



Doplňující údaje:

Rev.	Datum	Popis	Zpracoval	Kontroloval	Schválil
0	21.05.2014	první vydání	kolektiv	Ing. Hartman	Ing. Babič
				v.r.	v.r.

<b>Objednatel:</b> <b>SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY, státní organizace</b> Dlážděná 7/1003, CZ-110 00 Praha 1 web: www.szdc.cz		 Správa železniční dopravní cesty	<b>Souprava:</b>	
<b>Zhotovitel:</b> <b>IKP Consulting Engineers, s.r.o.</b> Jankovcova 1037/49, Classic 7 – budova C, CZ-170 00 Praha 7 tel: +420 255 733 111, fax: +420 255 733 605 e-mail: info@ikpce.com, web: www.ikpce.com			 CONSULTING ENGINEERS	
<b>Projekt:</b>  <h2 style="text-align: center;">Dopracování variant řešení ŽU Brno</h2>			Číslo projektu:	<b>1 1 2 8 5 3</b>
			Vedoucí projektu:	Ing. Tomáš Hartman
Kraj: Jihomoravský	Okres: Brno-město, Brno-venkov		Stupeň:	studie
<b>Obsah:</b>  ČÁST F – DOPLŇUJÍCÍ DOKUMENTACE, ÚPRAVA TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ VARIANTY A - ŘEKA F.2 Podrobné dopravně technologické posouzení varianty A - Řeka  <h2 style="text-align: center;">OVĚŘENÍ DOPRAVNÍ TECHNOLOGIE VARIANTY A SIMULACÍ PROVOZU</h2>			Datum:	viz výše
			Archiv:	
			Formát:	87 A4
			Měřítko:	-
			<b>Část:</b>	<b>Dokument:</b>
<b>F.2</b>	<b>002</b>			



**OBSAH:**

<b>1.</b>	<b>POJEM SIMULACE .....</b>	<b>6</b>
1.1.	Cíle studie .....	7
<b>2.</b>	<b>VYMEZENÍ ZKOUMANÉ OBLASTI .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU .....</b>	<b>9</b>
3.1.	Simulační software .....	9
3.2.	Infrastruktura .....	10
3.3.	Vozidla .....	11
3.4.	Jízdní řád .....	12
<b>4.</b>	<b>NASTAVENÍ PARAMETRŮ SIMULACE.....</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>METODIKA VYHODNOCENÍ VÝSTUPŮ SIMULACE .....</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>SIMULACE „BEZ PORUCH A BEZ NEPRAVIDELNOSTÍ“ .....</b>	<b>16</b>
6.1.	Vyhodnocení simulace .....	16
6.2.	Shrnutí scénáře.....	21
<b>7.</b>	<b>SIMULACE „S VLIVEM NEPRAVIDELNOSTÍ“ .....</b>	<b>21</b>
7.1.	Vyhodnocení simulace .....	21
7.2.	Jednotlivé výstupní hodnoty a jejich komentář .....	27
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>30</b>
<b>9.</b>	<b>POUŽITÉ PRAMENY .....</b>	<b>30</b>

**SEZNAM PŘÍLOH:**

- Schéma simulačního modelu infrastruktury – varianta „A“
- Schéma simulované oblasti
- Splněné grafikonky ze simulace „bez poruch a bez nepravidelností“
- Splněné grafikonky ze simulace „s vlivem nepravidelností“
- Zobrazení jízd vlaků vybraných linek

**SEZNAM OBRÁZKŮ:**

Obr.1	Vymezení oblasti ověření simulací.....	7
Obr.2	Funkční schéma simulace .....	9
Obr.3	Simulační zatížení staničních kolejí a zhlaví stanice Brno hlavní nádraží .....	17
Obr.4	Simulační zatížení kolejí a prvků v oblasti Černovic a Židenic .....	17
Obr.5	Simulační zatížení kolejí v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic .....	17

Obr.6	Simulační zatížení stanice Brno hlavní nádraží (60 minutové maximum).....	18
Obr.7	60 minutové maximum v prostoru Černovic a Židenic.....	18
Obr.8	60 minutové maximum v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic.....	18
Obr.9	Kapacitní využití staničních kolejí žst. Brno hlavní nádraží .....	19
Obr.10	Obsazení staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží .....	19
Obr.11	Simulační zatížení staničních kolejí a zhlaví stanice Brno hlavní nádraží .....	23
Obr.12	Simulační zatížení kolejí a prvků v oblasti Černovic a Židenic .....	23
Obr.13	Simulační zatížení kolejí v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic .....	23
Obr.14	Simulační zatížení stanice Brno hlavní nádraží (60 minutové maximum).....	23
Obr.15	60 minutové maximum v prostoru Černovic a Židenic.....	24
Obr.16	60 minutové maximum v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic.....	24
Obr.17	Průměrné využití staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro sumu provedených simulací včetně vlivů zpoždění .....	24
Obr.18	Obsazení staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro případ výskytu výhradně středních hodnot zpoždění všech zpožděných vlaků .....	25

## SEZNAM TABULEK:

Tab. 1	Uvažovaná vozidla a soupravy obsluhující jednotlivé linky osobní dopravy, popřípadě charakterisující jednotlivé kategorie vlaků nákladní dopravy .....	11
Tab. 2	Minimální pobyty vlaků osobní dopravy ve stanicích a zastávkách (komerční pobyt) .....	12
Tab. 3	Minimální technologické časy použité v rámci simulačního procesu.....	13
Tab. 4	Doby taktu jednotlivých linek .....	13
Tab. 5	Pravděpodobnostní rozdělení zpoždění pro vstup do simulace [1].....	14
Tab. 6	Pravděpodobnostní rozdělení pro zdržení ve stanicích a zastávkách [1].....	14
Tab. 7	Vyhodnocování kvality provozu v závislosti na vztahu vstupního a výstupního zpoždění [1,3,4]. .....	15
Tab. 8	Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých segmentů i celkově vlaků celé simulace; situace bez vlivů zpoždění. ....	16
Tab. 9	Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých linek, segmentů i sumárně vlaků celé simulace. ....	21
Tab. 10	Průměrné hodnoty vstupního a výstupního zpoždění jednotlivých linek .....	27

**Seznam zkratk:**

DB	Deutsche Bahn
GVD	Grafikon vlakové dopravy
HV	Hnací vozidlo
ITJŘ	Integrální taktový jízdni řád
JMK	Jihomoravský kraj
JŘ	Jízdni řád
$K_{\text{prakt}}$	Využití praktické propustnosti v %
MD ČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MMB	Magistrát města Brna
Odb.	Odbočka
PD	Přípravná dokumentace
RS	Rychlá Spojení (dříve užívaný termín VRT-vysokorychlostní trať)
SJKD	Severojižní kolejový diametr
$S_o$	Stupeň obsazení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s. o.
TK	<sup>I</sup> Temeno kolejnice - nejvyšší bod na kolejnici (např. u nástupiště 550 mm nad TK) <sup>II</sup> Traťová kolej
TSI	Technická specifikace interoperability
TTP	Tabulky traťových poměrů
UIC	Mezinárodní železniční unie (franc. Union Internationale des Chemins de fer)
Vlak Ex	Expresní vlak
Vlak R	Rychlík
Vlak Sp	Spěšný vlak
Vlak Os	Osobní vlak
Vlak Pn	Průběžný nákladní vlak
Vlak Vn	Vyrovňávkový nákladní vlak
Vlak Mn	Manipulační nákladní vlak
Vlak Lv	Lokomotivní vlak
Vlak Sv	Soupravový vlak (bez přepravy cestujících, návoz/odstavení prázdné soupravy)
Výh.	Výhybna
Zast.	Železniční zastávka
Žst.	Železniční stanice
ŽUB	Železniční uzel Brno

## 1. POJEM SIMULACE

Simulace, jako slovo etymologicky pocházející z latinského *similis* (podobný), představuje zjednodušené zobrazení reality ve formě modelu, který je co možná nejpodobnější realitě co se týče hlavních souvislostí systému (statických i dynamických), díky čemuž umožňuje na základě svých vlastních výstupů činit spolehlivé závěry o skutečnosti samotné.

Cílem simulací v oblasti železničního provozu je tedy nikoliv samotná tvorba provozního konceptu a jízdního řádu, ale mají za úkol již hotový kompletní provozní koncept podrobně prověřit, a tedy prozkoumat chování systému na vybraném detailně zpracovaném úseku infrastruktury, který je zpravidla úzkým hrdlem a kritickým prvkem pro celý navržený provozní koncept a který má zásadní vliv na jeho praktickou funkčnost.

Zásadním faktorem, který do celého procesu vstupuje, je zpoždění. Vzhledem ke složitosti skutečného provozu a řadě velmi okrajových jevů a vlivů, čas od času dochází k jeho vzniku. Tento fakt standardní konstrukce jízdního řádu reflektují prostřednictvím přidání dodatečného (rezervního) času navíc, ať již přidané do jízdních dob či pobytů, které empiricky reflektují obecnou proměnnost vnějšího prostředí (zaměstnanců, cestujících, počasí atd.), ať již vědomě zanedbávanou či zcela neznámou.

Pokud dojde ke vzniku odchylek (zpoždění) ve vyšším rozsahu, než je disponibilní výše rezerv v daném místě a čase nebo je různě velkými odchylkami postiženo více vlaků, pozbývá v podstatě původně předpokládaný jízdní řád smysl z hlediska jeho precizního dodržování, pakliže je vůbec právě v úzkých hrdlech ještě realizovatelný. Problematiku chování systému v takovýchto situacích a odpovědi na související otázky řeší právě simulace železničního provozu.

Díky velmi detailnímu a opakovanému prověřování, kdy jsou buď zcela přesně nebo pomocí pravděpodobnostních jevů a modelů modelovány náhodné jevy, jako třeba zpoždění vlaků vstupujících do systému, je možné určit, jak se bude provozní koncept chovat ve skutečnosti a pomocí navržených úprav a opatření jakým směrem a jak moc bude docházet k pozitivním či negativním změnám v chování systému v budoucnosti. Díky tomu je možné porovnávat jednotlivé navržené varianty řešení a testovat, která z nich splňuje námi požadované parametry, zejména z hlediska vývoje jednotlivých zpoždění a také co se oblasti stability týče, což je zejména v oblastech úzkých hrdel, resp. klíčových uzlů železniční infrastruktury, jakou je i železniční uzel Brno, mimořádně důležité.

Simulace jako taková tedy nedokáže vytvořit jízdní řád, dokonce ani říci, nakolik je vybrané řešení relativně dobré. Umí však zjistit, nakolik je zvolený provozní koncept a z něho vycházející jízdní řád v kombinaci s definovanou příslušnou infrastrukturou a daným vozovým parkem ve skutečnosti realizovatelný, dokáže predikovat, jak se systém za daných okolností bude chovat, a také dokáže případně provést srovnání s jiným konceptem – v tomto případě je již kvantifikace, třebaže relativní, plně k dispozici.

Výstupem ze simulačního procesu má být ověření, jak bude navrhovaný systém ve skutečné budoucí situaci fungovat, nakolik bude skutečně proveditelný a provozně stabilní.

Potřeba simulace vychází z principu vysoké komplexnosti jednotlivých prvků železničního systému, zejména v uzlu. Pro ověření budoucích stavů a návrhů nelze interakce testovat na skutečném systému, navíc proto, že takový systém mnohdy ještě ani neexistuje. Pomocí simulačního modelu a jednotlivých scénářů a experimentů je možné, s přijatelnou mírou generalizace skutečnosti, zodpovědět otázky týkající se budoucího provozu. Pro ověření nenáhodnosti takového výstupu je třeba provést více běhů simulace, zejména v případě, pokud jsou vstupní parametry modelovány pomocí statistických funkcí. Výhodou použití simulace je mmj. rychlost a efektivnost testování navržených hypotéz a možných řešení, bezpečnost takového testování, jako i jeho, principiálně nekonečná, reprodukovatelnost.

## 1.1. Cíle studie

Cílem simulace bylo provést ověření stability provozu navrženého dopravní technologií ve statickém stavu (samotné ověření realizovatelnosti navrženého provozního konceptu ve vazbě na disponibilní infrastrukturu a vozový park) a následně provést dynamické simulační prověření stability výše zmíněného provozního konceptu, za současného působení vnějších vlivů ve formě vstupního zpoždění vlaků vjíždějících do ŽUB a zároveň za působení zpoždění, vznikajících jako důsledek prodlužování plánovaných pobytů vlaků v jednotlivých stanicích a zastávkách, kde tyto vlaky zastavují z přepravních důvodů. Simulace se zaměří jednak na provoz celého uzlu Brno jako jednoho celku, druhak potom na důsledky takového provozu v jednotlivých potenciálně kritických oblastech tak, aby bylo možné objektivně a detailně vyhodnotit funkčnost navrhovaného provozního konceptu železničního uzlu Brno.

Simulace za účelem dopravně technologického posouzení varianty A proto proběhne pro dva základní stavy:

- provoz bez zpoždění
- provoz za zohlednění běžných nepravidelností (se zpožděními).

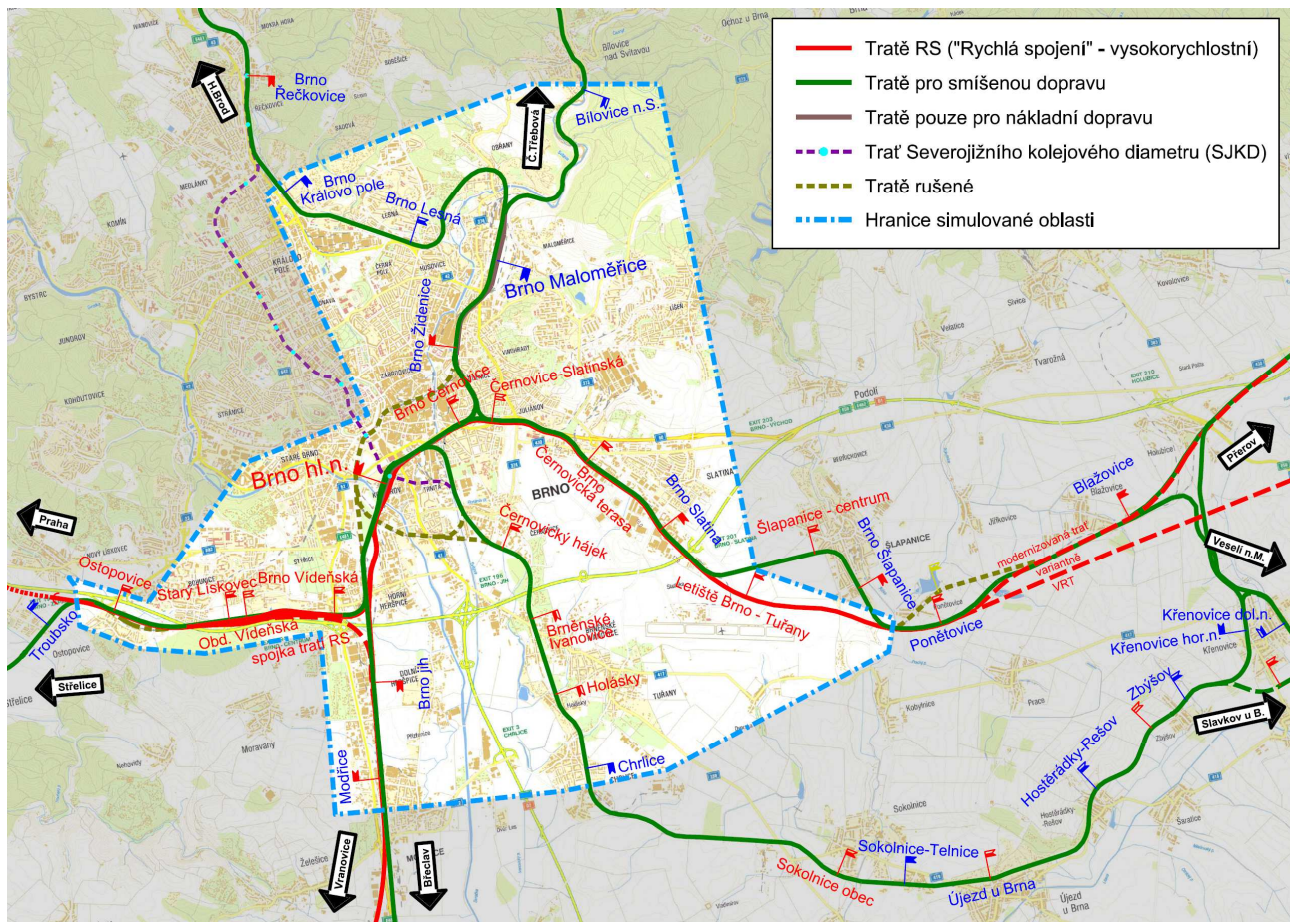
Jako závěr na základě získaných poznatků z očekávaného provozu bude formulováno vyhodnocení provozu v oblasti ŽUB, vyhodnocení provozu vlaků jednotlivých linek a jednotlivých segmentů pro jednotlivé simulované situace a konečně bude vysloven závěr o dopravně-technologické stabilitě navrženého řešení s konstatováním, je-li navrhované řešení realistické a možné pro budoucí skutečné nasazení.

## 2. VYMEZENÍ ZKOUMANÉ OBLASTI

Simulace byla provedena v centrální části železničního uzlu Brno a na všech z něj vedoucích tratích. Hranicí pro zkoumání bylo vždy místo, které je již mimo ŽUB a je dostatečně daleko, aby mělo vliv na sled vlaků v rámci ŽUB. Vždy bylo uvažováno s umístěním hranice oblasti sledované simulací minimálně v místě, odkud je zajištěna viditelnost na předvěst vjezdového návěstidla do simulované oblasti, z důvodu zajištění dostatečné reakční doby na návěst na předvěsti. V některých případech byla uvažována jako hranice střed nejbližší dopravní (dopravní kancelář, nebo nástupiště), která sousedí s ŽUB (Modřice, Chrlice). Jako hraniční prvek jsou v tomto případě uvažována odjezdová návěstidla této dopravní ve směru Brno.

*Obr. 1*

*Vymezení oblasti ověření simulací*



Hranice simulované oblasti byla definována takto:

- trať RS Praha – Brno: km 208,300 varianty H4 trasy RS Praha – Brno (v místě podjezdu tratě RS Praha – Brno pod tratí 240 na Střelice u Ostopovic), před předvěstí vjezdového návěstidla do Odb. Brno-Vídeňská,
- trať Brno – Střelice: km 148,600, (před podjezdem tratě 240 pod dálnicí D1 mezi zastávkami Ostopovice a Starý Lískovec),
- trať Břeclav – Brno: km 136,900, nástupiště žst. Modřice, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Modřice,
- napojení RS Brno – Vranovice: km 137,024 = km 0,000 střed dopravy Modřice, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Modřice,
- trať Brno – Česká Třebová: km 164,350, střed zastávky Bílovice nad Svitavou,
- trať Brno – Havlíčkův Brod: km 8,535, nástupiště žst. Brno-Královo Pole, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Brno Královo Pole,
- trať Brno – Přerov (přes zastávku Brno-Letiště Tuřany), km 21,0 z UTS Modernizace trati Brno – Přerov, SUDOP Brno, 11/2010,
- trať Brno – Blážovice (přes Šlapanice), km 8,125 trati 340,
- trať Brno – Chrlice – Sokolnice-Telnice – Holubice – (Přerov): km 8,803, žst. Chrlice, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Chrlice.



Do simulované oblasti nebyla uvažována trať Severojižního kolejového diametru (SJKD). Vlaky od Chrlic jsou ukončeny v žst. Brno hl.n. Jedná se provozně nepříznivější stav, kdy je do žst. Brno hl.n. vedeno více vlaků, než při uvažování s provozem SJKD. Byl tedy simulován provozně nejnepříznivější případ s maximálním zatížením infrastruktury dopravou.

### 3. TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU

#### 3.1. Simulační software

Pro účely této situace byl využito simulačního programu ze skupiny synchronních simulačních programů, které se v současné době s úspěchem používají. Synchronním se rozumí, že probíhá simulace pohybu všech vlaků, vyskytujících se v simulaci, zároveň v dílčích krocích řádu sekund a okamžitě tedy lze reagovat na vznikající situace, především konflikty. Na rozdíl od systémů asynchronních, které simulují jednotlivé vlaky vždy celé a až poté simulují vlaky další a postupně "zjišťují" konflikty s vlaky předešlými, umožňuje synchronní simulace tyto stavy zachytit přímo v okamžicích vzniku a lépe a účinněji na ně reagovat a s nimi pracovat.

Použitý simulační program OpenTrack začal vznikat v polovině 90. let minulého století, kdy byl program vyvíjen v Institutu pro dopravní systémy a plánování (IVT – Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme) na ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) Zürich jako výsledek výzkumného projektu na téma "Interaktivní simulace provozu na železničních sítích". Cílem výzkumného projektu bylo vyvinout výkonný a intuitivní simulační program pro rozdílné počítačové platformy, pomocí kterého lze komplexně řešit úlohy z prostředí železničního provozu.



Typickými úlohami pro takovéto programy jsou právě stanovení a ověření požadavků na vlastnosti železniční infrastruktury, stanovení propustné výkonnosti jednotlivých tratí a uzlů, studie a stanovení parametrů vozidel či analýzy stability a proveditelnosti navržených jízdnicích řádů a provozních konceptů, tedy přesně ty oblasti a otázky, jež je třeba zodpovědět v souvislosti s navrhovanou úpravou železničního uzlu Brno.

*Obr.2*

*Funkční schéma simulace*



hlavního nádraží jsou tato řešena jako „Black-box“ tak, že vlaky a jejich jízda je simulována po předpokládaný konec souběhu takových jízd. Pokud jsou předpokládány i u těchto vlaků v prostoru odstavných nádraží oběhové vazby mezi jednotlivými vlaky, jsou tyto samozřejmě součástí modelu.

V rámci modelu infrastruktury jsou využívány zejména následující vlastnosti fyzické infrastruktury: kilometrické polohy jednotlivých prvků infrastruktury, informace o vzdálenosti, počtu kolejí, maximální rychlostech pro definované typy vlaků, stoupáních a klesáních, obloucích, tunelech, dále o počtu, poloze a typech použitých proměnných i neproměnných návěstidel včetně související zabezpečovací techniky, o existenci elektrifikace, včetně příslušných proměnných i neproměnných návěstidel pro elektrický provoz, počtu a poloze nástupišť pro vlaky osobní dopravy včetně souvisejících míst zastavení a informace o poloze výhybek a příslušných námezníků.

Jako nadstavba fyzické infrastruktury slouží jednotlivé vlakové cesty. Počet a rozmanitost vlakových cest je v simulačním modelu zjednodušena a omezena jen tak, aby pro všechny očekávané situace byly k dispozici i odpovídající variantní možnosti jízdy a tedy byly skutečně řešitelné. Nad infrastrukturou je očekávána existence Automatického stavění jízdnicích cest (ASVC), s existencí zabezpečovače na bázi ETCS se nepočítá.

### 3.3. Vozidla

Vozidla, určená k provozu v simulaci, stejně jako jejich přidělení na jednotlivé linky, je převzato z bloku Dopravní technologie a příslušné části konstrukce. Vzhledem k relativní vzdálenosti simulovaného časového horizontu jsou využita vozidla, obecně reprezentující existující, avšak zároveň moderní vozidla, u nichž je možné předpokládat, že budou v provozu na uvažovaném horizontu. Váhové a délkové parametry jednotlivých souprav jsou uvedeny v tabulce 1. Ostatní vlastnosti, jako jsou například trakční či brzdové charakteristiky, jsou převzaty ze současných vlastností uvažovaných vozidel.

Tab. 1 Uvažovaná vozidla a soupravy obsluhující jednotlivé linky osobní dopravy, popřípadě charakterisující jednotlivé kategorie vlaků nákladní dopravy

Linka	HV	hmotnost [t] či počet tažených vozidel	délka [m]
Ex1	406 DB		
Ex2	406 DB		
Ex3	406 DB		
Ex30	406 DB		
Ex35	1216	5 Bmz	
IC12	1216	7 Bmz	
R4	2*640		
R6	2*SJ.Y32		
R8	380	7 Bmz	
R9/31	380	7 Bmz	
R11	406 DB		
R12	380	7 Bmz	
R13	380	7 Bmz	

R19	380	7 Bmz	
R32	380	5 Bmz	
R33	380	5 Bmz	
R34	406 DB		
S1	640		
S2	2*640		
S3	2*640		
S6	2*SJ.Y32		
S7	2*640		
S37	640		
S41	2*SJ.Y32		
NEx	1216	1825	550
Rn	1216	1825	550
Pn	2*1216	2100	550
Mn	2*742	600	150

Simulace provozu a tudíž i provoz vozidel je proveden za předpokladu dobrých adhezních podmínek a jmenovitých vlastností vozidel, včetně případného zásobování trakční energií.

### 3.4. Jízdní řád

Vedení linek, jakožto i jejich řazení a intervaly (takty) jsou převzaty z předchozích částí Dopravní technologie. Pro účely společných charakterizace jsou vlaky rozděleny do kategorií expres (vč. kategorie InterCity), rychlíky rychlé (všechny vlaky kategorie R s výjimkou R4 a R6), rychlíky pomalé (R4 a R6), osobní příměstské (S1, S2, S3, S7), osobní regionální (ostatní osobní vlaky), nákladní rychlé (NEx a Rn), nákladní střední (Pn) a nákladní pomalé (Mn). Podle funkcionality vzniká skupina dálkové dopravy (expres a rychlíky rychlé), regionální dopravy (ostatní osobní vlaky), které společně tvoří kategorii osobních vlaků a skupina nákladní doprava. Pobyty vlaků ve stanicích a zastávkách jsou převzaty z konstrukce jízdních řádů v rámci předchozí části Dopravní technologie. Pro účely simulace bylo třeba nově definovat minimální hodnoty pobytů, které budou použity v případě jízdy zpožděných vlaků v případech, kdy nebude za pomoci pravděpodobnostního rozdělení předpokládán vznik zpoždění i v takovém místě. Minimální pobyty se liší podle místa a typu vlaků, konkrétně je definuje tabulka 2.

Tab. 2 Minimální pobyty vlaků osobní dopravy ve stanicích a zastávkách (komerční pobyt)

Místo	Kategorie vlaků	Minimální pobyt [min]
Hlavní nádraží	dálková doprava	2,0
	regionální doprava	1,5
ostatní	dálková doprava	0,3
	regionální doprava	0,3 (0,2)

V rámci simulace dochází také ke změnám směru jízdy vlaků (úvrať), resp. ukončení jízdy vlaků ve stanici a jejich manipulačnímu odstupu na odstavné nádraží, resp. nástupu z odstavného nádraží. Pro případ zpoždění vlaků je opět třeba definovat minimální technologické doby, za kterou mohou tyto operace nejdříve proběhnout. Tyto informace obsahuje tabulka 3.

Tab. 3 Minimální technologické časy použité v rámci simulačního procesu

Druh operace	Kategorie vlaků	Minimální pobyt [min]
Změna směru jízdy v rámci linky (úvrať)	dálková doprava	5,0
Obrat v koncové stanici	dálková doprava	8,0
	regionální doprava	4,0
Pobyt před odjezdem na odstavné nádraží	dálková doprava	4,0
	regionální doprava	2,0
Pobyt po příjezdu z odstavného nádraží	dálková doprava	3,0
	regionální doprava	2,0

V rámci simulace nedochází k rozpojování či spojování vozidel přímo v oblasti simulace. Odstavování souprav mimo prostor hlavního nádraží a následné přistavování je plně simulováno, s výjimkou samotných odstavných nádraží, které fungují na bázi tzv. black-boxu. Přechod souprav mezi jednotlivými vlaky je simulován dle předpokladů Dopravní technologie. Předpokládaný provozní koncept byl převzat z předchozích částí Dopravní technologie, jednotlivé minutové polohy vlaků v prostoru ŽUB byly převzaty dle předpokládaných taktů jednotlivých linek, které jsou následující:

Tab. 4 Doby taktu jednotlivých linek

Doba taktu	Linka OD	Linka ND
60'	Ex: 30, 35 IC: 12 R: 4, 6, 8, 9/31, 11, 12, 13, 19, 33, 34 S: 6, 37, 41	NEx; Rn*, Pn, Mn
30'	Ex: 1, 2, 3 R: 32 S: 1, 7	-
15'	S: 2, 3	-

\* více linek stejného druhu tvoří specifické svazky směrem na sever

## 4. NASTAVENÍ PARAMETRŮ SIMULACE

Pro provedení simulace bylo v souladu se zadáním a pokyny řídicího výboru ke studii použito následující nastavení infrastruktury, vozidel a jízdního řádu (provozu):

- Infrastruktura simulace pracuje s nejhorsí předpokládanou kombinací alternativních řešení, spočívající především v úroňovém řešení žst. Brno-Židenice a zároveň pouze tříkolejným úsekem úsek Odb. Slatinská – Černovická terasa.
- Provozní koncept a jízdní řád odpovídají předpokladům pro dlouhodobý horizont 2040.
- Simulace je prováděna jako vícenásobná simulace pro 4 hodinové špičkové provozní období.
- Simulace provozu předpokládá stavy:

- I. bez poruch a bez vstupních zpoždění,
  - II. bez poruch, se vstupním a primárním zpožděním.
- Je předpokládán systém postupného stavění jízdnicích cest i systém ATO (Automatic Train Operation).
  - Dynamické vlastnosti vozidel jsou využívány ve stavu jízdy včas pouze ve výši nezbytné pro dodržení vlastního jízdnicího řádu. V případě jízdy se zpožděním jsou na přání zadavatele využívány maximální technické možnosti vozidel tak, aby dosažené nejkratší jízdnicí doby stále obsahovaly minimálně 2% přírůžku k jízdnicí době.
  - Je prověřován systém provozu vlaků včetně nástupů a odstupů souprav pro tyto vlaky a jejich vzájemných vazeb v rámci definovaných oběhů vozidel.
  - Oblast simulace obsahuje celý železnicí uzel Brno; vstupními a výstupními body simulace jsou dopravní body, ležící na rozhraní této oblasti a okolních tratí. V případě jednokolejných tratí či tratí víceokolejných, které by ústily přímo do důležitých uzlů a míst rozhodných pro simulaci, slouží pro zajištění odpovídajících vlastností simulace jako vstupní/výstupní a zároveň také jako vyhodnocovací bod nejbližší doprava směrem ven z uzlu.
  - Pro ověření stability navrhovaného řešení je použito metody porovnání sumy vstupních a výstupních zpoždění ze systému jednotlivě pro linky, jednotlivé vrstvy vlaků a sumárně pro veškeré vlaky.
  - Simulace je vyhodnocována jako 4h-perioda v rámci dopravní špičky pracovních dnů s maximálním předpokládaným provozem vlaků osobní i nákladní dopravy. Pro účely simulace je vyhodnocován čas 13:00-17:00, simulace běží vždy s přesahem před a po čase začátku a konce vyhodnocování simulace tak, aby celkový provoz v hodnoceném období nebyl ovlivňován okrajovými jevy na počátku a na konci běhu simulace.
  - Pro simulaci scénářů se zpožděním je využito, dle konzultací se zadavatelem, statistického rozdělení vstupních zpoždění do ŽUB dle předpisu DB Netz AG [1] pro jednotlivé kategorie vlaků s předpokládaným vysokým zatížením tratí vstupujících do uzlu. Obdobným způsobem je použito pravděpodobnostního výskytu pozdního odjezdu (zdržení) vlaků ze stanic a zastávek, kde tyto zastavují z komerčních důvodů.

Tab. 5 Pravděpodobnostní rozdělení zpoždění pro vstup do simulace [1]

Druh vlaku	Pravděpodobnost jevu	Střední hodnota [min]
Osobní dálkový	0,50	4,0
Osobní regionální	0,50	2,0
Osobní příměstský	0,25	2,0
Nákladní	0,40	10,0

Tab. 6 Pravděpodobnostní rozdělení pro zdržení ve stanicích a zastávkách [1]

Druh vlaku	Pravděpodobnost jevu	Střední hodnota [min]
Osobní dálkový	0,10	2,0
Osobní regionální	0,10	1,0
Osobní příměstský	0,10	0,5
Nákladní	0,10	5,0

## 5. METODIKA VYHODNOCENÍ VÝSTUPŮ SIMULACE

Stabilitou provozu se rozumí odolnost systému proti vlivům zpoždění, tj. schopnost systému časově a místně omezovat nebo odbourávat zpoždění vlaků, vznikající v důsledku interakce s jinými, vstupním a primárním zpožděním ovlivněnými vlaky.

Základním parametrem posouzení stability provozu, popř. zotavitelnosti navrženého provozního konceptu na dané infrastruktuře a obecně zhodnocení udržitelnosti provozu za daných podmínek představuje porovnání zpoždění vlaků na vstupu a následně na výstupu ze systému, zejména s ohledem na růst / zachování / snižování celkového zpoždění jako jednoho z klíčových parametrů udržitelnosti provozu systému v delším časovém období.

Pro toto porovnání slouží vztah [2]:

$$t_{zp,výstup} + t_{zp,příjezd} \leq t_{zp,vstup} + t_{zp,primární}$$

, kde

$t_{zp, výstup}$  je výstupní zpoždění vlaku při výstupu ze simulované oblasti,

$t_{zp, příjezd}$  je zpoždění končícího vlaku na příjezdu do koncové stanice uvnitř oblasti,

$t_{zp, vstup}$  je vstupní zpoždění vlaku při vstupu do simulované oblasti,

$t_{zp, primární}$  je primární zpoždění vlaku, tj. takové, které nebylo přeneseno z ostatních vlaků.

Pro vyhodnocování kvality navrženého konceptu je použita metodika, porovnávající velikost (podíl) výstupního zpoždění vzhledem ke vstupnímu, a to následujícím způsobem:

Tab. 7 Vyhodnocování kvality provozu v závislosti na vztahu vstupního a výstupního zpoždění [1,3,4].

Úroveň kvality provozu	Suma zpoždění / změna zpoždění	Zpoždění (poměr vstup/výstup)
Výborná (A)	Suma výstupních zpoždění se oproti sumě vstupních zpoždění ztelně snižuje	Jednoznačně klesá (< 1)
Ekonomicky optimální (B)	Suma vyvolaných zpoždění je akceptovatelná. Celková suma zpoždění zůstává přibližně stejná, resp. výrazně se nemění	Beze změny ( $\approx 1$ )
Potenciálně riziková (C)	Suma vyvolaných zpoždění narůstá. Pokud existují časové rezervy, nedostačují. Suma zpoždění mezi vstupem a výstupem evidentně roste.	Mírný růst
Nedostatečná (D)	Suma zpoždění výrazně a silně roste	Jednoznačně stoupá (> 1)

Za horní akceptovatelnou hranici mezi potenciálně rizikovou a nedostatečnou úrovní kvality provozu je obecně ve smyslu [1] považován nárůst o 1,0 min [střední hodnota] přes celou oblast simulace (trať, část sítě) pro každý vlak osobní dopravy.

V souladu s touto hranicí je rozmezí mezi Ekonomicky optimální a Potenciálně rizikovou situací stanoveno na 10 % absolutní hodnoty předchozí hranice (0,1 min), respektive na 5 % relativního nárůstu zpoždění.

Za vstupní, resp. výstupní místa pro hodnocení vstupů a výstupů ze simulace byly zvoleny poslední dopravní body, ležící v oblasti železničního uzlu Brno. V případě, že by takovýto uzel byl zároveň i bodem, který je třeba v rámci simulace vyhodnocovat, je vstupní/výstupní bod vysunut do nejbližšího dalšího takového bodu. Vyhodnocovací body proto kopírují hranice simulované oblasti s výjimkou prostoru Slatiny, kde vzhledem k dostatečné vzdálenosti od centra uzlu Brno a neexistenci jiného kritického místa, dochází k vyhodnocování údajů již v prostoru žst. Brno-Slatina.

## 6. SIMULACE „BEZ PORUCH A BEZ NEPRAVIDELNOSTÍ“

Úkolem simulace bylo odpovědět na zadané otázky, týkající se rezerv a stability navrhovaného provozního konceptu, potažmo je-li možné takto navržený provozní koncept realizovat, a to ve stavu bez předpokládaných vstupních zpoždění, respektive zda a nakolik je možné takový předkládaný provozní koncept dodržovat, aniž by došlo ke vzniku konfliktů a potažmo zpoždění v železničním uzlu Brno.

### 6.1. Vyhodnocení simulace

Vyhodnocení provozu bez působení vlivů zpoždění prokázalo, že navržený provozní koncept je staticky plně realizovatelný. Shrnutí podle jednotlivých segmentů obsahuje tabulka 8. Veškeré linky osobní dopravy vykázaly nejhůře stupeň „A-B“ s výjimkou linek R9/31, R11, R33, S3 a S37, které byly hodnoceny stupněm „B“. Nejhoršího výsledku dosahovala ovšem opětovně linka Ex3, která vlivem nesymetrického vstupu do prostoru hlavního nádraží vykazuje hodnoty ležící v blízkosti rozhraní „B-C“. Celkovou funkčnost systému tato ojedinělá výjimka nepředstavuje, neboť sumárně systém osobní dopravy funguje na stupni „A“, a celý systém dosahuje stabilních hodnot zpoždění na vstupu i výstupu ze systému, resp. velmi mírně klesá.

Tab. 8 Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých segmentů i celkově vlaků celé simulace; situace bez vlivů zpoždění.

Funkční vrstva vlaků	Úroveň kvality provozu
Dálková doprava	A
Regionální doprava	A
Nákladní doprava	A-B
<b>OSOBNÍ DOPRAVA</b>	<b>A</b>
<b>VŠECHNY VLAKY</b>	<b>A-B</b>

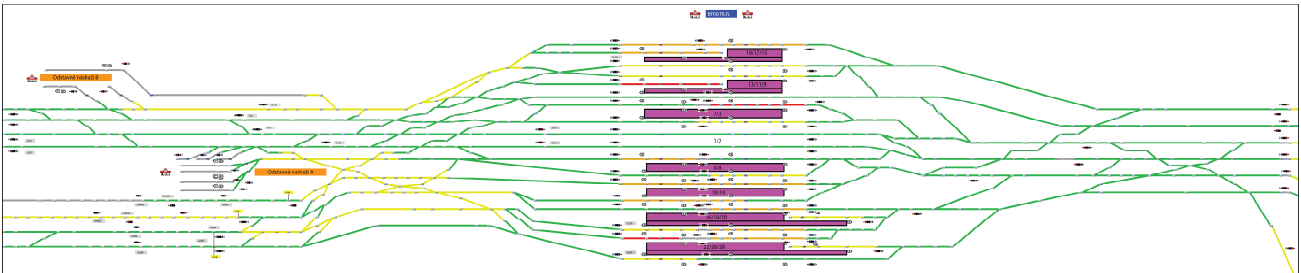
Vyhodnocení využívání kapacity kritických oblastí infrastruktury, zejména prostoru hlavního nádraží, lze vysledovat z výsledného obsazování staničních kolejí a prvků zhlaví. Za pomoci barevného rastru jsou rozlišovány čtyři situace, zatížení pod 40 procent (zelená), 40–60 procent (žlutá; znak, že obsazení prvky se blíží k doporučené hranici celodenního využití prvku), 60–75 procent (oranžová; z celodenního pohledu se jedná o přetížený prvek infrastruktury, špičkové zatížení prvku je však přípustné) a nad 75 procent (červená; obecně přetížený prvek).

Kritická či potenciálně kritická místa v simulační verzi „A“ představuje oblast hlavního nádraží, jižní zhlaví Brna-Židenic a oblast Brna-Maloměřic v prostoru St.3. Zatížení infrastruktury těchto sektorů lze vysledovat ve dvou různých stavech:

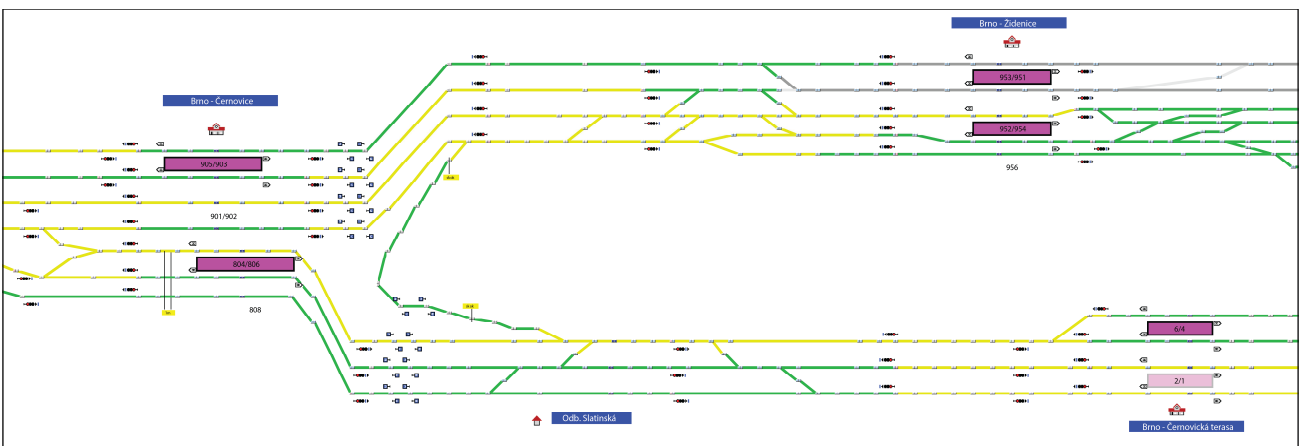


- z obr. 3, 4 a 5, kde vyhodnocovaným obdobím je vždy celá doba simulace (4h) a
- z obr. 6, 7 a 8, kde je vyhodnocováno nejvyšší zatížení v souvislých 60 minutách.

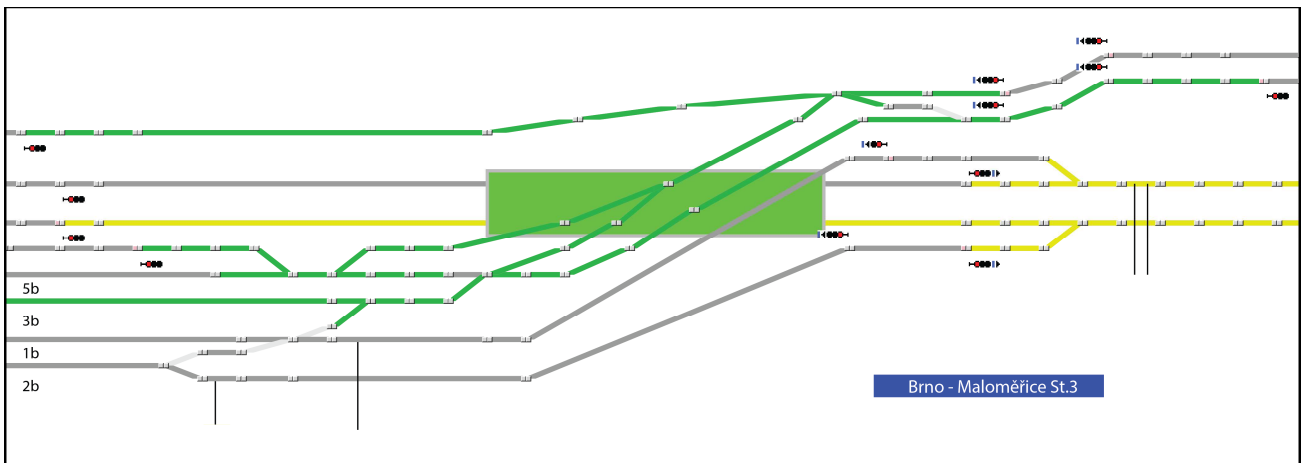
Obr.3 Simulační zatížení staničních kolejí a zhlaví stanice Brno hlavní nádraží



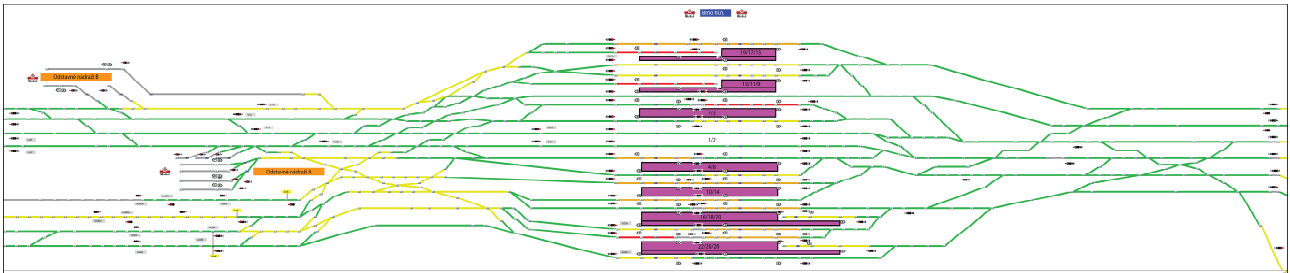
Obr.4 Simulační zatížení kolejí a prvků v oblasti Černovic a Židenic



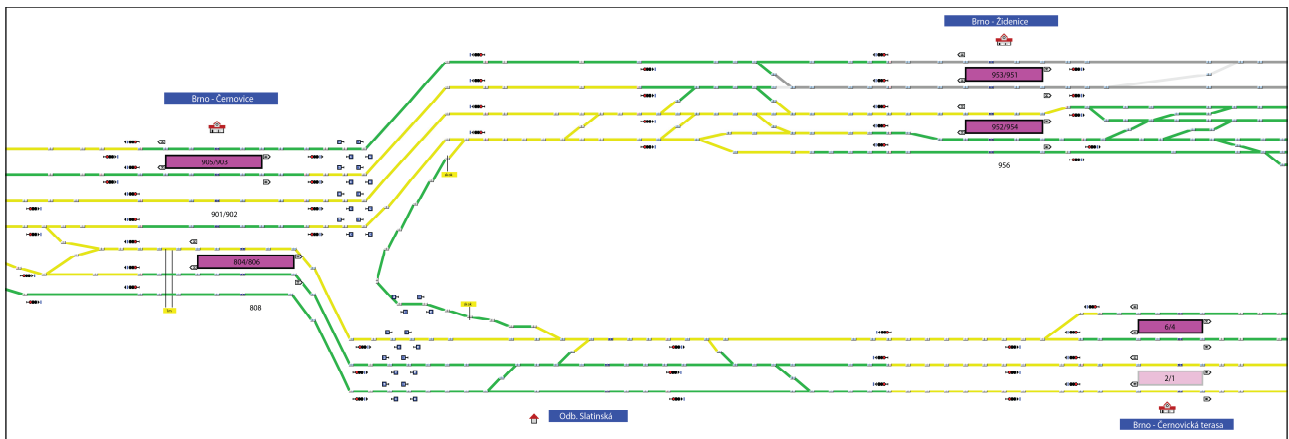
Obr.5 Simulační zatížení kolejí v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic



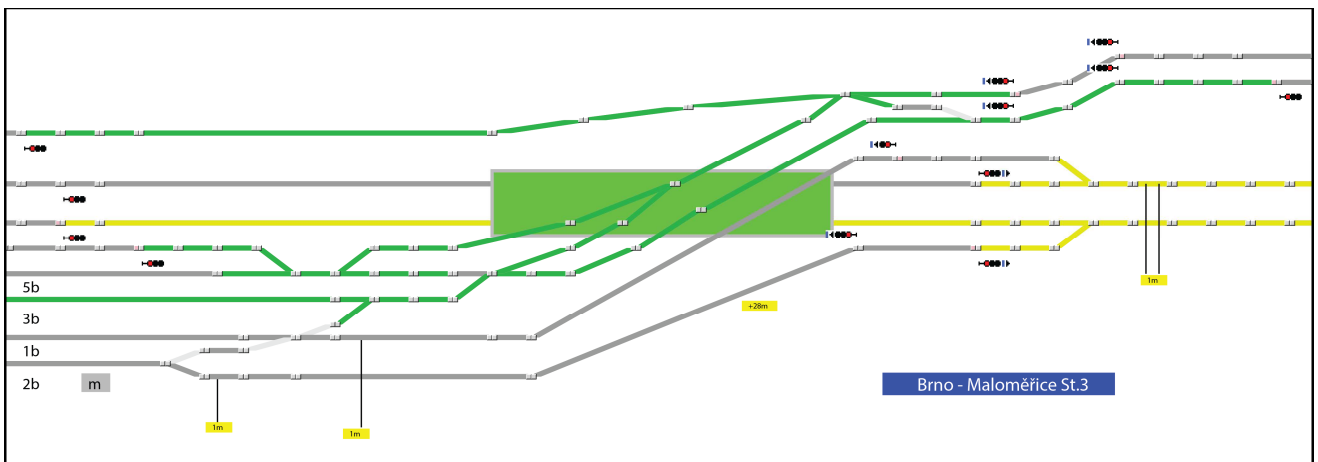
Obr.6 Simulační zatížení stanice Brno hlavní nádraží (60 minutové maximum)



Obr.7 60 minutové maximum v prostoru Černovic a Židenic



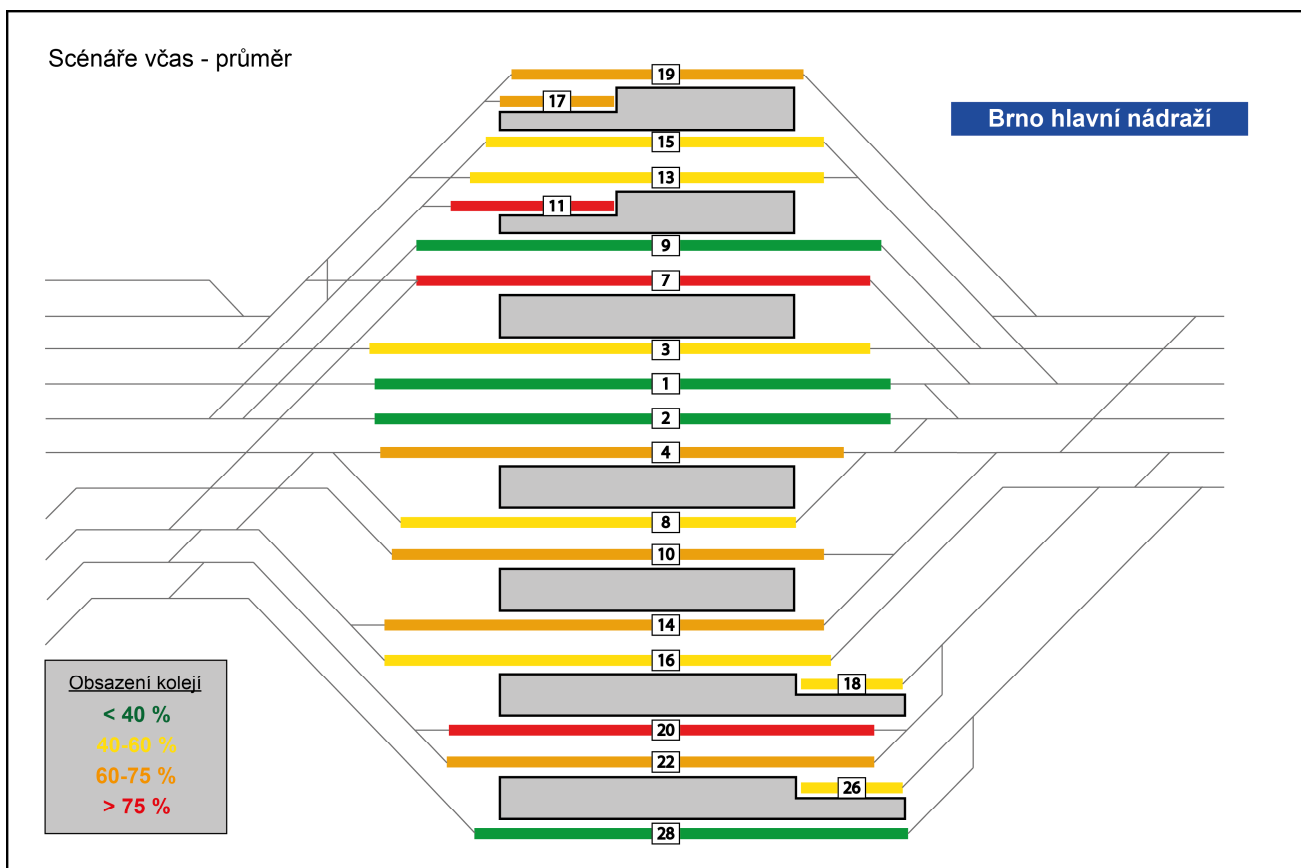
Obr.8 60 minutové maximum v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic



Sumární shrnutí zatížení staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro provedené simulace provozu beze zpoždění je zobrazeno v rámci obr. 9.

Obr.9

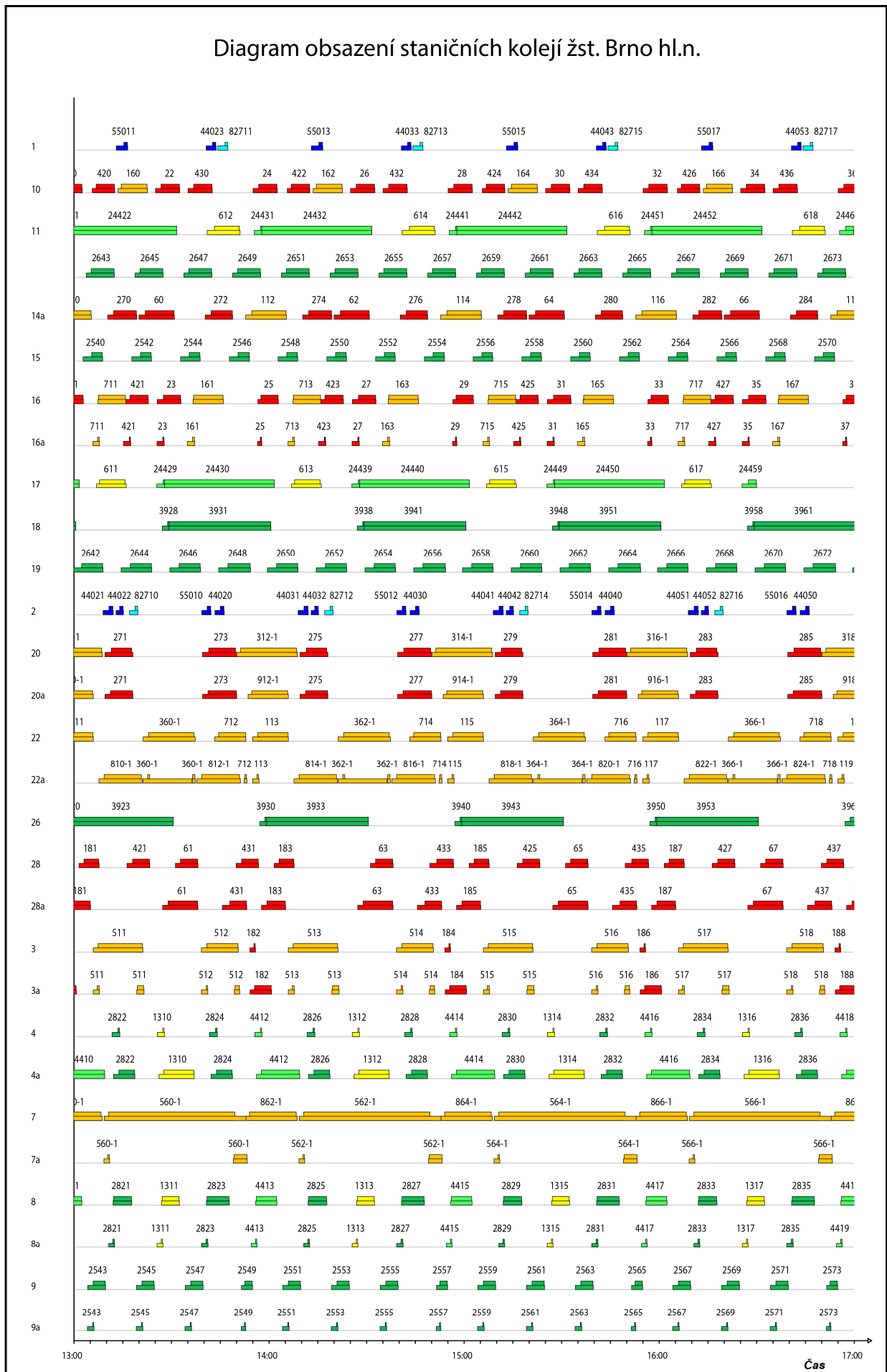
Kapacitní využití staničních kolejí žst. Brno hlavní nádraží



Zde se vyskytující přetížené prvky nejsou, z hlediska obsazení, primárně přetížené prvky. Jedná se o totiž o koleje nikoli s vysokou intenzitou provozu, ale s velmi dlouhým pobytem jednoho či několika málo vlaků, které společně vytváří iluzi přetížené infrastruktury. Většina součástí infrastruktury proto není hodnocena jako skutečně přetížená. Pohled na zatížení kolejí jednotlivými vlaky poskytuje obr. 10. Označení vlaku se skládá vždy z čísla linky a pořadového čísla vlaku.

Obr.10

Obsazení staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží



Skutečný provoz v rámci simulace zachycují přiložené grafikonky pro jednotlivé tratě a

traťové úseky prostoru simulace, které ilustrují relativně nekonfliktní provoz v celé oblasti simulace. Grafikony pro celkem 11 logických traťových úseků jsou součástí příloh.

## 6.2. Shrnutí scénáře

Vzhledem k faktu, že se jednalo o prověřování navrhovaného provozního konceptu v oblasti, který nebyl zatížen vlivy dodatečného zpoždění, je doporučeno prověřit provoz linky Ex3 a ten případně upravit tak, aby nedocházelo k odchylkám od předpokládaného konceptu. Stupeň B u ostatních vlaků je možné považovat z hlediska stability provozu za dostatečný, neboť nedochází k nárůstu zpoždění v systému a tedy nárůstu nebezpečí destabilizace provozu. Celkový provoz osobní dopravy na stupni A jednoznačně předpokládá provoz osobní dopravy bez připomínek.

## 7. SIMULACE „S VLIVEM NEPRAVIDELNOSTÍ“

Úkolem simulace bylo po vyhodnocení a vyladění provozu bez vlivu nepravidelností podrobit zkoumání i za vlivu nepravidelností a odpovědět na zadané otázky, týkající se opět disponibilních rezerv systému a stability uvažovaného provozního konceptu, potažmo bude-li možné takto navržený provozní koncept za předpokládaných vlivů vstupního a primárního zpoždění vůbec s požadovanou mírou spolehlivosti realizovat.

V rámci simulaci byly definovány a povoleny další dodatečné cesty pro jednotlivé linky podle předběžných výstupů ze simulací tak, aby bylo dosahováno pokud možno optimálního využívání infrastruktury. V provozu je využíváno priority vlaků vyššího segmentu, sekundárně upřednostňování vlaků podle zpoždění, které je v závislosti na druhu vlaku rozděleno do tří kategorií (nízké, střední, vysoké). Pro nízké zpoždění není do běhu simulace aktivně zasahováno, resp. jen minimálně ve snaze zabránit volbě alternativ pro minimální hodnoty zpoždění (standard 30-60 sekund). Střední kategorie slouží ke zvýšení upřednostňování takového vlaku, vysoká úroveň zpoždění slouží především k ochraně systému a opětovně snižuje prioritu takového vlaku v provozu (slouží především jako ochrana provozního konceptu před možnou destabilizací).

### 7.1. Vyhodnocení simulace

Pro hodnověrné vyhodnocení budoucích možných situací bylo provedeno celkem 100 simulačních běhů, které dohromady umožňují vytvořit reprezentativní obraz provozu uzlu za vlivu nepravidelností. Pro každý z těchto scénářů bylo vygenerováno náhodné zpoždění, které umožní zkoumat různé kombinace faktorů zpoždění i pořadí vlaků na infrastruktuře. Toto množství jednotlivě různých situací umožňuje s dostatečnou mírou pravděpodobnosti určit obecné výstupy z navrhovaného systému.

Vyhodnocení provozu včetně vlivu vstupního a primárního zpoždění je provedeno pro jednotlivé linky vlaků, dále ve skupině podle jednotlivých funkčních vrstev (segmentů), sumárně za osobní vlaky všech druhů a vlaky nákladní, jakož i za všechny vlaky dohromady. Výstupy obecně dle hodnocení Tab. 7 udává Tab. 9.

Tab. 9 Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých linek, segmentů i sumárně vlaků celé simulace.

Funkční vrstva vlaků	Linka	Úroveň kvality provozu
Dálková doprava	Ex1	B
	Ex2	A

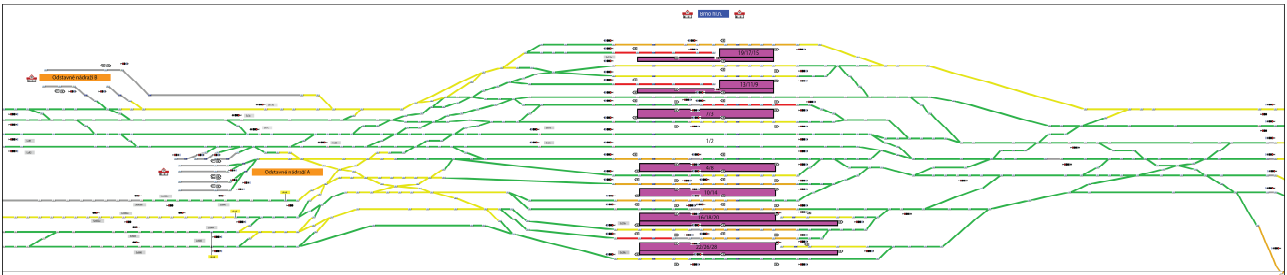
	<b>Ex3</b>	<b>D</b>
	Ex30	A
	Ex35	C
	IC12	A
	R8	A
	R9/31	A
	R11	B-C
	R12	A
	R13	A
	R19	A
	R32	C
	R33	C
	R34	A
<b>Regionální doprava</b>	R4	A
	R6	B
	S1	B
	S2	A
	S3	C
	S6	A
	S7	A
	S37	C
	S41	A
<b>Nákladní doprava</b>		<b>C</b>
<b>Regionální doprava</b>		<b>B-</b>
<b>Dálková doprava</b>		<b>A-B</b>
<b>OSOBNÍ DOPRAVA</b>		<b>B</b>
<b>VŠECHNY VLAKY</b>		<b>B</b>

Využívání kapacity kritických oblastí infrastruktury, stejně jako v předchozím simulačním bloku provozu bez vlivů zpoždění, zejména prostoru hlavního nádraží, lze vysledovat z výsledného obsazování staničních kolejí a prvků zhlaví. Barevný rastr je shodný, tedy prvky, jejichž zatížení leží pod úrovní 40 procent (zelená), 40–60 procent (žlutá; prvky blízké se hranici pro maximální výpočtové celodenní obsazení), 60–75 procent (oranžová; interval indikující oblast špičkově přípustného zatížení prvku) a nad 75 procent (červená; obecně značící přetížený prvek).

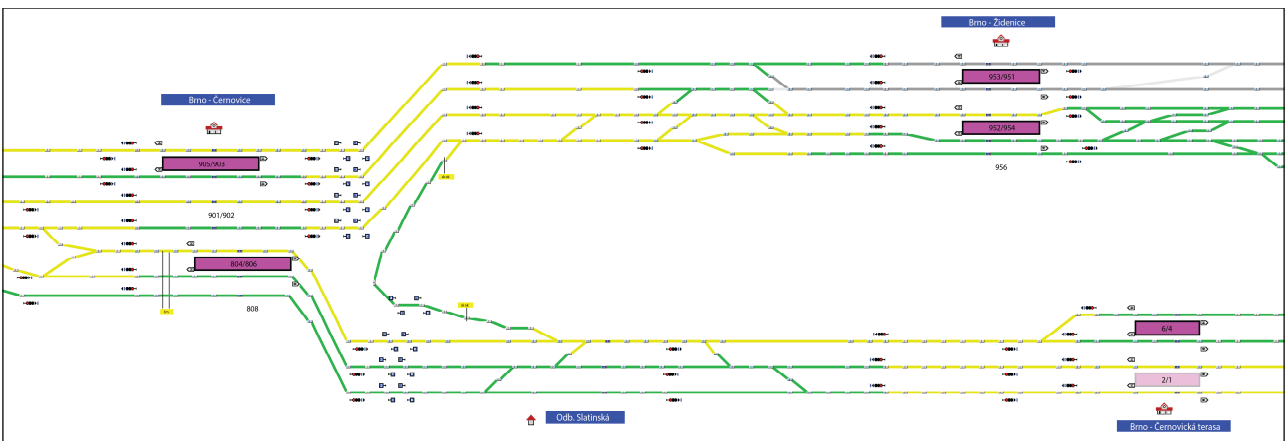
Potenciálně kritická místa v simulační verzi „A“ (oblast hlavního nádraží, jižní zhlaví Brna-Židenic a oblast Brna-Maloměřic v prostoru St.3) budou zatížena následujícím způsobem:

- na obr. 11, 12 a 13, je zobrazeno využití kapacity pro celou dobu běhu simulace,
- na obr. 14, 15 a 16, je zobrazeno nejvyšší zatížení v souvislých 60 minutách v rámci běhu simulace.

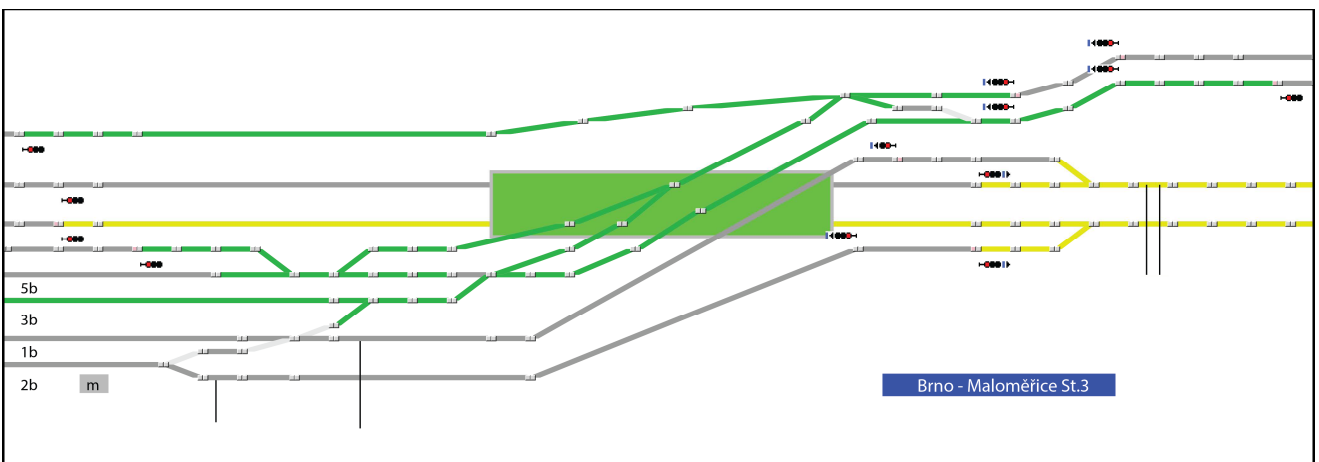
Obr.11 Simulační zatížení staničních kolejí a zhlaví stanice Brno hlavní nádraží



Obr.12 Simulační zatížení kolejí a prvků v oblasti Černovic a Židenic



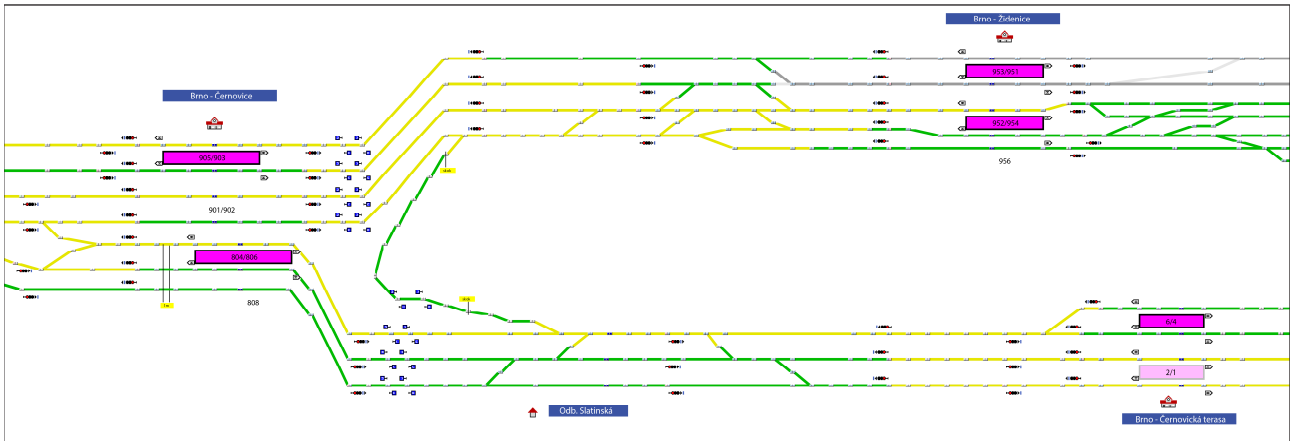
Obr.13 Simulační zatížení kolejí v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic



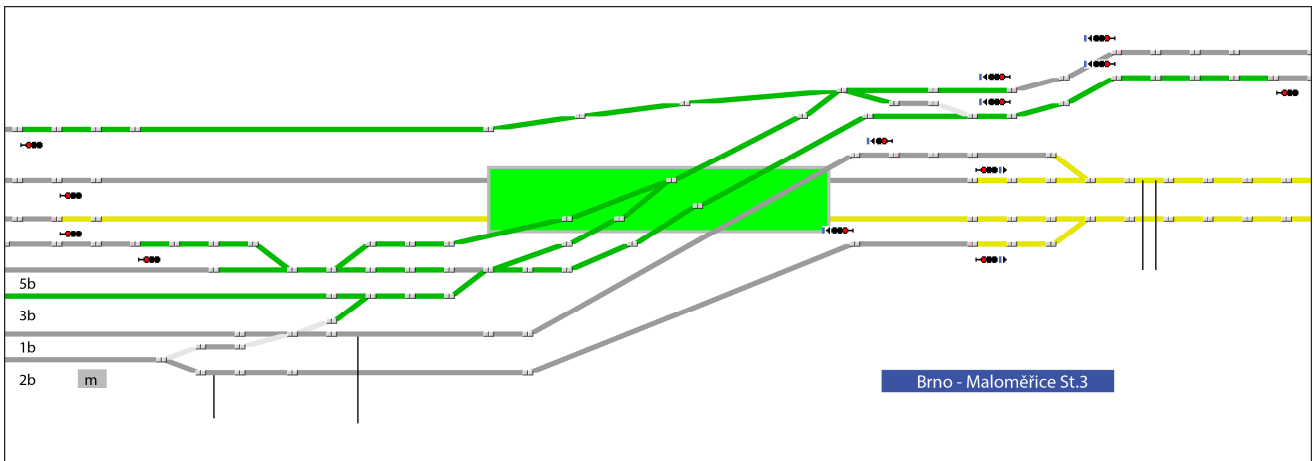
Obr.14 Simulační zatížení stanice Brno hlavní nádraží (60 minutové maximum)



Obr.15 60 minutové maximum v prostoru Černovic a Židenic



Obr.16 60 minutové maximum v prostoru severního vjezdu do Brna-Maloměřic

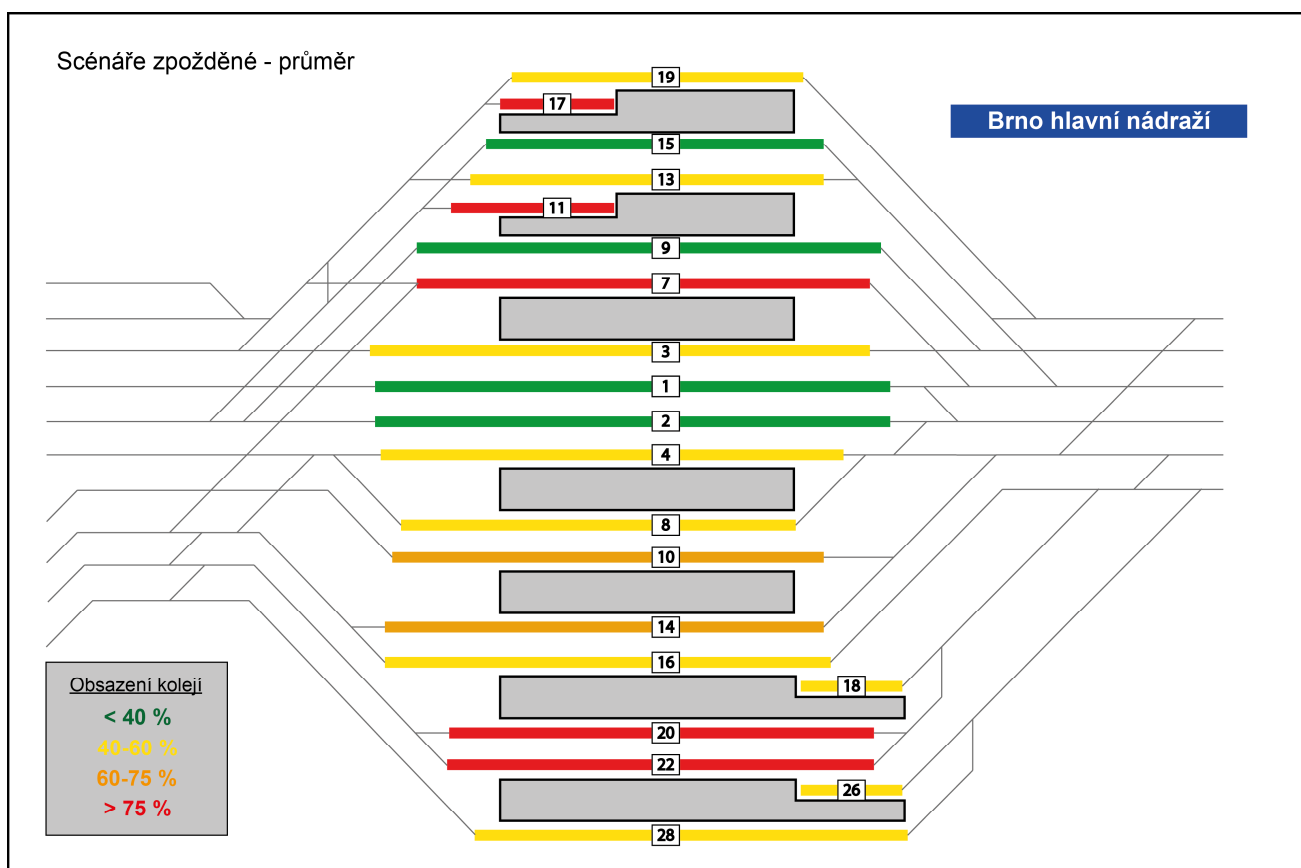


Shrnutí průměrné doby obsazení kolejí v rámci stanice Brno hlavní nádraží pro sumu 100 provedených simulačních scénářů představuje obr. 17.

Obr.17

Průměrné využití staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro sumu provedených simulací včetně vlivů zpoždění



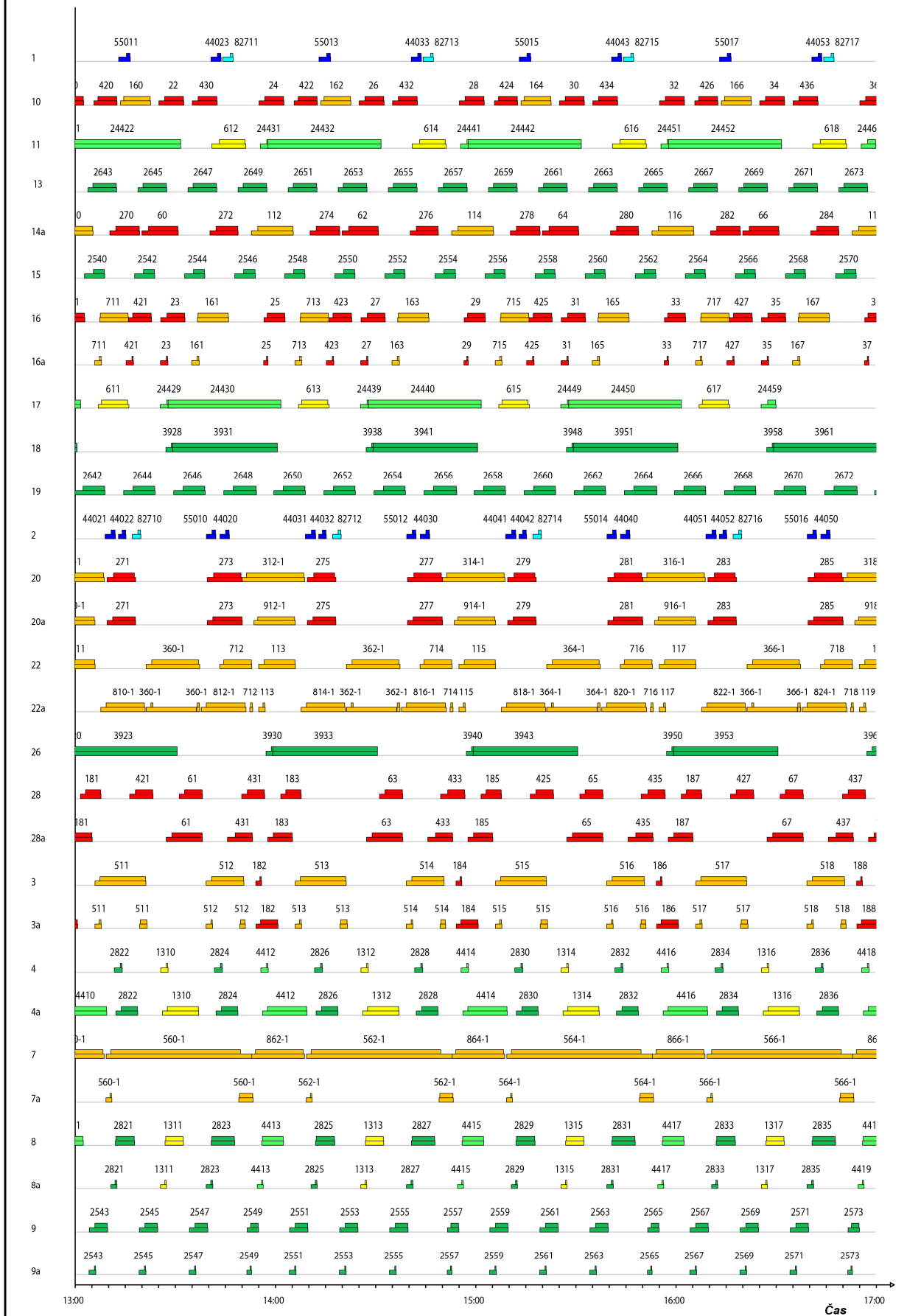


Mezi potenciálně přetížené prvky infrastruktury nepatří ani v tomto případě takové koleje, kde je předpokládán jen minimální pohyb vlaků a vysoký stupeň zatížení se děje výhradně stáním vozidel. Při porovnání provozu v modelu bez zpoždění a se zpožděním je vidět drobná změna zatížení prvků, související s nemožností v provozu využívat původní, provozním konceptem předpokládané koleje, respektive je evidentní růst zatížení kolejí, které disponují relativně nejvyšší rezervní kapacitou v příslušných částech kolejiště.

Detailní pohled na obsazení staničních kolejí konkrétními vlaky pomocí jednoho náhodného výstupu nemá v situaci simulace mnoha různých scénářů smysl. Pro takové srovnání byl použit specifický simulační scénář, který předpokládá hodnotu zpoždění ve výši střední hodnoty pro všechny zpožděné vlaky.

Obr. 18 Obsazení staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro případ výskytu výhradně středních hodnot zpoždění všech zpožděných vlaků

### Diagram obsazení staničních kolejí žst. Brno hl.n.



Pro účely vyhodnocování výsledků simulace se využívá standardních statistických výstupů, grafické výstupy zpravidla neslouží jako dále zpracováváný výstup. Skutečný provoz ve formě splněných grafikonů proto dokáže, na rozdíl od prostých datových souborů, dostatečně reprezentovat provoz v rámci simulace a osvědčit (ne)konfliktnost takového provozního konceptu. Grafikony pro opět celkem 11 traťových úseků jsou součástí příloh.

Vstupní a výstupní parametry provozu jednotlivých linek a dílčích segmentů po zohlednění všech provedených simulací, jsou shrnuty v rámci tabulky 10. Údaje jsou průměrné hodnoty v sekundách, zaokrouhleno na násobky 5s.

Tab. 10 Průměrné hodnoty vstupního a výstupního zpoždění jednotlivých linek

	Linka				Ex1		Ex2		Ex3		Ex30		Ex35		IC12			
	vstup	výst.																
Dálková doprava	R8		R9/31		R11		R12		R13		R19		R32		R33		R34	
	105	5	110	25	40	40	75	25	65	0	85	0	70	85	60	115	80	65
Regionální doprava	R4		R6		S1		S2		S3		S6		S7		S37		S41	
	45	-60	30	30	15	25	30	25	25	75	30	5	25	10	60	110	30	20

## 7.2. Jednotlivé výstupní hodnoty a jejich komentář

Při posuzování stability pomocí sumárních vstupních a výstupních zpoždění do systému bylo zjištěno, že celkové výstupní zpoždění narůstá, což obecně značí dlouhodobou provozní neudržitelnost systému a jeho rozpad.

Principiálním důvodem takového chování je zejména předpoklad poměrně častého a významného vstupního zpoždění dle [1], stejně tak jako vliv primárního zpoždění, vznikající taktéž na základě [1]. Vzhledem k podmínce využití maximálně 75% z přírážky k jízdě době k odbourávání zpoždění (zpravidla tedy nevyužití cca 2% přírážky pro krácení zpoždění), vzhledem k relativně vysoké hustotě zastavování vlaků, což vede k častému výskytu prodloužení pobytu ve stanicích ve vztahu k celkové jízdě době, navíc v kombinaci s poměrně vysokým zatížením infrastruktury v několika vzájemně úzce propojených ostrovních oblastech je pak důsledkem systém, ve kterém dochází, byť k velmi mírnému, nárůstu zpoždění.

Nárůst zpoždění v systému však není zásadní. Sumární výstup přes vlaky celé simulace je ohodnocen stupněm „B“, nárůst činí řádově několik vteřin; pokud vezmeme v potaz klasický vyhodnocovací systém a zahrneme-li pouze vlaky osobní dopravy, systém opět vykazuje stupeň „B“. Lze konstatovat, že takový systém je z hlediska krátkodobého a střednědobého pohledu obecně provozuschopný, třebaže obsahuje celkově mírně negativní rezervu pro předpokládané rozsahy zpoždění. Záleží na počtu cyklů (taktových period) a rezerv i mimo oblast simulace. Stupeň „B“ jako takový nevyžaduje přijímání zvláštních opatření, je ovšem třeba předpokládat že již mírně vyšší rozsah nepravidelností může vést k jeho nestabilitě. Segment dálkové osobní dopravy vykazuje mírný pokles celkové sumy zpoždění (A-B), regionální doprava se pohybuje (B-C), nákladní doprava vykazuje jednoznačný stupeň C přibližně ve středu tohoto intervalu.

Jako celek systém není, za předpokládaných okolností, kriticky nestabilní. Některé jeho součásti ovšem, přes celkovou relativní nekritičnost, vykazují vysoké („C“) až extrémní („D“) nárůsty zpoždění, které mohou negativně ovlivnit chování ostatních prvků v síti. Takové části je třeba analyzovat a rozhodnout, zda jsou nutná nápravná opatření, ať již pro zajištění odpovídajícího provozu v rámci uzlu, nebo případně v rámci nutnosti eliminace negativního působení na jiné místa (hrany, uzly) okolní sítě.

Tyto vlastnosti vykazují linky regionální dopravy S3 a S37, linky dálkové dopravy Ex1, Ex35, R32, R33 a zejména pak Ex3, která samostatně vykazuje nedostatečnou úroveň kvality provozu („D“). Kromě obecných problémů daných zejména vysokou úrovní výskytu zpoždění vlivem prodloužení pobytů (popř. minimálních pobytů) ve stanicích mají zejména negativní vliv velmi ostré obraty/změny směru jízdy vlaku (minimální technologická vs. disponibilní doba), popř. v kombinaci s vysokým stupněm vytížení infrastruktury zhlaví v takových uzlech (R32 a zejména Ex3) či částečný vliv dispečerských opatření, které sice eliminují zpoždění celku, ale negativně ovlivňují jízdu některých linek (Ex35 severním směrem). K výraznému nárůstu zpoždění linky Ex3 dochází, v porovnání s ostatními linkami Ex, nezbytnou změnou směru jízdy a v důsledku nižší využitelnou rezervou na utlumení zpoždění během plánovaného pobytu ve stanici Brno hl.n. Linka S3 vykazuje ve směru na jih systematicky cca minutový nárůst zpoždění v úseku Lesná odj. – Židenice odj., které je následně přeneseno až do výstupu ze simulace. Severní směr vykazuje maximálně cca poloviční nárůst z Židenic odj. směrem na sever.

Provoz a vyhodnocení provozu linek R32 a R34 je provedeno odchylně od obecných principů uplatněných pro ostatní linky. Tyto linky prokazovaly v rámci simulačních scénářů extrémní náchylnost ke zpožděním, zejména v přímém důsledku provozu ve značně exponovaných obdobích v rámci taktové periody, což v kombinaci s předpokládanou dobou obratu vozidla a její spodní mezí dle definice dálkové dopravy neumožňovalo zajistit alespoň částečně plynulý provoz těchto linek. Proto bylo, na základě konzultací se zpracovatelem příslušné části Dopravní technologie, přikročeno k úpravě minimální požadované doby obratu souprav těchto linek na hodnoty platné pro obrat vozidla regionální dopravy. Tento princip je využit jak pro provoz bez zpoždění, tak pro provoz v podmínkách vzniku a existence zpoždění.

Linka S37 vykazuje nárůsty v severním směru zejména v oblasti vstupu do jednokolejného úseku (systematicky více než minutový nárůst), dále je vývoj značně variabilní při zachování celkové míry zpoždění, specificky průjezd oblastí Židenic nevykazuje zásadní nárůsty zpoždění. Jižní směr vykazuje ještě vyšší nárůst zpoždění, vznikající po příjezdu do Židenic až do průjezdu odb. Slatinská, který systematicky vykazuje růst zpoždění až do rozsahu více než půldruhé minuty.

V případě těchto linek je vhodné prověřit situaci na okolních tratích a v okolních uzlech linek tak, aby bylo zajištěno, že systematicky vznikající zpoždění z uzlu Brno nezpůsobí rozpad jiných uzlů, zejména za podmínky, že by následné přenesené zpoždění zpět do uzlu Brno bylo vyšší než již očekávané. Taková situace by totiž mohla vést k nestabilitě, popř. rozpadu provozního konceptu v tomto uzlu, třebaže současná situace vykazuje relativně stabilní předpoklad provozu.

Provoz na tříkolejném úseku Černovice – Černovická terasa nevykazuje z hlediska stability systému i celkových dob zpoždění zásadní problém. Při provozu vlaků z/do prostoru hlavního nádraží dochází k dílčím odchylkám od provozního konceptu, které se pohybují průměrně okolo půlminuty a navíc jsou následně částečně absorbovány. Dílčí problém představují drobně opožděné dojezdy do prostoru hl.n., které však nemají vliv na stabilitu systému. Problém představuje výše zmíněná linka S37 a nákladní vlaky Maloměřice – Přerov, jež je třeba prověřit i mimo uzel, je-li takovýto jejich provoz trvale možný.

V prostoru Židenic je provoz dálkové dopravy stabilní, problémy představují jen již výše zmíněné linky vedené spojkou z/do prostoru Slatiny, navržená opatření taktéž zůstávají beze změny v platnosti. Vlaky regionální dopravy, zejména v analýze zmíněná zpožděvaná linka S3,

tranzitující oblastí Židenic, projíždí touto relativně obtížněji, přesto vznikající odchylka nepřesahuje čtvrt minuty ani v jednom ze směrů.

Závěrem je možno konstatovat, že funkčnost uzlu Brno přes celkový drobný nárůst sumárního zpoždění (cca 4%, v absolutní hodnotě okolo 3 s) není při uvažovaném provozním konceptu zásadně dotčena a tedy je možné takovýto provozní koncept na dané infrastruktuře a za daných okrajových podmínek realizovat.

## 8. ZÁVĚR

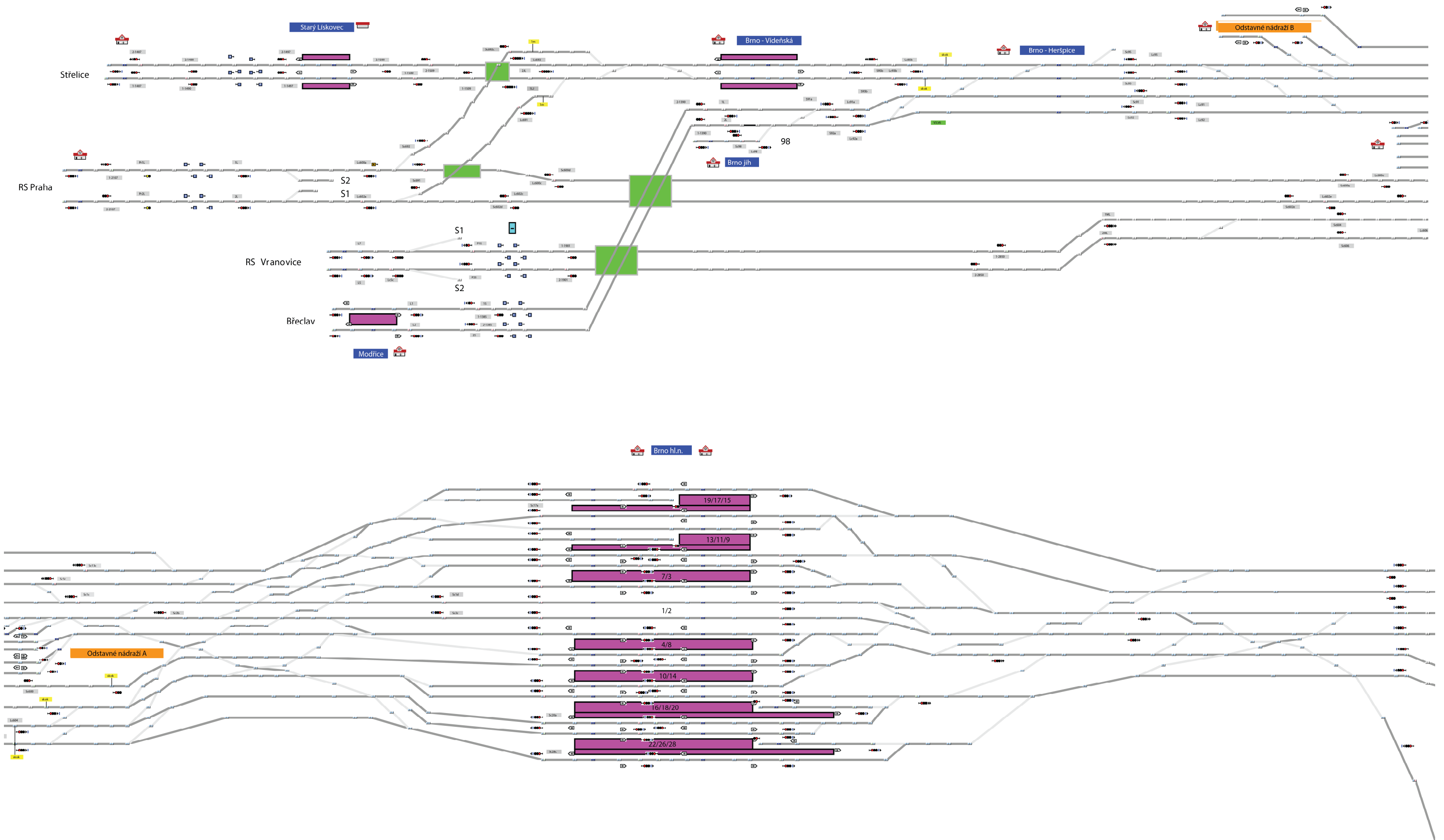
Podrobné dopravně technologické posouzení varianty A pomocí simulačních metod potvrdilo přesvědčení, že za daných předpokladů rozsahu infrastruktury ve spojitosti s uvažovaným vozidlovým parkem, navrhovaným provozním konceptem a s předpokládanou mírou výskytu nepravidelností v běžném provozu je možné udržovat relativně stabilní provoz v rámci uzlu Brno.

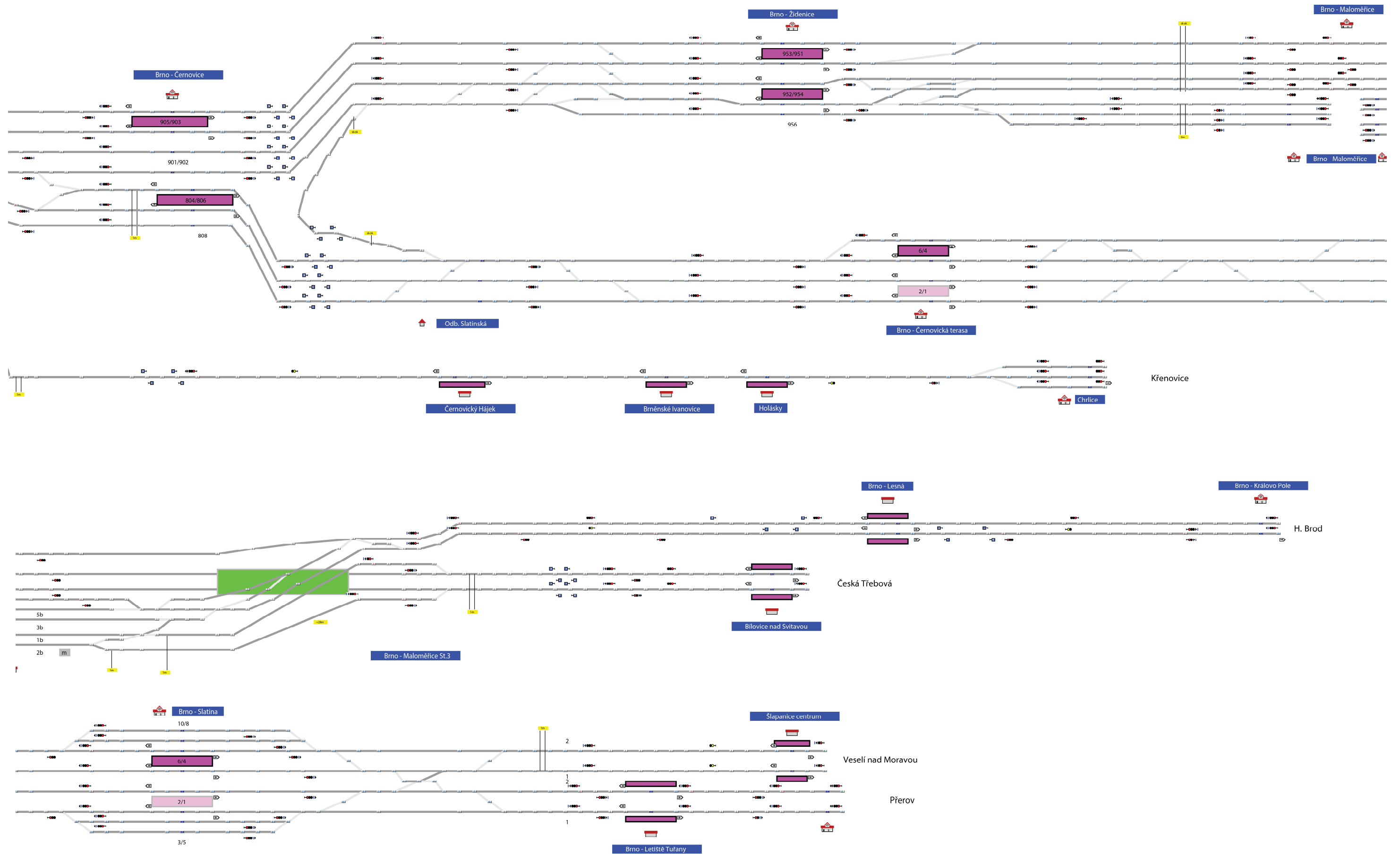
Celková stabilita systému, vzhledem k byť malému, ale přesto efektivnímu nárůstu sumy zpoždění, není zásadním způsobem dotčena a lze očekávat, že výsledný provoz, alespoň po dobu špičkového provozu, je možné ještě zajistit na horní hranici intervalu úrovně kvality provozu B (ekonomicky optimální), přičemž nedojde k překročení hranice do potenciálně rizikové úrovně kvality provozu C. Stabilní a trvalý provoz takového systému, ve smyslu například celodenního provozu, však není možné doporučit. V takovém případě bude nezbytné navrhnout dodatečná opatření, která by provoz stabilizovala na úrovni B, respektive bude nezbytné zajistit ekvivalentní absorpční zóny na tratích, navazujících na simulovaný železniční uzel Brno.

## 9. POUŽITÉ PRAMENY

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| [1] DB Netz AG:              | Richtlinie 405 „Fahrwegkapazität“          |
| [2] Pachl, J.:               | Systemtechnik des Schienenverkehrs         |
| [3] Hansen, I.A., Pachl, J.: | Railway Traffic & Timetable                |
| [4] <i>kolektiv autorů</i>   | DB-Fachbuch „Eisenbahnbetriebstechnologie“ |

Příloha č.1  
Schéma simulačního modelu infrastruktury – varianta „A“









## Příloha č.3

### Splněné grafikonky ze simulace „bez poruch a bez nepravidelností“

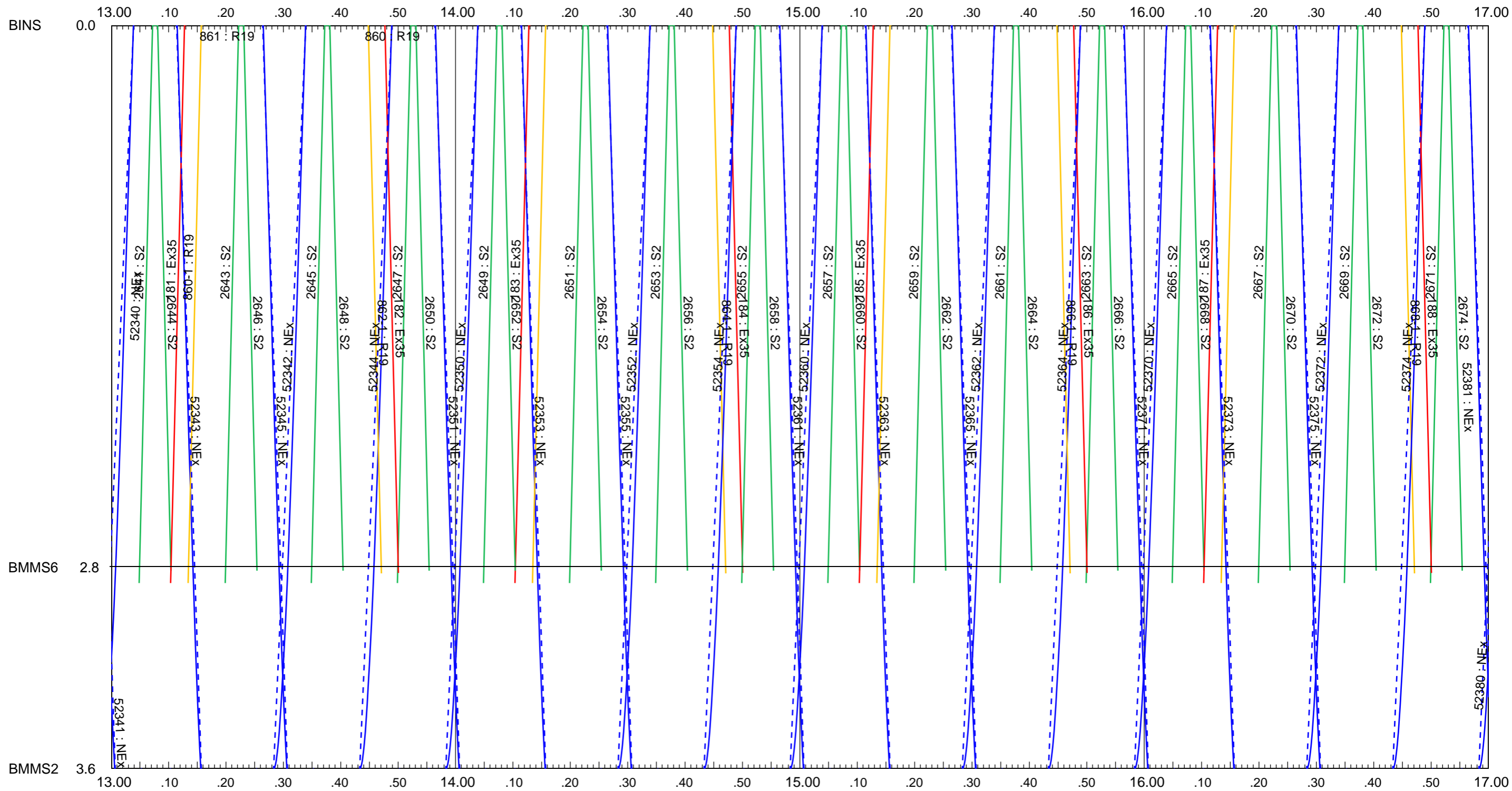
#### Seznam traťových úseků:

Bílovice nad Svitavou – Brno-Maloměřice (ND)  
 Bílovice nad Svitavou – Brno hlavní nádraží  
 Brno-Královo Pole – Brno hlavní nádraží  
 Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice (ND)  
 Chrlice – Brno hlavní nádraží  
 Modřice – Brno hlavní nádraží  
 Šlapanice centrum – Brno hlavní nádraží  
 RS Praha – Brno hlavní nádraží  
 RS Přerov – Brno hlavní nádraží  
 RS Vranovice – Brno hlavní nádraží  
 Střelice – Brno hlavní nádraží

#### Seznam stanic a použitých zkratk:

BINS	Bílovice nad Svitavou
BIVA	Brněnské Ivanovice
BLET	Letiště Brno-Tuřany
BMCE	Brno-Černovice
BMCS	Brno-Černovice Slatinská
BMCT	Brno-Černovická Terasa
BMHA	Brno hl.n. (jižní koleje)
BMHE	Brno-Heršpice
BMHL	Brno hl.n.
BMJI	Brno jih
BMKP	Brno-Královo Pole
BMLE	Brno-Lesná
BMMA, BMMS1, BMMS2	Brno-Maloměřice
BMMS3	Brno-Maloměřice St. 3
BMMS6	Brno-Maloměřice St. 6
BMSL	Brno-Slatina
BMVI	Brno-Vídeňská
BMZI	Brno-Židenice
HOLA	Holásky
CHAJ	Černovický Hájek
CHRL	Chrlice
MODR	Modřice
ONA	Odstavné nadraží A
ONB	Odstavné nadraží B
SLAC	Šlapanice centrum
SLIS	Starý Lískovec
ZUPH	km 208,300 RS Praha
ZUPR	km 21,000 RS Přerov
ZUST	km 148,600 směr Střelice

# Bílovice nad Svitavou - Brno-Maloměřice

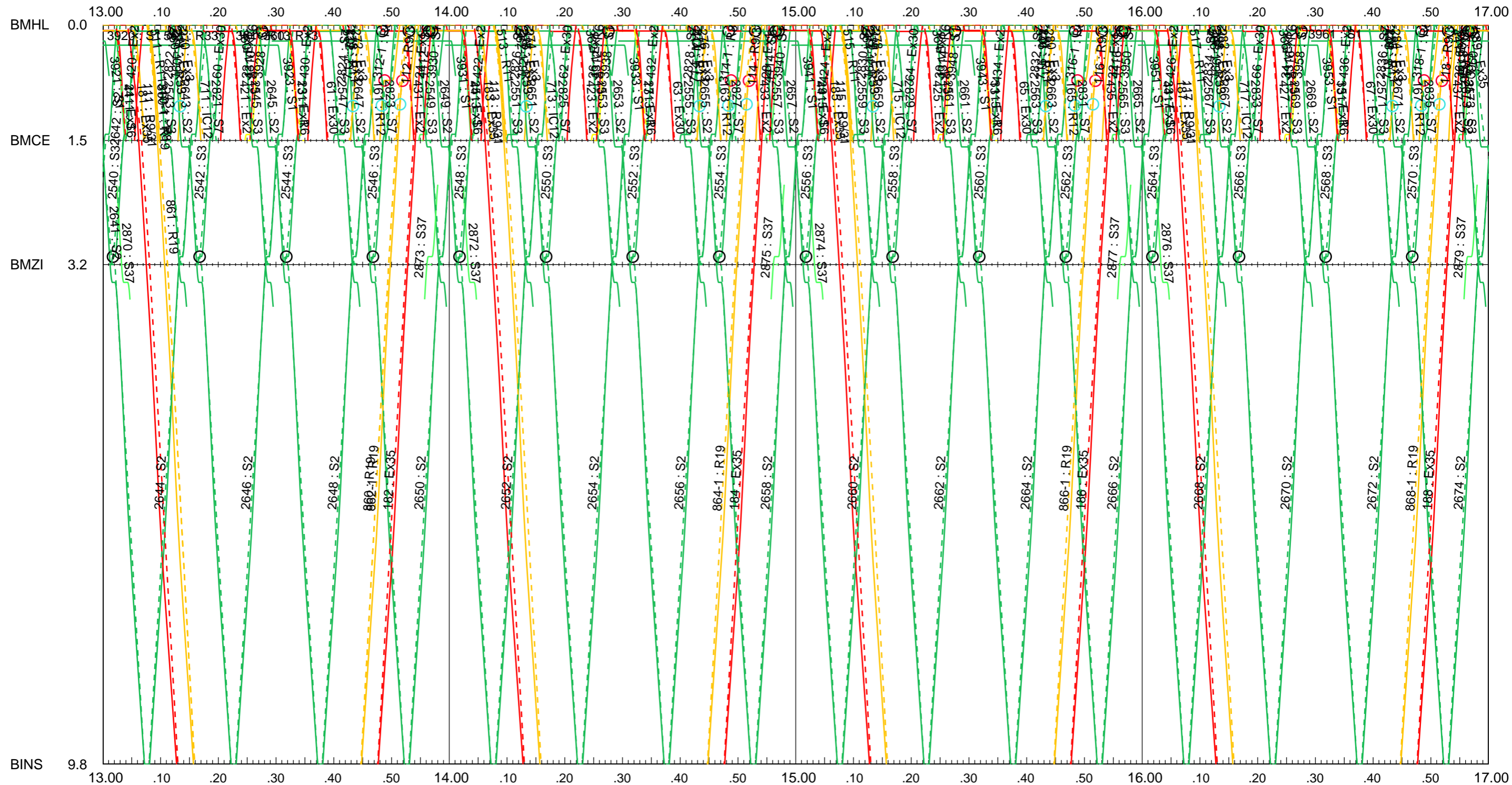


Legenda

- 1-Expres
  - 2-R rychly
  - 3-R pomaly
  - 4-Os primestsky
  - 5-Os regionalni
  - 6-Nakladni rychly
  - 7-Nakladni stredni
  - 8-Nakladni pomaly
- Brzdění - vlakova cesta
  - Brzdění k navěstidlu
  - Brzdění k vystraze
  - Zastavení u navěstidla
  - Pozdni příjezd
  - Pozdni odjezd
  - Pozdni prujezd

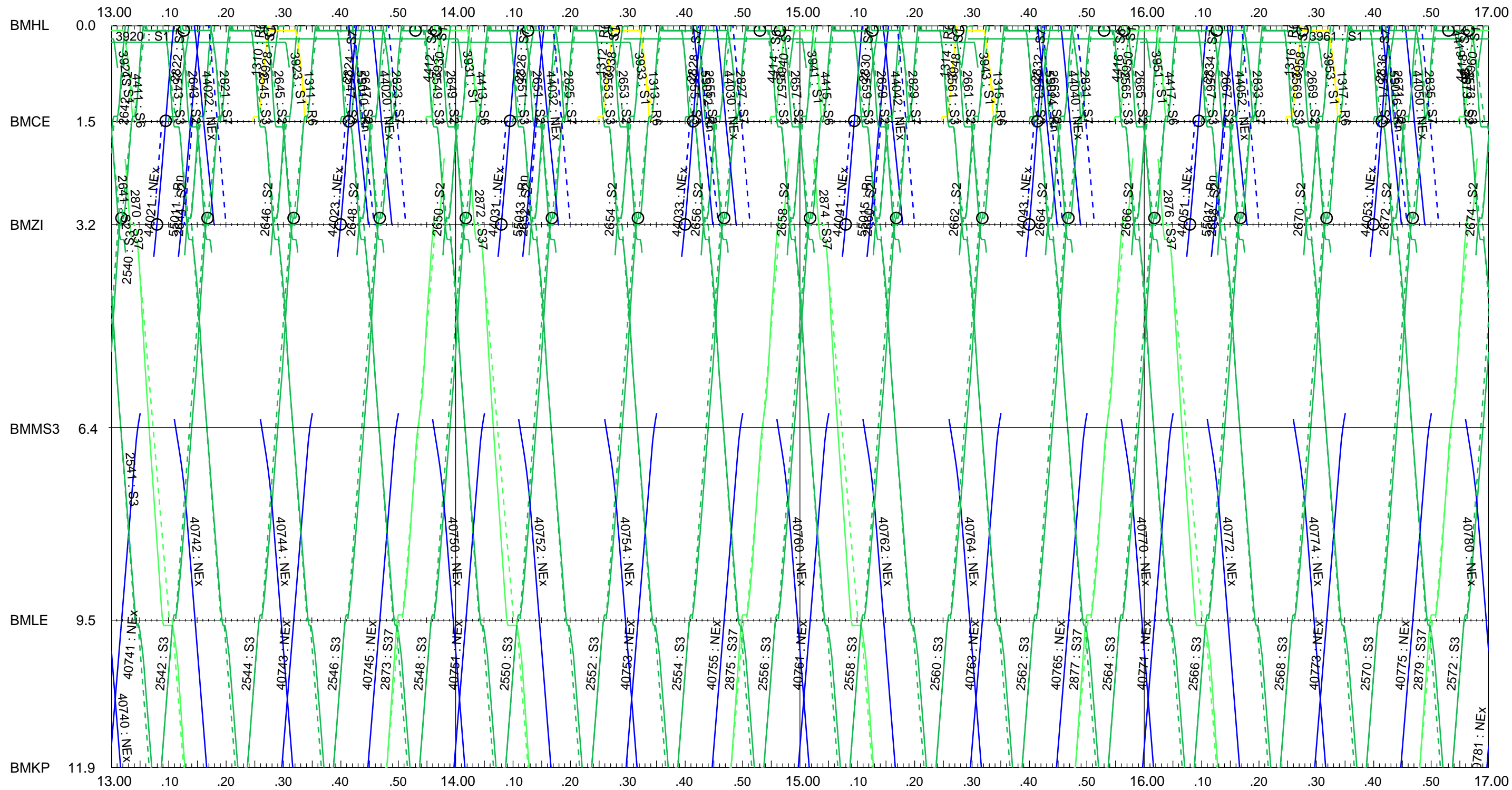


# Brno hl.n. - Bílovice nad Svitavou



- Legenda
- 1-Expres
  - 2-R rychly
  - 3-R pomaly
  - 4-Os primestsky
  - 5-Os regionalni
  - 6-Nakladni rychly
  - 7-Nakladni stredni
  - 8-Nakladni pomaly
  - Brzdeni - vlakova cesta
  - Brzdeni k navestidlu
  - Brzdeni k vystraze
  - Zastaveni u navestidla
  - Pozdni prijезд
  - Pozdni odjezd
  - Pozdni prujezd

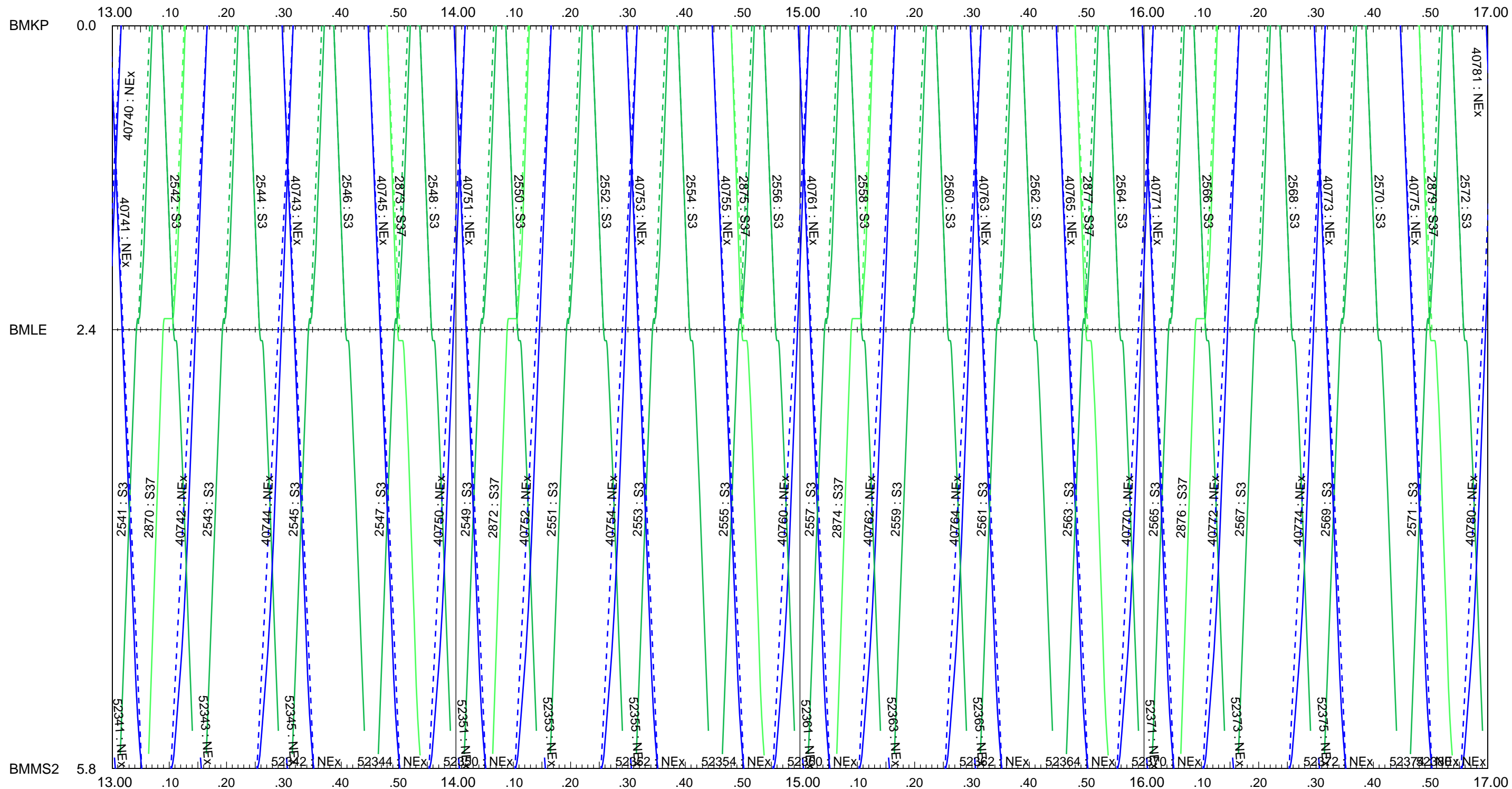
# Brno hl.n. - Brno-Královo Pole



## Legenda

- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: lightblue;">○</span> Brzdění - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdění k navestidlu         |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomaly           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdění k vystraze         |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os primestsky       | <span style="color: red;">○</span> Zastavení u navestidla        |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prijezd               |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjezd                |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujezd               |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladni pomaly      |  |

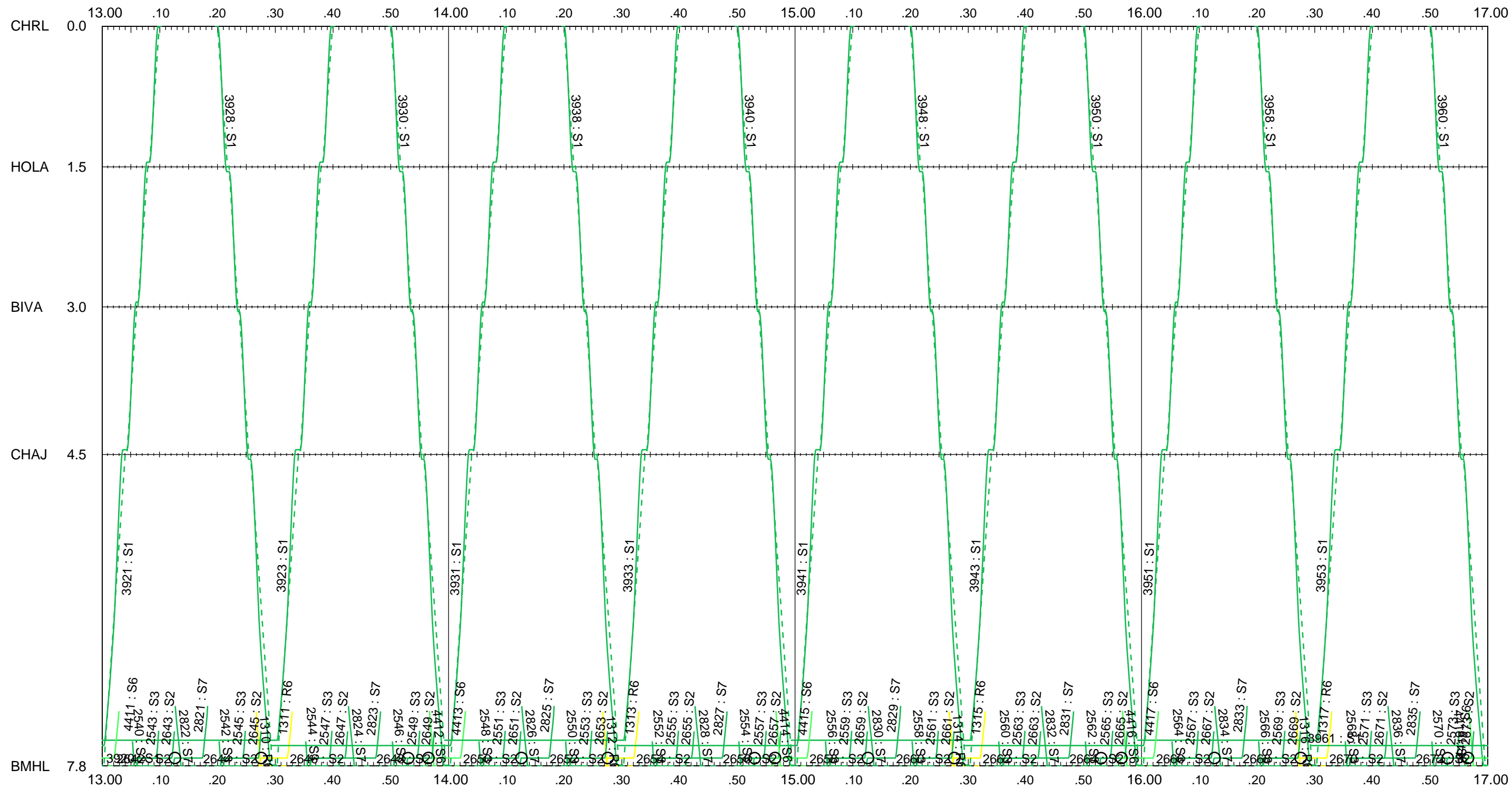
# Brno-Královo Pole - Brno-Maloměřice



## Legenda

- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: cyan;">○</span> Brzdění - vlaková cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychlý           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdění k navěstidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomalý           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdění k vystraze    |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os příměstský       | <span style="color: red;">○</span> Zastavení u navěstidla   |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionální  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdní příjezd          |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladní rychlý      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdní odjezd           |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladní střední | <span style="color: grey;">○</span> Pozdní příjezd          |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladní pomalý      |   |

# Chrlice - Brno hl.n.

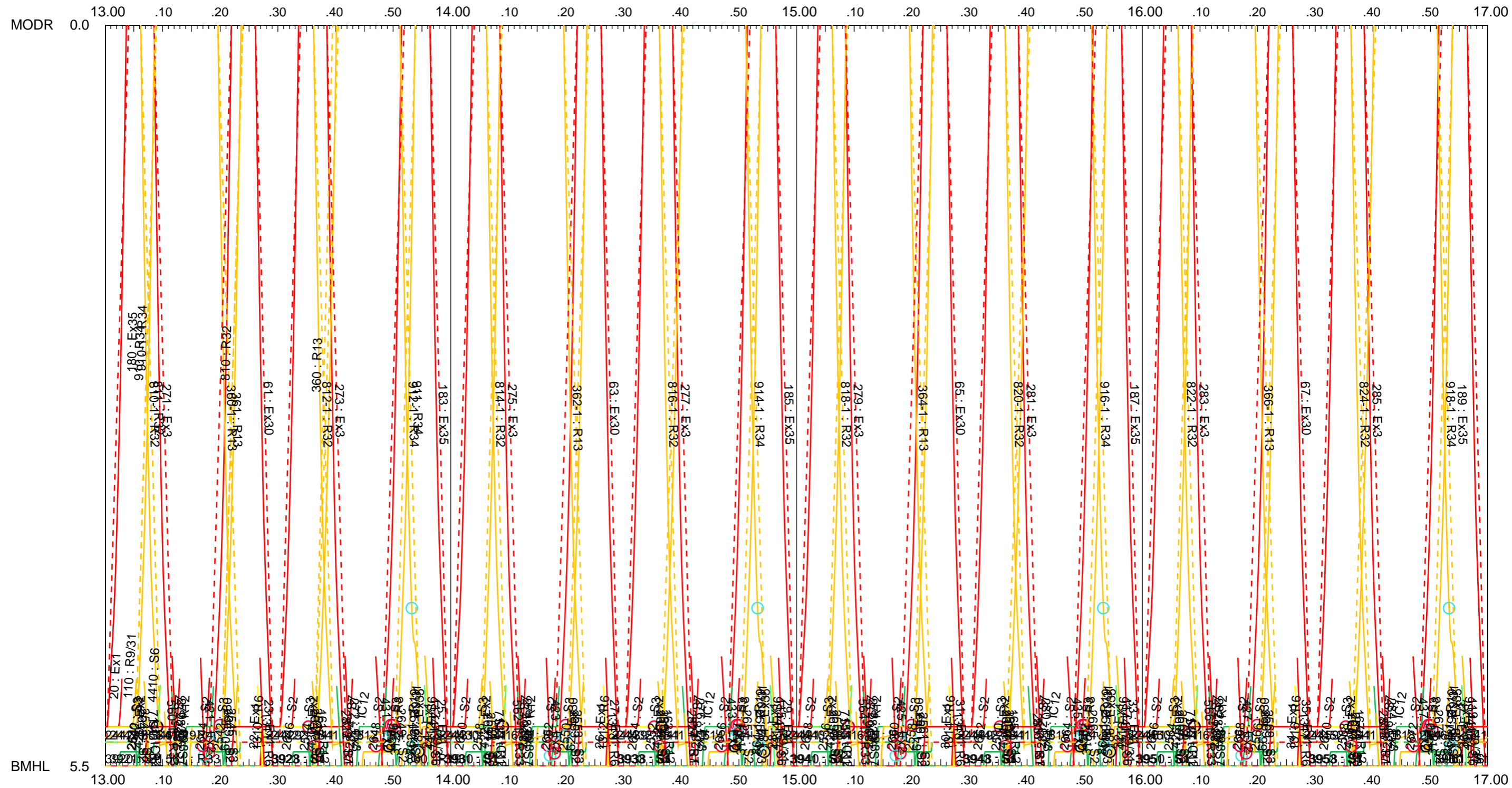


## Legenda

- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: cyan;">○</span> Brzdeni - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdeni k navestidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomaly           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdeni k vystraze    |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os primestsky       | <span style="color: red;">○</span> Zastaveni u navestidla   |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prijezd          |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjezd           |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujezd          |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladni pomaly      |   |



# RS Vranovice - Brno hl.n.



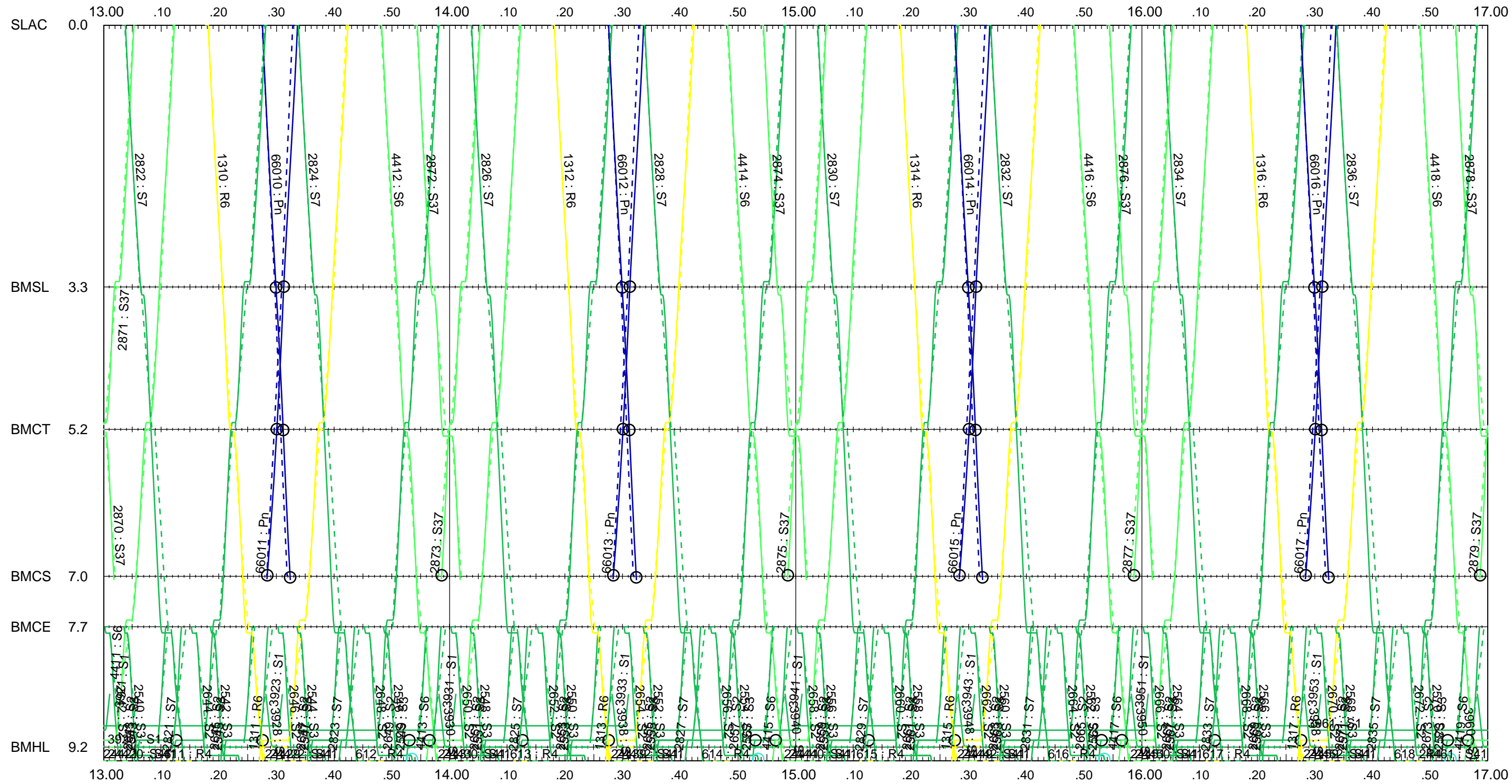
## Legenda

- 1-Expres
- 2-R rychly
- 3-R pomaly
- 4-Os primestsky
- 5-Os regionalni
- 6-Nakladni rychly
- 7-Nakladni sredni
- 8-Nakladni pomaly
- Brzdeni - vlakova cesta
- Brzdeni k navestidlu
- Brzdeni k vystraze
- Zastaveni u navestidla
- Pozdni prijezd
- Pozdni odjezd
- Pozdni prujezd





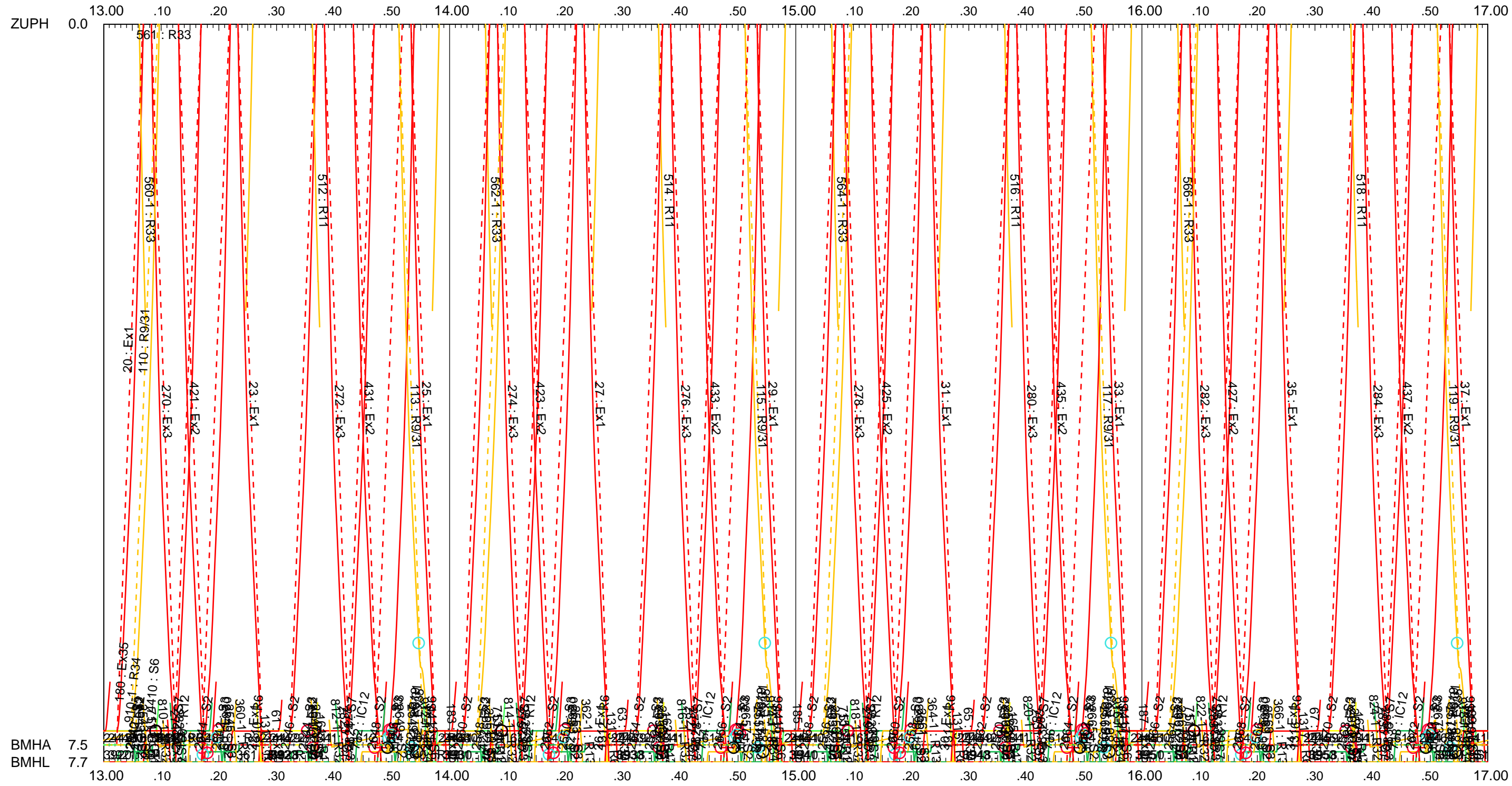
# Šlapanice centrum - Brno hl.n.



## Legenda

- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: lightblue;">○</span> Brzdeni - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdeni k navestidlu         |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomaly           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdeni k vystraze         |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os primestscky      | <span style="color: red;">○</span> Zastaveni u navestidla        |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prijезд               |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjezd                |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujезд               |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladni pomaly      |  |

# RS Praha - Brno hl.n.

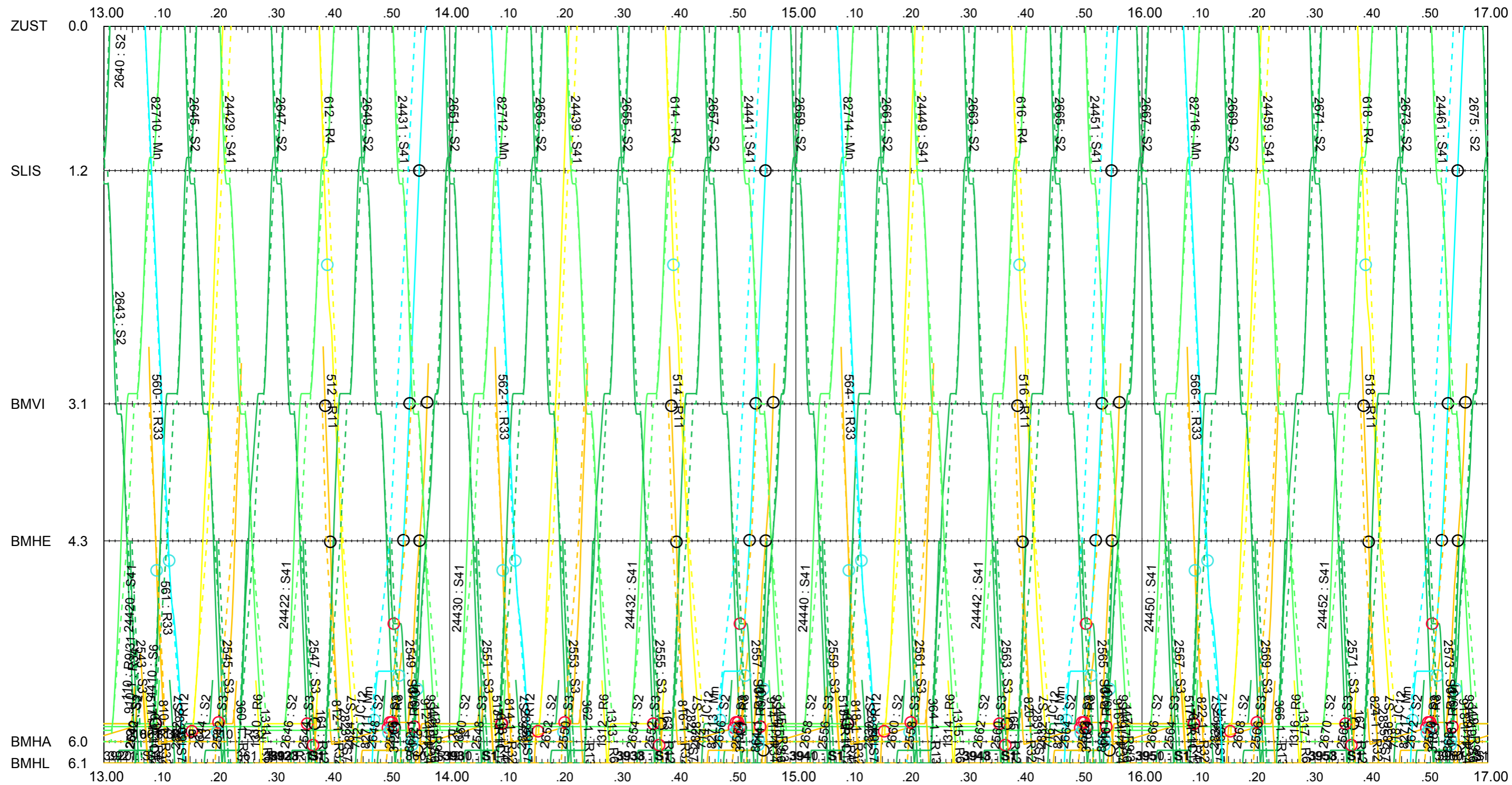


- Legenda**
- 1-Expres
  - 2-R rychly
  - 3-R pomaly
  - 4-Os primestsky
  - 5-Os regionalni
  - 6-Nakladni rychly
  - 7-Nakladni stredni
  - 8-Nakladni pomaly
  - Brzdeni - vlakova cesta
  - Brzdeni k navestidlu
  - Brzdeni k vystraze
  - Zastaveni u navestidla
  - Pozdni prijezd
  - Pozdni odjezd
  - Pozdni prujezd





# Střelice - Brno hl.n.



## Legenda

- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: cyan;">○</span> Brzdeni - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdeni k navestidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomaly           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdeni k vystraze    |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os primestscky      | <span style="color: red;">○</span> Zastaveni u navestidla   |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prijезд          |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjезд           |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujезд          |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladni pomaly      |   |

## Příloha č.4

### Splněné grafikonky ze simulace „s vlivem nepravidelností“

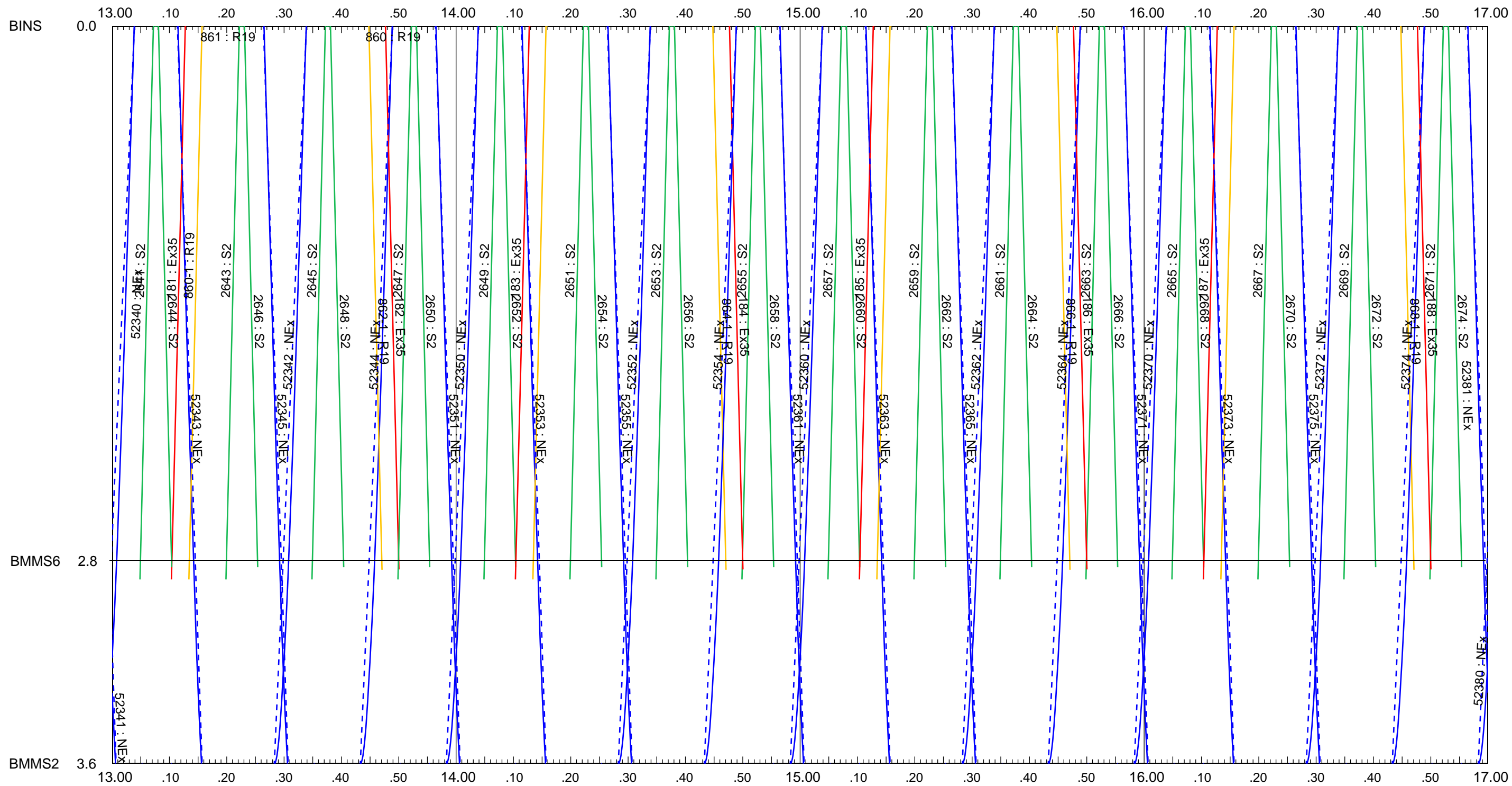
#### Seznam traťových úseků:

Bílovice nad Svitavou – Brno-Maloměřice (ND)  
 Bílovice nad Svitavou – Brno hlavní nádraží  
 Brno-Královo Pole – Brno hlavní nádraží  
 Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice (ND)  
 Chrlice – Brno hlavní nádraží  
 Modřice – Brno hlavní nádraží  
 Šlapanice centrum – Brno hlavní nádraží  
 RS Praha – Brno hlavní nádraží  
 RS Přerov – Brno hlavní nádraží  
 RS Vranovice – Brno hlavní nádraží  
 Střelice – Brno hlavní nádraží

#### Seznam stanic a použitých zkratk:

BINS	Bílovice nad Svitavou
BIVA	Brněnské Ivanovice
BLET	Letiště Brno-Tuřany
BMCE	Brno-Černovice
BMCS	Brno-Černovice Slatinská
BMCT	Brno-Černovická Terasa
BMHA	Brno hl.n. (jižní koleje)
BMHE	Brno-Heršpice
BMHL	Brno hl.n.
BMJI	Brno jih
BMKP	Brno-Královo Pole
BMLE	Brno-Lesná
BMMA, BMMS1, BMMS2	Brno-Maloměřice
BMMS3	Brno-Maloměřice St. 3
BMMS6	Brno-Maloměřice St. 6
BMSL	Brno-Slatina
BMVI	Brno-Vídeňská
BMZI	Brno-Židenice
HOLA	Holásky
CHAJ	Černovický Hájek
CHRL	Chrlice
MODR	Modřice
ONA	Odstavné nadraží A
ONB	Odstavné nadraží B
SLAC	Šlapanice centrum
SLIS	Starý Lískovec
ZUPH	km 208,300 RS Praha
ZUPR	km 21,000 RS Přerov
ZUST	km 148,600 směr Střelice

# Bílovice nad Svitavou - Brno-Maloměřice

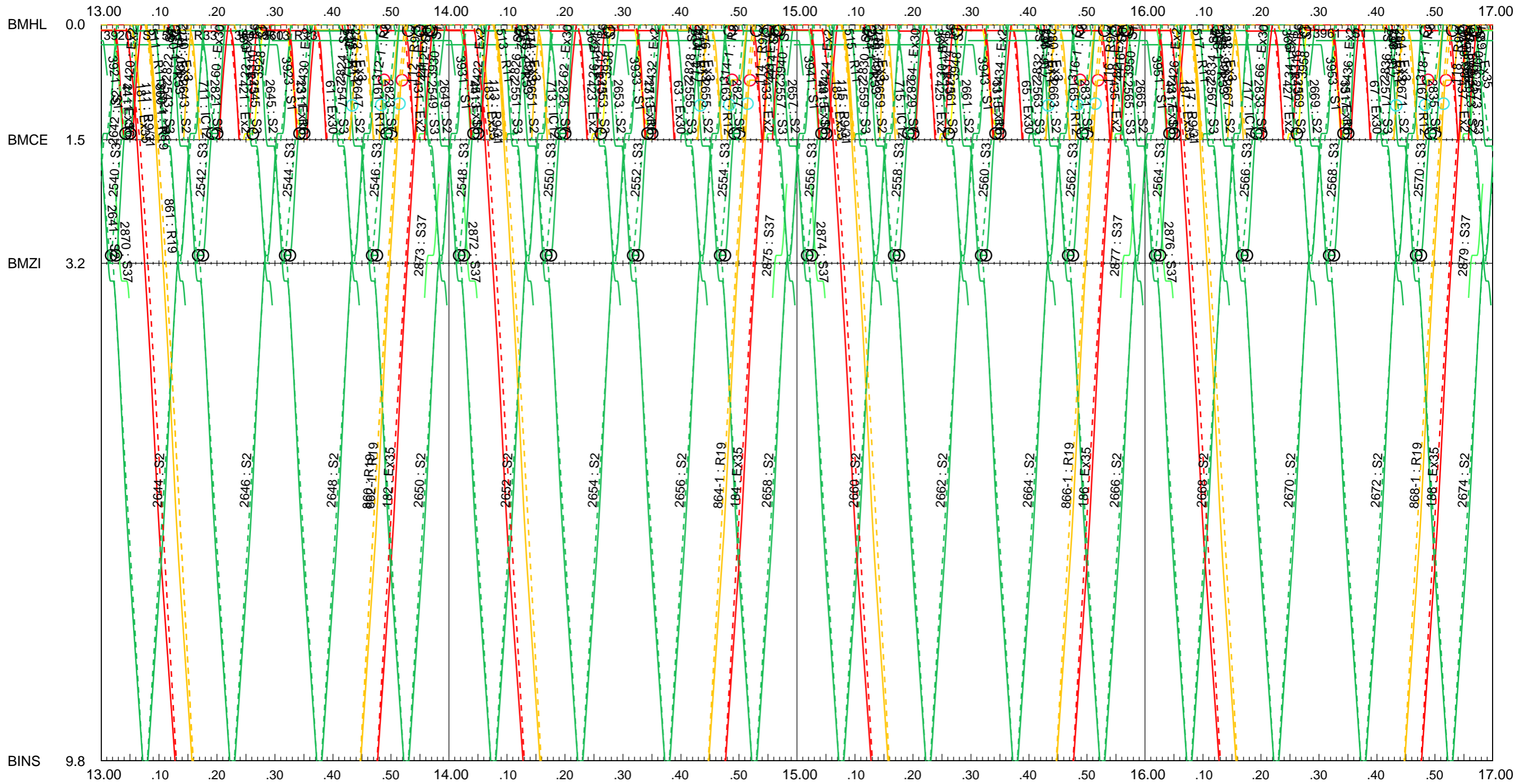


## Legenda

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| 1-Expres           | Brzdění - vlakova cesta |
| 2-R rychly         | Brzdění k navestidlu    |
| 3-R pomaly         | Brzdění k vystraze      |
| 4-Os primestsky    | Zastaveni u navestidla  |
| 5-Os regionalni    | Pozdni prijezd          |
| 6-Nakladni rychly  | Pozdni odjezd           |
| 7-Nakladni stredni | Pozdni prujezd          |
| 8-Nakladni pomaly  |                         |



# Brno hl.n. - Bílovice nad Svitavou

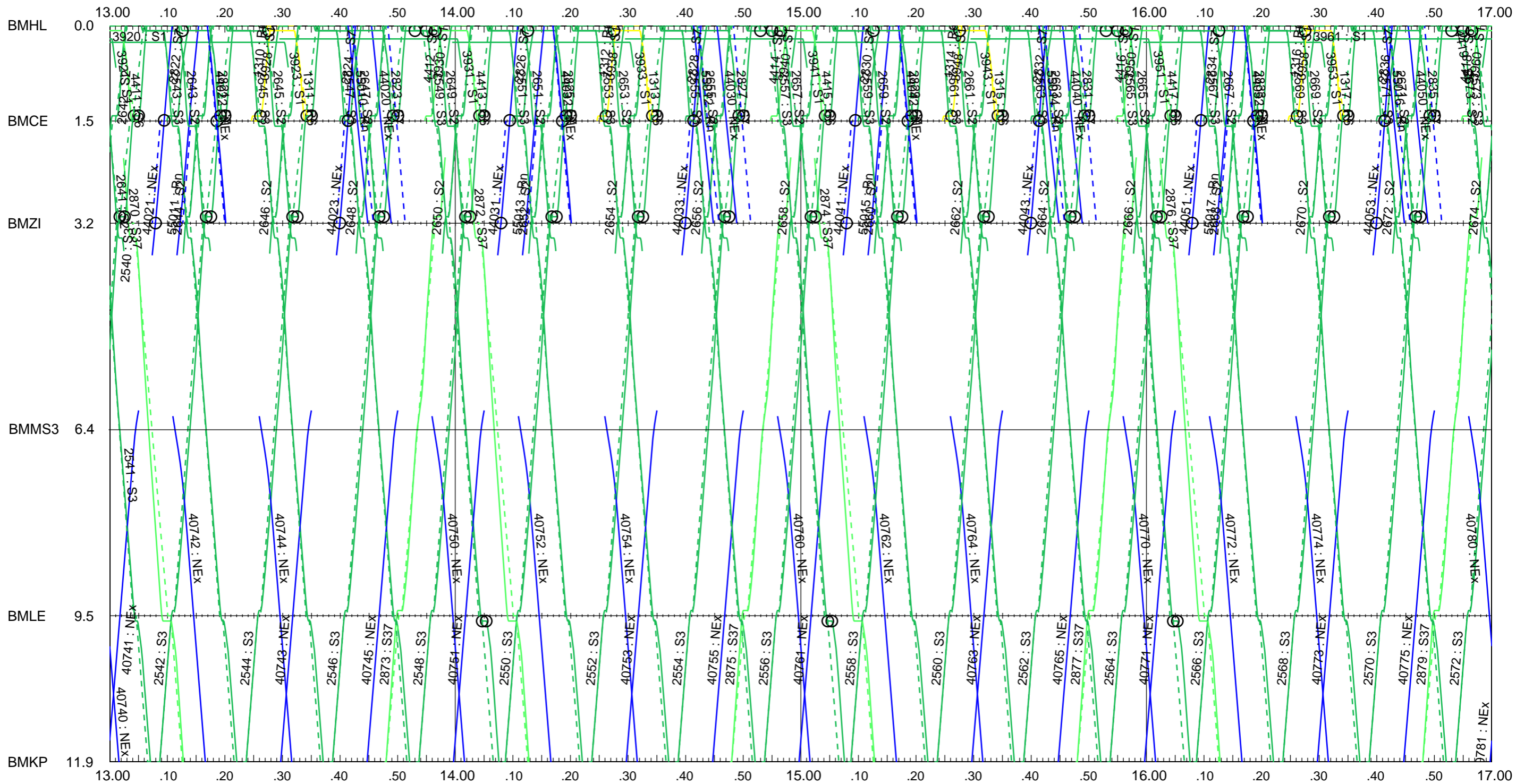


## Legenda

- |   |                    |                                       |                         |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| <span style="color: red;">—</span>        | 1-Expres           | <span style="color: cyan;">○</span>   | Brzdění - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span>     | 2-R rychly         | <span style="color: blue;">○</span>   | Brzdění k navěstidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span>     | 3-R pomaly         | <span style="color: orange;">○</span> | Brzdění k vystraze      |
| <span style="color: green;">—</span>      | 4-Os primestscky   | <span style="color: red;">○</span>    | Zastavení u navěstidla  |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> | 5-Os regionalni    | <span style="color: grey;">○</span>   | Pozdni příjezd          |
| <span style="color: blue;">—</span>       | 6-Nakladni rychly  | <span style="color: grey;">○</span>   | Pozdni odjezd           |
| <span style="color: darkblue;">—</span>   | 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span>   | Pozdni prujezd          |
| <span style="color: cyan;">—</span>       | 8-Nakladni pomaly  |                                       |                         |



# Brno hl.n. - Brno-Královo Pole

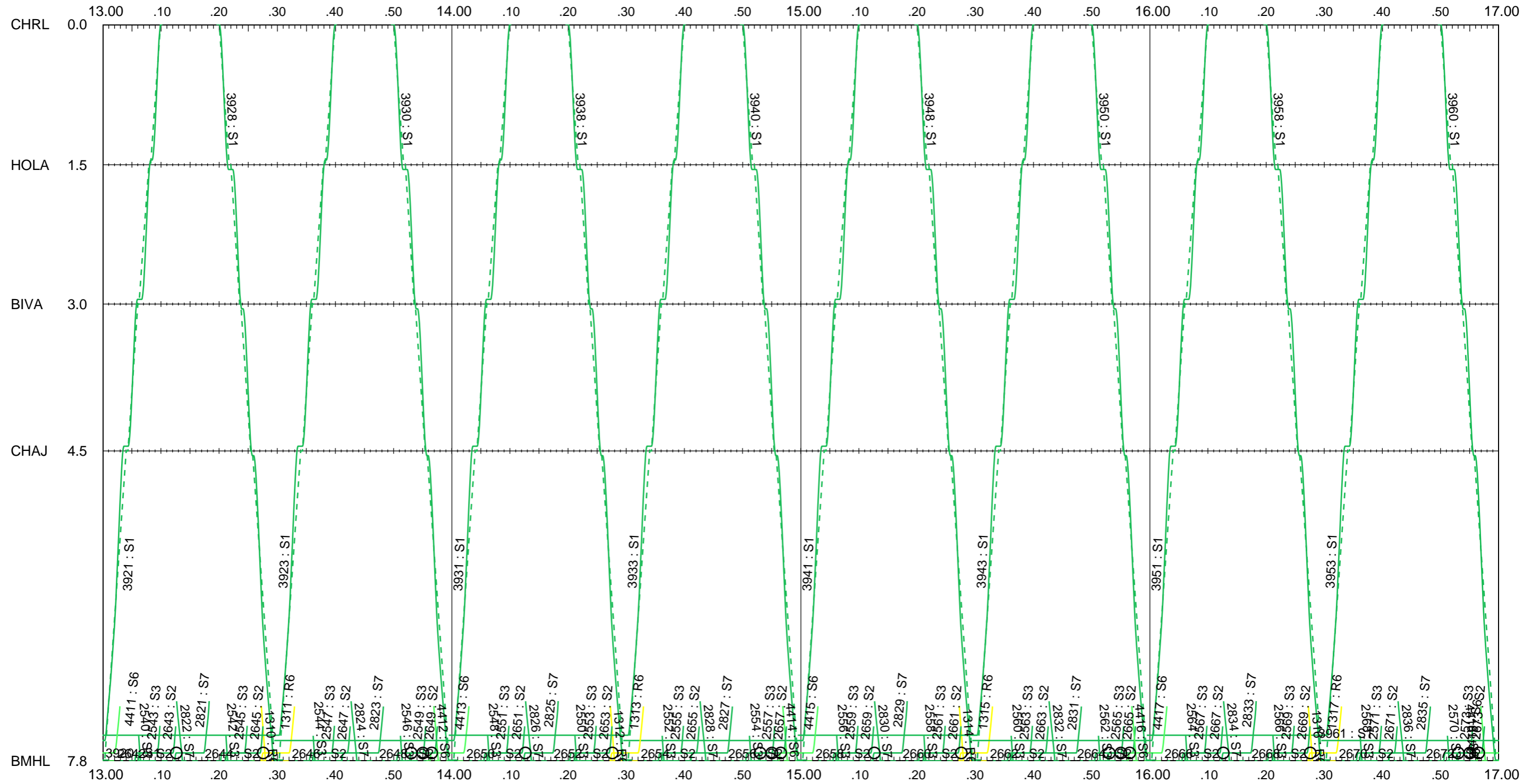


## Legenda

- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: cyan;">○</span> Brzdění - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdění k navěstidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomaly           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdění k vystraze    |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os primestscky      | <span style="color: red;">○</span> Zastavení u navěstidla   |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni příjezd          |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjezd           |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujezd          |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladni pomaly      |   |



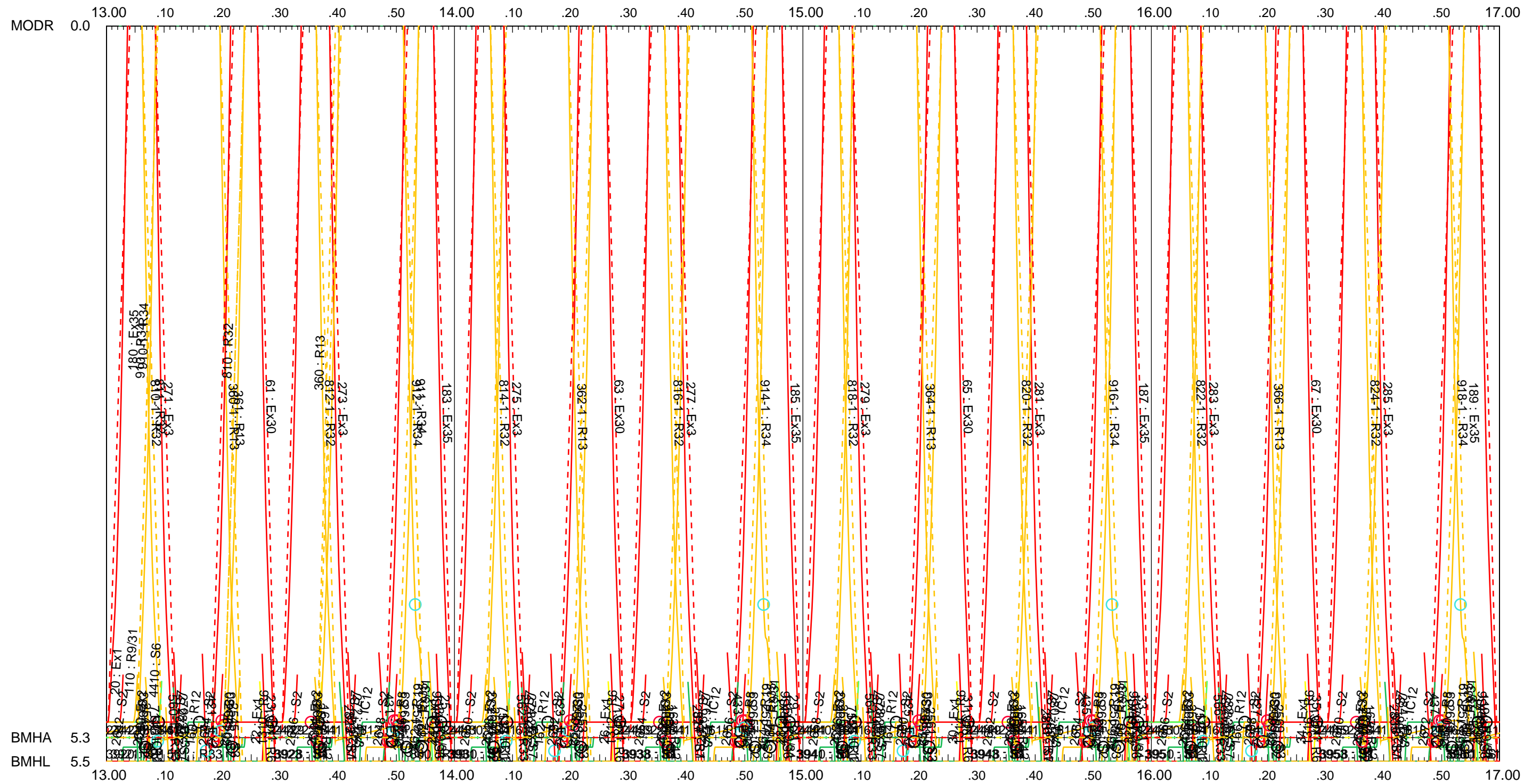
# Chrlice - Brno hl.n.



## Legenda

- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: red;">—</span> 1-Expres                | <span style="color: cyan;">○</span> Brzdeni - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdeni k navestidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span> 3-R pomaly           | <span style="color: orange;">○</span> Brzdeni k vystraze    |
| <span style="color: green;">—</span> 4-Os primestsky       | <span style="color: red;">○</span> Zastaveni u navestidla   |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prijezd          |
| <span style="color: blue;">—</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjezd           |
| <span style="color: darkblue;">—</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujezd          |
| <span style="color: cyan;">—</span> 8-Nakladni pomaly      |   |

# RS Vranovice - Brno hl.n.



## Legenda

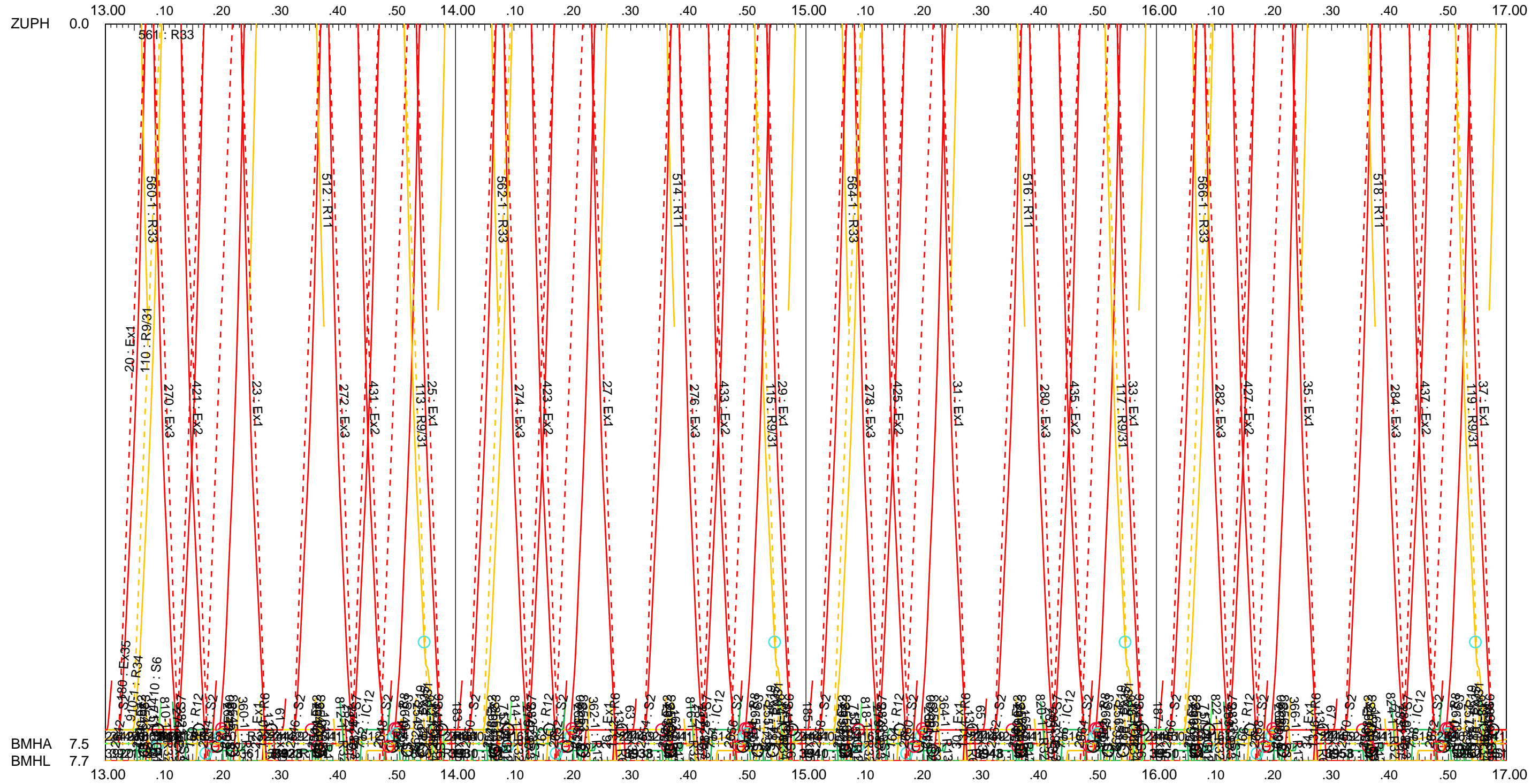
- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: red;">---</span> 1-Expres                | <span style="color: lightblue;">○</span> Brzdeni - vlakova cesta |
| <span style="color: yellow;">---</span> 2-R rychly           | <span style="color: blue;">○</span> Brzdeni k navestidlu         |
| <span style="color: yellow;">---</span> 3-R pomaly           | <span style="color: yellow;">○</span> Brzdeni k vystraze         |
| <span style="color: green;">---</span> 4-Os primestsky       | <span style="color: red;">○</span> Zastaveni u navestidla        |
| <span style="color: lightgreen;">---</span> 5-Os regionalni  | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prijezd               |
| <span style="color: blue;">---</span> 6-Nakladni rychly      | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni odjezd                |
| <span style="color: darkblue;">---</span> 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span> Pozdni prujezd               |
| <span style="color: cyan;">---</span> 8-Nakladni pomaly      |  |







# RS Praha - Brno hl.n.



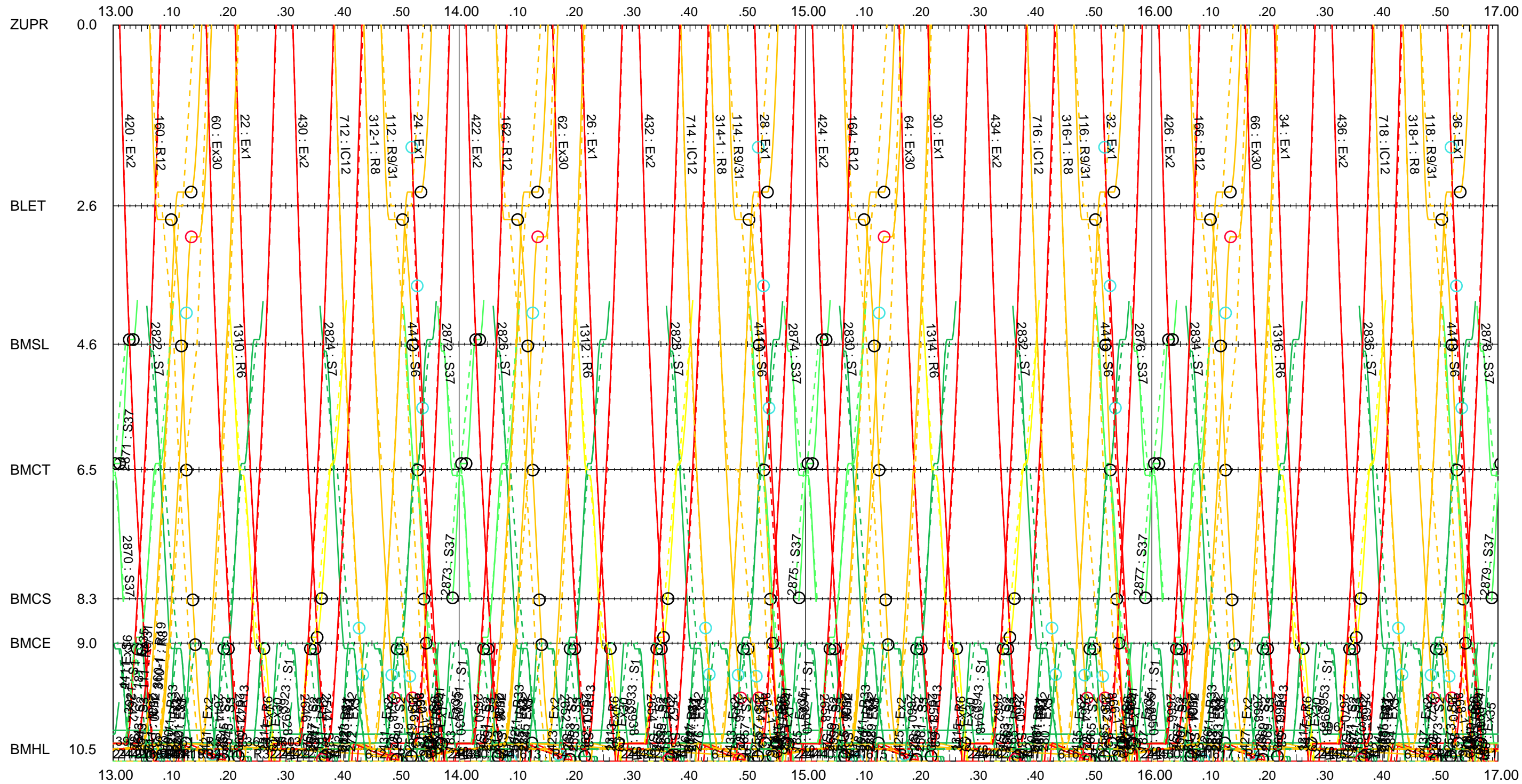
ZUPH 0.0  
BMHA 7.5  
BMHL 7.7

## Legenda

- 1-Expres
- 2-R rychly
- 3-R pomaly
- 4-Os primestsky
- 5-Os regionalni
- 6-Nakladni rychly
- 7-Nakladni sredni
- 8-Nakladni pomaly
- Brzdeni - vlakova cesta
- Brzdeni k navestidlu
- Brzdeni k vystraze
- Zastaveni u navestidla
- Pozdni prijezd
- Pozdni odjezd
- Pozdni prujezd



# RS Přerov - Brno hl.n.

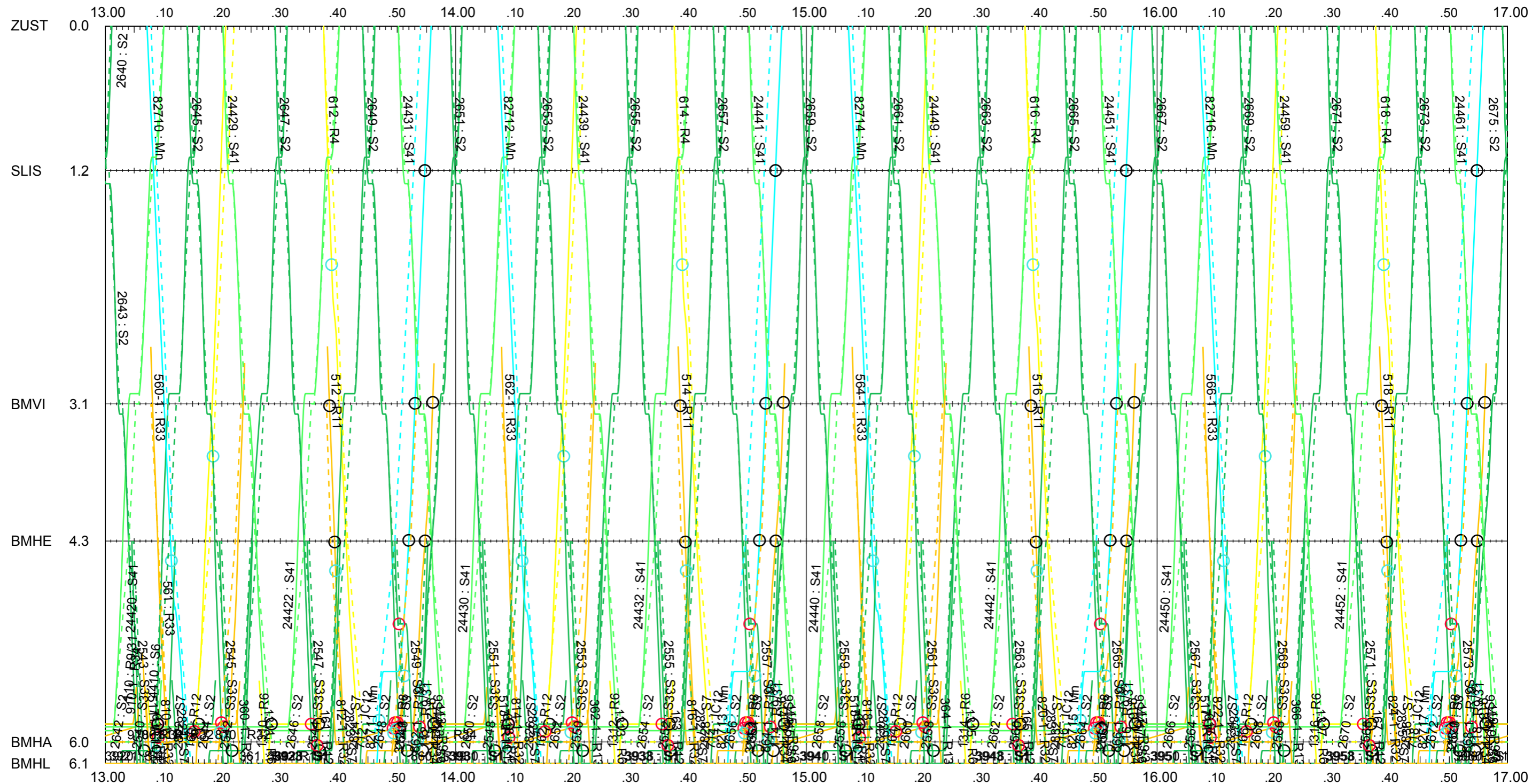


## Legenda

- |   |                    |                                       |                         |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| <span style="color: red;">—</span>        | 1-Expres           | <span style="color: cyan;">○</span>   | Brzdeni - vlakova cesta |
| <span style="color: orange;">—</span>     | 2-R rychly         | <span style="color: blue;">○</span>   | Brzdeni k navestidlu    |
| <span style="color: yellow;">—</span>     | 3-R pomaly         | <span style="color: orange;">○</span> | Brzdeni k vystraze      |
| <span style="color: green;">—</span>      | 4-Os primestsky    | <span style="color: red;">○</span>    | Zastaveni u navestidla  |
| <span style="color: lightgreen;">—</span> | 5-Os regionalni    | <span style="color: grey;">○</span>   | Pozdni prijezd          |
| <span style="color: blue;">—</span>       | 6-Nakladni rychly  | <span style="color: grey;">○</span>   | Pozdni odjezd           |
| <span style="color: darkblue;">—</span>   | 7-Nakladni stredni | <span style="color: grey;">○</span>   | Pozdni prujezd          |
| <span style="color: cyan;">—</span>       | 8-Nakladni pomaly  |                                       |                         |



# Střelice - Brno hl.n.



- Legenda
- 1-Expres
    - 2-R rychly
    - 3-R pomaly
    - 4-Os primestscky
    - 5-Os regionalni
    - 6-Nakladni rychly
    - 7-Nakladni stredni
    - 8-Nakladni pomaly
  - Brzdeni - vlakova cesta
    - Brzdeni k navestidlu
    - Brzdeni k vystraze
    - Zastaveni u navestidla
    - Pozdni prijезд
    - Pozdni odjезд
    - Pozdni prujезд

## **Příloha č.5**

### **Zobrazení jízd vlaků vybraných linek**

Graf zobrazuje jízdy referenčních spojů vybraných linek (Ex3 s největším nárůstem zpoždění a R6 s úrovní kvality provozu B) přes všechny scénáře zpoždění dle kapitoly 7.

#### **Legenda:**

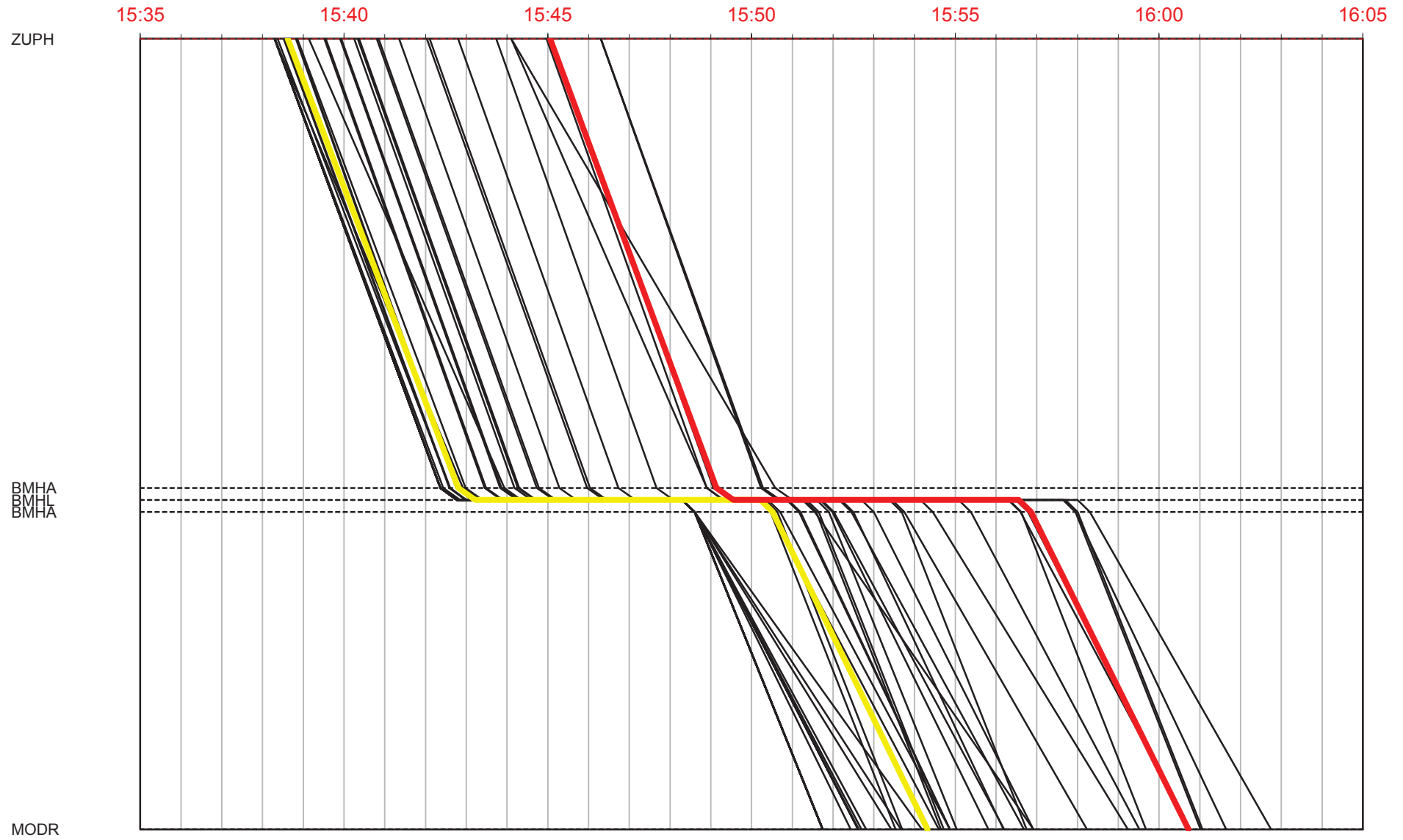
Černá – realizovaná jízda vlaku

Zelená – plánovaná jízda vlaku dle jízdního řádu

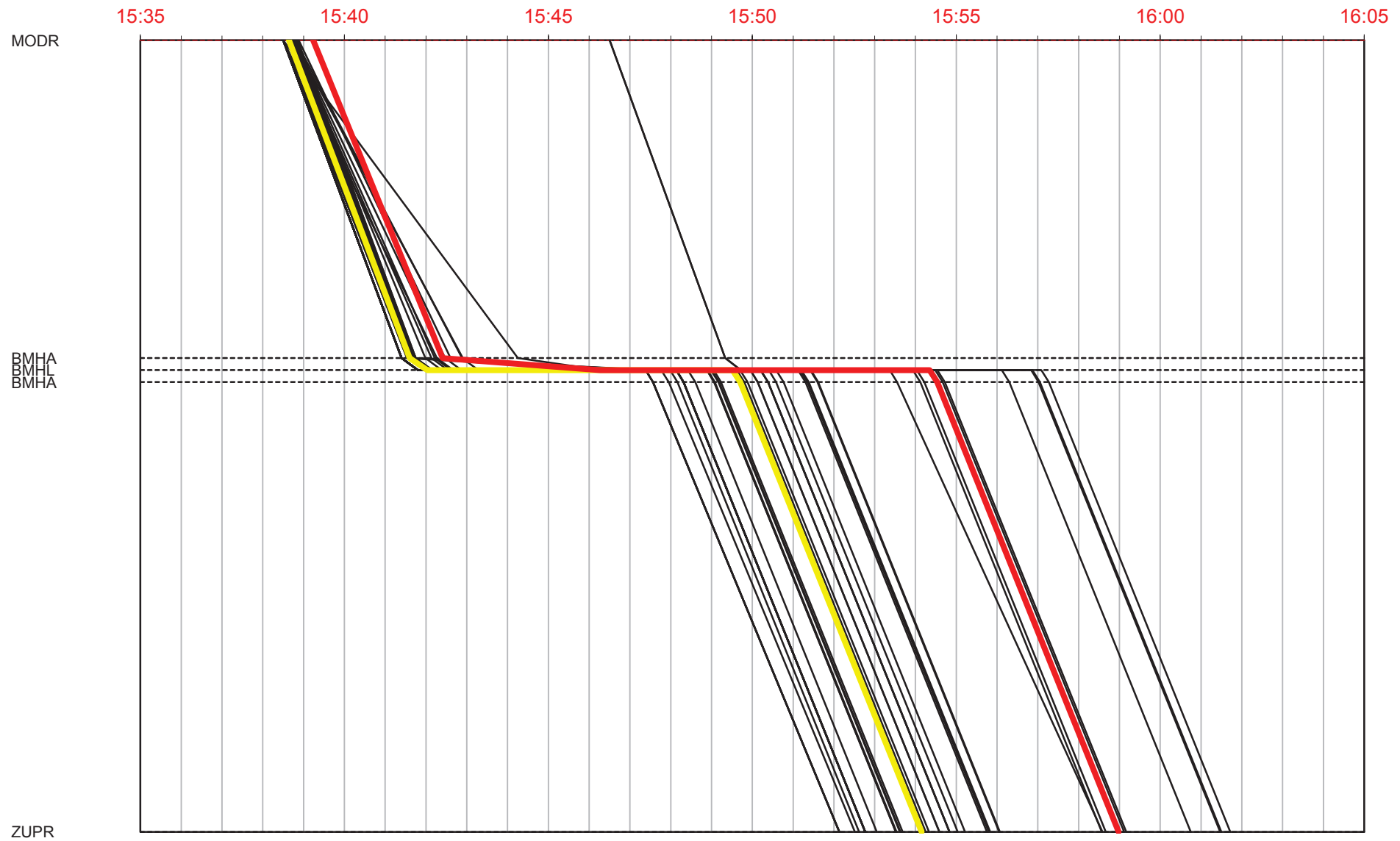
Žlutá – průměrná jízda vlaku (medián)

Červená – 90% kvantil

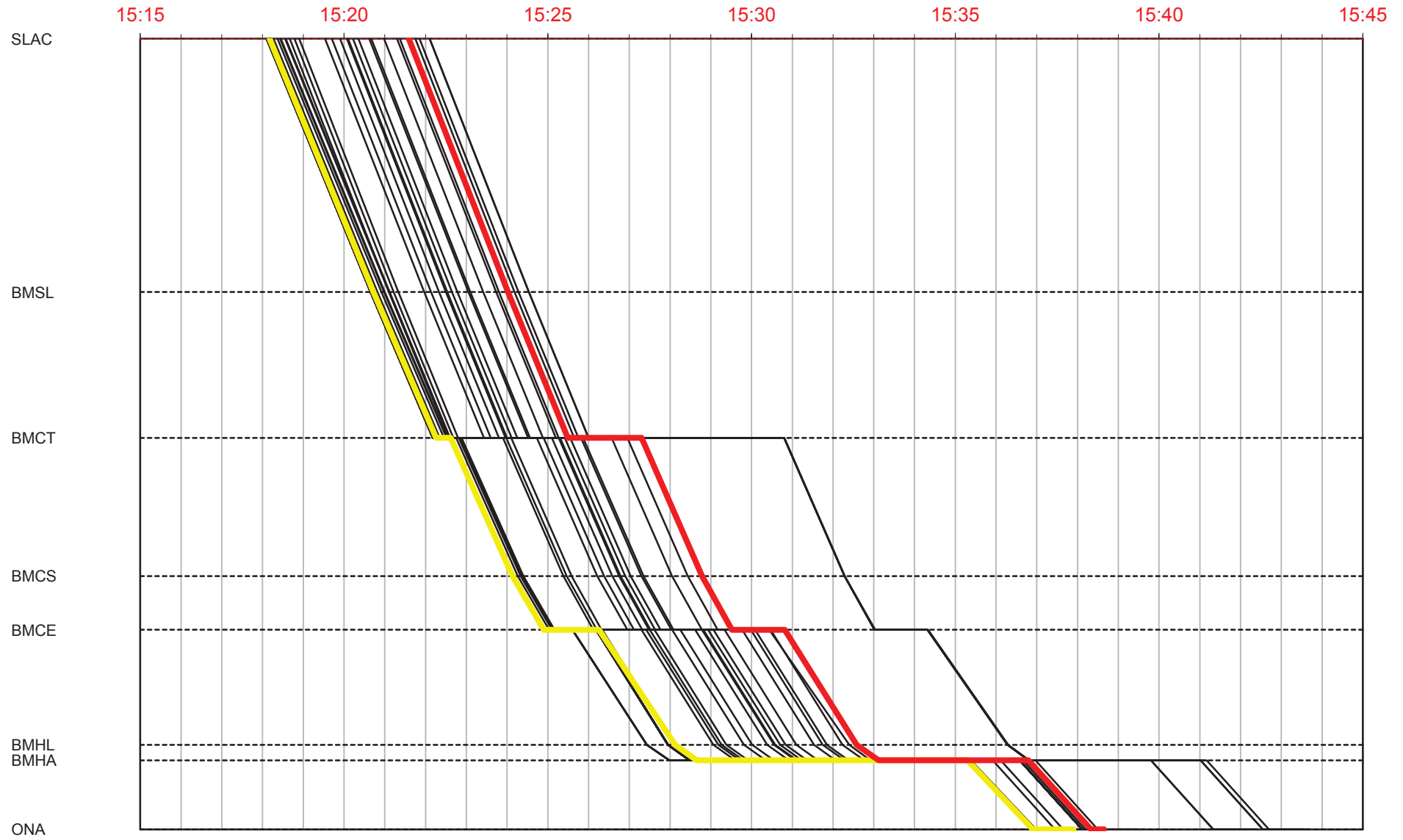
Ex 3 směr Praha - Břeclav



Ex 3 směr Břeclav - Praha



R 6 směr Šlapanice - Brno hl.n.



# R 6 směr Brno hl.n. - Šlapanice

