning (DTA), teknik från vägsidan
- Prototyp för att utvärdera en specifik plan (TDA)



Dynamisk trafiktildelning (DTA) för tågtrafik

- Provat med MATSim (utvecklat för bil- och kollektivtrafik)
- Motiv: klarar stora mängder trafik (bilar, personer, mm), och många OD-relationer, i stora nätverk.
 - Tidtabell behövs inte som indata
 - Hög upplösning (tid, länkar, etc)
- Implementerat logik för enkelspår, kapacitetsreduktion vid arbeten etc
 - Verifierat på små exempelnettverk
- Ger en jämviktslösning (giltig tågföring) – ingen ”aktör” kan hitta en billigare väg
 - Inte systemoptimalt, men liknar hur oberoende operatörer agerar




Länk: [DIVA](#)



Prototyp (TDA) och modell för trafikflöden

- Separat presentation



RAPPORT

Kontaktperson RISE	Datum	Beteckning	Sida
Martin Aronsson, Eddie Olsson	2021-05-19		1 (18)

Digitalis system
+46 10 228 43 47
martin.aronsson@rise.se

TDA - Train Disturbance Assessor

RISE Research Institutes of Sweden AB
Möbilhet och system - Systems Engineering
01614.se

Martin Aronsson,
Eddie Olsson

A model for calculating volumes of trains as flows given demand and capacity restriction

Martin Aronsson (RISE), Tomas Lidén, (VTI)

September 29, 2021

Abstract

This report presents a novel approach to calculate volumes of trains from set of requirements describing the transportation demands. The model presented is based on a multicommodity network flow model from operations research. The model comprises three different layers, the demand level in which the requirements on the transports are presented, the route layer which describes the routes possible to implement the demands and the flow layer in which the resulting flows of train volumes are calculated. This is very similar to other industrial planning processes where the different product or service to be accomplished are first decomposed by methods into different layers of tasks, by e.g. a work breakdown structure (WBS). Resources are then allocated to the tasks as well as scheduled in time. The most important feature of the proposed model is that it is volume based, i.e. volume of trains are handled, not individual trains that are scheduled. Scheduling a timetable is a very complex task, and by concentrating on the volumes of trains that can be produced during each discrete time period a lot of complexity is removed which is a large computational advantage. The disadvantage is that the representation of capacity in terms of volumes of trains with different properties becomes crucial. The report discusses this as well as gives some small examples of the use of the model.



Sammanfattning / slutsatser

- Nått längre än förväntat
 - Två-nivå-modell hanterar skillnaderna mellan banarbeten och trafikflöden
 - Fungerande MIP-modell för banarbeten men inte kopplat ihop trafik- och banarbetsmodellerna
 - Mycket lovande flödesmodell för trafiken, även fristående
 - Redan stort intresse från TTR / Sverige
 - Undersökt dynamisk trafiktilldelning för tåg → flera intressanta möjligheter
 - Prototyp för belastningsverktyg
 - Fem matiga rapporter



Fortsatt arbete

Två fortsättningsprojekt

- SATT-BP (VTI/Tomas L)
Koppla ihop övre & undre nivå; större testfall; modell för flerårig planering
- SATT-TF (RISE/Martin A)
(Täckande) tjänstekatalog för tåglägen; Utveckla kapacitetsbegreppet för "bandel"; Bidra till MVP 6 i TTR (kapacitetsmodell / visualisering); Del i ihopkopplingen med "övre nivå"



TACK!

Frågor?

Kontakt

- Joel Sultan: joel.sultan@trafikverket.se
- Tomas Lidén: tomas.liden@vti.se
- Martin Aronsson: martin.aronsson@ri.se

