

Simulace dopravní technologie



SP ŽUB
5.4.2017
MD ČR

Ing. Zdeněk Michl
taktici.cz, s.r.o.

Co je OpenTrack?

- Virtuální železniční laboratoř
- Nástroj pro zobrazení železniční reality na počítači
- Nástroj pro správu železničních projektů
- Komunikační prostředek vůči partnerům, úřadům,
...

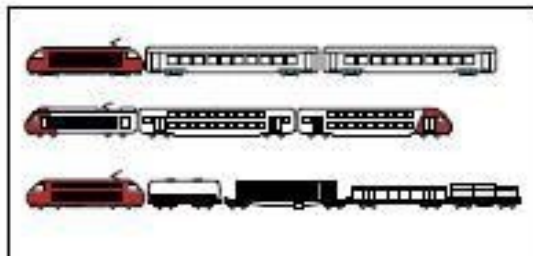
Co je simulováno?

- Všechny relevantní procesy železniční sítě
- Pohyby vlaků (poloha a rychlost)
- Chování zabezpečovacích systémů
- Řízení vlakové dopravy (priority, ...)
- Simulace zpoždění, poruch a vlivů

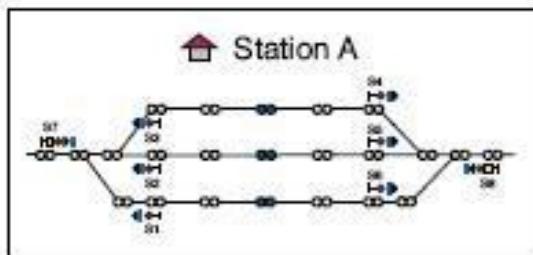
Typické příklady použití

- Doložení požadavků na infrastrukturu
- Kapacita tratí a uzlů
- Analýza chování trakčních vozidel
- Konstrukce a stabilita jízdního řádu
- Analýza návěstních a zabezpečovacích zařízení

Vstupy



Vozidla

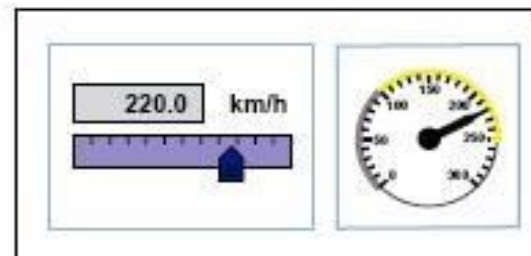


Infrastruktura

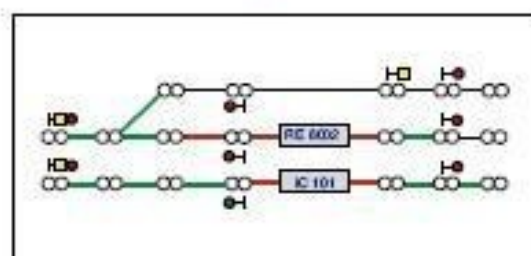
Course ID	Station	Arrival	Departure	Wait
IC 5000	KG	H+MM:SS	00:20:00	0
IC 5000	YPS	00:24:00	00:25:00	60
IC 5000	ODE	H+MM:SS	00:31:00	30
IC 5000	AAT	H+MM:SS	00:30:00	60
IC 5000	GFS	H+MM:SS	H+MM:SS	0
IC 5000	PEW	H+MM:SS	H+MM:SS	0
IC 5000	WED	00:55:00	H+MM:SS	60

Jízdní řád

Simulace

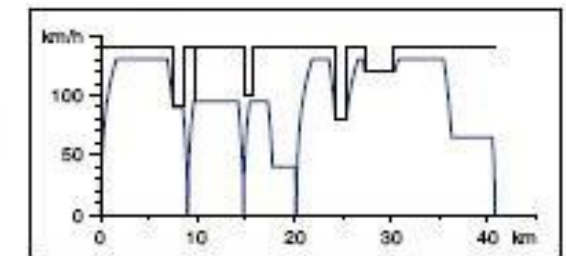


Vlivy

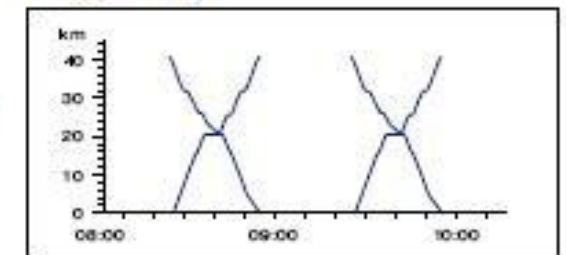


Animace

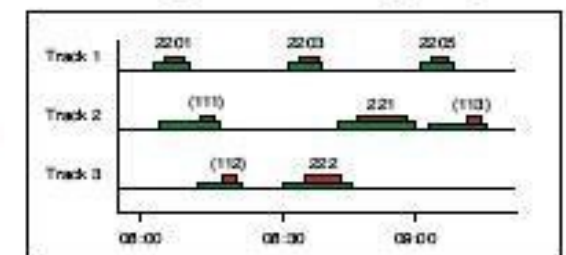
Výstupy



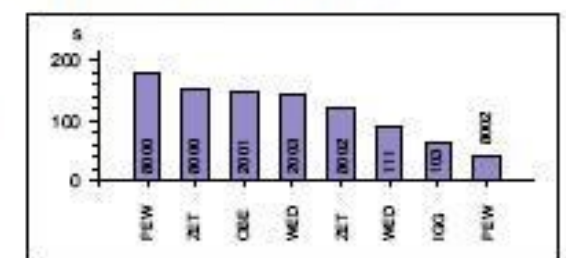
Diagramy



Grafikony vlakové dopravy



Obsazení hran a uzlů

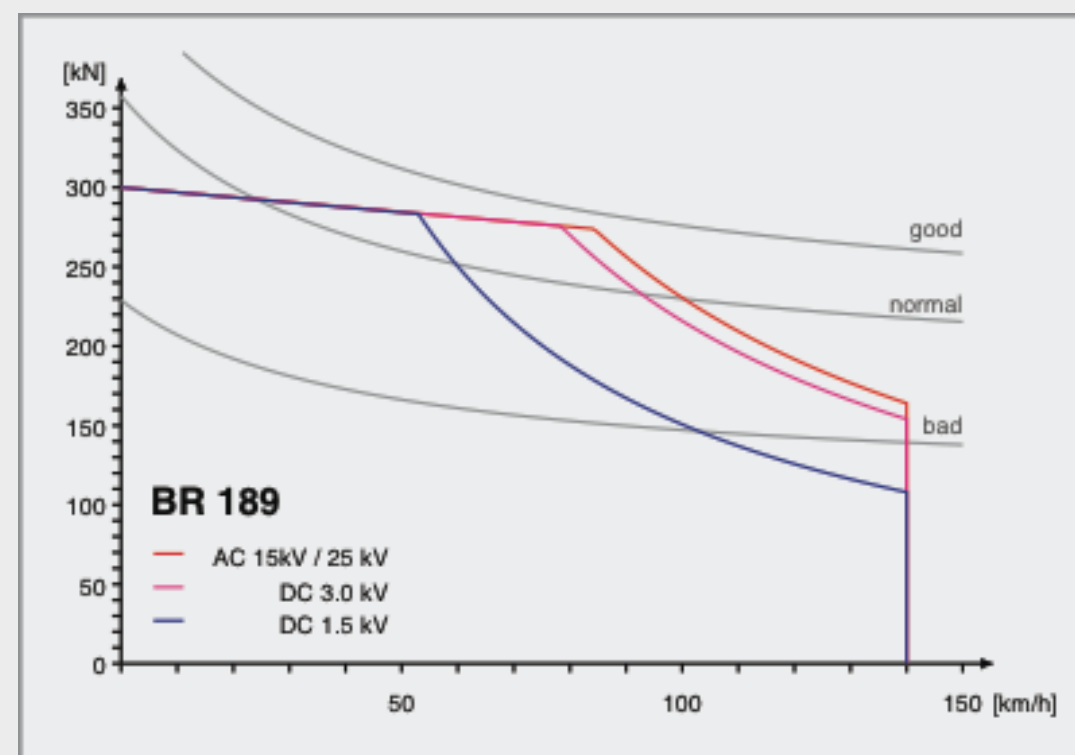


Statistiky

Vstup: Hnací vozidla / vozy



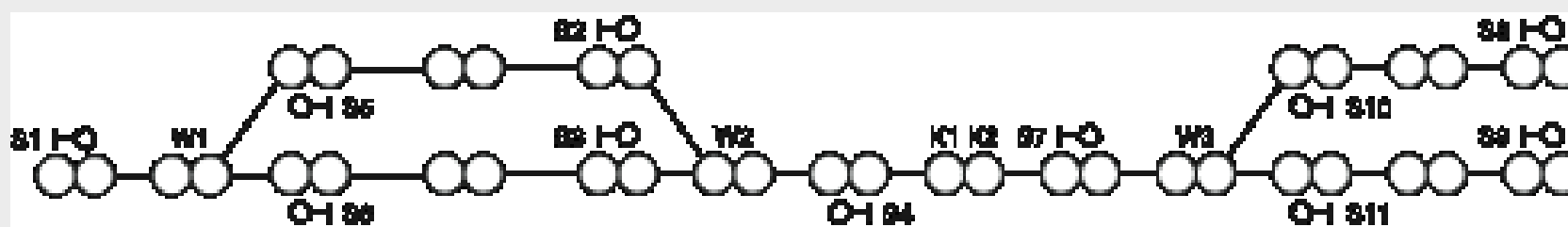
Lokomotiva ř. 189 dopravce DB AG



Trakční charakteristiky

Vstup: Infrastruktura

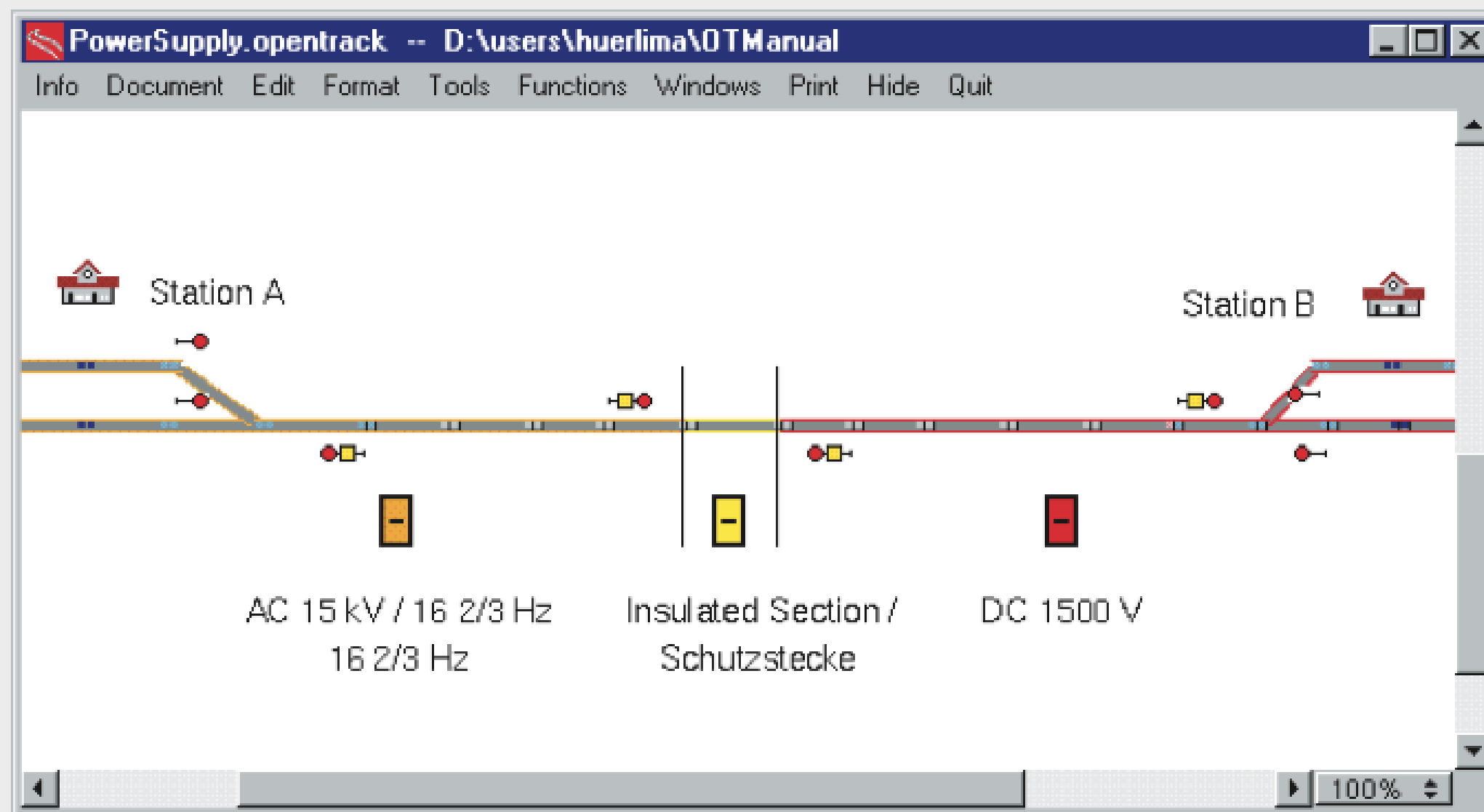
- Matematický model: dvoubodový graf



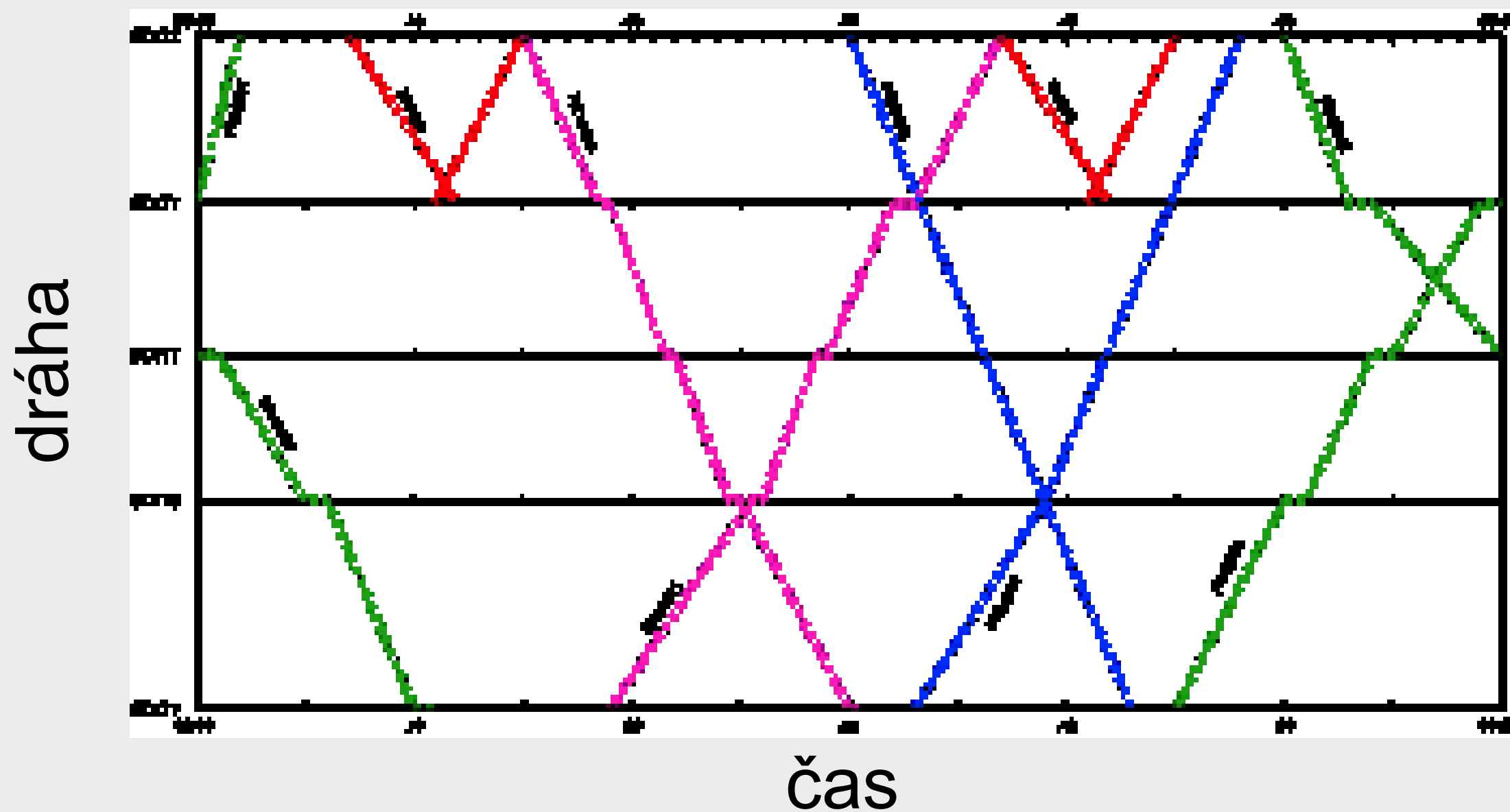
- Uživatelské rozhraní (GUI)



Vstup: Infrastruktura (napěťové soustavy)



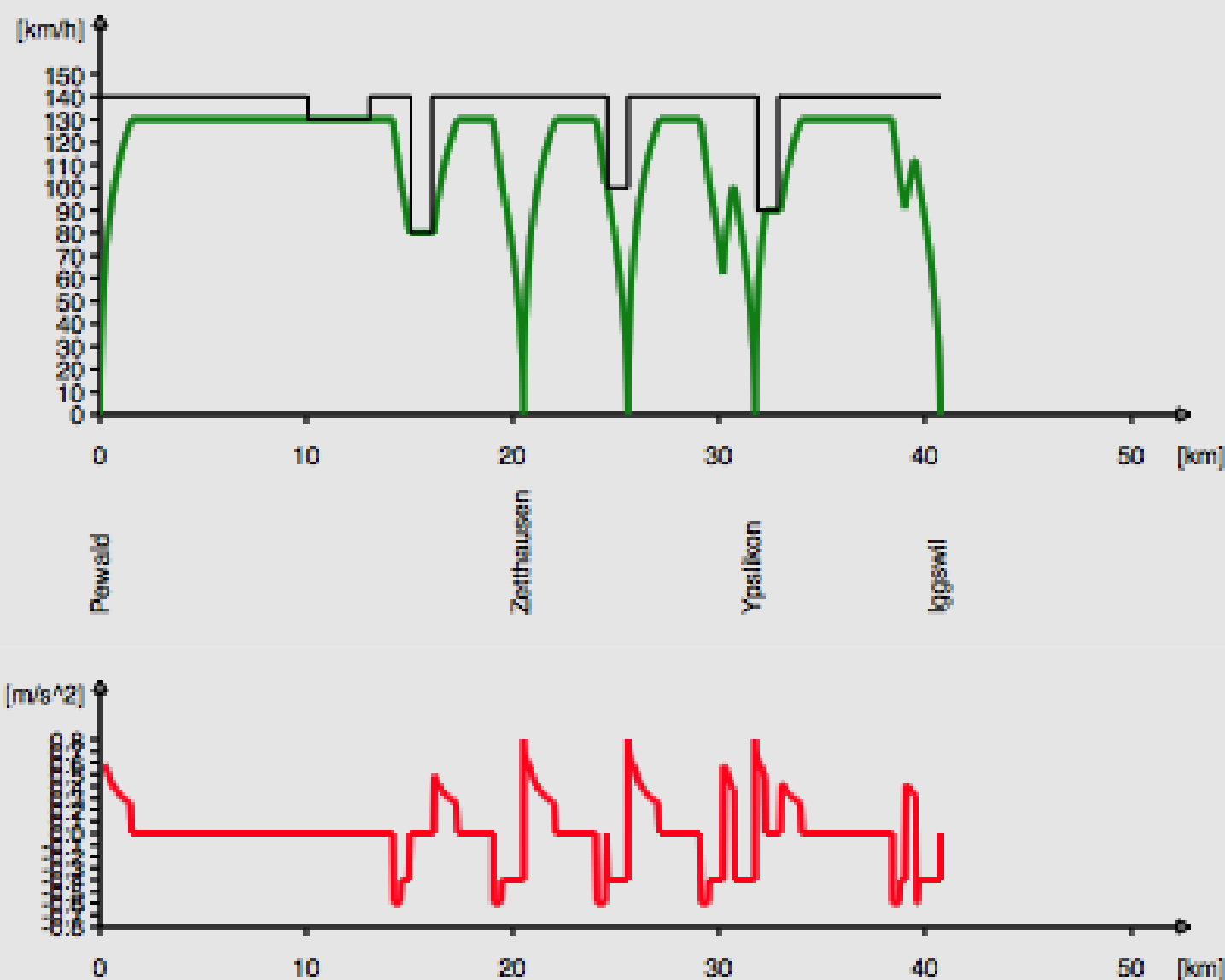
Vstup: data o jízdním řádu



Výstup: Grafy (rychlost na dráze)



S-Bahn Curych



Výstup: Výkon a spotřeba

Engines - Loss Function

Loss Function:

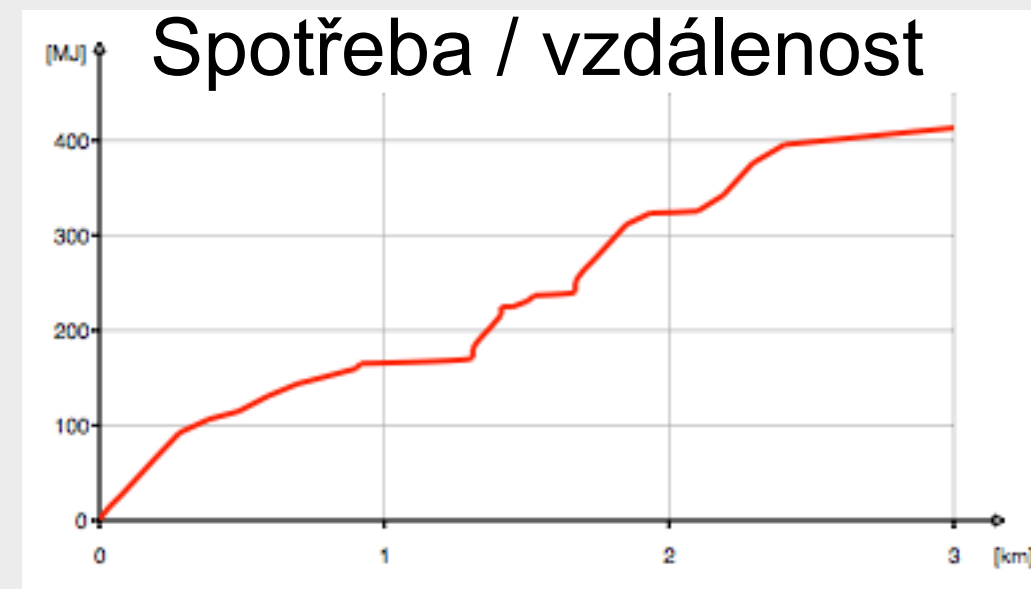
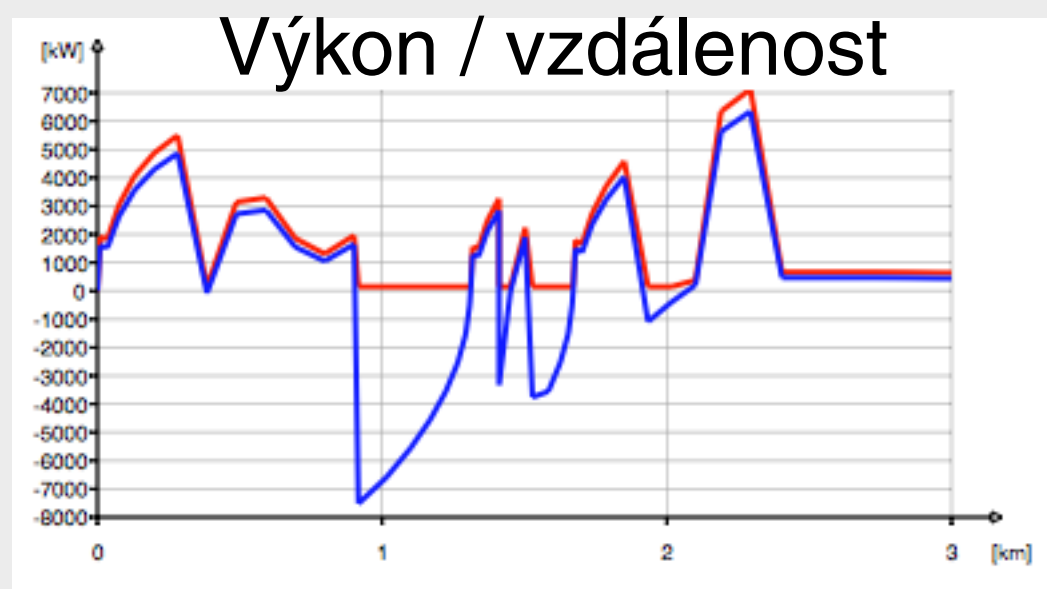
From [km/h]	To [km/h]	Loss Factor	P Loss [kW]
0	v max.	0.10	50.00

Delete Add

Cancel OK

Ztráty:

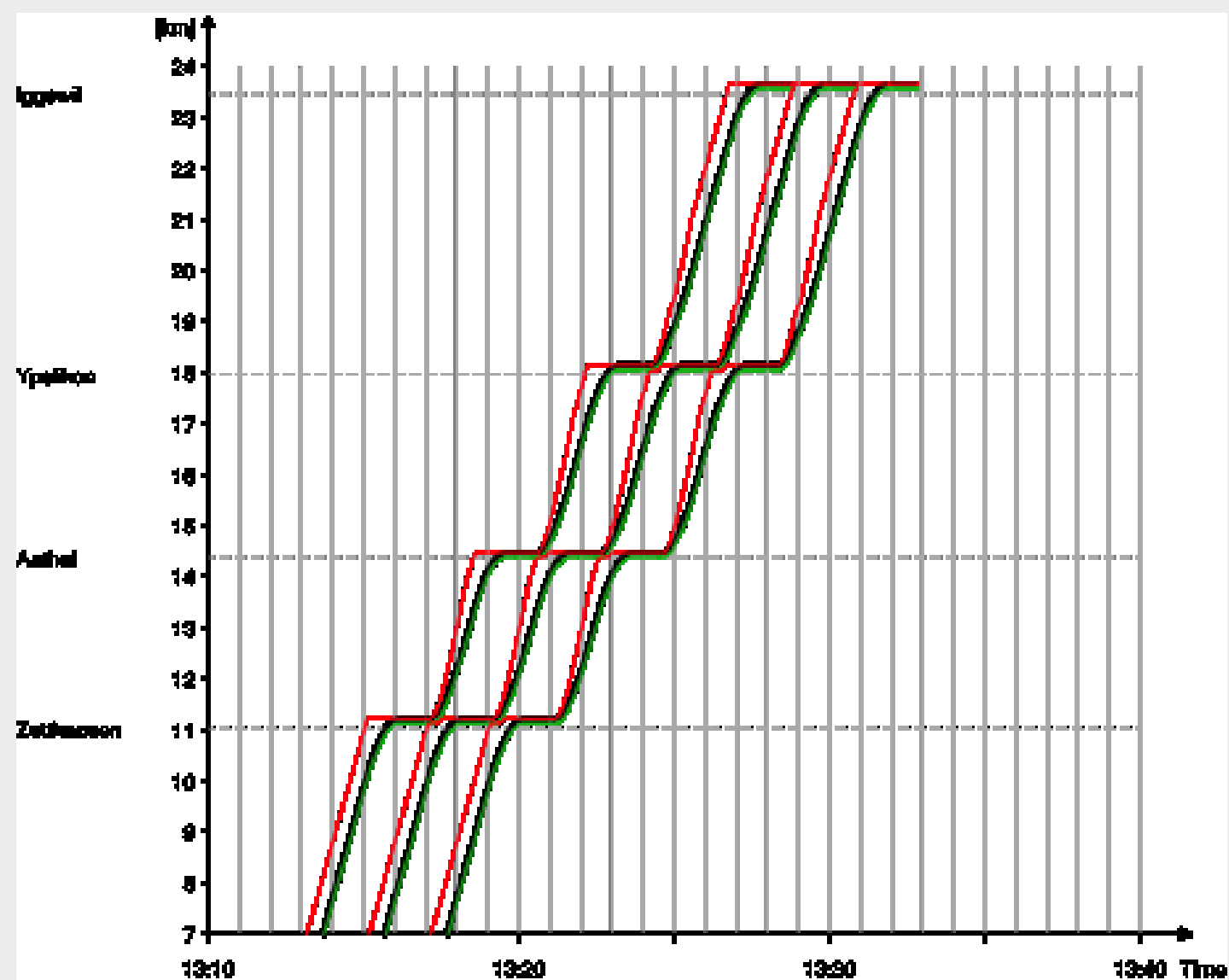
Na lokomotivu a na vůz



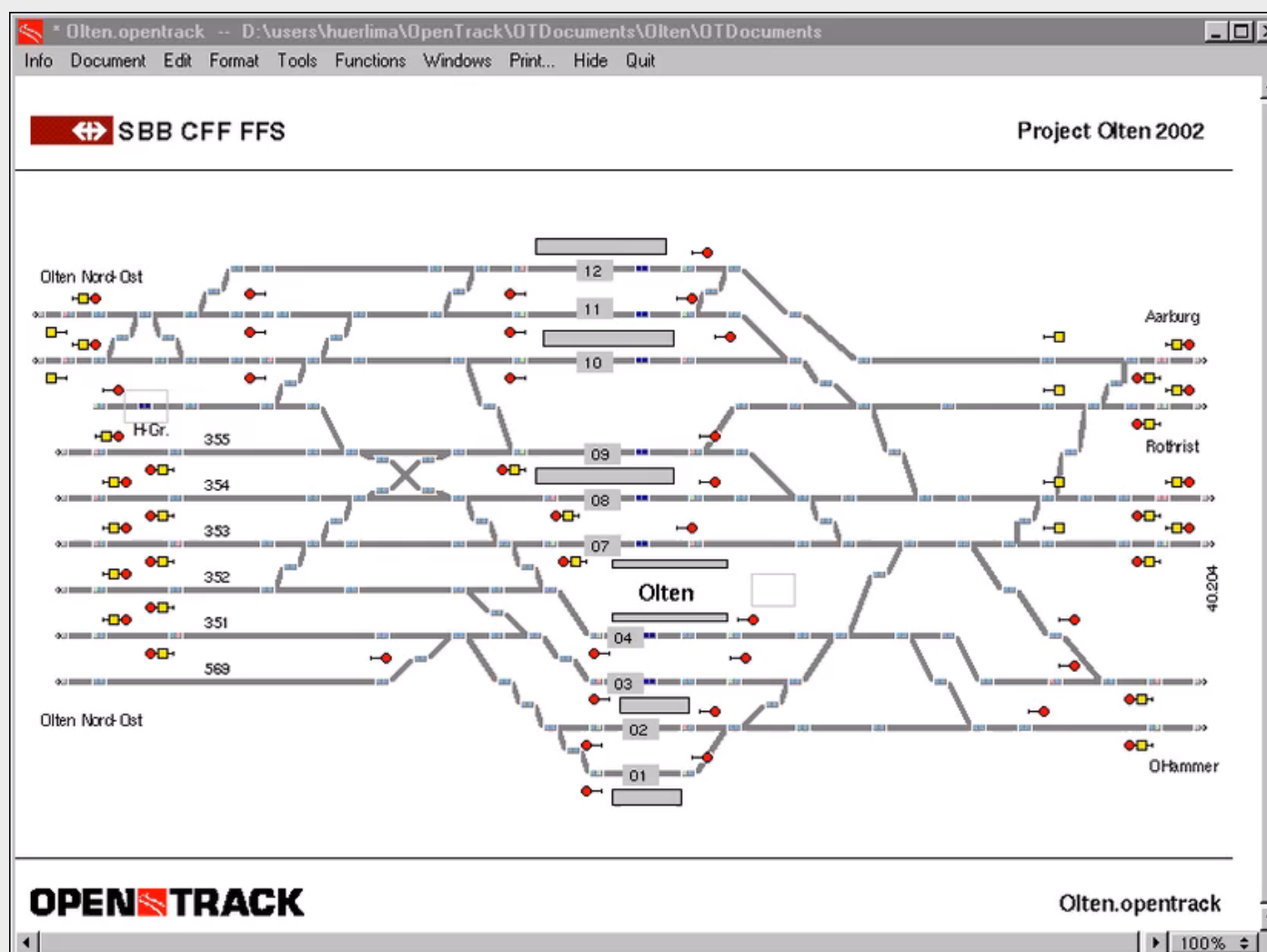
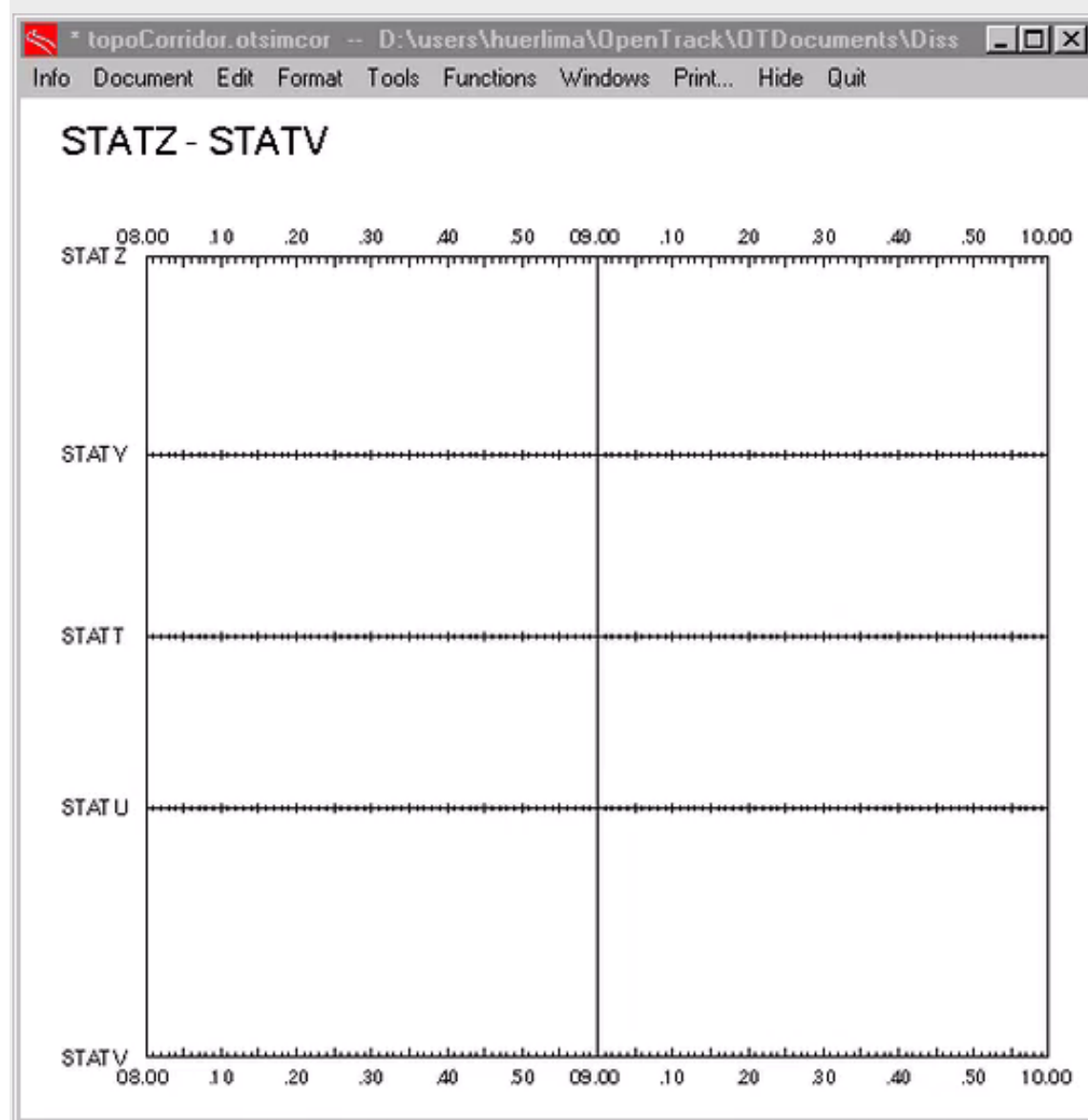
Výstup: grafy (dráha / čas)



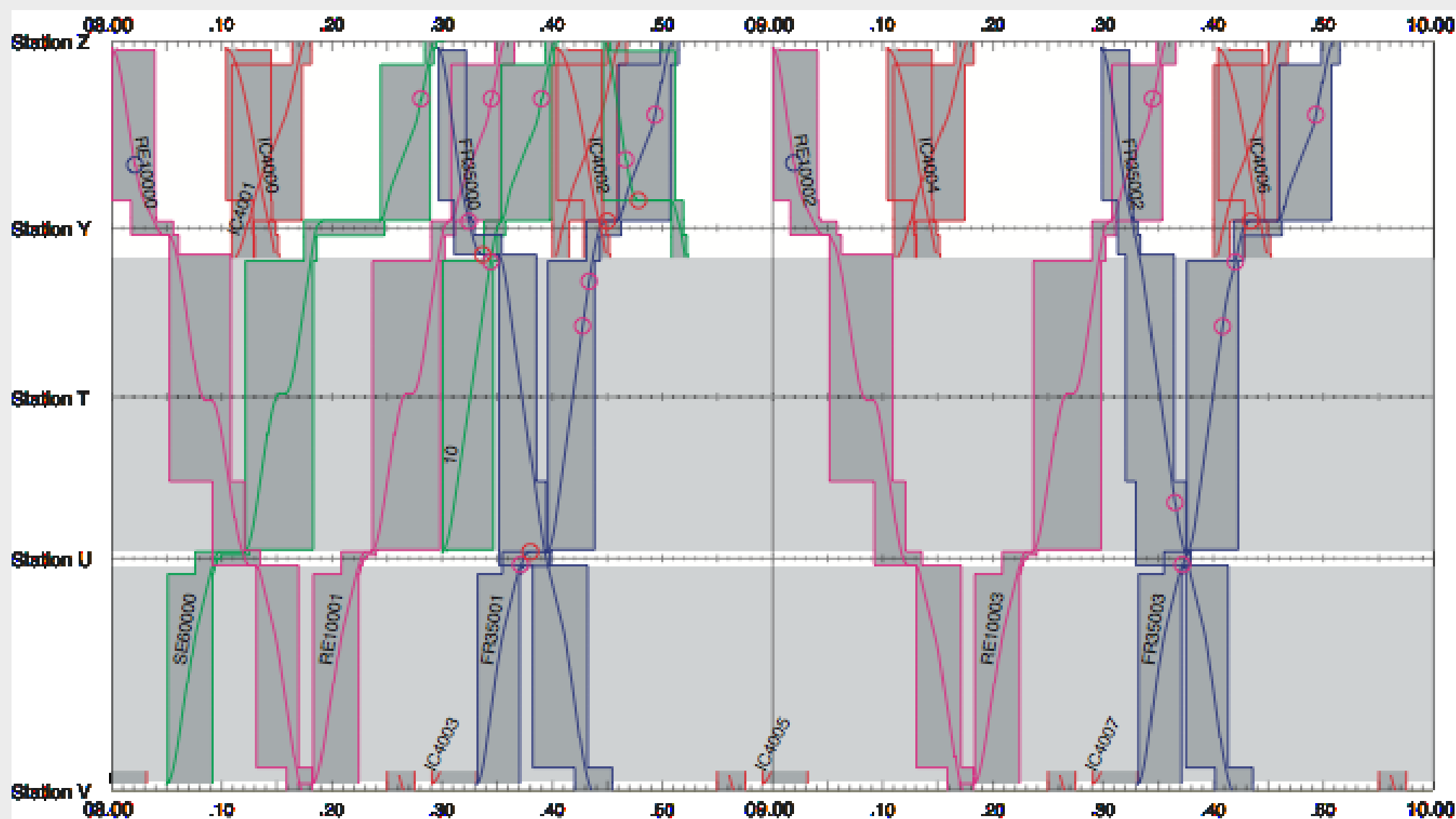
M stská dráha
Glattalbahn
Curych sever



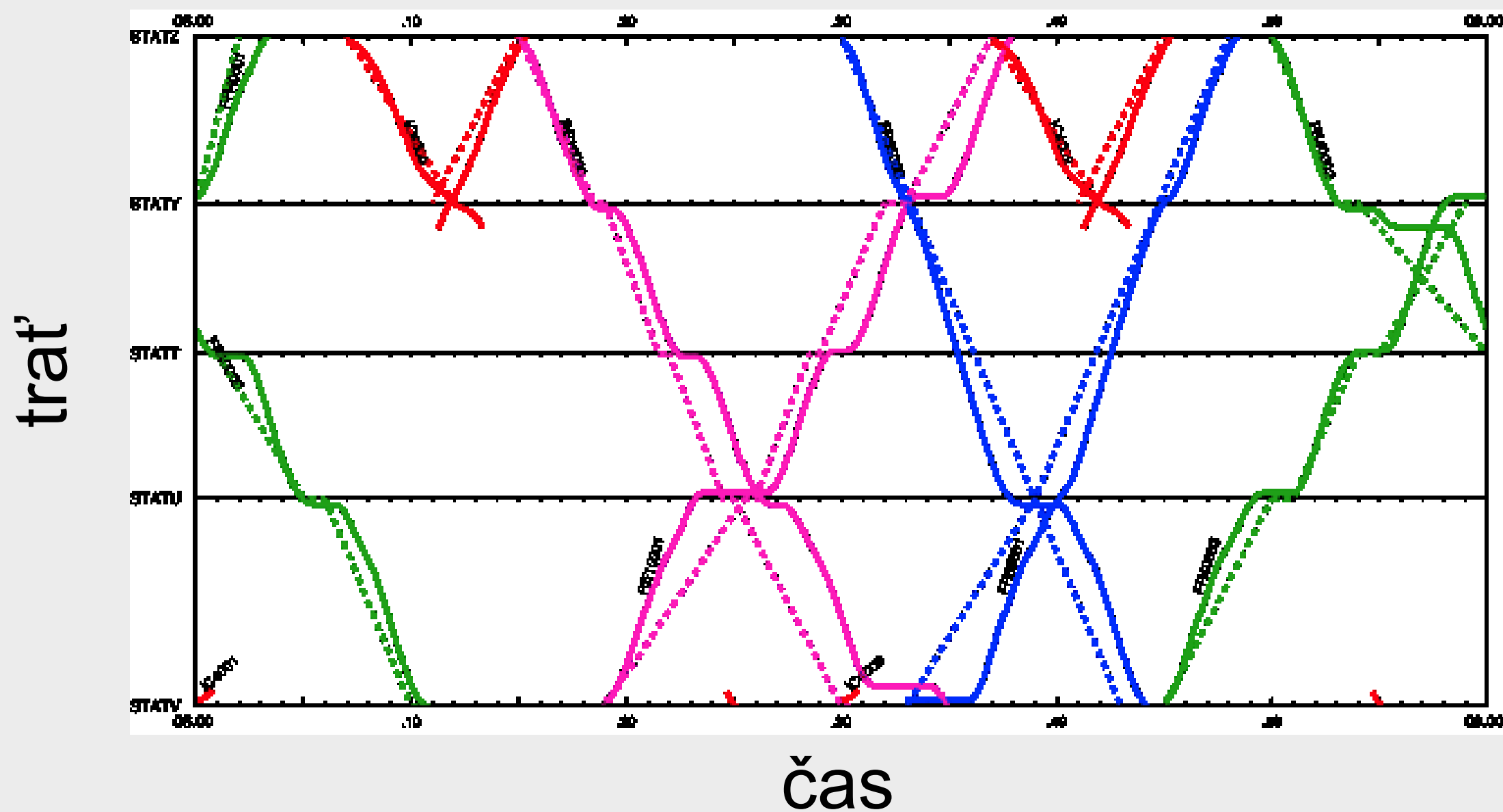
Výstup: nákresný jízdní řád a animace



Výstup: nákresný jízdní řád / pás dob obsazení



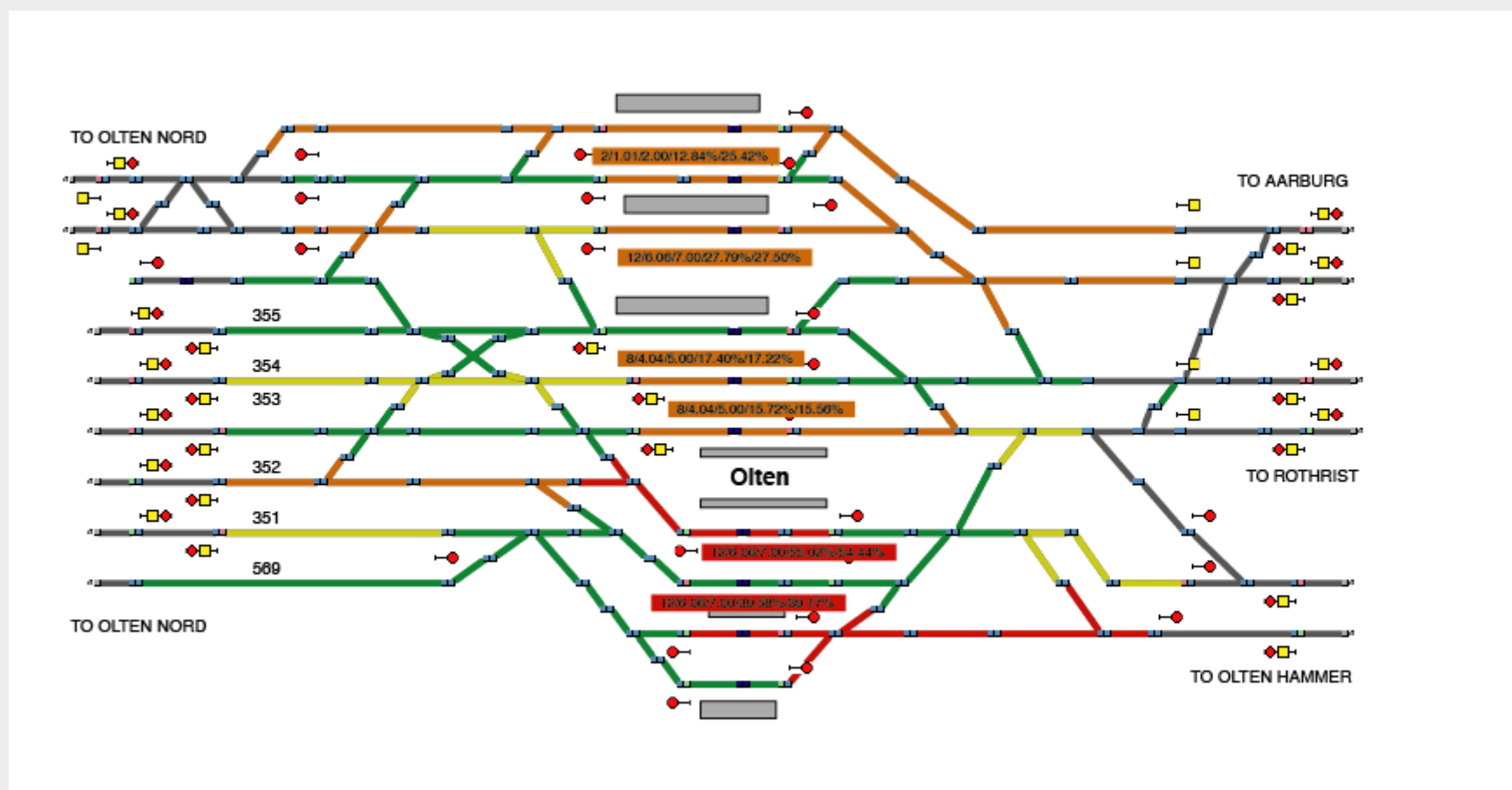
Výstup: Jízdní řád (porovnání plánu a skutečnosti)



Výstup: Jízdní řád (porovnání plánu a skutečnosti)

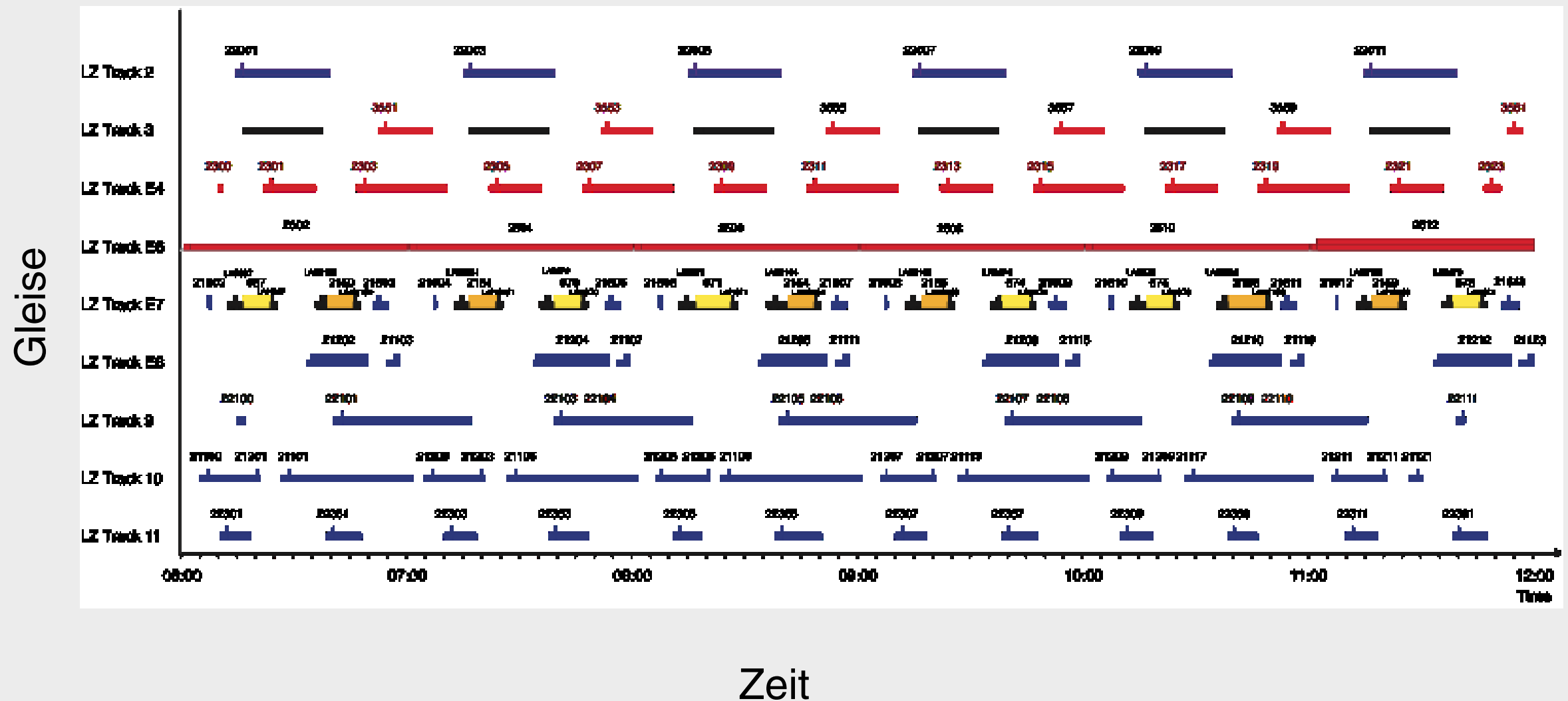
Station		Planned		Actual		Difference	
Station A	Dep.	08:15:00	29700	08:15:00	29700	+00:00:00	0
Station B	Arr.	08:19:00	29940	08:18:45	29925	-00:00:15	-15
Station B	Dep.	08:19:30	29970	08:19:30	29970	+00:00:00	0
Station C	Arr.	08:22:00	30120	08:22:15	30135	+00:00:15	15
Station C	Dep.	08:22:30	30150	08:22:45	30165	+00:00:15	15
Station D	Arr.	08:25:00	30300	08:25:25	30325	+00:00:25	25
Station D	Dep.	08:25:30	30330	08:25:55	30355	+00:00:25	25
Station E	Arr.	08:31:30	30690	08:32:10	30730	+00:00:40	40
Station E	Dep.	08:32:30	30750	08:33:00	30780	+00:00:30	30
Station F	Arr.	08:35:00	30900	08:35:00	30900	+00:00:00	0
Station F	Dep.	08:36:00	30960	08:36:00	30960	+00:00:00	0
Station G	Arr.	08:41:30	31290	08:41:00	31260	-00:00:30	-30
Station G	Dep.	08:42:00	31320	08:42:00	31320	+00:00:00	0
Station H	Arr.	08:45:00	31500	08:45:15	31515	+00:00:15	15

Statistika dob obsazení

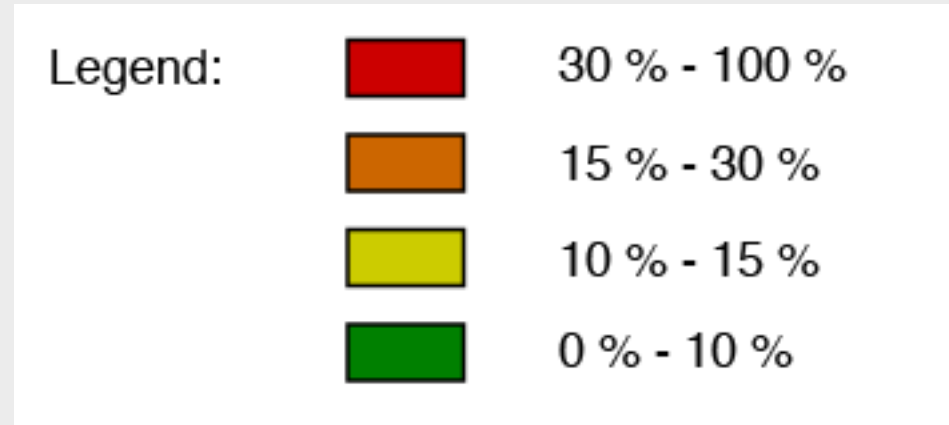
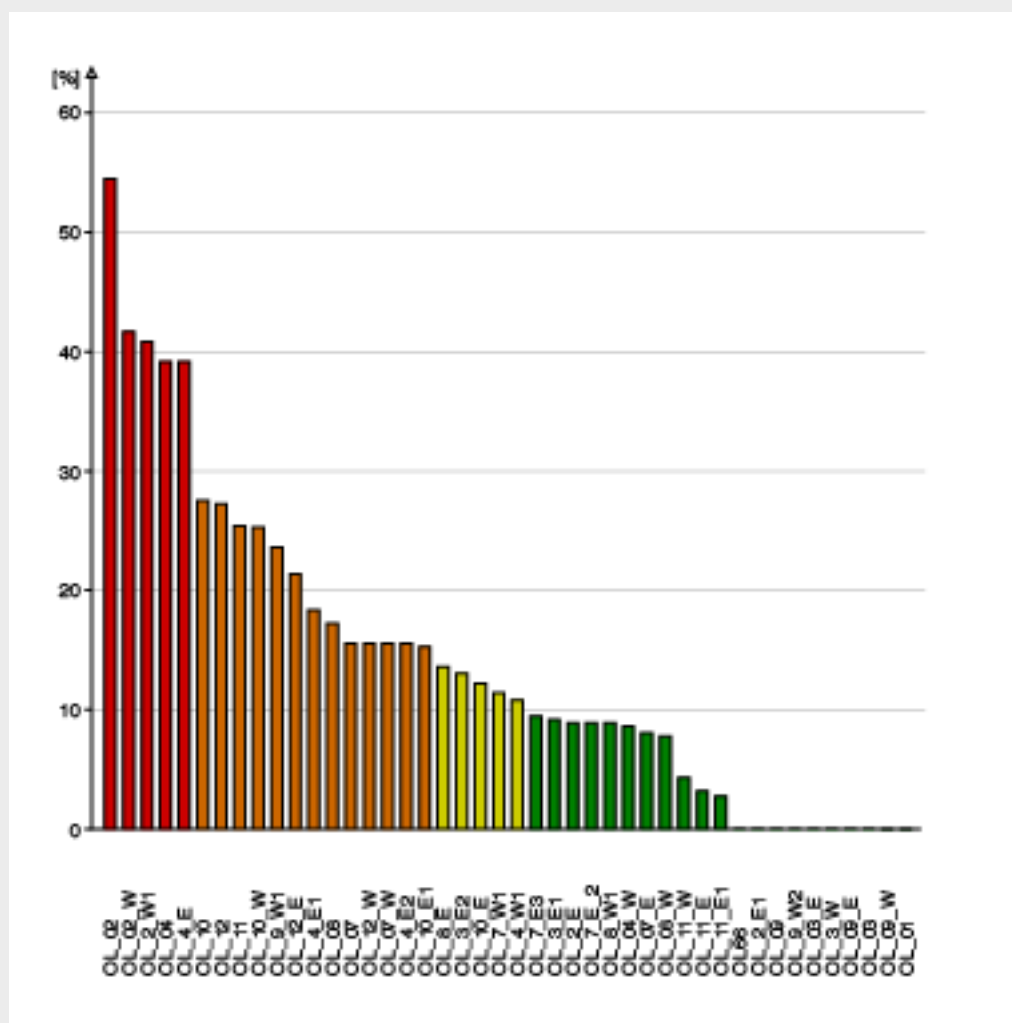


Stupeň obsazení ve špičkové hodině

Výstup: Obsazení kolejí ve stanicích



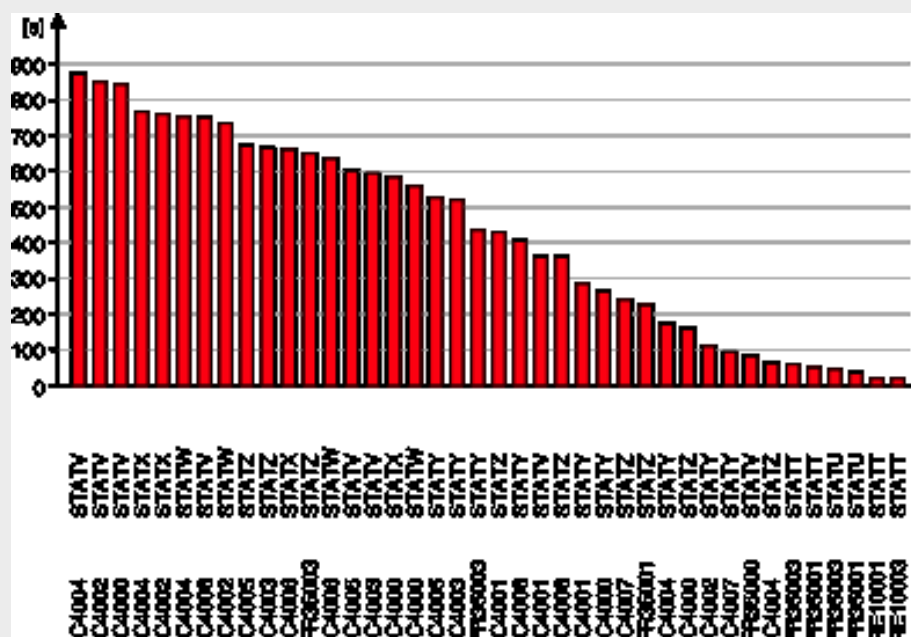
Statistiky dob obsazení



Stupeň obsazení ve špičce

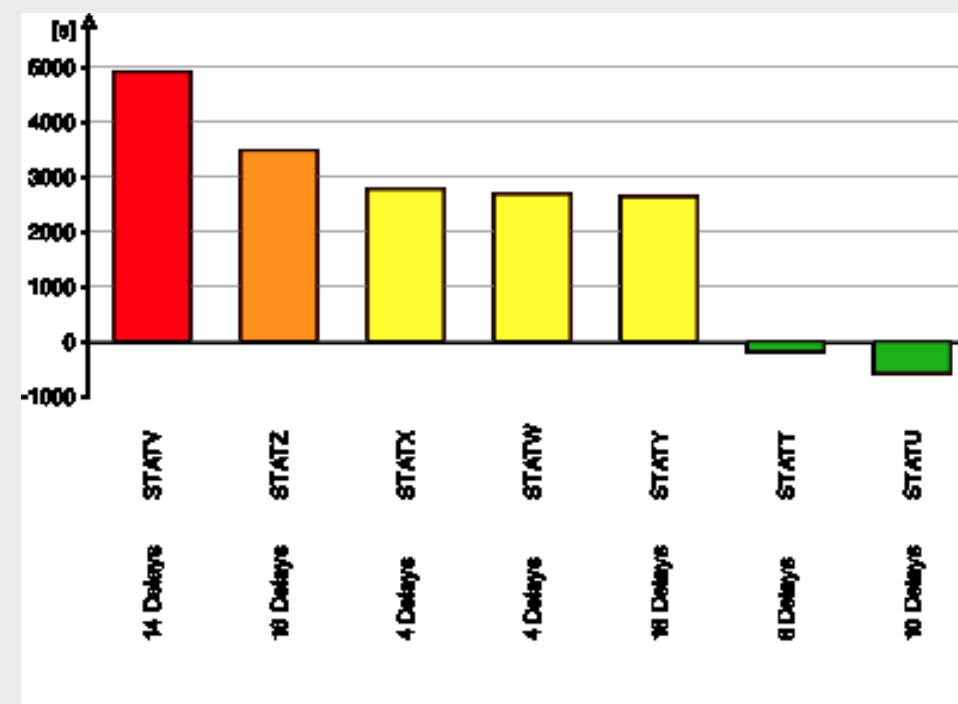
Výstup: Statistiky zpoždění

zpoždění



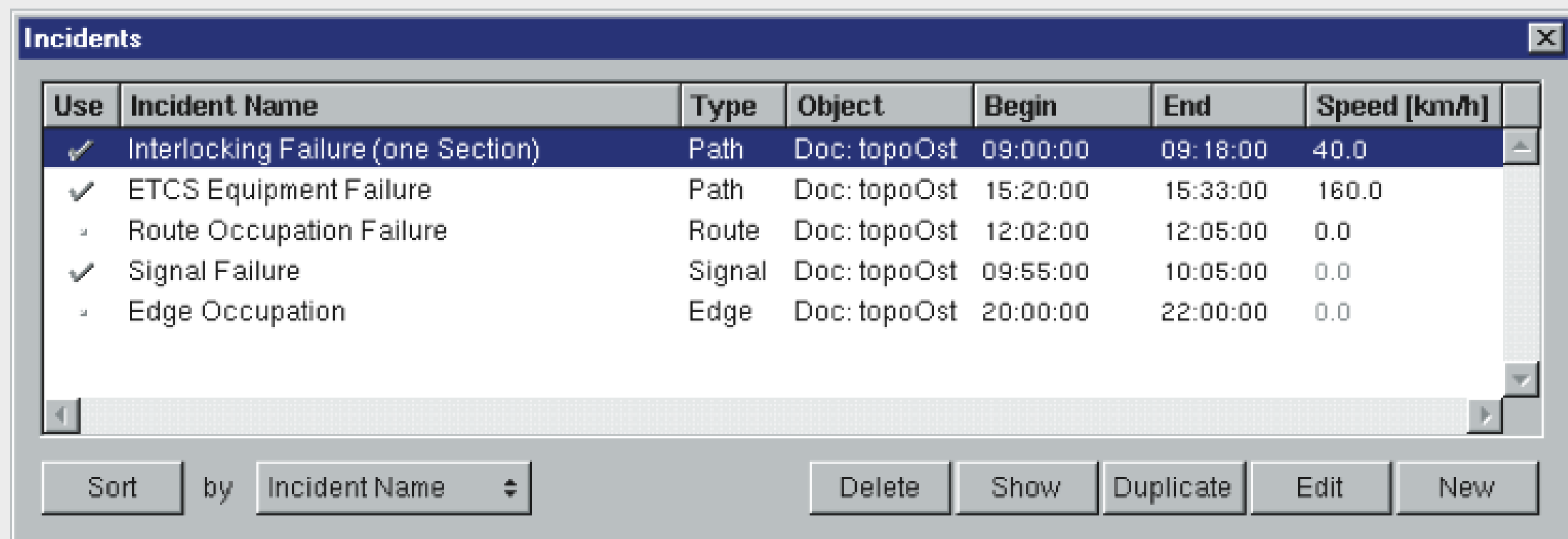
vlaky

zpoždění



stanice

Simulace poruch a vlivů



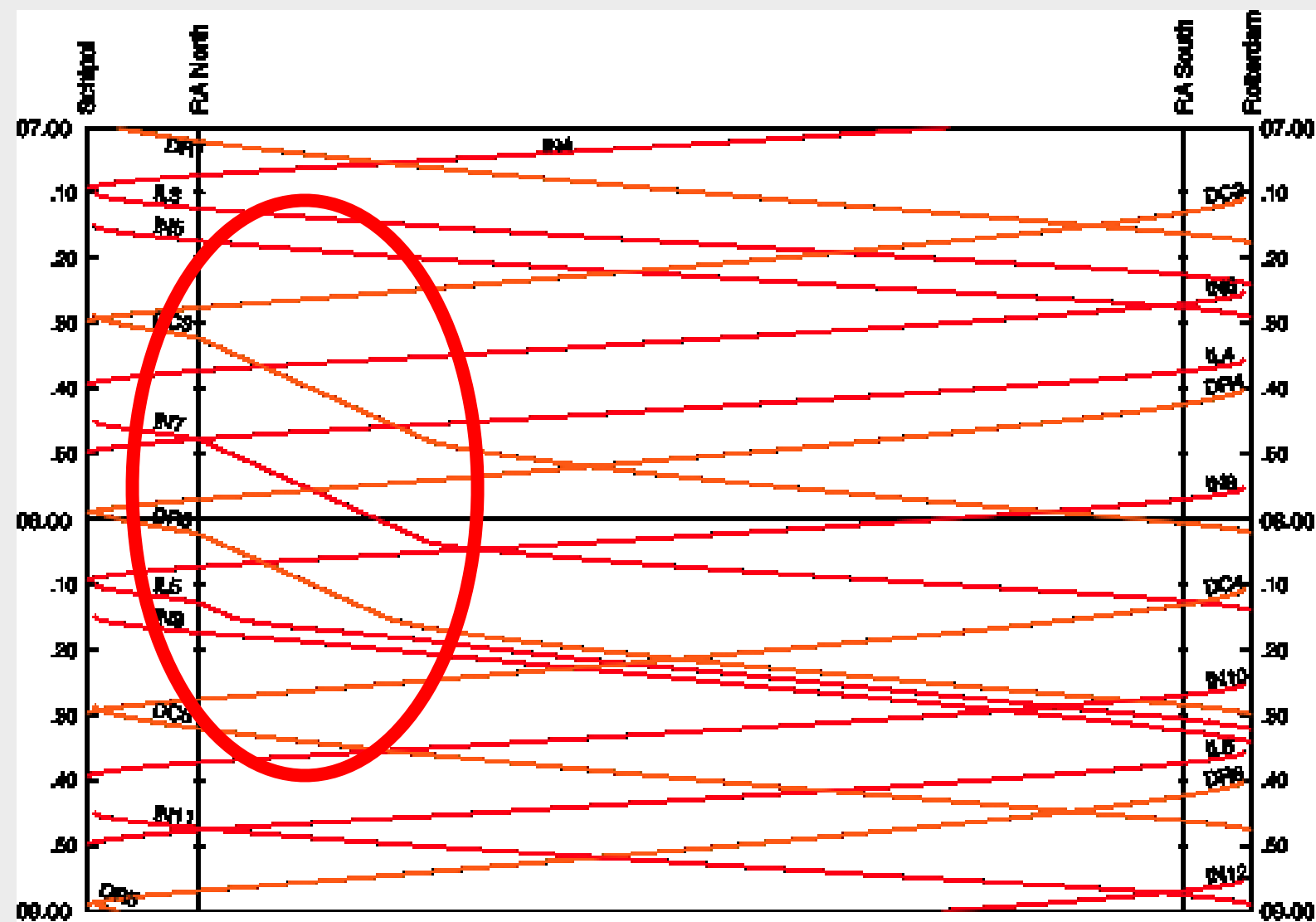
Use	Incident Name	Type	Object	Begin	End	Speed [km/h]
✓	Interlocking Failure (one Section)	Path	Doc: topoOst	09:00:00	09:18:00	40.0
✓	ETCS Equipment Failure	Path	Doc: topoOst	15:20:00	15:33:00	160.0
•	Route Occupation Failure	Route	Doc: topoOst	12:02:00	12:05:00	0.0
✓	Signal Failure	Signal	Doc: topoOst	09:55:00	10:05:00	0.0
•	Edge Occupation	Edge	Doc: topoOst	20:00:00	22:00:00	0.0

Sort by Incident Name

Delete Show Duplicate Edit New

Definice poruch, vlivů a zpoždění

Simulace poruch a vlivů



Výsledek simulace

Obsah

- Cíle simulace provozu
- Výchozí stav
- Navržený stav
- Metodika
- Podklady

Cíle simulace provozu

- Provozní ověření
- návrhu kolejového řešení vč. prvků zabezpečovacího zařízení
- provozního konceptu linek osobní i nákladní dopravy
- technologického provozního řešení (přidělení kolejí)
- při dynamickém zatížení systému (prověření možného plnění navrženého JŘ a možností eliminace nebo šíření zpoždění).
- Výstupy:
- kvalitativní hodnocení kvality provozu (stability) jednotlivých linek, segmentů a celkem
- identifikace úzkých hrdel a návrh možných opatření / úprav technického řešení

Kapacita

Závisí na

- počtu vlaků v příslušném traťovém- / staničním úseku či oblasti,
- předpokládané infrastruktuře,
- zvoleném provozním konceptu,
- požadované / stanovené kvalitě,
- délce trvání příslušného období.

Pro vyhodnocování kapacity slouží ukazatele

- rozsah nezbytné infrastruktury
- velikost celkové časové rezervy
- velikost přírážek k jízdním dobám
- přenos zpoždění mezi jednotlivými vlaky
- realizovaný provozní koncept

Nástroj - OpenTrack

- Virtuální železniční laboratoř
- Aplikovaný výzkum ETH v Curychu
- Více než 230 uživatelů ve 46 zemích
- Nepřerušný vývoj od roku 2000
- 10 let zkušeností s implementací v ČR

Základní schopnosti:

- Analýza stability jízdního řádu a nových provozních konceptů
- Analýza vlivů různých zabezpečovacích zařízení
 - (oddílové a lineární systémy, ETCS, pohyblivý blok)
- Stanovení požadavků na železniční infrastrukturu
- Analýza kapacity tratí a stanic
- Podklad pro operativní rozhodování, například přeložení křižování či odklony

Výchozí stav požadavků

Dle zvláštních podmínek SŽDC pro SP ŽUB projdou simulací 4 projektové varianty:

- A
- B1
- B2
- varianta bez projektu
- Očekáván byl vždy výběr podvarianty k prověření simulací.

Simulované varianty

Na základě konzultací s vyšším zadavatelem bylo projednáno prověření simulací u variant:

- bez projektu
- A
- Ab
- B1d
- B1f

Simulován bude provozní koncept v horizontu 2035 (realizace navazujících projektů) a 2050 (realizace VRT Praha a Vranovice)

Simulované stavy

Provozní koncept a jízdní řád zpracován pro horizont 2035 a 2050 (u varianty bez projektu 2025 a 2030).

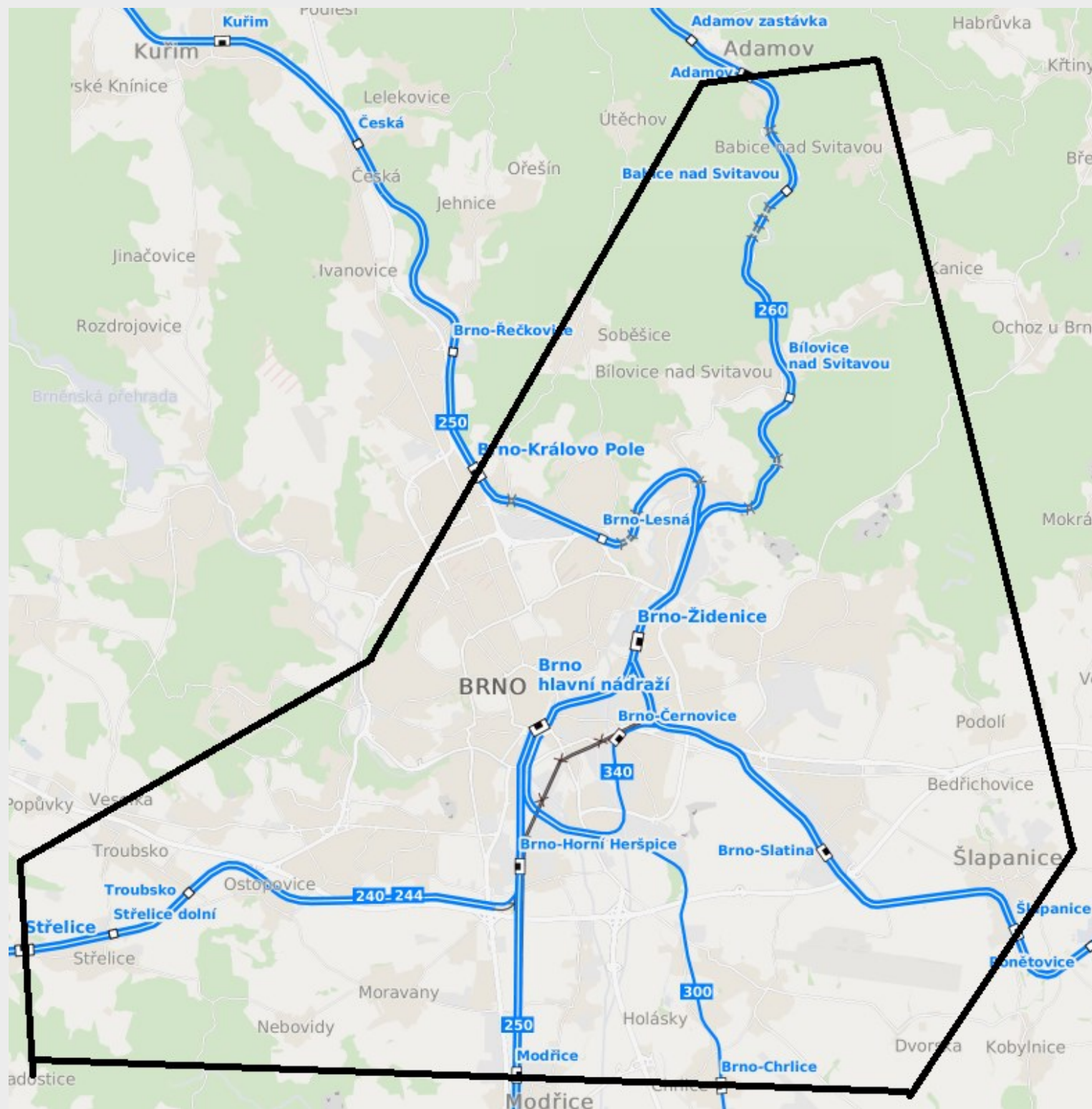
Simulace provedena jako vícenásobná simulace pro 4 hodinové špičkové provozní období.

Simulace provozu předpokládá stavy:

- bez poruch a bez vstupních zpoždění
- bez poruch, se vstupním a primárním zpožděním

Oblast simulace je shodná s podkladovou studií Dopracování variant řešení ŽU Brno (drobná rozšíření směr Střelice, Adamov a Šlapanice).

Pro ověření stability navrhovaného řešení bude použito metody porovnání sumy vstupních a výstupních zpoždění ze systému jednotlivě pro linky, jednotlivé vrstvy vlaků a sumárně pro veškeré vlaky.



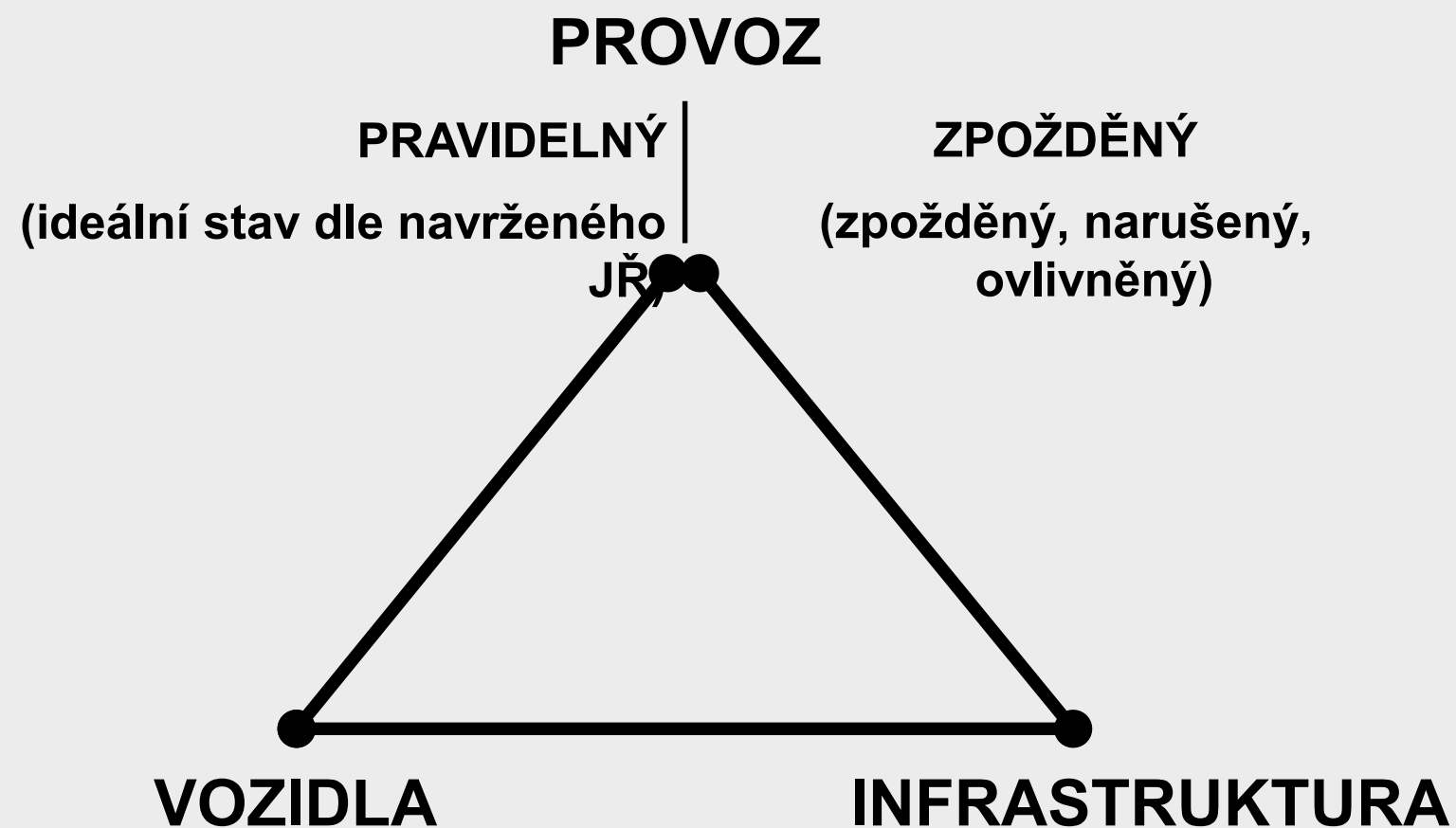
Simulační model

Úplný model

- Vozidel (hnacích, hnaných, souprav)
- Infrastruktury (na úrovni sledovaných prvků)
- Jízdního řádu (časové polohy, intervaly a návaznosti linek, zpoždění, potenciální trasy, zjednodušeně oběhy)

Vozidla a jízdní řád jsou převzata z dopravně-technologického řešení, infrastruktura pak z kolejového řešení rozšířená o zjednodušený model zabezpečovacího zařízení.

Interakce jednotlivých částí systému



Model infrastruktury - podklady

U projektových variant odsouhlasené polohy výhybek, návěstidel (případně balíz, kolejových obvodů, počítačů náprav pro vlakové cesty)

Především ve variantě Bez projektu pak

- nové traťové rychlosti dotčené stavbou malého ŽUBu
- polohy všech výhybek a návěstidel (případně také změny trasování jednotlivých kolejí, pokud se měnily)

Pro ostatní práce na dopravní technologii

- pro výluky SP ŽUB změna uspořádání Brna dolního nádraží var. B (nová nástupiště, jejich délka apod.).
- dopravního schéma „malého ŽUBu“

Model jízdního řádu

- Model využívá výstupů ze zpracované dopravní technologie. Samotný jízdní řád je doplňován o technologické úkony (přistavení, odstavení, přechody souprav)
- Modelové soupravy využívají trakční charakteristiky použité v předchozích studiích doplněné o nová vozidla, jízda modelových vlaků je kalibrována.

Stav zpracování

- Vytvořeno všech 10 modelů infrastruktury a JŘ
- Varianty Bez projektu – vyhodnoceny, zpracována zpráva
- Varianty A – provedena, probíhá kompletace závěrečné zprávy
- Varianty B – sestaveny modely, odladěn model bez zpoždění, probíhá optimalizace zpožděných modelů
- Výstupy zpožděných variant budou vyhodnoceny.

Výstupy simulace

- Splněné grafiky varianty včas
- Splněné grafiky varianty zpožděné (střední hodnoty zpoždění u všech vlaků)
- Obsazení staničních kolejí a prvků
- Průměrné vstupní a výstupní hodnoty zpoždění
- Klasifikace systému s ohledem na robustnost vůči nepravidelnostem jízdního řádu (A-D) po jednotlivých linkách a provozních segmentech
- Závěr – doporučení pro zlepšení stability kritických linek a prvků infra, celkové zhodnocení varianty

Naše řešení žijí Vašimi cíli.



Ing. Zdeněk Michl
Ing. Martin Sojka
taktici.cz, s.r.o.

Dittrichova 328/19
120 00 Praha 2, Nové Město
+420 245 501 171
<http://www.taktici.cz/>