

# TOMTE

---

## TidtabellsOptimering för MalmTrafikens Expansion

*Martin Aronsson, Martin Joborn, SICS/DNA*

*Dick Carlsson, LKAB*

`martin@sics.se`



TRAFIKVERKET



# LKAB:S KAPACITETSBEHOV PÅ JÄRNVÄG

2015

- Norrgående: **12 tåglägen**
- Svappavaara: **3 tåglägen**
- Kiruna<->Mbg: **2 tåglägen**
- Södergående: **5 tåglägen**
- **30 Mton (varav ca 3 rågods)**

2016

(andra halvåret)

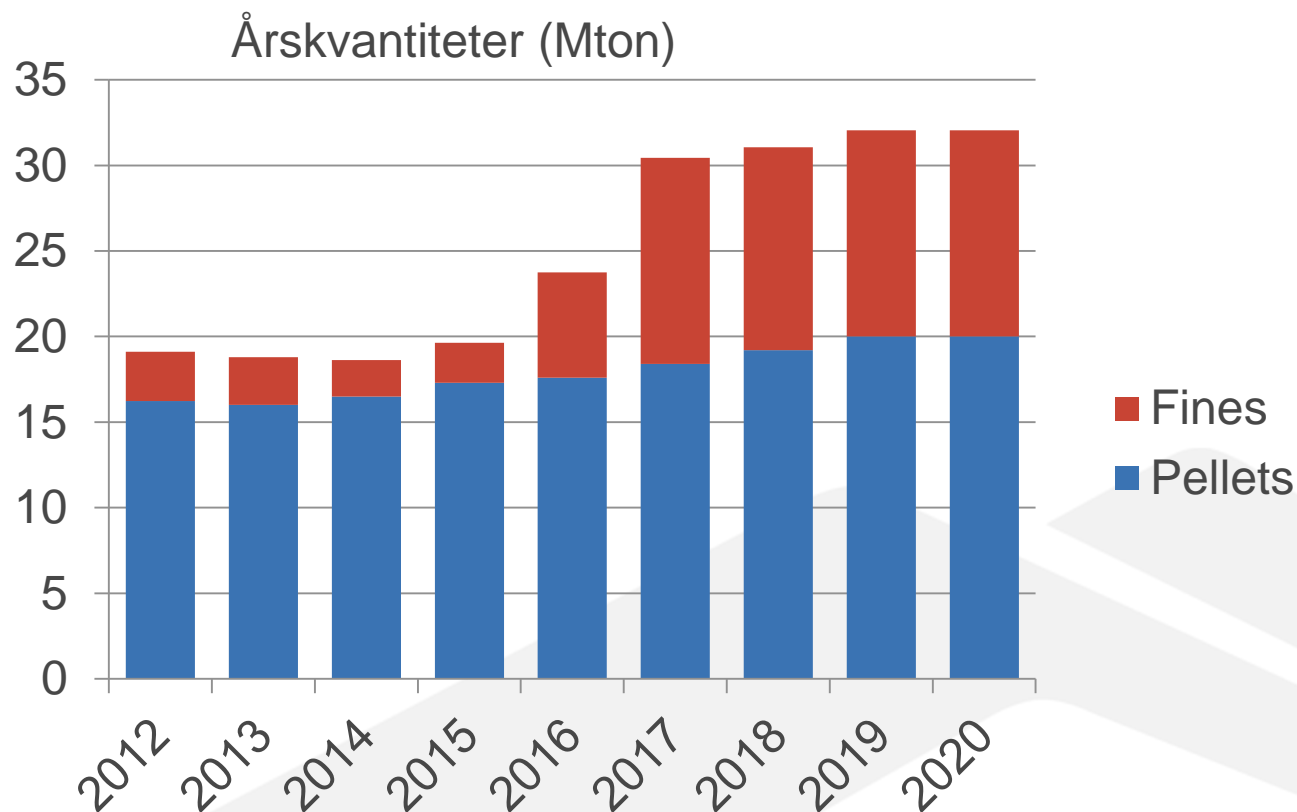
- Norrgående: **15 tåglägen (ev. 14)**
- Svappavaara: **6 tåglägen (ev. 5)**
- Krn<->Mbg: **2 tåglägen**
- Södergående: **5 tåglägen**
- **Årstakt: 41 Mton (varav ca 4 rågods)**

2017->

- Norrgående: **16 tåglägen**
- Svappavaara: **6 tåglägen**
- Krn<->Mbg: **3 tåglägen**
- Södergående: **6 tåglägen**
- **46 Mton (varav ca 4 rågods)**

*\*tåglägen avser avgångar i tidtabellen i en riktning (ej tur och retur)*

# KVANTITET PÅ JÄRNVÄG KIRUNA-NARVIK



Volymutveckling ungefärlig plan

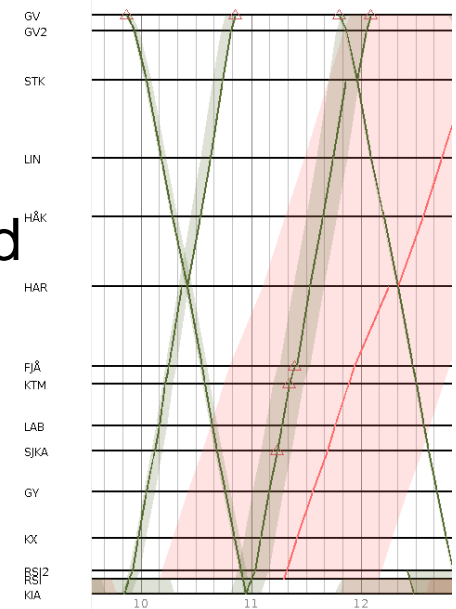
# Uppgift

---

- Kan 16 turer till/från Narvik realiseras?
  - Tag med tänkt utbyggnad av Malmbanan
  - Om inte så kan inte LKABs ökade produktionsförmåga nyttjas
- SICS och Trafikverket utvecklat Maracasen
  - Optimerande prototyp för tågplanekonstruktion
  - Proof-of-concept: Kan vi använda Maracasen för detta?

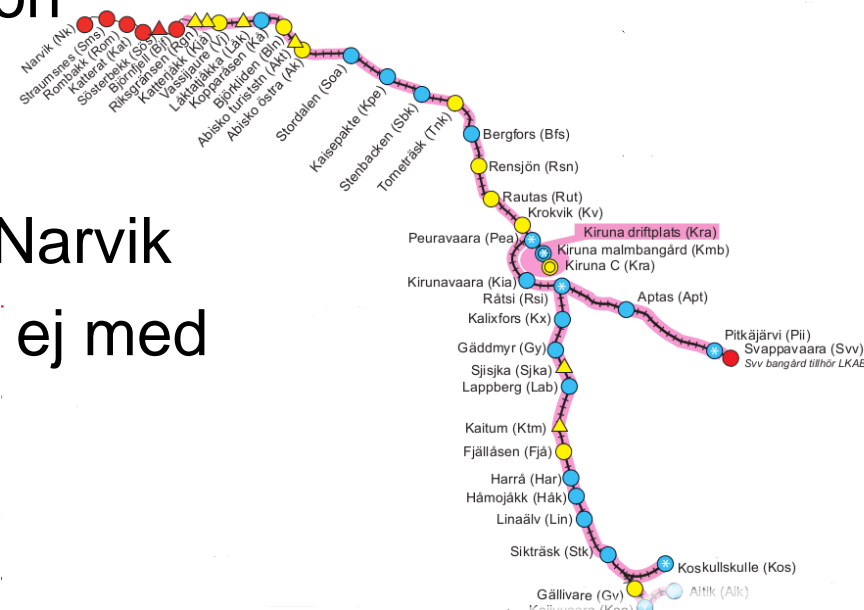
# Metod

- Utgångspunkt: fastställd tågplan
  - Representerar övrig trafik  
*dvs vad övrig trafik de facto accepterar*
  - T14 och senare T15 har använts som grund
- Ersätt LKABs tåglägen
  - 16 nya grundlägen
  - Inlagda jämnt över dygnet  
*f.n. utan tanke på övrig trafik*
- Lös ut resulterande konflikter
  - Nyttja ett tidsfönster om +/- 1 timme kring LKABs tåg
  - Nyttja inlagd tidtabellteknisk tid för övrig trafik
    - Några tåglägen fått visst påslag då de helt saknade tdt-teknisk tid
    - Tåg tillåts avgå -10 minuter från Narvik samt ankomma +10 minuter i Narvik



# Planeringsförutsättningar

- Enbart utsnittat område NK-GV  
*Samtlig trafik "ansluter" till resp. tågläge i T15 i Gällivare*
- Konfliktreglering enligt TF601
- Grunddata från TrainPlan/TIGRIS
- Ankomsttidsseparation till station
  - 5 min malmtåg
  - 3 min övriga
- Nodtillägg 6 minuter Gällivare-Narvik
- Banarbeten (T15 vecka 22-34) ej med
- Stationsegenskaper
  - Möteslängder
  - Startsvårigheter



Extra  
samtidige  
hetstillägg Anm

# Stationsegenskaper

Sign	Stannar ej	Antal spår	M-stopp	Samtidighet	TrV KC-dok	Startsvår.	Extra samtidige hetstillägg	Anm
NO.NK		3	nej	30				
NO.SMS		2		30	2			
NO.ROM		3		30	3			2 el. 3 spår blir 850 m 2016
NO.KAT		2		30				
BJF		3		30	2:1100, 1:496			3 spår --> 1100 meter under 2014
VJ	GIOR8206	2		30	2	ja,infarten(?)		789 m
KÅ	Borde ha?	3		30	2	ja,infarten(?)		888-890 m
BLN		2		30	2			915 meter
AK	Borde ha?	5		30	3	ja,infarten(?)	(X)??	759-891 meter, enl TP även 476 & 500
SOA		2		30	2			773,774 meter
KPE		2		30	2			957-992 meter
SBK	GIOR8206	2		30	2	ja		854 meter
TNK		2		30	2		X	760 meter
BFS		2	nej	30	2		X	760 meter
RSN		2		30	3			838, 768, 768 meter
RUT		2		30	2			804, 804 meter
KV		3		30	3			892, 778, 778 meter
PEA		2	nej	30	0			Triangelväxel
KIA		3		30	3			750, 750, 839 meter
RSI		1		30	3??	ja		Finns spår 1-3 i RSI, samr RSI1 & RSI2...
KX	GIOR8206,GIOR1407	2		30	2			527 meter
GY	GIOR8206,GIOR1407	2		30	2			522 meter
LAB		2	nej	30	3			531,531,675 meter
FJÅ	GIOR8206,GIOR1407	2		30	2			518-524 meter
HAR		3		30	2			750-759 meter
HÅK	GIOR8206,GIOR1407	2		30	2			522 meter
LIN	GIOR8206,GIOR1407	1		30	3			511, 524, 653 meter
STK	GIOR8206,GIOR1407	2		30	2			530 meter
(GV)		7		30				
APT		2		30	2			469 meter
MTN		2		30	0			Skall bli 2 spår, hinderfritt > 750 m
(HRT)								



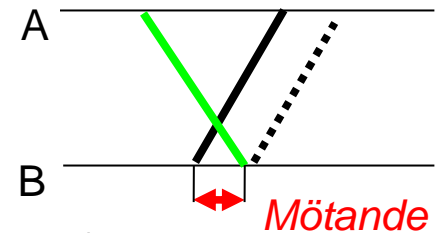
50

Samtliga GIOR8206, GIOR1407

# Flerstegsoptimering

## 1. Skapa konfliktfri plan

- Minimera summa konflikttid
  - Konflikttid: minsta tid som lägena tillsammans behöver flyttas för att uppnå konfliktreglering



## 2. Minimera antal stopp för lastade LKAB tåg

- Ändra mötena så att lastade stopp undviks

## 3. Minimera total gångtid i planen

- min:  $\sum_i C_i D_i$   
 $C_i$  antal gångdagar,  $D_i$  gångtid för tågläge  $i$
- Antal lastade stopp begränsas enligt steg 2



# Resultat

---

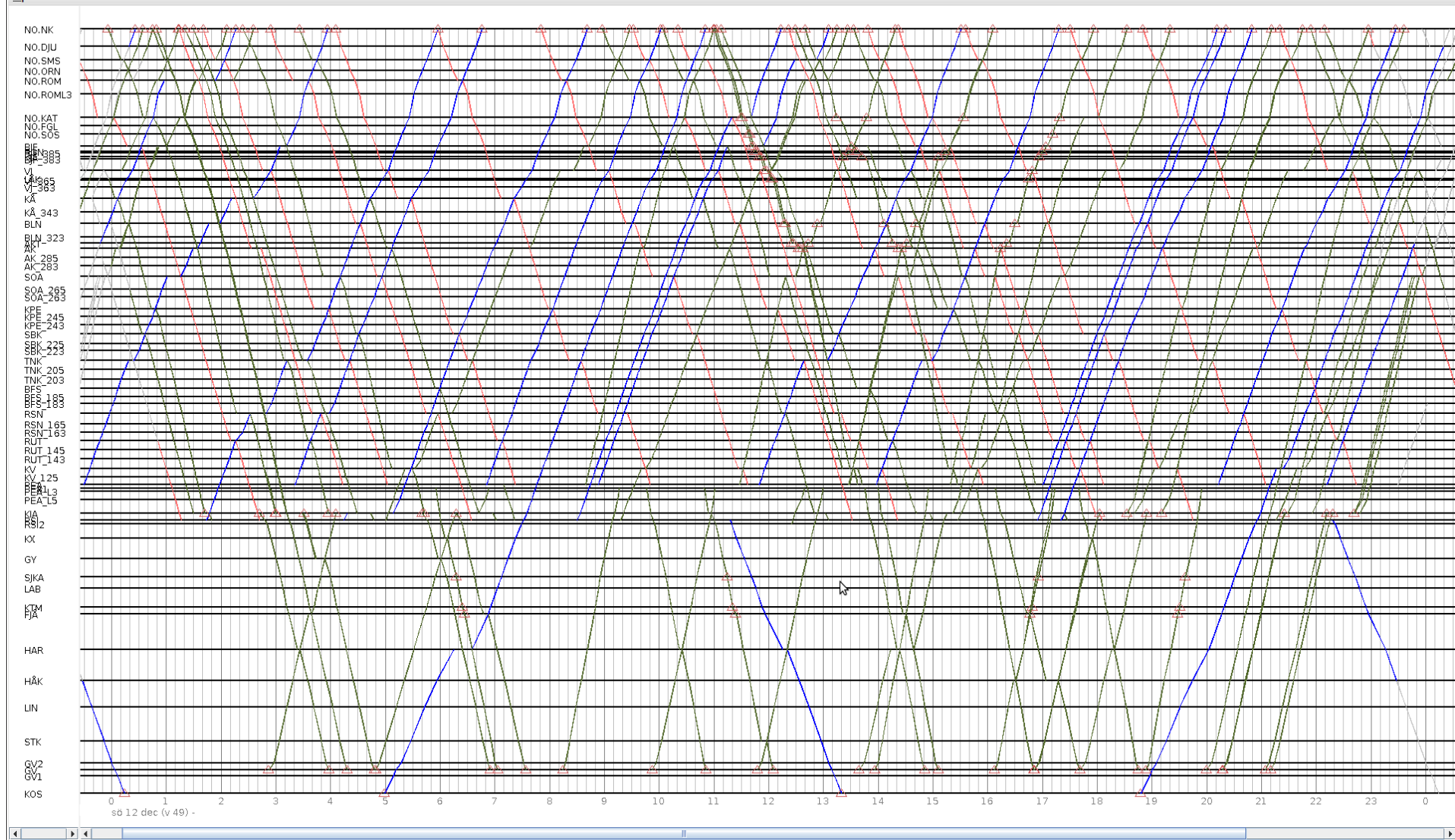
- Ja, 16 lägen till och från Narvik får plats
  - Övrig trafiks totala gångtid minskad

*Således har inte övrig trafik i plan "tagit stryk" av fler malmtåg*

    - T15: 208 timmar
    - Efter optimering: 198 timmar
  - Snittid NK-KMB minskad med 40 minuter: 4:23 → 3:42
  - Snittid KMB-NK förlängd med 15 minuter: 3:20 → 3:36
  - Totalt 14 stopp för lastade tåg

*Ett problemtåg står ensamt för 6 stopp...*
  - Robusthet återstår att se...

Options



NK-KOS

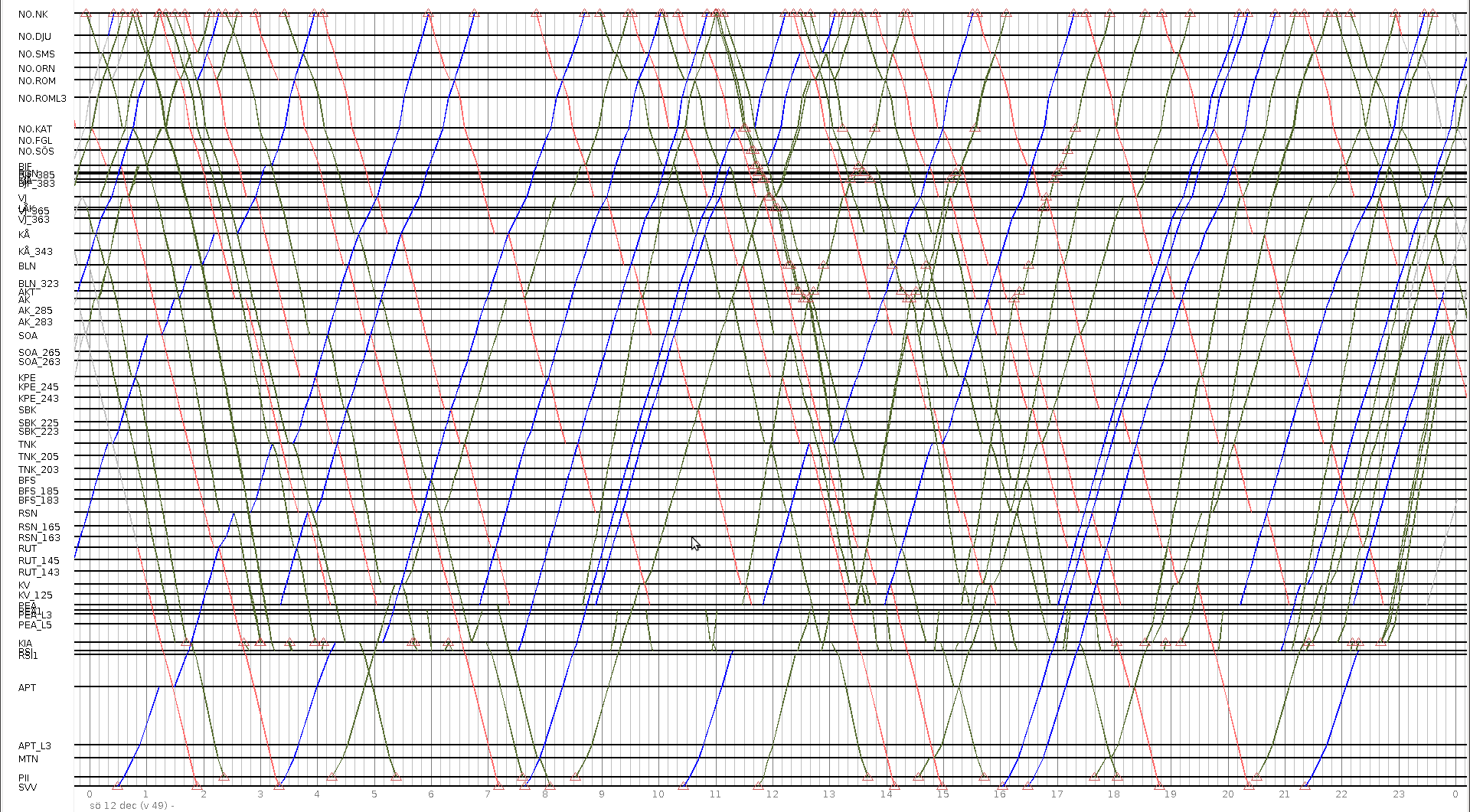
Röda tåg: LKAB tomtåg

Blå tåg: lastade LKAB tåg

Gröna tåg: andra tåg



Options



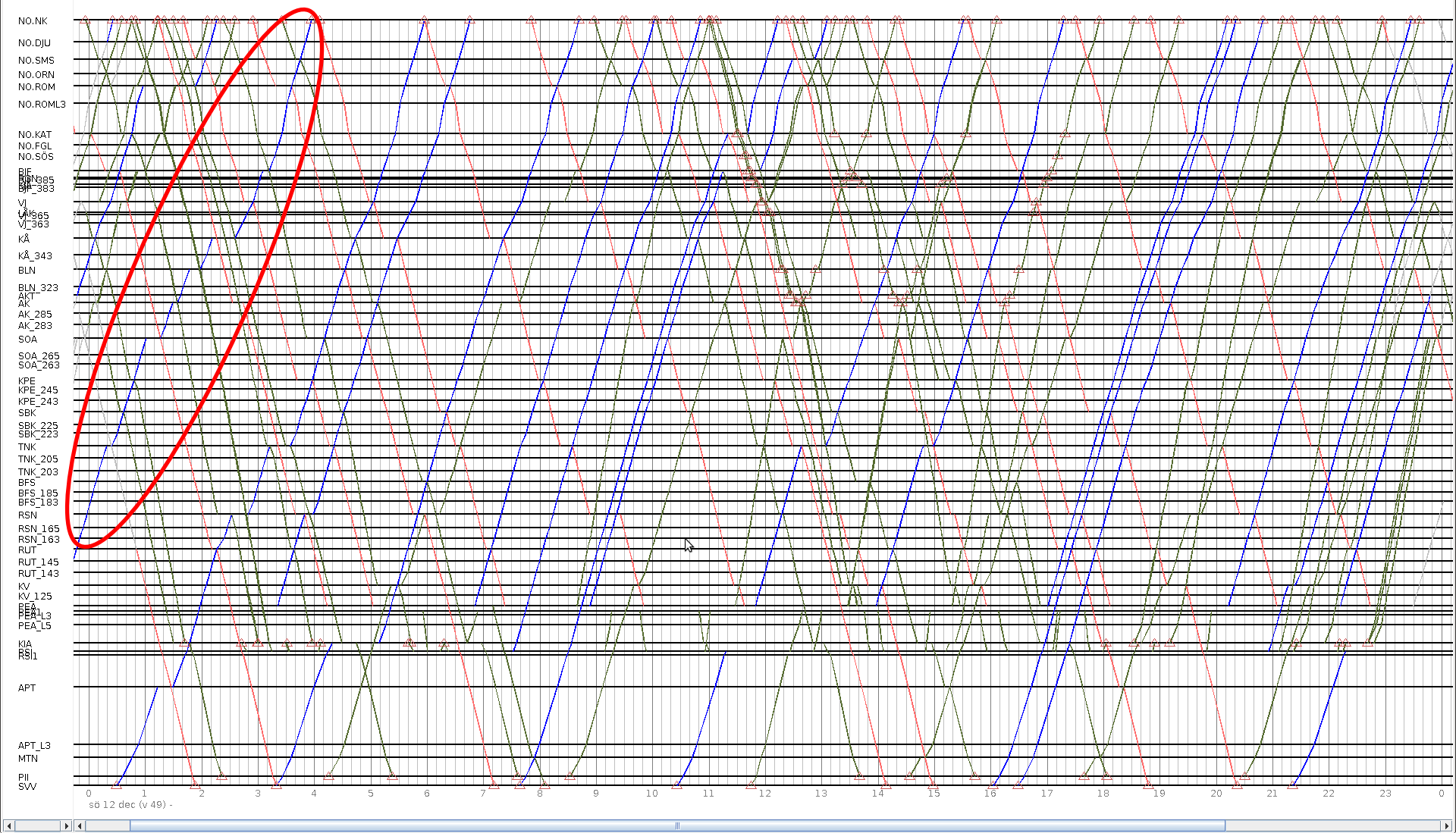
NK-SVV

Röda tåg: LKAB tomtåg

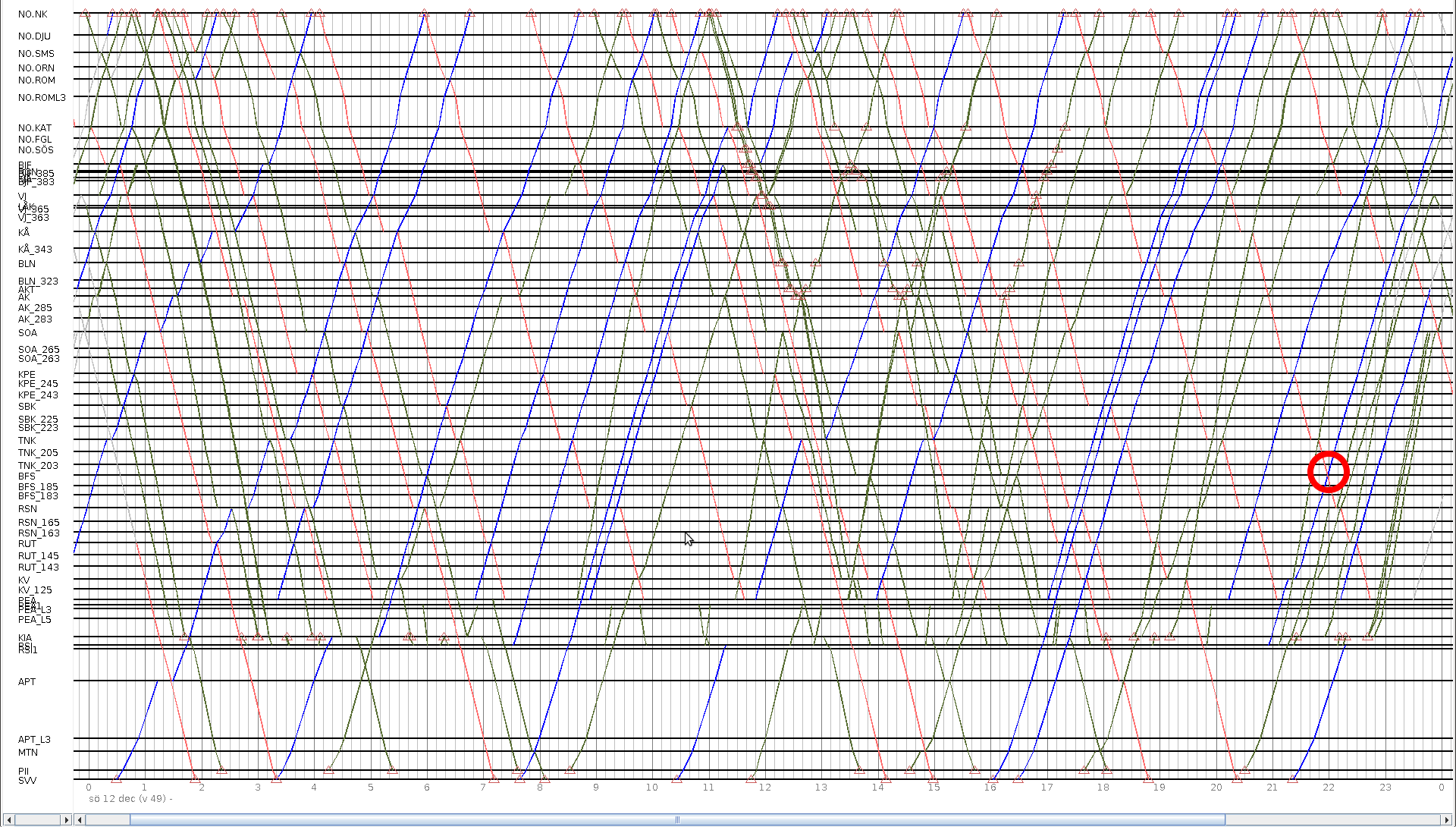
Blå tåg: lastade LKAB tåg

Gröna tåg: andra tåg





Det här tågläget avgår på “fel tid”, möter en mängd tåg i motsatt riktning  
Totalt 14 stopp för lastade tåg, detta tåg står ensamt för 6 av dessa 14 stopp



Ett brott mot samtidighet finns kvar (röd ring)

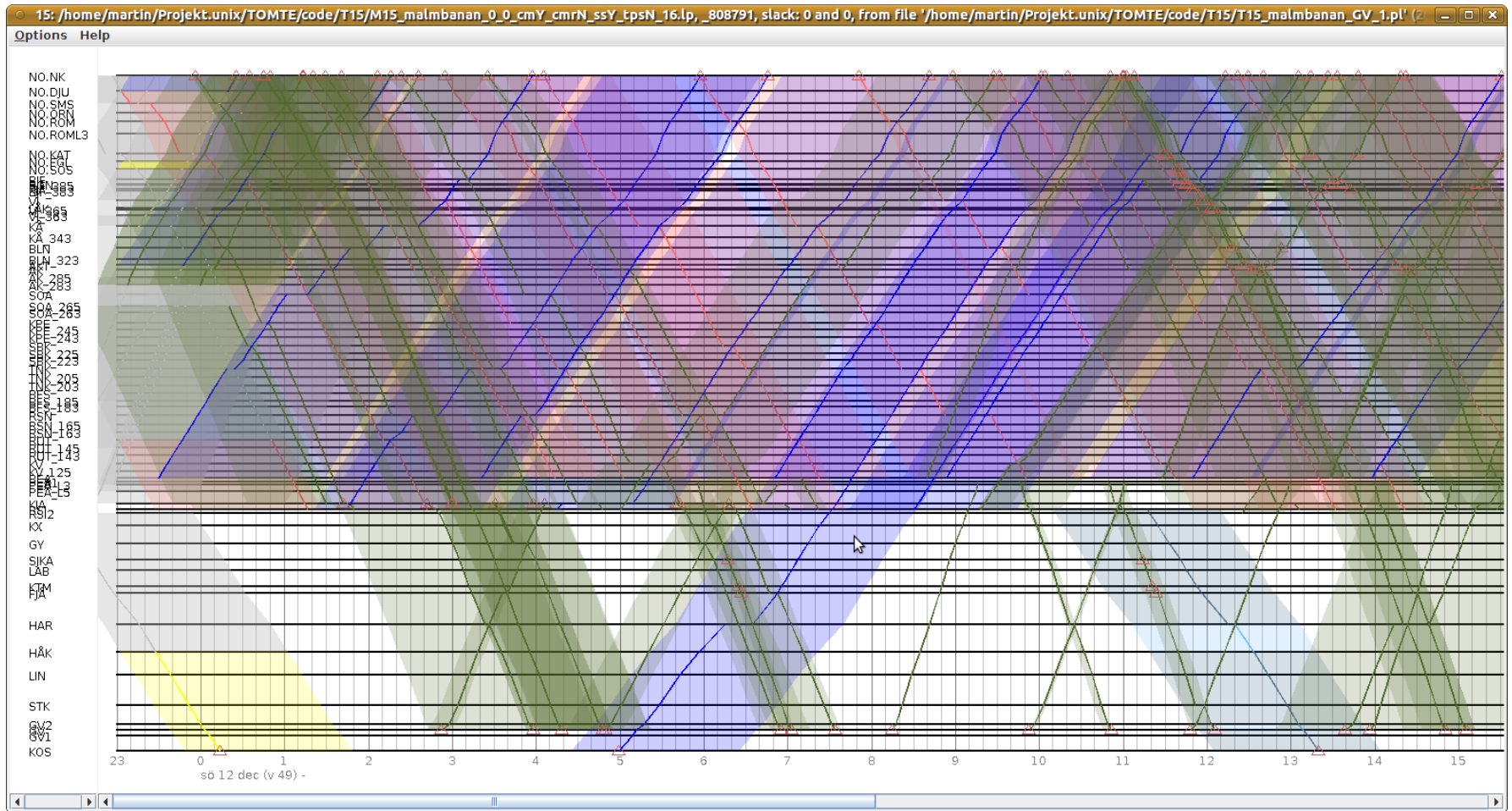
Ett förkortat stopp för tåg 93 i KMB (3:28 minuter), det kan lösas

# Maracas-resultat i korthet

---

- Inte bara “trycka på knappen”...
  - Maracasen designad att “tvätta” ett arbetsmaterial  
*inte skapa färdig lösning i en enda stor optimering*
  - Stora tidsfönster skapar mycket komplexitet  
*Att bara öka tidsfönstren är för naivt*
  - Iterera mellan konfliktreglera och konsolidera
    - Eliminera konflikter så långt möjligt
    - Extrahera nya tidtabeller från resultatet
    - Skapa nya tidsfönster, iterera  
*Görs delvis manuellt: Analysera var problem finns*
- Fortfarande ett hantverk

# Tidsfönster



# Fortsättning

---

- Analysera T16 tillsammans med Trafikverket
  - Finns intresse, kontakter tagna
  - Viktigt för underbyggande av resultaten
  - Kan övrig trafik få effektivare lägen?
    - T.ex. ARE-tågens ankomst till Narvik
- Analysera robusthet
  - Tillsammans med Trafikverket
- Analysera omloppen för lok och vagnar
  - Viktigt för LKAB att nyttja resurserna effektivt
  - Narvik ej helt under kontroll



# TOMTE

*TidtabellsOptimering för MalmTrafikens Expansion*

---

Tack för uppmärksamheten!

*Martin Aronsson*

*SICS*

`martin@sics.se`