

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Možnosti zjišťování propustnosti tratí s ohledem na provoz

vlaků o délce až 740 metrů

Radek Divoký

Diplomová práce

2020

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Radek Divoký

Osobní číslo: D17387

Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje

Studijní obor: Technologie a řízení dopravy

Téma práce: Možnosti zjišťování propustnosti tratí s ohledem na vlaky o délce až 740 metrů

Zadávací katedra: Katedra technologie a řízení dopravy

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Aspekty provozu vlaků o délce až 740 metrů
2. Návrh způsobu vyhodnocování provozu vlaků o délce až 740 metrů
3. Simulace provozu vlaků o délce až 740 metrů

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: 50-60
Rozsah grafických prací: 5-6
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

MOLKOVÁ, Tatiana. Kapacita železničních tratí. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2010. ISBN 978-80-7395-317-1.
BULÍČEK, Josef. Modelování technologických procesů v dopravě. Pardubice: Univerzita Pardubice, Doprvní fakulta Jana Pernera, 2011. Monografie. ISBN 978-80-7395-442-0.
VONKA, Jaroslav, Tatiana MOLKOVÁ a Jaromír ŠIROKÝ. Technologie a řízení dopravy II. – GVD. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-7194-286-3.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Josef Bulíček, Ph.D.
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: 6. února 2020
Termín odevzdání diplomové práce: 22. května 2020

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 6. února 2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnici Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 22.5.2020

Radek Divoký

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl srdečně poděkovat vedoucímu své diplomové práce panu doc. Ing. Josefu Bulíčkoví, Ph.D. za odborné vedení a obětavé poskytování konzultací, bez nichž by nikdy nevznikla. Dále patří mé díky panu Ing. Tomáši Hodrovi za vstřícný přístup při poskytování pomůcek nezbytných pro tvorbu této práce a panu Ing. Filipovi Ševčíkovi za možnost konzultace problematiky související s oblastí dopravního stavitelství.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou propustnosti železniční infrastruktury v souvislosti s provozováním nákladních vlaků o délce až 740 metrů. Nejprve budou vyjmenovány fakty v oblasti uspořádání prvků železniční infrastruktury, které mohou mít potenciální vliv na propustnost (s ohledem na provoz těchto vlaků). Následně budou navrženy ukazatele, jejichž prostřednictvím je možné postihnout případnou změnu propustnosti trati vzniklou vlivem provozu vlaků o délce 740 m. V poslední fázi proběhne v programu OpenTrack realizace několika simulačních scénářů, v jejichž rámci dojde k nasazení vlaků délky 740 m na vytypovaných trasách modelového jízdního řádu. Výsledky simulace budou nakonec vyhodnoceny pomocí dříve navržených ukazatelů.

KLÍČOVÁ SLOVA

dopravna, dostatečně dlouhá kolej, jízdní řád, model, přírůstek zpoždění, simulace, ukazatel propustnosti, vlak délky 740 m

TITLE

Possibilities of detection rail infrastructure capacity in terms of 740 m long train traffic

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the issue of capacity of railway infrastructure in connection with the operation of freight trains with a length of up to 740 m. First, the facts in the field of the arrangement of railway infrastructure elements that may have a potential impact on capacity will be listed. Subsequently, there will be proposed indicators that can be used for detection of possible changes in capacity, due to the operation of trains with a length of 740 m. In the last phase, several simulation scenarios will be realized in the OpenTrack program. In these scenarios 740 m long trains will be deployed on the selected routes of the model timetable. The simulation results will eventually be evaluated using previously proposed indicators.

KEYWORDS

train station, track long enough, timetable, model, delay increment, simulation, indicator of capacity, train with length of up to 740 m

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM ZKRATEK	13
ÚVOD	14
1 CÍLE PROVOZU VLAKŮ O DÉLCE AŽ 740 METRŮ	16
2 TEORETICKÉ POZNATKY A PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI	19
2.1 Současný stav železniční infrastruktury a provoz dlouhých vlaků	19
2.2 Možnosti provozu dlouhých vlaků v současných podmínkách	25
2.2.1 Dopravna na jednokolejně trati	26
2.2.2 Dopravna na dvojkolejně trati	29
2.3 Vliv organizace dopravy	35
2.4 Prodloužení technologických časů	35
2.5 Požadavky na technické parametry infrastruktury a vozidel	35
3 NÁVRH A DEFINICE UKAZATELŮ	38
3.1 Přírůstek zpoždění v cílové (koncové) stanici	38
3.2 Problematika pobytů dlouhých vlaků v dopravnách	41
3.3 Průměrné zpoždění na příjezdech do dopraven	42
4 TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU	45
4.1 Tvorba infrastruktury v simulačním programu OpenTrack	46
4.2 Tvorba itinerářů vlaků	50
4.3 Rychlosti v modelu	51
4.4 Rozsah dopravy	53
4.5 SOUPRAVY	55
4.6 Nulté koleje v úseku Poříčany – Praha	56
5 SIMULACE PROVOZU VLAKŮ O DÉLCE AŽ 740 M	57
5.1 Defaultní JŘ	57

5.2	Délka DV	57
5.3	Hmotnost DV	57
5.4	Rychlost DV.....	59
5.5	Dispečerské zásahy.....	60
5.6	Izolované průjezdy	62
5.6.1	Noční jízdy.....	62
5.6.2	Dopolední jízdy.....	64
5.6.3	Odpolední jízdy.....	69
5.6.4	Večerní jízdy.....	75
5.7	Simulace při nasazení většího počtu dlouhých vlaků.....	78
5.7.1	Realizace modelového JŘ při nasazení vlaků délky 740 m na 24 trasách	79
5.7.2	Realizace modelového JŘ při nasazení vlaků délky 740 m na 80 trasách	84
5.7.3	Realizace 80 tras DV při absenci nultých DDK ve stanicích Poříčany, Český Brod a Úvaly	91
6	NÁVRHY VYBRANÝCH OPATŘENÍ PRO PROVOZ VLAKŮ O DÉLCE AŽ 740 M (V SOUČASNÝCH PODMÍNKÁCH)	99
6.1	Doporučení pro úpravu tras vlaků konvenční délky při nasazení DV na tuto trasu ..	99
6.2	Volba dopravního prostředku pro předjetí jednoho dlouhého vlaku na dvojkolejné trati	101
6.3	Přiřazení odpovídajícího hnacího vozidla k vlaku	108
6.4	Řazení vozů vybavených méně hlučným typem brzd	109
	ZÁVĚR.....	110
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	112
	SEZNAM PŘÍLOH	114

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Rozdělení dopravní na úseky pojížděné odpovídající rychlostí.....	20
Obrázek 2 Legenda schémat	25
Obrázek 3 Interakce v dopravně, č. I a č. II.....	26
Obrázek 4 Interakce v dopravně, č. III a č. IV.....	26
Obrázek 5 Interakce v dopravně č. V a č. VI.....	27
Obrázek 6 Interakce v dopravně č. VII a č. VIII.....	27
Obrázek 7 Interakce v dopravně č. IX a č. X.....	28
Obrázek 8 Interakce v dopravně č. XI a č. XII.....	28
Obrázek 9 Interakce v dopravně č. XIII.....	28
Obrázek 10 Interakce v dopravně č. XIV.....	29
Obrázek 11 Interakce v dopravně č. XV a č. XVI.....	30
Obrázek 12 Interakce v dopravně, č. XVII.....	30
Obrázek 13 Interakce v dopravně, č. XVIII a č. XIX.....	31
Obrázek 14 Interakce v dopravně, č. XX.....	31
Obrázek 15 Interakce v dopravně č. XXI, č. XXII, č. XXIII a č. XXIV.....	32
Obrázek 16 Interakce v dopravně č. XXV.....	32
Obrázek 17 Interakce v dopravně č. XXVI, č. XXVII a č. XXVIII.....	33
Obrázek 18 Interakce v dopravně, č. XXIX.....	33
Obrázek 19 Interakce v dopravně č. XXX, č. XXXI a č. XXXII.....	34
Obrázek 20 Interakce číslo XXXIII, č. XXXIV ač. XXXV.....	34
Obrázek 21 Zkrácení pobytu DV.....	42
Obrázek 22 Podoba kolejového reliéfu tvořeného v programu OpenTrack.....	47
Obrázek 23 Vymezení základních elementů dopravní.....	49
Obrázek 24 Podoba zastávky v modelu.....	49
Obrázek 25 Jízdní cesty v programu OpenTrack.....	51
Obrázek 26 Určování rychlosti průjezdu stanicí v programu OpenTrack.....	53
Obrázek 27 Nárůst zpoždění vlaku o délce 740 m při akceleraci na maximální rychlost.....	59
Obrázek 28 Podmíněný vjezd vlaku do dopravní.....	61
Obrázek 29 Ukázky předjížděných interakcí vlaku 40005.....	65
Obrázek 30 Předjíždění rychlíku 613.....	66
Obrázek 31 Předjíždění vlaku 40046 ve stanici Uhersko.....	68
Obrázek 32 Předjíždění Os 5908 ve stanici Pečky.....	69

Obrázek 33 Předjetí vlaku 40003 ve stanici Pečky	70
Obrázek 34 Předjíždění vlaku 40003 ve stanici Úvaly	70
Obrázek 35 Předjíždění vlaku 40003 ve stanici Záboří nad Labem	71
Obrázek 36 Předjízdňá interakce ve stanici Povrly	73
Obrázek 37 Předjíždění vlaku 60066 ve stanici Zámorsk	75
Obrázek 38 Detail předjíždění vlaku 60066 ve stanici Zámorsk	76
Obrázek 39 Předjíždění vlaku 60036 v Lovosicích	81
Obrázek 40 Předjíždění vlaků 40009 a 40086 ve stanici Úvaly	82
Obrázek 41 Předjíždění DV 40062 a 40001 v Úvalech	83
Obrázek 42 detail předjíždění vlaků 40001 a 40062 ve stanici Úvaly	84
Obrázek 43 Předjíždění vlaku 40044 v Uhersku	86
Obrázek 44 Detail předjíždění vlaku 40044 v Uhersku	87
Obrázek 45 Předjíždění vlaků 40050 a 60028 ve stanicích Uhersko a Zámorsk	88
Obrázek 46 Předjíždění vlaku 60043 ve stanici Chocení	90
Obrázek 47 Předjíždění vlaku 60064 v Úvalech	92
Obrázek 48 Předjíždění vlaku 60036 v Úvalech	93
Obrázek 49 Předjíždění vlaků 60066 a 60007 ve stanici Úvaly	94
Obrázek 50 Detail předjíždění dvou protisměrných DV v modelové stanici Úvaly při absenci nulté DDK	95
Obrázek 51 Předjíždění vlaků 40062 a 40001 ve stanici Úvaly	96
Obrázek 52 Předjíždění vlaků 60007 a 60011 ve stanici Poříčany	97
Obrázek 53 Hraniční hodnota rozdílu času průjezdů v předposlední dopravně	101
Obrázek 54 Legenda pro hodnocení schémat předjíždění DV	102
Obrázek 54 Legenda pro hodnocení schémat předjíždění DV	103
Obrázek 55 Zastavení dvou DV v dopravně poskytující v obou směrech schéma A	107
Obrázek 56 Dopravná poskytující v sudém směru schéma C a v lichém směru schéma A... ..	108

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 SWOT analýza.....	17
Tabulka 2 Hodnoty přírůstku doby průjezdu v závislosti na rozdílu rychlostí pro průjezd po hlavní respektive předjízděné koleji	24
Tabulka 3 Nárůst zpoždění vlaku 40006 v průběhu jízdy	39
Tabulka 4 Redukce zpoždění vlaku Os 9626 v průběhu jízdy	44
Tabulka 5 Vymezení obvodu výměn v závislosti na pojížděné rychlosti	47
Tabulka 6 Generální srovnání počtu vlaků	53
Tabulka 7 Zastoupení kategorií vlaků v modelu.....	54
Tabulka 8 Parametry souprav použitých v modelu.....	56
Tabulka 9 Souprava dlouhého vlaku	57
Tabulka 10 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} Δd_{740} vlaků dotčených průjezdem DV 40005.....	58
Tabulka 11 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} Δd_{740} vlaků dotčených průjezdem DV 40046.....	59
Tabulka 12 Doba obsazení v závislosti na délce a maximální rychlosti nákladního vlaku.....	60
Tabulka 13 Priority modelových kategorií vlaků	62
Tabulka 14 Hodnoty ukazatelů vlaků 40021 a 60002.....	63
Tabulka 15 Ukázka přírůstku zpoždění vlivem prodlevy v akceleraci	63
Tabulka 16 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40005.....	65
Tabulka 17 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku R 613	66
Tabulka 18 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 40005	67
Tabulka 19 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40005 v Zámrsku	68
Tabulka 20 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 40046	69
Tabulka 21 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40003 v Úvalech	71
Tabulka 22 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40003 v Záboří nad Labem ...	72
Tabulka 23 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60044 v Brandýsi nad Orlicí .	73
Tabulka 24 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60044 v Povrlech	74
Tabulka 25 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 40003 a 60044.....	75
Tabulka 26 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60066 v Zámrsku	76
Tabulka 27 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 60066	77
Tabulka 28 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaku 40031	78
Tabulka 29 Četnosti intervalů ukazatelů zpoždění při realizaci 24 tras DV	79
Tabulka 30 Nejvyšší dosažené hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ při realizaci 24 tras DV	80
Tabulka 31 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60036 v Lovosicích.....	81

Tabulka 32 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40009 a 40086 v Úvalech.....	83
Tabulka 33 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 40001 a 40062 v Úvalech.....	84
Tabulka 34 Četnosti intervalů ukazatelů zpoždění při realizaci 80 tras DV	85
Tabulka 35 Nejvyšší dosažené hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ při realizaci 80 tras DV	86
Tabulka 36 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 40044 v Uhersku	87
Tabulka 37 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 40050 v Uhersku	88
Tabulka 38 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 60028 v Zámrsku	89
Tabulka 39 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 60043 v Chocni.....	90
Tabulka 40 Četnosti intervalů ukazatelů zpoždění při realizaci 80 tras DV bez nultých DDK	91
Tabulka 41 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 60064 v Úvalech	93
Tabulka 42 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60036 v Úvalech	94
Tabulka 43 Úsekové přírůstky zpoždění vlaků při předjíždění 60066 a 60007 v Úvalech.....	95
Tabulka 44 Úsekové přírůstky zpoždění vlaků při předjíždění 40001 a 40062 v Úvalech.....	97
Tabulka 45 Úsekové přírůstky zpoždění vlaků předjíždění 60007 a 60011.....	98
Tabulka 46 Hodnocení vhodnosti schémat pro předjíždění DV	105
Tabulka 47 Interakce DV na dvojkolejně trati prověřené pomocí simulace	110

SEZNAM ZKRATEK

DV	dlouhý vlak
JŘ	jízdní řád
DDK	dostatečně dlouhá kolej
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty

ÚVOD

Intenzita silničního provozu roste a je třeba hledat konkurenceschopné alternativy nákladní dopravy. Při současné ekonomické náročnosti leteckého módu a nedostatečné síti vodních cest, se východiskem jeví zapojit, v co největším možném rozsahu, železniční systém.

Ovšem, ani propustnost železničních tratí není neomezená. To se v současnosti projevuje ve stále rostoucí vytíženosti strategicky významných železničních tahů (např. mezinárodních nákladních koridorů), a tak se hledají způsoby, jak nejen maximalizovat užitek z přidělené kapacity, ale rovněž zefektivnit jízdu vlaku jako takového a tím i železniční dopravu jako celek. Jedním z kroků, které by k tomu měly přispět, je navýšení přípustné délky vlaku.

První část práce mapuje pozitiva a negativa provozu dlouhých vlaků a jsou jmenována provozní a technická úskalí, jež vlaková souprava abnormální délky může při současných podmínkách přinést. Zachyceny jsou taktéž některé z předpokládaných interakcí dlouhého vlaku (DV) s ostatním provozem, které mohou na jednokolejné a dvojkolejné trati vznikat. Rovněž jsou vyhledány komponenty železničního systému, jejichž správná funkčnost by mohla být v konfrontaci s vlakem nadstandardní délky ohrožena.

Jedním z hlavních předpokladů provozu dlouhých vlaků v jinak nezměněných podmínkách je negativní efekt na propustnost trati. Těžištěm této diplomové práce je návrh ukazatelů, pomocí kterých bude možné sledovat její změny, právě v důsledku nasazení vlaků 740 m. Pro co možná nejrealističtější posouzení tohoto problému je vytvořen mikroskopický model v simulačním programu OpenTrack, s klíčovými infrastrukturními parametry odpovídajícími současnému stavu železniční sítě v České republice, konkrétně úsekům I. železničního koridoru Česká Třebová – Praha a Praha – Děčín. Pro zpracování modelované infrastruktury je úmyslně vybrána trať disponující tímto statutem, neboť vozba vlaků délky 740 m má být v první řadě zajišťována právě na nákladních železničních koridorech (1). Na základě simulace provozu dlouhých vlaků na modelové infrastruktuře, jejíž vybavenost reprezentuje současný stav klíčových tratí železniční sítě v České republice, je možné posoudit dopad realizace jízd dlouhých vlaků na propustnost takové trati a zároveň vyhledávat možná úskalí, či případně i nové možnosti pro jejich uskutečňování. Zvolený rozsah zpracovávaného úseku navíc umožní sledování jízdy DV tranzitujícího napříč velkou částí území, zastavujícího pouze ve velkých nákladních železničních uzlech či specializovaných terminálech, případně z přepravních důvodů nezastavujícího vůbec.

Trasy dlouhých vlaků jsou zakomponovány do vytvořeného 24hodinového jízdního řádu (JŘ), který je na modelové trati realizován (případně jsou realizovány jeho části) a jehož stavba je přizpůsobena pro dosažení obecných výsledků, takže nekopíruje JŘ I. železničního koridoru. Pomocí navržených ukazatelů jsou vyhodnoceny některé z interakcí na dvojkolejné trati (zahrnujících DV) uvedené v první části práce a dále dochází k detekci a vyhodnocení nových problematických situací. V poslední kapitole práce jsou vynesena doporučení, která by měla napomoci implementaci dlouhých vlaků do současného provozu na železničních tratích sítě ČR.

Cíl práce:

Navrhnout ukazatele monitorující změnu propustnosti modelové trati vlivem provozu vlaků délky 740 m a tyto ukazatele aplikovat v rámci vyhodnocování výsledků jednotlivých simulačních scénářů, při nichž budou dlouhé vlaky nasazovány v různém denním období a různém početním zastoupení.

1 CÍLE PROVOZU VLAKŮ O DÉLCE AŽ 740 METRŮ

Provoz vlaků o délce až 740 m, tzn. v našich poměrech vlaků délky nekonvenční, má v souladu se strategií Evropské unie **příspěť k převodu značného množství nákladní přepravy ze silniční sítě na tu železniční** (strategické cíle v horizontech let 2030 a 2050).(1) Změny, jež jsou na železnici v současné době zaváděny, a které souvisí s posílením preference nákladní železniční dopravy, mají vést k naplnění tohoto celoevropského cíle.

Za současných podmínek, které na železnici panují, lze předpokládat, že připuštění vlaků s dosud nestandardními parametry na železniční infrastrukturu vyvolá celou řadu reakcí. Ty nejzásadnější z nich se, v obecné rovině, snaží autor zachytit v této kapitole prostřednictvím provedení SWOT analýzy (tabulka 1).

Cílem SWOT analýzy je zjištění:

- **Efektů, které provoz dlouhých vlaků na železniční síti v České republice konfigurované pro provoz vlaků konvenčních vyvolá, případně již vyvolává.**
- **Vnějších vlivů působících pro, respektive proti jejich zavádění.**

Tabulka 1 SWOT analýza

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
<ul style="list-style-type: none"> • Efektivnější využití zdrojů (za předpokladu nárůstu objemu přeprav a tím i přepravního výkonu) • Menší zábor kapacity dopravní cesty (za předpokladu optimálního využití parametrů trati) 	<ul style="list-style-type: none"> • Zavedení vyšší heterogenity do provozu • Technologická náročnost provozu, především ve vztahu k užitečné délce koleji • Zvýšené nároky na některá technická zařízení • Menší možnosti nakládání s vlakem při operativním řízení (za současného stavu infrastruktury)
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
<ul style="list-style-type: none"> • Nadnárodní preference dlouhých vlaků • Nárůst objemu přeprav komodit vhodných pro přepravu dlouhými vlaky • Úpadek klasické vlakové tvorby s důsledkem nárůstu kapacity pro ucelené vlaky 	<ul style="list-style-type: none"> • Otázka provozně-technické propojenosti s okolními železničními sítěmi • Nedostatečná priorita provozu dlouhých vlaků (například v přímém konfliktu vlaků osobní a nákladní dopravy, a to jak z hlediska tvorby jízdního řádu (dále JŘ), tak i při rozhodování v rámci operativního řízení) • Nekompatibilita se stávajícími technickými zařízeními

Zdroj: autor

V analýze uvedené **silné stránky** jsou hlavními důvody pro začlenění těchto vlaků do provozu.

Premisa růstu přepravního výkonu

Jak již bylo uvedeno v analýze, efektivní využití zdrojů je do značné míry podmíněno nárůstem objemu přeprav vhodných pro dlouhé vlaky. Pokud by přepravní výkon, počet souprav i množství potřebného personálu, zůstalo nezměněno, prodloužením délky vlaku se rovněž prodlužuje doba shromažďování zátěže pro tento vlak a tím i doba, kdy souprava není efektivně využívána a zároveň s tím i doba přepravy jako takové. Dochází naopak ke snížení proběhu vozů, hnacích vozidel a rovněž nasazení lokomotivní čety bude vykazovat nižší efektivitu.

2 TEORETICKÉ POZNATKY A PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI

V důsledku navýšení přípustné délky provážených vlaků na konvenční železniční infrastrukturu vznikají jisté provozně-technické diference. Tyto odlišnosti jsou zachyceny v následující kapitole.

2.1 Současný stav železniční infrastruktury a provoz dlouhých vlaků

Při použití národního vlakového zabezpečovače je potřebnou délkou pro odstavení vlaku délky 740 m kolej o užitečné délce 752 m. Zdaleka ne všechny dopravní s kolejovým rozvětvením disponují takto dlouhou kolejí. Tato skutečnost zásadním způsobem ovlivňuje průvoz vlaků nekonvenční délky, neboť komplikuje odstavení DV v takové dopravně, díky čemuž může dojít k ovlivnění provozu i současných konvenčních vlaků. (1,2)

Jak již bylo řečeno, většina dopravní s kolejovým rozvětvením není vybavena odpovídající infrastrukturou, a pokud se dostatečně dlouhá kolej (DDK) v dopravně nachází, zpravidla se jedná o kolej hlavní, která volně přechází v kolej traťovou. **Dlouhodobé** obsazení hlavní koleje z důvodu pobytu DV by zcela jistě mělo negativní vliv na propustnost této dopravní a potažmo i celé trati, zejména v hodinách s vysokou frekvencí provozu. Ostatní vlaky by musely projíždět po předjízdných kolejích a to zpravidla nižší rychlostí, než je kterou je možné použít při průjezdu po koleji hlavní, což se negativně projeví prodloužením jízdní doby potřebné pro jejich průjezd dopravnou. Pomocí vztahu pro výpočet rovnoměrně zrychleného, respektive rovnoměrně zpomaleného pohybu lze odvodit rovnici pro kalkulaci právě tohoto přírůstku jízdní doby. Ten je rozdílem času potřebného pro průjezd dopravnou při použití hlavní koleje a času potřebného pro průjezd dopravnou po koleji předjízdné, (rovnice 1), kterou je dovoleno projíždět nižší rychlostí.

$$\Delta t_v = t_p - t_r \quad (1)$$

kde

Δt_v přírůstek času vzniklý v důsledku průjezdu vlaku po předjízdné koleji [s]

t_p čas potřebný pro průjezd dopravnou po předjízdné koleji [s]

t_r čas potřebný pro průjezd dopravnou po hlavní koleji [s]

Pro další kroky odvození platí podmínka, která je vyjádřena rovnicí (2) tedy, že dráha, kterou ujede vlak po hlavní koleji, se rovná dráze, kterou ujede po koleji předjízdné (Obrázek 1). Zde je výpočet zjednodušený, proto je zanedbáván případný rozdíl mezi délkou dráhy průjezdu

- **B**, dráha nutná pro zpomalení vlaku na rychlost, kterou je možné použít k průjezdu dopravnou po předjízdne koleji. Tato část je vymezena okamžikem, kdy vlak začne zpomalovat a momentem, kdy jeho čelo dosáhne vjezdového návěstidla. Je zde předpoklad, že vlak zpomaluje rovnoměrně a s odpovídajícím zrychlením, tudíž požadované hodnoty rychlosti dosáhne těsně před vjezdovým návěstidlem. [m]
- **C**, samotný průjezd dopravnou sníženou rychlostí. Ten je vymezen vjezdovým návěstidlem na jedné straně a úplným uvolněním výměn, které mají být pojížděny sníženou rychlostí na straně druhé. Zde je předpoklad, že pro celý průjezd dopravnou se návěstí pouze jedna rychlost, a to jak v případě průjezdu po předjízdne tak i hlavní koleji. Tento úsek lze rozdělit na fixní C_{ST} a variabilní část C_{DV} . [m]

$$C = C_{ST} + C_{DV} \quad (3)$$

kde

C celková dráha průjezdu dopravnou [m]

C_{ST} pevně daný úsek, který je pojížděn sníženou rychlostí [m]

C_{DV} délka vlaku [m]

- **D**, úsek potřebný pro akceleraci na traťovou rychlost. Začíná v momentě, kdy vlak kompletně uvolní výměny, jež mají být pojížděny sníženou rychlostí a končí tehdy, kdy vlak dosáhne traťové rychlosti. [m]

Dráha průjezdu dopravnou S_x je tedy součtem těchto úseků:

$$S_x = S_p = S_r = B + C + D \quad (4)$$

Každý z těchto úseků překoná vlak za určité časové období. Proto výpočet časové náročnosti průjezdu po hlavní, respektive po předjízdne koleji, lze zaznamenat následujícím způsobem:

$$t_r = t_{B_r} + t_{C_r} + t_{D_r} \quad (5)$$

$$t_p = t_{B_p} + t_{C_p} + t_{D_p} \quad (6)$$

kde

t_r čas potřebný pro průjezd dopravnou po hlavní koleji [s]

t_p čas potřebný pro průjezd dopravnou po předjízdne koleji [s]

t_{B_r} doba absolvování úseku B vlaku s jízdni cestou po hlavní koleji [s]

t_{C_r} ... doba absolvování úseku C vlaku s jízdní cestou po hlavní koleji [s]

t_{D_r} ... doba absolvování úseku D vlaku s jízdní cestou po hlavní koleji [s]

t_{B_p} ... doba absolvování úseku B vlaku s jízdní cestou po předjídné koleji [s]

t_{C_p} ... doba absolvování úseku C vlaku s jízdní cestou po předjídné koleji [s]

t_{D_p} ... doba absolvování úseku D vlaku s jízdní cestou po předjídné koleji [s]

Potom je možné dosadit do rovnice (1):

$$\Delta t_v = t_{B_p} + t_{C_p} + t_{D_p} - (t_{B_r} + t_{C_r} + t_{D_r}) \quad (7)$$

Pro výpočet časových prvků rovnice (7) vztahujících se k jízdě vlaku, který využívá předjídnou kolej, lze použít následujících vztahů:

$$t_{B_p} = \frac{v_1 - v_2}{b} \quad (8)$$

$$t_{C_p} = \frac{C}{v_2} \quad (9)$$

$$t_{D_p} = \frac{v_1 - v_2}{a} \quad (10)$$

kde

t_{B_p} ... doba absolvování úseku B vlaku s jízdní cestou po předjídné koleji [s]

t_{C_p} ... doba absolvování úseku C vlaku s jízdní cestou po předjídné koleji [s]

t_{D_p} ... doba absolvování úseku D vlaku s jízdní cestou po předjídné koleji [s]

b ... záporné zrychlení (zpomalení) vlaku [$m \cdot s^{-2}$]

a ... zrychlení vlaku [$m \cdot s^{-2}$]

v_1 ... traťová rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

v_2 ... rychlost průjezdu po předjízdne koleji [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

C ... dráha, která má být absolvována sníženou rychlostí [m]

V případě průjezdu vlaku, který projíždí po hlavní koleji, je možné sčítance rovnice (7) vyjádřit jako podíl délky daného úseku a rychlosti, kterou je k průjezdu určena.

$$t_r = \frac{B}{v_1} + \frac{C}{v_1} + \frac{D}{v_1} \quad (11)$$

Vzhledem k tomu, že platí rovnice (4), je délku úseku B a D možné vypočítat pomocí vztahů pro určení dráhy rovnoměrně zpomaleného, respektive rovnoměrně zrychleného pohybu:

$$B = v_1 \cdot t_{Bp} - \frac{1}{2} \cdot b \cdot t_{Bp}^2 \quad (12)$$

$$D = v_1 \cdot t_{Dp} + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_{Dp}^2 \quad (13)$$

Po dosazení rovnic (8) a (10) do vztahu (12) a (13), lze vyjádřit délku úseku B a D následujícím způsobem:

$$B = v_0 \cdot \frac{v_1 - v_2}{b} - \frac{1}{2} \cdot b \cdot \left(\frac{v_1 - v_2}{b}\right)^2$$

$$B = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot b} \quad (14)$$

$$D = v_0 \cdot \frac{v_1 - v_2}{a} + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(\frac{v_1 - v_2}{a}\right)^2$$

$$D = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot a} \quad (15)$$

Nyní je možné vztahy (14) a (15) dosadit do rovnice (11):

$$t_r = \frac{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot b}}{v_1} + \frac{C}{v_1} + \frac{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot a}}{v_1} \quad (16)$$

V tomto okamžiku je možné vyjádřit rovnici (1) za pomoci známých veličin a následně upravit do finální podoby (rovnice 17):

$$\Delta t_v = \frac{v_1 - v_2}{b} + \frac{C}{v_2} + \frac{v_1 - v_2}{a} - \left(\frac{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot b}}{v_1} + \frac{C}{v_1} + \frac{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot a}}{v_1} \right)$$

$$\Delta t_v = \frac{a \cdot (v_1 - v_2)^2 + b \cdot (v_1 - v_2)^2}{2 \cdot a \cdot b \cdot v_1} + \frac{C}{v_2} - \frac{C}{v_1} \quad (17)$$

V tabulce 2 jsou uvedeny některé hodnoty získané pomocí odvozené rovnice. K jejich výpočtu byly použity následující vstupní parametry:

- Záporné zrychlení vlaku (zpomalení), $b = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Zrychlení vlaku, $a = 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Délka úseku $C = 1500 \text{ m}$

Tabulka 2 Hodnoty přírůstku doby průjezdu v závislosti na rozdílu rychlostí pro průjezd po hlavní respektive předjízdě koleji

Traťová rychlost, v_1 [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	Rychlost do odbočky $v_2 / \Delta t_v$ [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$] / [s]				
	100	80	60	50	40
160	37	63	103	130	168
150	30	56	94	121	159
140	24	48	85	112	149
130	18	40	76	103	140
120	11	32	67	93	130
110	6	24	58	83	119

Zdroj: autor

Vzhledem k tomu, že rovnice pracuje se středními hodnotami zrychlení, jedná se do značné míry o zjednodušený výpočet. Na druhou stranu, přibližný obraz o dopadu opatření poskytuje. Pokud by v dané dopravně docházelo k nejhorší variantě, tzn. objíždějící vlak by byl nucen snižovat rychlost ze $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, naroste doba jeho průjezdu stanicí o téměř 3 minuty.

2.2 Možnosti provozu dlouhých vlaků v současných podmínkách

Trasy vlaků, jejichž délka dosahuje až 740 metrů, je možné plánovat a realizovat již nyní. Za stávajících infrastrukturních podmínek však bude potřeba k některým vzájemným interakcím vlaků konvenční délky a vlaků dlouhých přistoupit jiným způsobem, než kdyby v dané situaci figurovaly soupravy pouze konvenční délky.

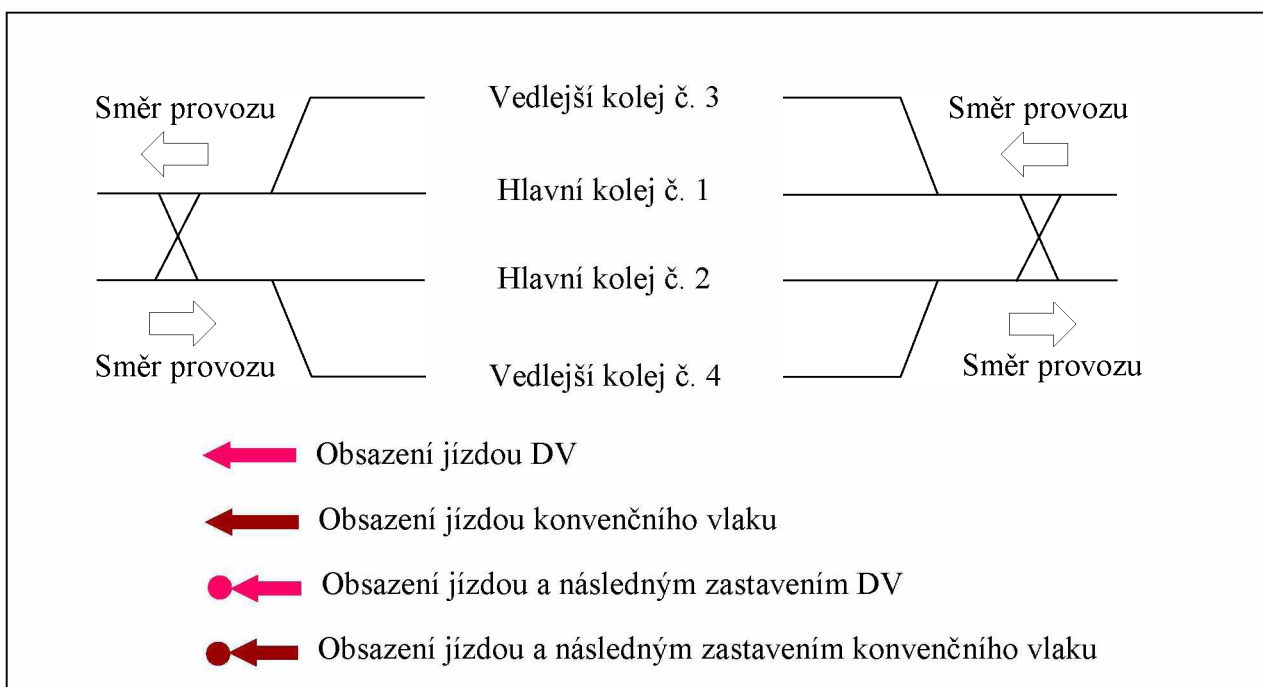
V závislosti na prioritách vlaků, charakteru trati a dalších faktorech dochází nejčastěji k těmto dvěma typům provozních situací, kterých bude DV účasten:

- **křížování vlaků** v dopravně při provozu na jednokolejně trati,
- vzájemné **předjíždění vlaků** v dopravně umístěné jak na trati jednokolejně tak dvojkolejně.

V následujících schématech jsou ukázány teoretické možnosti **obsazení kolejí** v dopravně vyplývající z pořadí vjezdu vlaků. Veškeré technologické úkony související s dlouhými vlaky znázorněné v této kapitole jsou zamýšleny **jako krátkodobé**, tzn., dané části infrastruktury jsou obsazeny DV jen po nezbytně dlouhou dobu.

Schémat zachycují pořadí, ve kterém přijíždějí vlaky do dopravně. Neznázorňují pořadí obsazení vzájemného místa ohrožení v návaznosti na výpočet provozních intervalů.

Na obrázku 2 jsou zachyceny formální náležitosti schémat, se kterými tato kapitola pracuje.



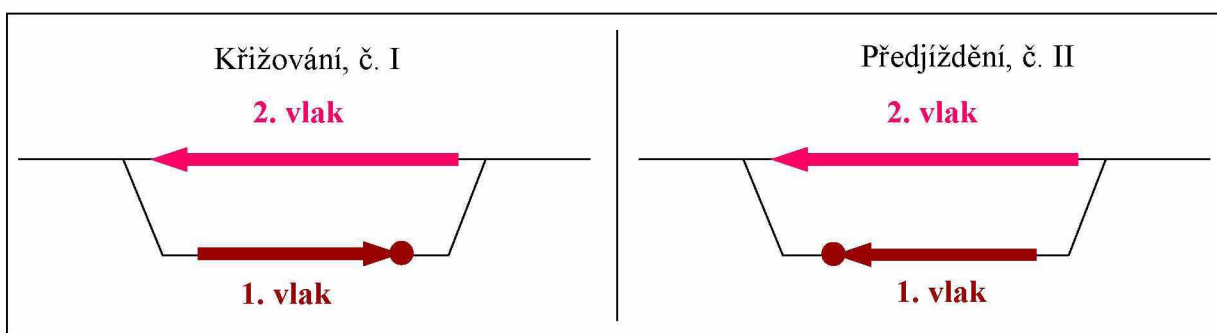
Obrázek 2 Legenda schémat

Zdroj: autor

2.2.1 Dopravna na jednokolejné trati

Konvenční vlak vjíždí do dopravny jako první a DV projíždí.

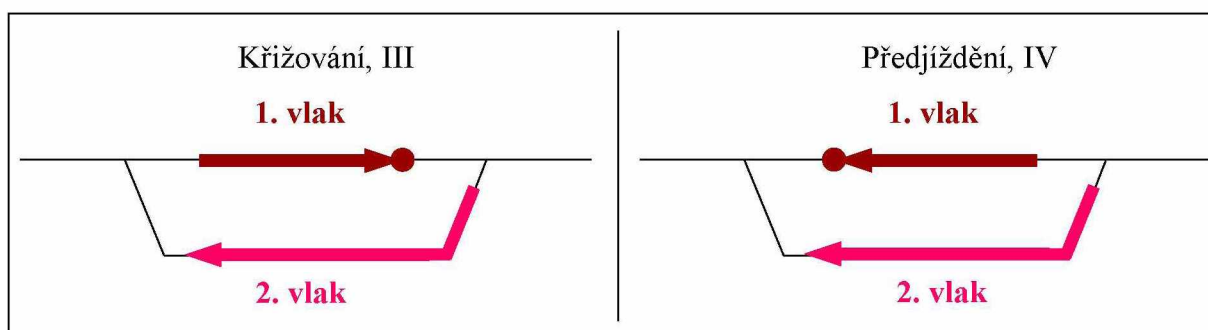
Konvenční vlak obsadí jako první některou z předjízdných kolejí dopravny. Tato situace může nastat jak v případě křížování, tak v případě předjíždění (Obrázek 3).



Obrázek 3 Interakce v dopravně, č. I a č. II

Zdroj: autor

V dalším scénáři vjíždí konvenční vlak do dopravny jako první a obsazuje hlavní kolej (Obrázek 4). Důvodem může být kupříkladu to, že hlavní kolej je vybavena nástupištěm, nebo proto, že konvenční vlak má vůči DV vyšší prioritu, a proto využívá jízdní cestu s vyšší dovolenou rychlostí. DV bude muset k průjezdu stanice využít předjízdnou kolej, což naopak zpravidla implikuje sníženou rychlost průjezdu danou dopravnou. Zrychlení vlaku na traťovou rychlost je často dovoleno až po úplném uvolnění výměň přilehlých k odjezdovému návěstidlu, což může vzhledem k nadstandardní délce vlaku znamenat prodloužení úseku, který má být pojížděn sníženou rychlostí.

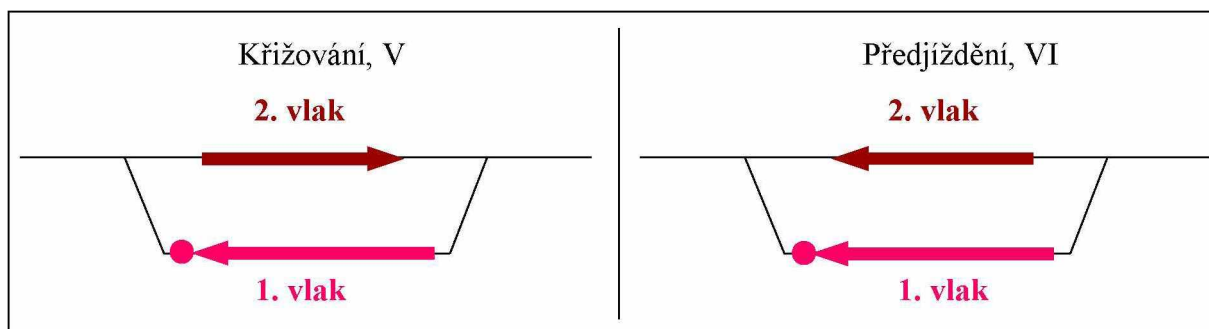


Obrázek 4 Interakce v dopravně, č. III a č. IV

Zdroj: autor

DV vjíždí do dopravní jako první a zastavuje zde

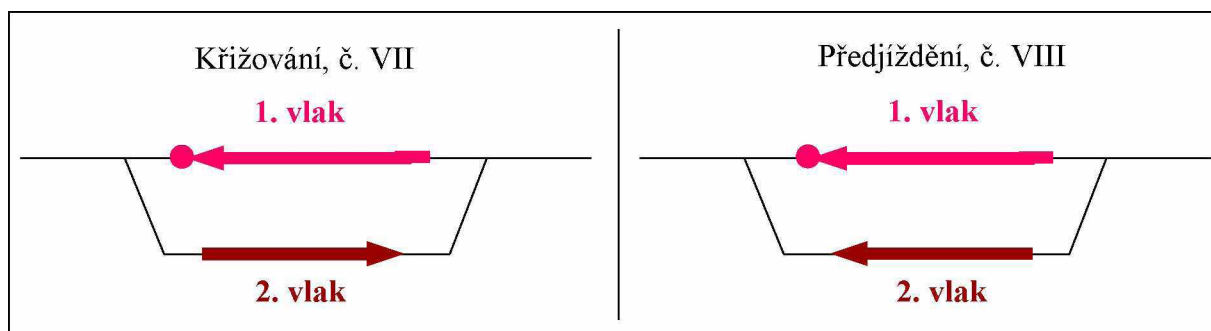
Pokud jako první vjíždí DV, nastává ideální situace v okamžiku, kdy doprava disponuje předjízdnu DDK, kterou může DV obsadit a umožnit tak odbavení prioritně vyššího vlaku konvenčního (Obrázek 5). Toto schéma obsazení je zcela jistě dobře použitelné i v případě, kdy je odstávka DV dlouhodobá.



Obrázek 5 Interakce v dopravně č. V a č. VI

Zdroj: autor

DV je rovněž možné odstavit na hlavní staniční koleji, která má dostatečnou užitečnou délku (Obrázek 6). Nejvíce pravděpodobným důvodem k takovému postupu je nedostatečná délka předjízdných kolejí a potřeba objet DV i za cenu využití jízdní cesty s nižší rychlostí.



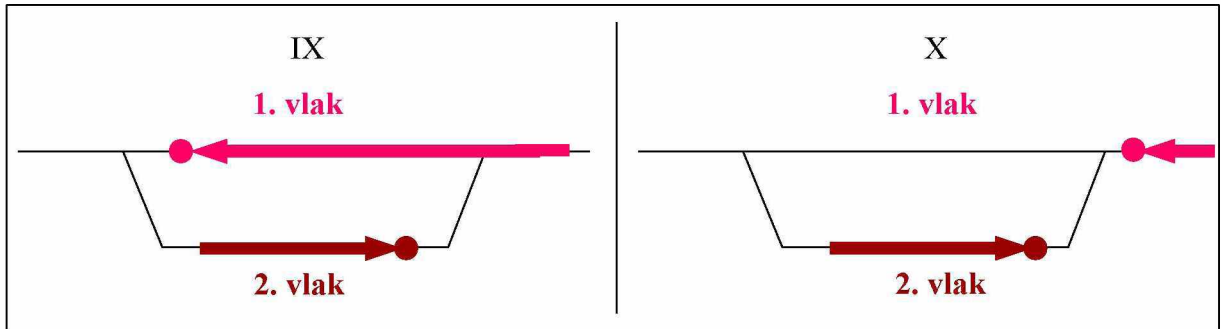
Obrázek 6 Interakce v dopravně č. VII a č. VIII

Zdroj: autor

Při nedostatečné délce hlavní koleje se nabízí následující možnosti **křižování**:

- zastavení DV s přesahem do traťového oddílu (Obrázek 7, interakce číslo IX)
- zastavení DV před vjezdovým návěstidlem dopravní, tzn. v traťovém oddílu (Obrázek 7, interakce číslo X).

Jedná se o nestandardní obsazení kolejí v dopravně a jeho použitelnost by bylo vhodné dále prověřit.



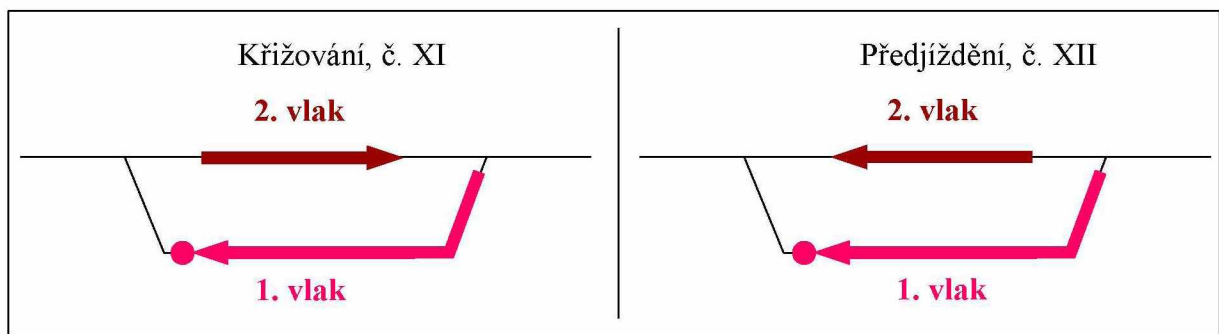
Obrázek 7 Interakce v dopravně č. IX a č. X

Zdroj: autor

Jednou z variant je rovněž zastavení DV na předjízdne koleji s nedostatečnou užitečnou délkou. Takové řešení by se projevilo:

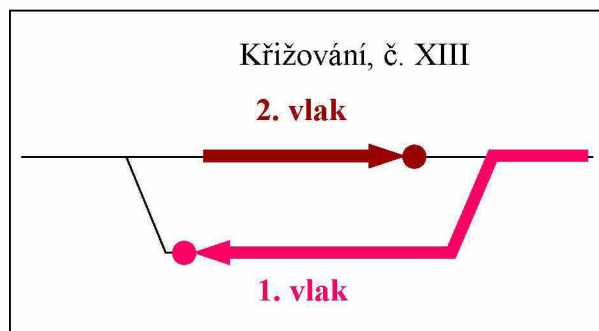
- přesahem DV do prostoru zhlaví (Obrázek 8)
- přesahem DV skrze zhlaví do traťového prostorového oddílu (Obrázek 9)

Postup zachycený na obrázku Obrázek 8 by bylo pravděpodobně možné využít jak při křižování, tak při předjíždění (v závislosti na parametrech zhlaví). Příklad z obrázku 9 se vztahuje pouze ke křižování.



Obrázek 8 Interakce v dopravně č. XI a č. XII

Zdroj: autor



Obrázek 9 Interakce v dopravně č. XIII

Zdroj: autor

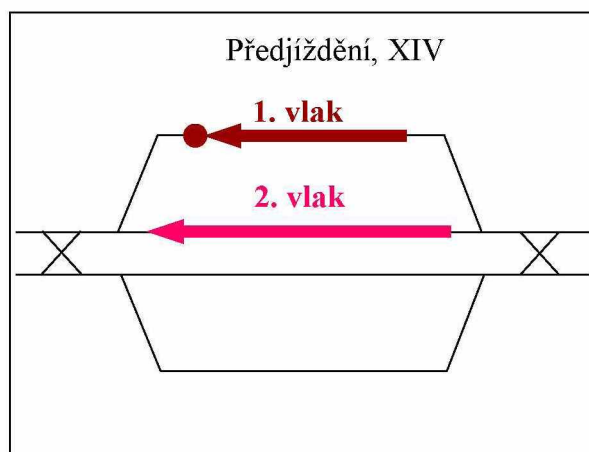
2.2.2 Dopravna na dvojkolejně trati

Předpokladem standartního provozu na dvojkolejně trati je že se hlavní směry jízdy neprotínají, tedy dochází k eliminaci křížování. Autor v tomto případě uvažuje s propojením hlavních kolejí kolejovou spojkou na obou stranách železniční stanice. V takovém případě se výčet řešených interakcí zužuje na předjíždění.

Konvenční vlak vjíždí do dopravně jako první, DV projíždí

K takové situaci může docházet, pokud je jízda DV preferována, nebo vlak konvenční zastavuje v dopravě z přepravních důvodů.

Pravděpodobně nejvýhodnějším řešením tohoto případu je zastavení konvenčního vlaku na předjízdne koleji a následný průjezd DV po koleji hlavní (Obrázek 10).

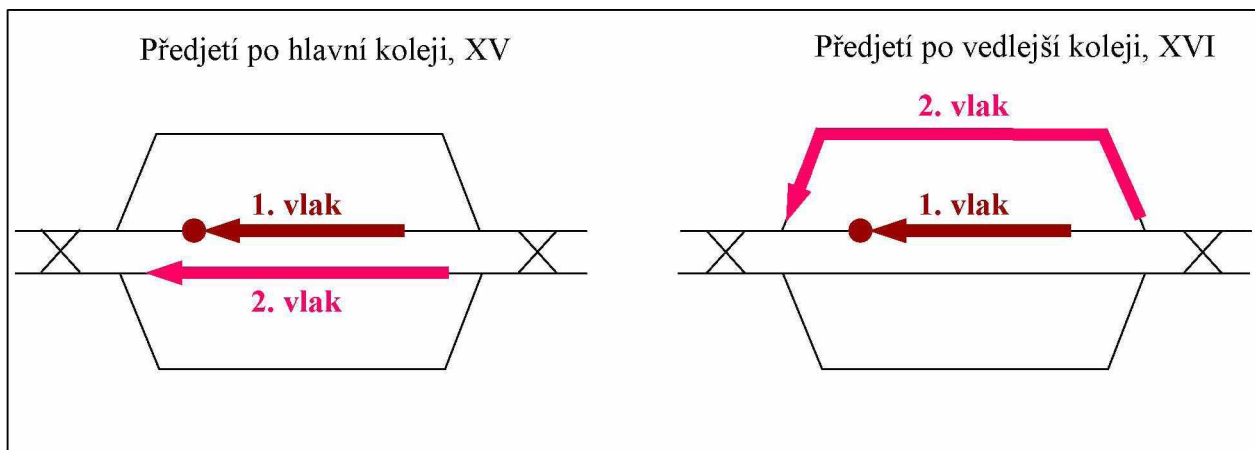


Obrázek 10 Interakce v dopravě č. XIV

Zdroj: autor

Pokud vlak konvenční není možné odstavit na předjízdnu kolej (například z důvodu nevybavenosti nástupištěm) nabízí se následující řešení:

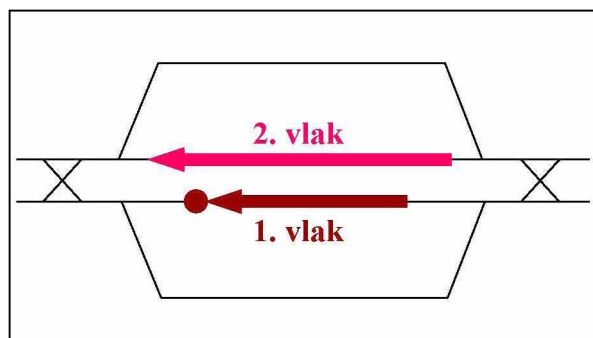
- Zastavení konvenčního vlaku na hlavní koleji ve směru jízdy. To znamená, že bude předjížděn buďto po druhé protisměrné hlavní koleji (za předpokladu její volnosti), nebo po koleji předjízdne (Obrázek 11). Druhé zmiňované řešení by pravděpodobně znamenalo značné navýšení doby průjezdu DV.



Obrázek 11 Interakce v dopravně č. XV a č. XVI

Zdroj: autor

- Zastavení konvenčního vlaku na hlavní koleji č. 2 (protisměrné) a průjezd DV po koleji první (Obrázek 12). DV by projížděl dopravnou bez omezení rychlosti z důvodu přejíždění mezi jednotlivými kolejemi. Toto řešení situace by šlo uplatnit v případě naprosté priority DV.



Obrázek 12 Interakce v dopravně, č. XVII

Zdroj: autor

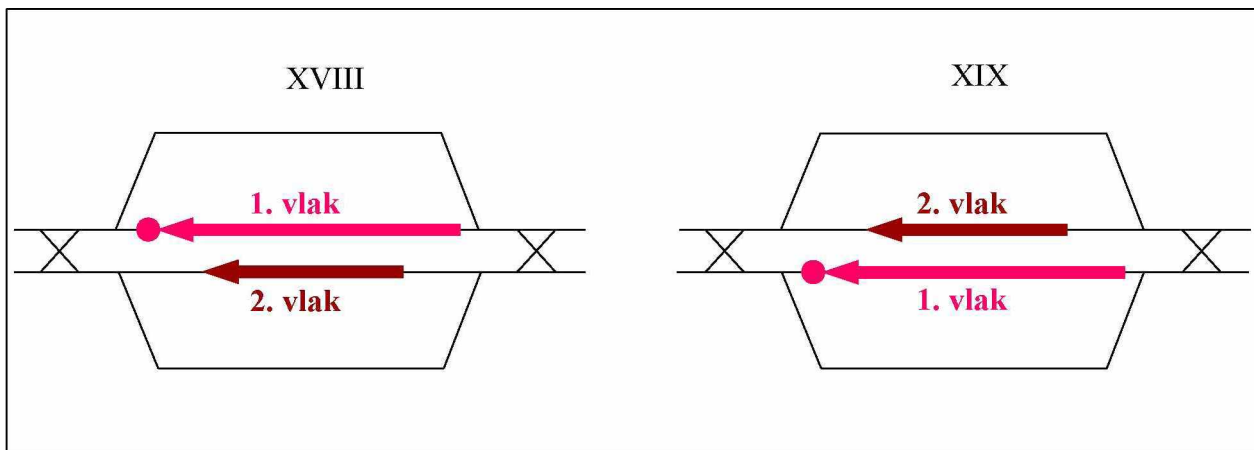
DV jako první vjíždí do dopravní a zastavuje

Pokud je odstavení DV v dopravně čistě z důvodu předjetí (tzn. krátkodobé), patrně nejefektivnější variantou je jeho zastavení na některé z hlavních kolejí.

Pokud je užitečná délka hlavních kolejí dostatečná, lze předpokládat situaci kdy je:

- DV odstaven na hlavní koleji č. 1 a předjížděn po hlavní koleji č. 2 (protisměrné). (Obrázek 13)
- DV je odstaven na hlavní koleji č. 2 (protisměrné) a předjížděn je po hlavní koleji č. 1 (Obrázek 13)

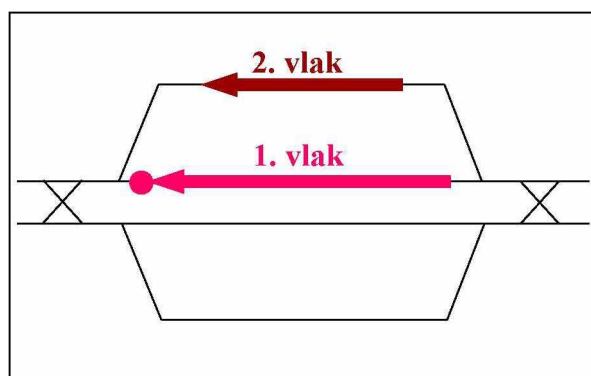
Obě tyto varianty předpokládají volnost hlavní protisměrné koleje, případně upozadění protisměrného provozu. Jejich časová náročnost se bude lišit v závislosti na preferenci typů vlaků a parametrech (především rychlostních) dané dopravně.



Obrázek 13 Interakce v dopravně, č. XVIII a č. XIX

Zdroj: autor

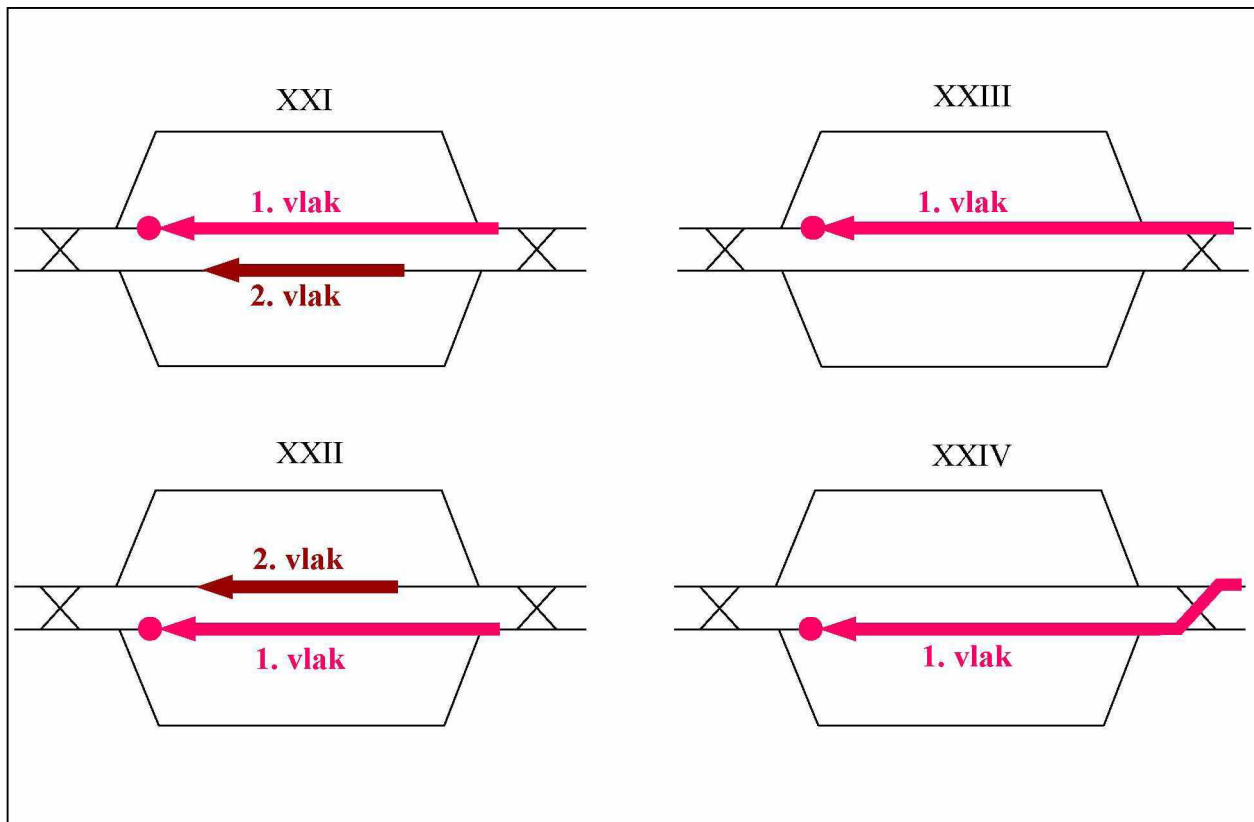
Další možností je zastavení DV na hlavní koleji a jeho následné předjetí konvenčním vlakem realizovat po koleji předjízdné (Obrázek 14).



Obrázek 14 Interakce v dopravně, č. XX

Zdroj: autor

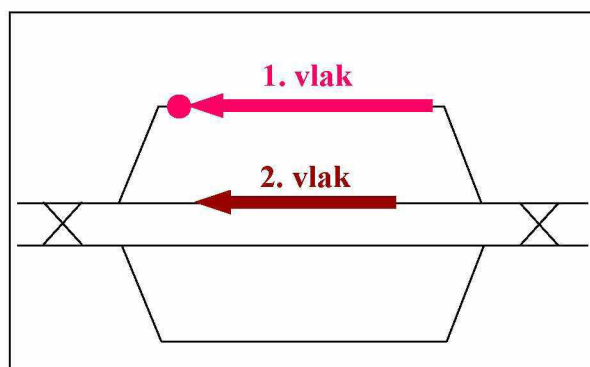
Jestliže užitečná délka hlavních kolejí není dostatečná, závisí možnost předjetí DV především na pozici kolejové spojky. Hodnota délky vlaku a délkové poměry v dané dopravně potom ovlivňují schopnost DV být předjet po předjízdné, respektive i po hlavní koleji. Na obrázku 15, jsou zachyceny jednak možné předjízdné interakce vlaku v takové dopravně (tedy interakce XXI a XXII). Situace XXIII a XXIV již ani nelze nazvat předjízdnými interakcemi, neboť při vzniku této situace již k předjetí fakticky nemůže dojít.



Obrázek 15 Interakce v dopravě č. XXI, č. XXII, č. XXIII a č. XXIV

Zdroj: autor

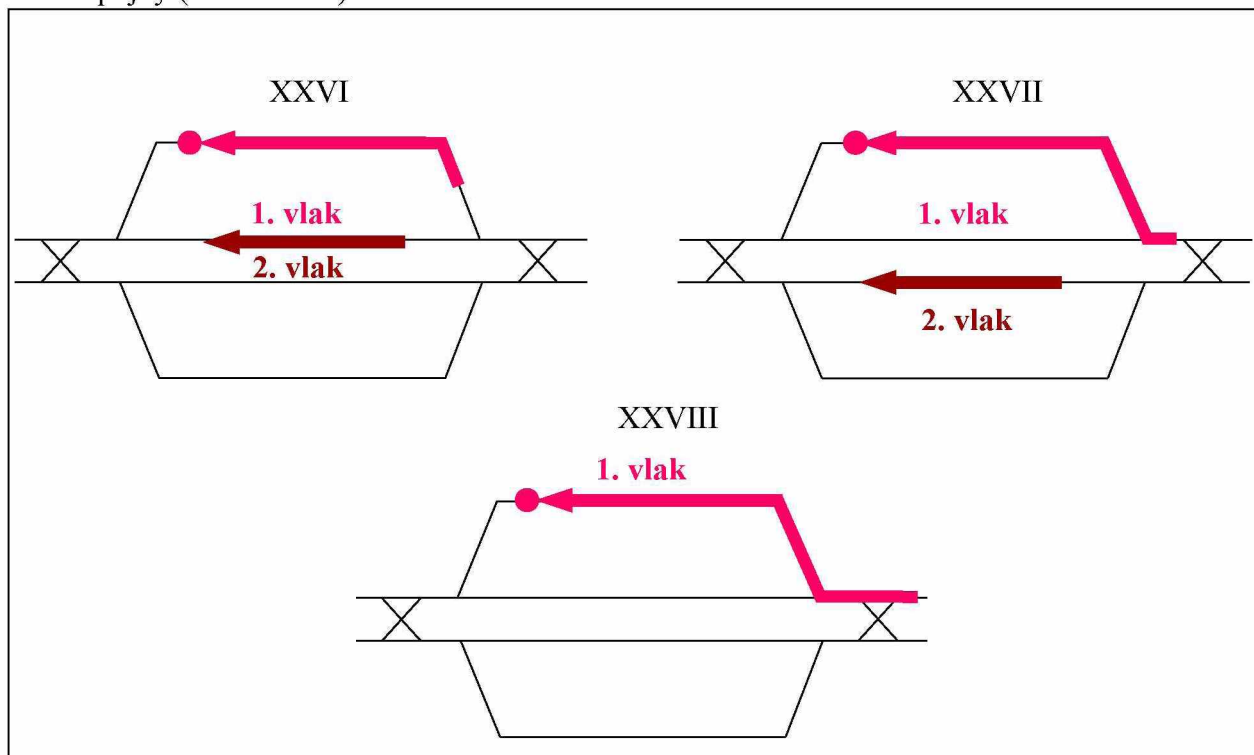
Ve chvíli kdy stanice disponuje DDK, která je umístěna ve skupině stejného směru (vůči jízdě DV), je jistě vhodné ji (zejména při nízké prioritě DV) pro zastavení DV použít s tím, že bude předjížděn po některé z hlavních kolejí (Obrázek 16). Toto schéma je rovněž použitelné při dlouhodobém pobytu DV v dopravě.



Obrázek 16 Interakce v dopravě č. XXV

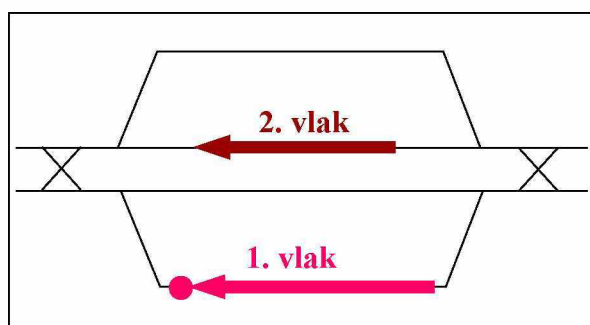
Zdroj: autor

Nedisponuje-li kolej dostatečnou užitečnou délkou, lze pravděpodobně uvažovat s řešením, jež jsou do jisté míry analogická s provozem na jednokolejné trati (v textu výše). Možnosti předjetí budou opět záviset na délce vlaku a konfiguraci dopravní, zejména umístění kolejové spojky (Obrázek 17).



Obrázek 17 Interakce v dopravně č. XXVI, č. XXVII a č. XXVIII Zdroj: autor

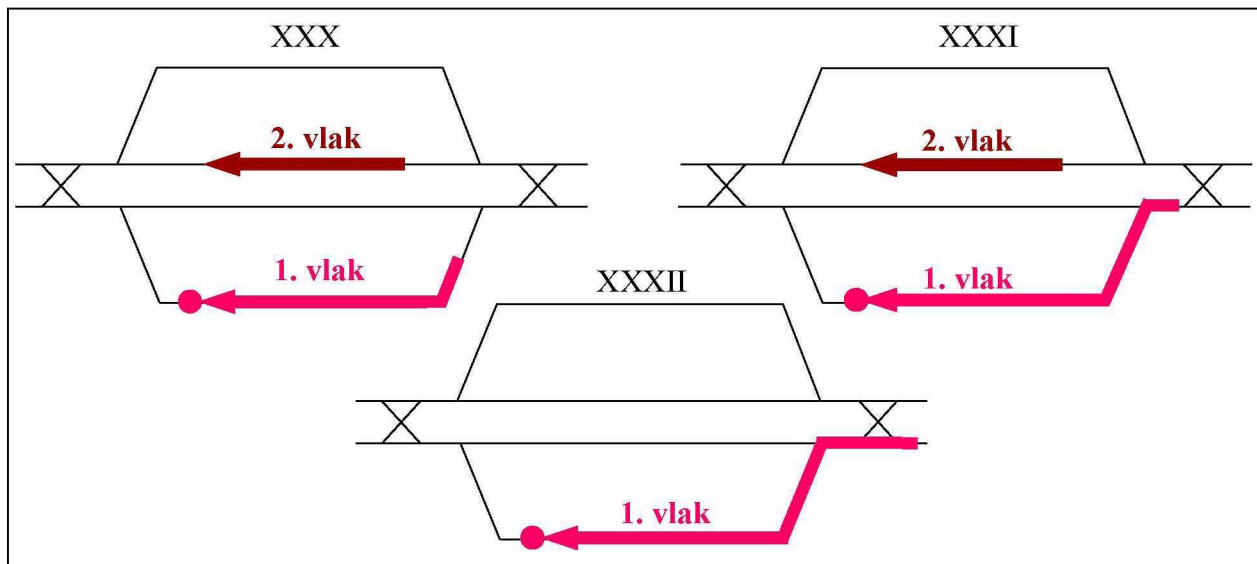
Důležité je nyní zmínit i případ, kdy v dopravně existuje DDK v protisměrné skupině (Obrázek 18), tedy konfigurace dopravní odpovídající například železniční stanici Choceň (1).



Obrázek 18 Interakce v dopravně, č. XXIX

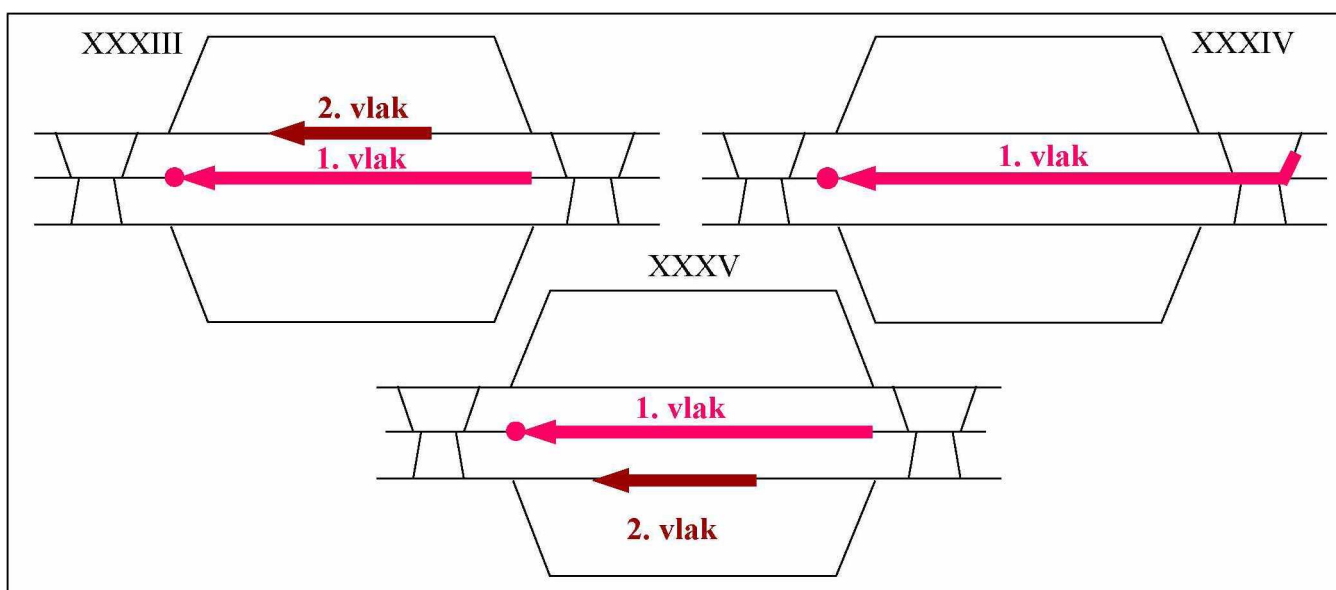
Zdroj: autor

Zbývající případy (Obrázek 19), a především ty, ve kterých by DV přejížděl do protisměru za cílem obsadit některou z předjízdňných kolejí nedostatečné užitečné délky, by znamenaly značnou náročnost na technologický čas a výrazné omezení možností operativního řízení dopravy.



Obrázek 19 Interakce v dopravě č. XXX, č. XXXI a č. XXXII Zdroj: autor

Poslední skupinou interakcí jsou ty, při nichž je možné využít nultou DDK umístěnou mezi hlavními kolejemi, na kterou je DV odstaven (Obrázek 20) a následně předjet po 1. (interakce XXXIII), či po 2. (interakce XXXIV) hlavní koleji. Situace XXXV, ve které by došlo k blokadě kolejových spojek zastaveným DV, znamená znemožnění jeho předjetí.



Obrázek 20 Interakce číslo XXXIII, č. XXXIV ač. XXXV

Zdroj: autor

2.3 Vliv organizace dopravy

V případě dopravy, která je vybavena DDK, záleží rovněž na jejím směrovém umístění. Pokud, doprava leží na dvojkolejně trati, je důležité umístit DDK v přepravně významnějším směru nebo ideálně v obou směrech. Tím se sníží počet pojížděných prvků obou zhlaví při odstavení (průjezdu) vlaku a náročnost na spotřebu technologického času. (1)

V potaz je třeba brát fakt, že důsledkem pobytu DV ve stanici může být i dlouhodobé, obsazení dané části infrastruktury, což vyústí v:

- nedostupnost koleje s nástupištní hranou
- snížení počtu kolejí pro odjezd daným směrem
- vyloučení vybraných úkonů (například přestupu hrana-hrana)
- blokáce úrovněového přechodu ve stanici
- blokáce koleje, která ústí do vedlejší tratě
- apod.

V závislosti na konfiguraci dané stanice může být některá z těchto skutečností klíčová.

2.4 Prodloužení technologických časů

Standartní rychlostí pro pohyb vlaků v železniční stanici (mimo hlavní koleje) je $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Prodloužením vlaku narůstá (při zachování rychlosti) doba obsazování jednotlivých částí infrastruktury a tím se prodlužují i dílčí technologické úkony jako jsou:

- odstavení vlaku na předjízdnu kolej z důvodu předjetí (křížování),
- různé přejezdy v rámci stanice,
- mimořádná odstávka DV, který měl původně projet relativně vysokou rychlostí po hlavní koleji
- atd.

Prodlouží se i jiné v dopravných běžně realizované úkony. Typickým příkladem je kontrola soupravy vozmistrem.

2.5 Požadavky na technické parametry infrastruktury a vozidel

Provoz vlaků nekonvenční délky může mít vliv na funkčnost některých částí železniční infrastruktury, ale taktéž přímo na danou soupravu. V této kapitole jsou vyjmenovány některé z možných problémů.

Počítače náprav

Některé typy tohoto zařízení mohou mít omezený počet zaznamenaných náprav, což by mohlo vést ke špatnému vyhodnocení volnosti (obsazení) prostorového oddílu. Důležitým parametrem pro správné fungování tohoto zařízení je také nájezdová rychlost.(3)

Vlakový zabezpečovač

Pokud je hnací vozidlo vybaveno liniovým zabezpečovacím zařízením, je nezbytné zadat do systému z důvodu jeho správného fungování před odjezdem celkovou délku vlaku. Tento parametr může být omezen. (3)

V případě bodového vlakového zabezpečovače žádné takové omezení není.(3)

Indikátor horkoběžnosti

Tyto prvky infrastruktury mohou jednak mít omezenou kapacitu počítání, takže nezaznamenají poškozenou nápravu vozu řazeného v zadní části DV. (3)

Důležitým bodem je taktéž umístění tohoto typu zařízení na trati. Přestože systém detekuje problém, nemusí být možné vlak odstavit kvůli chybějící DDK. (3)

Elasticita vlaku

Po zastavení vlaku dochází vlivem stlačení nárazníků ke smrštění soupravy. Následným uvolněním brzd nabude souprava na své délce. Významným se toto „prodloužení“ vlaku stává ve chvíli, kdy existuje malá rezerva mezi koncem vlaku a koncem užitečné délky koleje. V takovém případě hrozí původně neplánovaný přesah části vlaku přes odjezdové návěstidlo protějšího směru a je potřeba vyšetřit možné důsledky z toho plynoucí, například zásah do obvodu výměny.(3)

Brzdění

Pro vlaky nekonvenční délky je důležité uvažovat s brzdou prodlevou. Ve chvíli kdy v přední části soupravy jsou vozy brzděny naplno, pokračují vozy řazené v zadní části vinou opožděného signálu k brzdění počáteční rychlostí vlaku, čímž začnou tlačít na jeho přední část. Vysoká hodnota tlaku povede k extrémnímu stlačení vozových spojek a případně i k vykolejení vlaku. Tento problém může nastávat v obloucích s nedostatečným rádiusem, nebo při prudkém brzdění.(3)

Délka vlaku má nepříznivý vliv na velikost zábrzdě vzdálenosti. S rostoucími rozměry narůstá doba nezbytná k nashromáždění adekvátního množství brzdě energie, a tím pádem i k samotnému zastavení soupravy.(3)

Rozjezd

Vinou délky vlaku a následnému navýšení reakční doby vzniká nebezpečí i při rozjezdu vlaku. V okamžik rozjezdu nemusí být zadní část soupravy ještě zcela odbrzděna, což povede tentokrát k extrémnímu tahu ve vozových spojkách a k jejich přetržení.(3)

Štíhlá výhybka

Zařazením takového typu výhybky dojde k navýšení rychlosti, se kterou ji lze pojíždět. Na druhou stranu, její délkový rozměr je větší než u výhybky standardního typu, čímž se sníží užitečná délka staničních dopravních kolejí, není-li současně prodlouženo zhlaví stanice. (4)

Přejezdy

S rostoucí délkou vlaků se mohou měnit požadavky související s úrovnovými přejezdy. V okamžiku, kdy je vzdálenost mezi úrovnovým křížením a návěstidlem nedostatečná, existuje nebezpečí, že při signalizaci návěsti Stůj bude dlouhý vlak zasahovat do přejezdu a tím ho blokovat. Což by v kombinaci s případnou vyšší intenzitou silničního provozu mohlo mít dopad i na silniční provoz v podobě prodloužení doby uzavření přejezdu. (3)

Průvoz dlouhého vlaku znamená rovněž uzavření přejezdu po nestandardně dlouhý interval, čímž vzniká nebezpečí ilegálních přechodů (přejezdů) přes úrovnové křížení ve chvíli, kdy přejezd není fyzicky obsazen, ale je signalizována výstraha. Pokud je stojícím dlouhým vlakem fyzicky obsazen železniční přechod, hrozí nebezpečné „přelézání“ přes nárazníky.(3)

3 NÁVRH A DEFINICE UKAZATELŮ

V této kapitole jsou navrženy ukazatele určené ke sledování změny propustnosti trati vlivem nasazení dlouhých vlaků.

3.1 Přírůstek zpoždění v cílové (koncové) stanici

Pro zjištění dopadů na propustnost trati, které jsou vyvolány nasazením dlouhých vlaků, je v této práci použit ukazatel přírůstku zpoždění v koncové stanici. Zjišťuje se porovnáním výstupních zpoždění vlaků, tedy zpoždění zjištěná na příjezdu do koncové stanice, vždy ze dvou simulovaných JŘ. Takové porovnání je možné nalézt v tabulce číslo 3, která obsahuje výstupy průběhů jízdy nákladního vlaku 40006, jež jsou výsledkem simulace provedené ve vytvořeném mikroskopickém modelu, inspirovaného I. železničním koridorem, jenž byl pro tyto účely v rámci diplomové práce vytvořen. V prvním JŘ se vyskytují nákladní vlaky, jejichž délka je pouze 520 m. V druhém jízdním řádu se vyskytuje vždy určité procento vlaků délky 740 m. S tím, že vlak délky 740 m vzniká prodloužením, tedy navýšením počtu vozů, některého z již zavedených nákladních vlaků, o původní délce 520 metrů. Změnou provozních charakteristik se z něj stává vlak částečně rušící jízdu ostatních vlaků, jejichž časové polohy zůstaly nezměněny. Tím vzniká přírůstek zpoždění jak u samotného vlaku prodlouženého, tak i u vlaků ostatních, které s DV interagují. Předpokladem jsou fixní jízdní doby.

Pochopitelně v praxi by měla být jízda rušícího vlaku i spojů s ním interagujících ošetřena a ke zpoždění by docházet nemělo. Zde je však tento postup zvolen proto, aby bylo možné prověřit nejen samotnou propustnost, ale potažmo i nároky dlouhých vlaků na JŘ. V neposlední řadě se mohou zjištěné poznatky uplatnit ve chvíli, kdy počet dlouhých vlaků vedených v režimu ad hoc vroste natolik, že pro ně bude třeba využívat právě i standardní trasy a tím by tak de facto vznikly vlaky rušící, právě ve zmíněném ohledu.

Tabulka 3 Nárůst zpoždění vlaku 40006 v průběhu jízdy

Při výskytu 80 vlaků délky 740 m				Při výskytu 0 vlaků o délce 740 m		
Vlak	Dopravna	Čas průjezdu	Velikost zpoždění v dané dopravě	Vlak	Dopravna	Čas průjezdu
40006	OPV	3:06:00	0,00	40006	OPV	3:06:00
40006	Ceska Trebova	3:09:03	0,00	40006	Ceska Trebova	3:09:03
40006	Dlouha Trebova.	3:14:44	0,18	40006	Dlouha Trebova.	3:14:33
40006	Ústí nad Orlicí	3:18:21	0,20	40006	Ústí nad Orlicí	3:18:09
40006	Brandys nad Orlicí"CAST A"	3:24:58	0,23	40006	Brandys nad Orlicí"CAST A"	3:24:44
40006	Chocen	3:28:06	0,27	40006	Chocen	3:27:50
40006	Zamrsk	3:33:08	0,27	40006	Zamrsk	3:32:52
40006	Uhersko	3:37:23	0,27	40006	Uhersko	3:37:07
40006	Moravany	3:40:14	0,27	40006	Moravany	3:39:58
40006	Kostenice	3:42:34	0,27	40006	Kostenice	3:42:18
40006	Pardubice,CERNA ZA BORY	3:45:35	0,27	40006	Pardubice,CERNA ZA BORY	3:45:19
40006	Pardubice,PARDUBICKY	3:47:25	0,27	40006	Pardubice,PARDUBICKY	3:47:09
40006	Pardubice,"NAK"	3:48:38	0,27	40006	Pardubice,"NAK"	3:48:22
40006	Pardubice"OSO"	3:49:04	0,27	40006	Pardubice"OSO"	3:48:48
40006	Prelouc"NAK"	3:56:45	0,30	40006	Prelouc"NAK"	3:56:27
40006	Prelouc"OSO"	3:57:27	0,30	40006	Prelouc"OSO"	3:57:09
40006	Recany nad Labem	4:01:49	0,30	40006	Recany nad Labem	4:01:31
40006	Zabori nad Labem	4:08:00	0,30	40006	Zabori nad Labem	4:07:42
40006	Kolin"NAK"	4:15:20	0,30	40006	Kolin"NAK"	4:15:02

Zdroj: autor

Náskoky jakožto záporná hodnota zpoždění jsou při výpočtu nahrazeny nulovou hodnotou zpoždění.

Matematicky lze přírůstek zpoždění v koncové stanici způsobený daným počtem dlouhých vlaků s pomocí rovnic směrnice SŽDC SM124 (5, je použit název směrnice platný v době jejího vzniku), definovat následujícím způsobem:

Pro výpočet přírůstku zpoždění daného vlaku v koncové stanici z JŘ ve kterém jsou vedeny vlaky délky pouze 520 m lze použít vztah číslo 18.

$$\Delta d_{520} = d_{out\ 520} - d_{in\ 520} \quad (18)$$

kde

Δd_{520} přírůstek zpoždění v koncové stanici při provozu nákladních vlaků max. délky 520 m [min]

$d_{out\ 520}$ výstupní zpoždění při max. délce vlaků 520 m [min]

$d_{in\ 520}$ vstupní zpoždění při max. délce vlaků 520 m [min]

Obdobným způsobem lze vypočítat přírůstek zpoždění daného vlaku z JŘ, kde se vyskytoval určitý počet vlaků délky 740 m (vztah 19).

$$\Delta d_{740} = d_{out\ 740} - d_{in\ 740} \quad (19)$$

kde

$d_{out\ 740}$ přírůstek zpoždění v koncové stanici při provozu nákladních vlaků max. délky 740 m [min]

$d_{out\ 740}$ výstupní zpoždění při max. délce vlaků 740 m [min]

$d_{in\ 740}$ vstupní zpoždění při max. délce vlaků 740 m [min]

Výsledný přírůstek zpoždění vlivem nasazením určitého počtu vlaků délky 740 m lze následně získat dosazením do vztahu 20.

$$\Delta D_{740} = \Delta d_{740} - \Delta d_{520} = d_{out\ 740} - d_{in\ 740} - (d_{out\ 520} - d_{in\ 520}) \quad (20)$$

Vzhledem k tomu, že v modelu nevzniká zpoždění z jiného důvodu, než kvůli prodloužení některého z nákladních vlaků, je možné hodnoty $d_{in\ 740}$, $d_{out\ 520}$, $d_{in\ 520}$ považovat za nulové a výsledný přírůstek zpoždění vlivem nasazením vlaků délky 740 m vyplývá ze vztahu 21.

$$\Delta D_{740} = d_{out\ 740} \quad (21)$$

Mimo použití přírůstku zpoždění v cílové stanici, je v práci evidován přírůstek zpoždění vyplývající z konkrétní interakce vlaku dlouhého s ostatním provozem. Zde je výpočet přírůstku obdobný s tím, že se vztahuje vždy jen k určitému výseku jízdniho řádu a úseku zkoumané trati. Vzhledem k tomu se vstupní zpoždění nevztahuje k výchozí stanici celé zkoumané trati, ale vždy k 1. stanici zkoumaného úseku. V takovém případě je možné, že vlaky do dané interakce mohou již přijíždět se zpožděním, které získaly na trati, a které lze pro danou konkrétní interakci označit jako vstupní. Proto má výpočet úsekového přírůstku zpoždění následující podobu:

$$\Delta D_{AB\ 740} = d_{out\ 740\ B} - d_{in\ 740\ A} \quad (22)$$

kde

$\Delta D_{AB\ 740}$ úsekový přírůstek zpoždění [min]

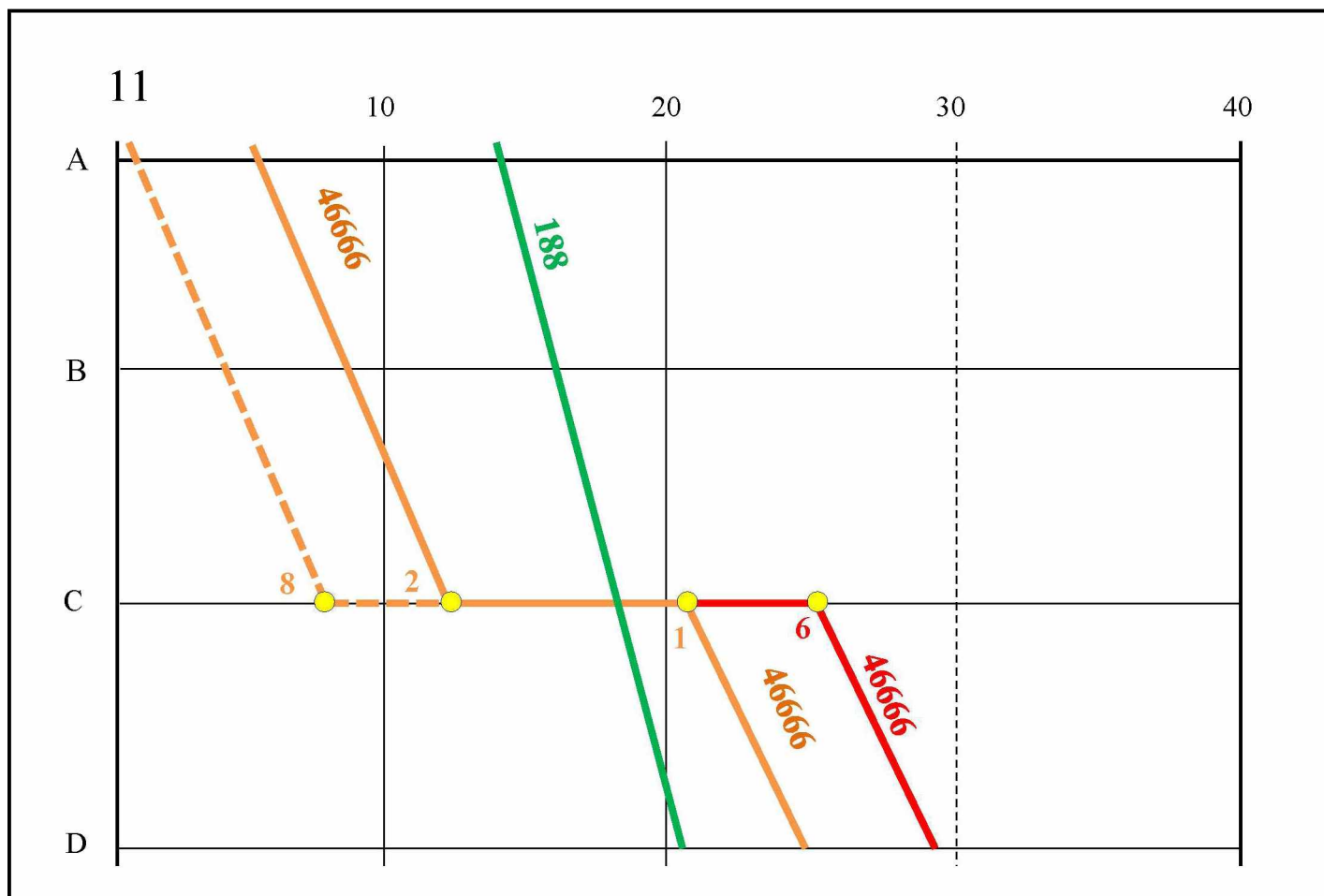
$d_{in\ 740\ A}$ zpoždění na odjezdu (průjezdu) ze stanice A (výchozí stanice zkoumaného úseku) [min]

$d_{out\ 740\ B}$ zpoždění na příjezdu (průjezdu) do stanice B (koncová stanice zkoumaného úseku) [min]

Pokud by se nejednalo o deterministickou simulaci, může být zpoždění v 1. stanici zkoumaného úseku součtem vstupního zpoždění, kterým vlak disponuje již ve výchozí stanici celé zkoumané trati a zpoždění získaného dosavadní jízdou do 1. stanice vymezující danou interakci.

3.2 Problematika pobytů dlouhých vlaků v dopravnách

Důvodem k zastavení a následnému pobytu nákladních vlaků v dopravnách je v rámci modelového JŘ pouze jejich předjetí vlakem vyšší kategorie, případně nákladní vlak vyčkává v dané dopravně na příhodnější období pro průjezd v následujících úsecích. Žádný z pobytů neslouží k manipulaci se zátěží nákladního vlaku, případně jiným časově náročným technologickým úkonům. Vzhledem k těmto okolnostem nejsou délky pobytů nákladních vlaků v dopravnách stanoveny jako pevné, ale je možné je podle aktuální situace zkrátit. V zavedení tohoto dispečerského prvku je snaha zajistit realističtější řízení jízdy nákladních vlaků, který se tím vyhne nežádoucímu brzdění, případně i zastavení a následnému energeticky náročnému rozjezdu, ale rovněž zabránit dalšímu nabourávání JŘ ostatních spojů, které jsou s nákladním vlakem v interakci, tím, že se striktním dodržáním předepsaného pobytu nákladní vlak do daných interakcí dostaví později. Ukázkou takového zkrácení pobytu je možné vidět na obrázku 21. Pokud není vlak 46666 opožděn, přijíždí do stanice C v 11 hodin a 8 minut, zde je předjet expresem číslo 188 a stanici C opouští v 11 hodin a 21 minut. Délka jeho pobytu v tomto případě činí 13 minut. Ve chvíli, kdy jede nákladní vlak se zpožděním, a přijíždí do stanice v 11 hodin a 12 minut (například), je jeho pobyt o 4 minuty zkrácen, takže odjíždí v předepsaném čase. Pokud by byl nucen dodržet stanovený pobyt 13 minut, jeho odjezd se posune na 11 hodin a 26 minut.



Obrázek 21 Zkrácení pobytu DV

Zdroj: autor

3.3 Průměrné zpoždění na příjezdech do dopravních stanic

Ukazatel přírůstku zpoždění v cílové stanici však mnohdy neposkytuje dostatečný obraz o realizaci jízdy jednotlivých vlaků. Ať už se zde projevuje způsob vedení dispečerského řízení dlouhých vlaků (kapitola 3.2), kdy zpoždění na příjezdu vlaku do cílové stanice je buďto velmi malé, nebo dokonce nulové, přestože v předcházejících úsecích DV zpoždění zvyšoval. Případně výsledkem interakce daného vlaku s DV je zpoždění malé hodnoty, takže je v průběhu jízdy eliminováno, a daný vlak, byť po určitou část trasy interakcí s DV postižen je, do cílové stanice přijíždí s nulovým zpožděním, což do jisté míry snižuje výpočetní hodnotu tohoto ukazatele o průběhu jeho jízdy. Typicky se jedná o případy osobních vlaků, které jsou po určitou část své trasy zpožděny na odjezdech, ale do koncové stanice přijíždějí bez zpoždění. Tento případ ilustruje tabulka 4, představující výstup průběhu jízdy osobního vlaku 9626 na úseku modelované trati, která byla inspirována I. železničním koridorem. Osobní

vlak 9626 odjíždí ze stanice Praha Holešovice se zpožděním 1 minuta a 14 sekund. V sloupcích 2 a 7 je uveden rozdíl mezi aktuálním a plánovaným příjezdem, respektive odjezdem, vlaku z dané dopravní. Jak vyplývá ze sloupce 7, v defaultním JŘ (5.1) byly ponechány určité rezervy (náskoky) mezi plánovaným a skutečným příjezdem vlaku. Tyto náskoky nepřesahují 35 sekund, avšak skutečnost, že jsou zajištěny u každé dopravní, vede k postupnému odbourávání zpoždění vlaku. Postupnou eliminaci zpoždění lze (mimo jiné) demonstrovat na posledním řádku. Osobní vlak 9626 má předepsaný půlminutový pobyt ve stanici Dolany nad Vltavou (tabulka 4). To znamená, že pokud má vlak odjet z této stanice bez zpoždění, může si dovolit přijet nejpozději v 19:31:30. Vzhledem k tomu, že přijíždí v 19:31:20, podmínka je splněna a odjezd vlaku ze stanice proběhne s nulovým zpožděním.

Pro tyto případy je navíc ze studijních důvodů sledováno průměrné zpoždění vlaků na příjezdu do jednotlivých dopraven, případně, pokud vlak v dopravně nezastavuje, ale projíždí jí, je do výpočtu průměru zahrnut průjezd. Matematicky lze tento ukazatel formulovat následujícím způsobem:

(23)

$$\bar{d}_{740} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_{i740}$$

kde

\bar{d}_{740} průměrné zpoždění na průjezdu/příjezdu vlaku do dopravní [min]

z_{i740} zpoždění vlaku na příjezdu (průjezdu) do dopravní [min]

n počet dopraven zahrnutých v trase vlaku [-]

To znamená, že ačkoliv přírůstek zpoždění osobního vlaku v koncové stanici Kralupy nad Vltavou osobní nádraží $\Delta D_{740; Os 9626}$ bude roven nule (Tabulka 4), průměrné zpoždění příjezdů vlaku $\Delta \bar{d}_{740; Os 9626}$ činí **1,41 min**, z čehož vyplývá, že navzdory nulové hodnotě zpoždění v koncové stanici, byl osobní vlak na své jízdě kvůli nasazení DV ovlivněn.

Tabulka 4 Redukce zpoždění vlaku Os 9626 v průběhu jízdy

Při výskytu 80 vlaků délky 740 m				Při výskytu 0 vlaků 740 m				
Vlak	Časová rezerva	Dopravna	Čas příjezdu (průjezdu)	Velikost zpoždění v dané	Vlak	Časová rezerva	Dopravna	Čas příjezdu (průjezdu)
OS 9626	0	Odbočka,ROKYTKA	18:57:00		OS 9626	0	Odbočka,ROKYTKA	18:57:00
OS 9626	177	Praha,HOLESOVICE	19:04:57	3,38	OS 9626	-26	Praha,HOLESOVICE	19:01:34
OS 9626	177	Praha,HOLESOVICE	19:05:27		OS 9626	0	Praha,HOLESOVICE	19:02:30
OS 9626	159	Praha,BUBENEC	19:08:39	2,95	OS 9626	-18	Praha,BUBENEC	19:05:42
OS 9626	159	Praha,BUBENEC	19:09:09		OS 9626	0	Praha,BUBENEC	19:06:30
OS 9626	142	Praha,PODBABA	19:09:52	2,65	OS 9626	-17	Praha,PODBABA	19:07:13
OS 9626	142	Praha,PODBABA	19:10:22		OS 9626	0	Praha,PODBABA	19:08:00
OS 9626	113	Praha,SEDLIC	19:12:53	2,37	OS 9626	-29	Praha,SEDLIC	19:10:31
OS 9626	98	Roztoky u Prahy	19:16:38	1,88	OS 9626	-15	Roztoky u Prahy	19:14:45
OS 9626	98	Roztoky u Prahy	19:17:08		OS 9626	0	Roztoky u Prahy	19:15:30
OS 9626	70	Roztoky-Zalov	19:20:10	1,63	OS 9626	-28	Roztoky-Zalov	19:18:32
OS 9626	70	Roztoky-Zalov	19:20:40		OS 9626	0	Roztoky-Zalov	19:19:30
OS 9626	56	Uholický	19:21:56	1,17	OS 9626	-14	Uholický	19:20:46
OS 9626	56	Uholický	19:22:26		OS 9626	0	Uholický	19:21:30
OS 9626	47	REZ	19:23:47	0,93	OS 9626	-9	REZ	19:22:51
OS 9626	47	REZ	19:24:17		OS 9626	0	REZ	19:23:30
OS 9626	29	Libčice nad Vltavou,LETKY	19:25:59	0,78	OS 9626	-18	Libčice nad Vltavou,LETKY	19:25:12
OS 9626	29	Libčice nad Vltavou,LETKY	19:26:29		OS 9626	0	Libčice nad Vltavou,LETKY	19:26:00
OS 9626	5	Libčice nad Vltavou	19:28:35	0,48	OS 9626	-24	Libčice nad Vltavou	19:28:06
OS 9626	5	Libčice nad Vltavou	19:29:05		OS 9626	0	Libčice nad Vltavou	19:29:00
OS 9626	-10	Dolany nad Vltavou	19:31:20	0,08	OS 9626	-15	Dolany nad Vltavou	19:31:15
OS 9626	0	Dolany nad Vltavou	19:32:00		OS 9626	0	Dolany nad Vltavou	19:32:00
OS 9626	-10	Kralupy nad Vltavou "NAK"	19:33:50	0,00	OS 9626	-10	Kralupy nad Vltavou "NAK"	19:33:50
OS 9626	-8	Kralupy nad Vltavou "OSO"	19:34:52	0,00	OS 9626	-8	Kralupy nad Vltavou "OSO"	19:34:52

Zdroj: autor

4 TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU

Těžištěm diplomové práce je železniční simulační model vytvořený v programu OpenTrack (6). Na základě výstupů modelu má být monitorována změna času průjezdů, příjezdů a odjezdů jednotlivých vlaků autorem vytvořeného JŘ, poté, co budou na trasy určené původně pro vlaky 520 m nasazeny soupravy délky 740 m, a tím fakticky otestována funkčnost navržených ukazatelů propustnosti. Aby bylo možné tuto změnu času zaznamenat, je potřeba mít nejprve k dispozici výstup realizace celého JŘ, který nebude vykazovat žádné konflikty, a ve kterém se dlouhé vlaky nevyskytují, tzv. **defaultní JŘ** (5.1). S tímto defaultním JŘ potom budou srovnávány další simulační výstupy, ve kterém se již určitý počet dlouhých vlaků vyskytuje. A právě na základě srovnání těchto dvou výstupů bude možné posléze vyčíst případný přírůstek zpoždění jednotlivých vlaků. Pro tvorbu modelu a následnou simulaci byl zvolen simulační program OpenTrack, neboť v něm bylo umožněno učinit především následující:

- Vytvořit kolejový reliéf, v němž bude promítnuta kvantita dopraven I. železničního koridoru, takže bude zpracováno **39** dopraven s kolejovým rozvětvením (stanic) a **55** zastávek. V tomto reliéfu potom jednoznačně a detailně vymezit klíčové prvky každé dopravní, přičemž délkové parametry těchto elementů budou rovněž zpracovány podle dostupných dat o I. železničním koridoru. Taktéž je důležité, aby bylo možné vymezit příslušné traťové oddíly, v mezistaničních úsecích a vytvořit zde zastávky, opět vše na základě inspirace I. traťovým železničním koridorem.
- Vytvořit unikátní trasu pro každý z **686** vlaků, které budou tvořit modelový rozsah dopravy, který bude na kolejovém reliéfu modelové trati realizován. Každá z těchto tras disponuje vlastním JŘ, na základě kterého bude možné určit především dopravní, ve kterých má vlak zastavovat, délku pobytu vlaku v dopravě a čas odjezdu z ní.
- Měnit délku jednotlivých vlaků, přičemž OpenTrack je schopen na základě délky vlaku a délky příslušných úseku rozpoznat, v jakém rozsahu vytvořenou infrastrukturu daný vlak právě obsazuje a v důsledku toho případně omezí (upraví) jízdu ostatních vlaků.
- Vytvořit jízdní cesty ve stanicích a mezistaničních úsecích. Dále přiřadit jednotlivým jízdním cestám odpovídající rychlost a určit úsekovou platnost případného rychlostního omezení.
- Určit pořadí vjezdu vlaků do dopravní, respektive odjezdů z ní. Dále všem vlakům, které tvoří grafikon vlakové dopravy, přiřadit jedinečný itinerář, v němž bude možné

určit, kterou kolejí má být v té které dopravně s kolejovým rozvětvením tento vlak obslužen.

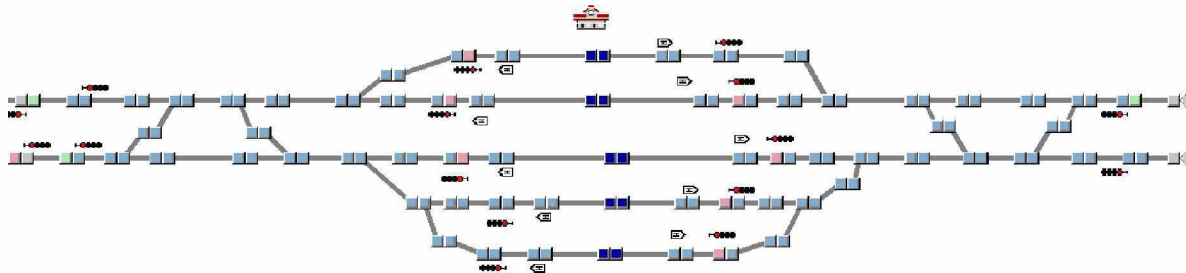
- Zohlednit na výsledné jízdě vlaků parametry souprav, jako jsou především délka, hmotnost a maximální povolená rychlost dané soupravy. Dále dostatečný/nedostatečný výkon hnacího vozidla a z toho plynoucí kladné a záporné zrychlení.
- Poskytnout výstupy, v nichž budou zaznamenány časy příjezdů, odjezdů a průjezdů všech vlaků jednotlivými dopravními body. Generovat nákresný JŘ na němž bude zachycena jednak křivka plánovaného průběhu jízdy každého vlaku a po samotné simulaci daného scénáře i křivka zaznamenávající skutečný průběh jízdy každého vlaku, pro určení širších souvislostí a vyvozování závěrů. Dále podávat reporty o průběhu jízdy vlaku, především týkající se změny použití jízdni cesty, brzdění, neplánovaného zastavení, aktuálního odjezdu, příjezdu, či průjezdu vlaku danou dopravnou a odchylce od JŘ ať už kladného, či záporného čísla.

4.1 Tvorba infrastruktury v simulačním programu OpenTrack

Přístup k tvorbě zhlaví a jednotlivých výměn v dopravnách je patrný z obrázku 22. Užitečné délky dopravních kolejí odpovídají skutečnému stavu na I. železničním koridoru. Obvod výměny je vždy jednoznačně vymezen polohou jejího námezníku a staničení. Veškerá umístění staničení výměn je možné odečíst z dostupných plánek (7). Pokud se týká určení polohy námezníků ve stanicích, byl v modelu uplatňován, v závislosti na aktuálně dostupných datech o infrastruktuře I. železničního koridoru, dvojitý přístup:

- použití reálné kilometrické polohy námezníku,
- variantní řešení, kdy je vzdálenost staničení od námezníku určena dle tabulky 5.

Hodnoty vzdáleností námezníků od staničení v tabulce 5 jsou odhadnuty autorem na základě vztahu mezi rychlostí pojíždění výměny do odbočky a kilometrickou polohou jejího námezníku, jenž je patrný z plánů jiných stanic, jejichž údaje byly v době tvorby modelu v tomto ohledu kompletní.



Obrázek 22 Podoba kolejového reliéfu tvořeného v programu OpenTrack

Zdroj: autor

Při tvorbě jednotlivých prvků infrastruktury nebylo autorem nijak zohledněno jejich vertikální či horizontální zakřivení. V tomto bodě má tedy provedení infrastruktury snahu blížit se reálnému provedení, ale nejedná se o přesný model I. tranzitního železničního koridoru a tím pádem dochází k jistému zkreslení jízdních dob, kterých vlaky na zkoumané infrastruktuře dosahují. Jízdní doby tím budou dotčeny vůči skutečnému JŘ (byli-li stanovovány dynamickými výpočty), ale v modelu se to dotýká všech vlaků. Pokud je tedy k modelu přistupováno jako k laboratoři, nemá toto zjednodušení dopad na výsledek posouzení sledovaných problémů. Naopak tyto laboratorní podmínky, jež model vykazuje, mají umožnit obecné zkoumání daných jevů, a pomocí zavedení některých zjednodušení dochází k odstranění pro věc nepodstatných efektů. Inspirace I. traťovým koridorem má za cíl propojit obecné zkoumání s přibližně reálnými podmínkami.

Tabulka 5 Vymezení obvodu výměn v závislosti na pojížděné rychlosti

Rychlost pojíždění výměny	Vzdálenost námezníku
40 km·h ⁻¹	51 m
50 km·h ⁻¹	55 m
60 km·h ⁻¹	65 m
80 km·h ⁻¹	69 m
100 km·h ⁻¹	114 m

Zdroj: autor

Sestava stanic a přístup k obsazování zhlaví

Pro účel modelování lze stanice rozdělit do tří základních oblastí

Jednotlivé stanice mají strukturu podobnou té, která je zachycena na obrázku 23. Skládají se tudíž z příslušného počtu **dopravních kolejí** (zelené označení), **výměn** (červené označení) a **spojovacích prvků** (fialové označení).

Výměny jsou tvořeny třemi uzly a dvěma hranami. Dopravní kolej je tvořena čtyřmi hranami a pěti uzly, mající následující funkci:

- uzly A a E slouží pro umístění odjezdového návěstidla pro příslušný směr
- uzly B a D představují bod, který obsadí čelo vlaku při zastavení na dané koleji. Hrany mezi uzly A, B a D, E jsou ohodnoceny vzdáleností 10 m.
- uzel C je takzvaným staničním uzlem. Program OpenTrack jej využívá jako referenční bod dané dopravní a musí být součástí každé koleje. Pokud vlak danou dopravnou pouze projíždí, dochází k detekci průjezdu dopravnou právě v okamžiku, kdy je tento bod obsazován. Příjezd vlaku do dané dopravní je detekován po projetí staničního uzlu a jeho následném zastavení na vzdálenosti 10 m od odjezdového návěstidla. Odjezd je hlášen ve chvíli, kdy se vlak dává do pohybu.

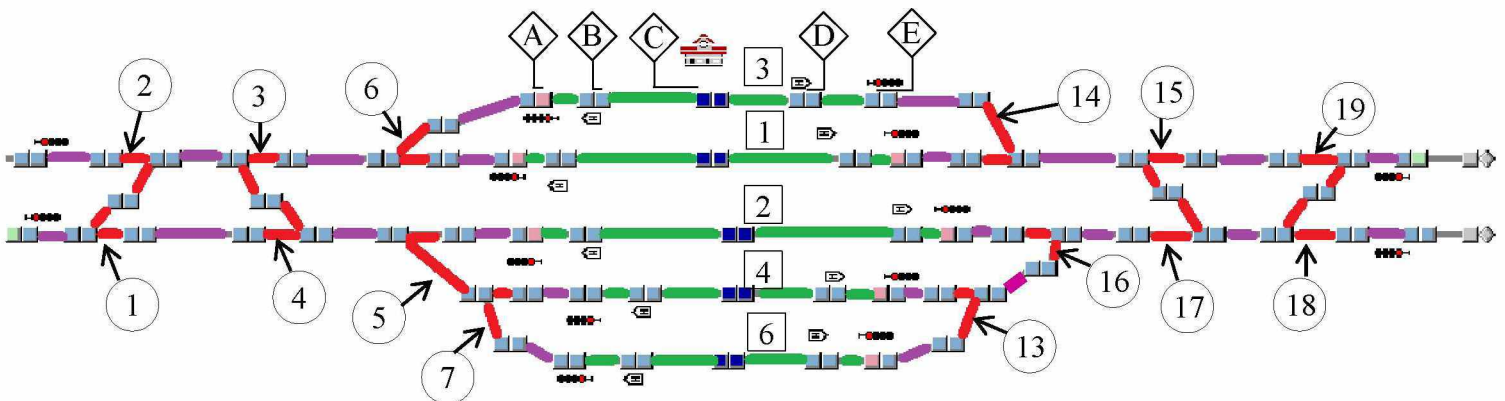
Zde je potřeba zdůraznit, že pokud se obsazení týká, jsou na sobě jednotlivé elementy dopravní infrastruktury ve stanici nezávislé. To znamená, že pokud například vlak zastaví na hlavní staniční koleji číslo 2 a zasahuje přitom přes odjezdové návěstidlo pro opačný směr do spojovacího (fialového) prostoru, je výměna číslo 5 vyhodnocována jakožto neobsazená a je možné s ní manipulovat. To samé platí pro kolej číslo 6. I v okamžiku, kdy by vlak zasahoval skrze odjezdové návěstidlo opačného směru až do obvodu výměny číslo 7, avšak do výměny číslo 5 zasahovat nebude, je výměna číslo 5 vyhodnocena jakožto neobsazená, a tedy připravená k manipulaci.

Touto konfigurací modelových stanic dochází k popření možné provázanosti jednotlivých výměn, ke které může v praxi docházet a je vytvořeno výhodnější prostředí pro provoz nestandardně DV.

Pokud autor uvažuje v těchto konotacích, je nezbytné připustit skutečnost, že může vzniknout jev tzv. jednosměrné DDK.

Příklad: vlak lichého směru, zastaví na 3. koleji, sice s přesahem do fialového prostoru, avšak nikoliv do červeného, jenž vymezuje obvod přílehlé výměny číslo 14. Ovšem pokud na 3. koleji zastaví vlak sudého směru, do výměny číslo 6 zasahovat bude a znemožní manipulaci s ní. Pro takovou kolej platí, že **plní funkci DDK pouze v jednom směru, jedná se tedy o jednosměrnou DDK**.

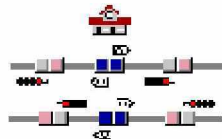
Nabízí se otázka, do jaké míry je takové využívání infrastruktury reálné v praxi, případně zdali by bylo možné učinit úpravy (například v oblasti zabezpečovacího zařízení dané stanice) vedoucí k takovému užití. Avšak s ohledem na cíl práce, tedy především kapacitní posouzení dané trati, a nikoliv její technické řešení, jsou v modelu jednotlivé stanice řešeny tímto mnohdy zidealizovaným způsobem.



Obrázek 23 Vymezení základních elementů dopravní

Zdroj: autor

Konstrukce zastávek je zjednodušená. Tvoří ji de facto staniční uzel, ke kterému je přiřazena daná zastávka (Obrázek 24). Vlak zastavuje tak, aby se jeho střed nacházel právě v poloze staničního uzlu. Počet a kilometrická poloha zastávek je převzata z reálií I. železničního koridoru.



Obrázek 24 Podoba zastávky v modelu

Zdroj: autor

Traťový oddíl je vymezen vždy dvojicí oddílových návěstidel. V mezistaničních úsecích modelu není uplatňován princip banalizované trati, tudíž je možné na daných traťových koleji provozovat vlaky pouze jednoho směru. Množství a délka jednotlivých traťových oddílů v mezistaničních úsecích je převzata z plánek stanic (7), tudíž odpovídá skutečnému stavu. Naopak, při tvorbě mezistaničních úseků nebylo, podobně jako v případě stanic, nijak zohledněno stoupání, klesání či zakřivení skutečných tratí.

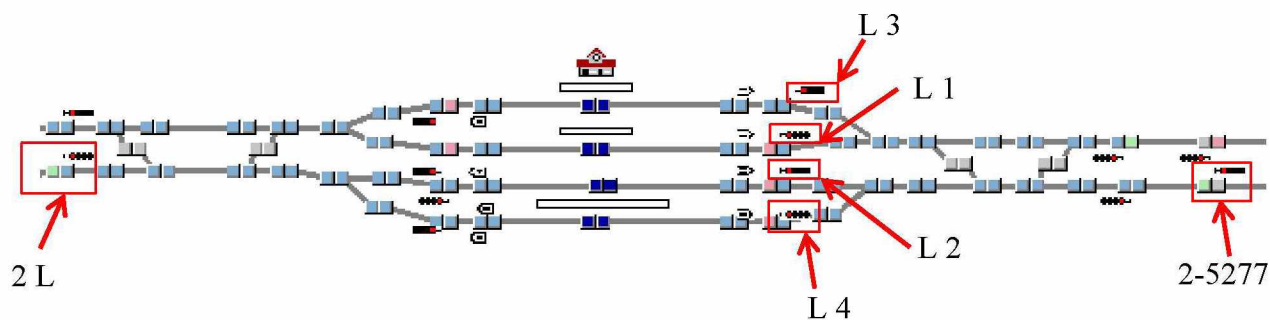
4.2 Tvorba itinerářů vlaků

Přechodovou fází mezi zpracovaným kolejovým reliéfem a realizací jízd jednotlivých vlaků, je vytvoření jízdnic cest, které jsou poté seskupovány do větších celků, anglicky *path*. Tyto mezistupně (*path*) se poté sdružují do itineráře vlaku, přičemž každý z 686 realizovaných spojů musí mít minimálně jeden vlastní itinerář.

Příklad: Jízdní cesta v OpenTracku je vždy vymezena dvěma hlavními návěstidly. Proto například pro průjezd dopravnou elementární struktury (Obrázek 25) je potřeba využít dvě jízdní cesty, vždy od vjezdového návěstidla po odjezdové návěstidlo příslušné koleje, a poté cestu od odjezdového návěstidla po první návěstidlo na širé trati. Jednotlivé dvojice jízdnic cest je výhodné seskupit do mezistupňů (*path*), aby bylo posléze možné v itinerářích jednotlivých vlaků případně provádět změnu koleje, kterou má daný vlak v dané dopravně použít.

Takže například průjezd vlaku sudého směru dopravnou na obrázku 25 je možné vykonat použitím jedné ze čtyř variant:

- **Path 3**, s využitím jízdnic **2L+L3** a **L3+ 2-5277**
- **Path 1**; s využitím jízdnic **2L+L1** a **L1+2-5277**
- **Path 2**; s využitím jízdnic **2L+L2** a **L2 +2-5277**
- **Path 4**; s využitím jízdnic **2L**; **L4 + L4**; **2-5277**



Obrázek 25 Jízdní cesty v programu OpenTrack

Zdroj: Autor

Samozřejmě, je-li struktura dopravní složitější, je zde zpravidla potřeba využít mezistupně (*path*) složené z více dílčích cest.

Pro každý **mezistaniční úsek** je použit vždy jeden mezistupeň (*path*), který je složen z určitého počtu dílčích jízdních cest tvořených oddílovými návěstidly.

Výsledný itinerář vlaku má potom strukturu, která se skládá z určitého počtu mezistupňů (*path*), jež lze rozdělit do dvou typů:

- **Mezistaniční mezistupeň (*path*)**, kterou shodně využívají všechny vlaky daného směru, které úsekem projíždí.
- **Staniční mezistupeň (*path*)**, který může v jednotlivých itinerářích vlaků variovat v závislosti na tom, kterou z kolejí v dané dopravě je možné pro obsluhu tohoto vlaku použít.

Jízdní řády

Jízdní řády jednotlivých vlaků lze generovat právě na základě itineráře. Z toho je totiž patrné, kudy se trasa vlaku ubírá. Funkčním prvkem jednotlivých JŘ je především sloupec, který určuje, zdali má v dopravě, kterou vlak projíždí, tento zastavit, či nikoliv. Jestliže vlak zastavuje, je možné mu jednoznačně určit délku pobytu. Druhým podstatným funkčním prvkem je stanovení času odjezdu vlaku z dopravní, na základě kterého se vlak po zastavení opět dává do pohybu.

4.3 Rychlosti v modelu

Výše rychlostí, kterými jsou pojížděny předjízděné koleje ve stanicích, odpovídá reálnému stavu. V případě traťových rychlostí byl jakožto podklad pro jejich rámcové vymezení použit dokument Správy železnic (9). Na žádném z úseků rychlost nepřekračuje **160 km·h⁻¹**. Pro

stanovení rychlostí průjezdu jednotlivými stanicemi, či určení traťové rychlosti ve specifických úsecích modelované trati, použil autor hodnotu zaokrouhlené průměrné rychlosti, vypočítané dle vztahu 24 pomocí znalosti reálné jízdní doby a vzdáleností mezi dílčími dopravními body sledovaného železničního úseku. Za tímto postupem je snaha přiblížit se skutečným jízdním dobám a zároveň sledovat dopady nasazení DV v souvislosti se změnami traťové rychlosti. Výše traťových rychlostí, respektive výše rychlostí pro průjezd stanicemi použitých v modelu po hlavní koleji jsou uvedeny v příloze A.

$$v = \frac{s}{t} \quad (24)$$

kde

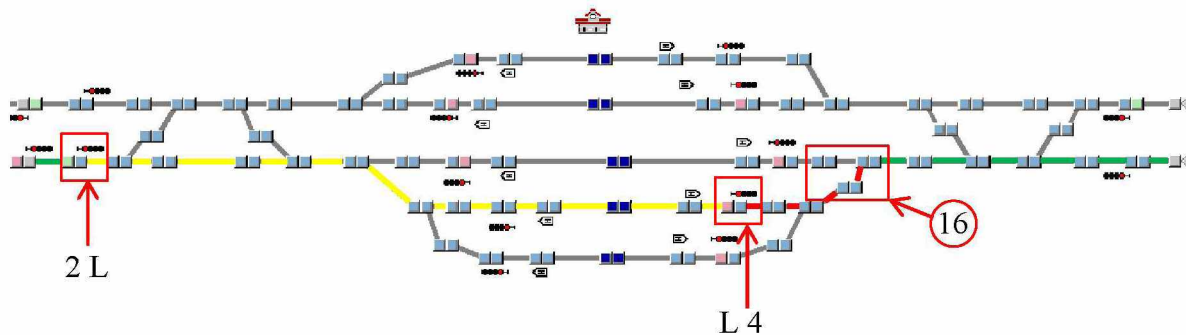
v rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]

s dráha [km]

t čas [h]

Vzhledem k inspiraci modelu I. traťovým železničním koridorem, používá autor pro zjednodušení v této práci názvy modelových stanic, které jsou analogické k těm reálným.

Rychlost průjezdu stanicí po předjízdne koleji je určována kombinací dvou postupů. Pokud má stanicí projíždět vlak sudého směru po 4. koleji, je mu již na předvěsti signalizována rychlost dané jízdní cesty (například $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), která je v programu OpenTrack vždy vymezena návěstidly (kapitola 4.2), v tomto případě vjezdovým návěstidlem 2L a příslušným odjezdovým návěstidlem L4 (Obrázek 26, žlutá barva). Na návěstidle L4, je vlaku sice již povolena rychlost traťová, ale v úseku vymezeném návěstidlem L4 a staničením výměny 16 (červená barva), je hranám tvořícím tento úsek přiřazena rychlost $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, z důvodu pojiždění dané výměny, což je v danou chvíli určující. Vlak tedy může začít zrychlovat na traťovou rychlost teprve v okamžiku, kdy zcela uvolní obvod výměn 16 (zelená barva).



Obrázek 26 Určování rychlosti průjezdu stanic v programu OpenTrack

Zdroj: autor

4.4 Rozsah dopravy

Součástí modelu je 24hodinový grafikon, v němž je osobní doprava zastoupena počtem 445 spoji, nákladní doprava zahrnuje zbylých 241 (Tabulka 6). Pro účely modelování bylo zavedeno 5 kategorií vlaků osobní dopravy, které jsou i s daným podílem dopravy na každou z nich připadající, zachyceny v tabulce 7. Rozdělení nákladní dopravy do 3 kategorií je uvedeno rovněž v tabulce 7.

Tabulka 6 Generální srovnání počtu vlaků

	2. železniční koridor		Model	
	[vlaky]	[%]	[vlaky]	[%]
Nákladní	292	37	241	35
Osobní	488	63	445	65
Celkem	780		686	

Zdroj: autor

Reálný grafikon 1. železničního koridoru je celkovým počtem vlaků i výrazně převažujícím zastoupením osobní dopravy do značné míry specifický. Cílem práce je navrhnout ukazatel propustnosti, a k jeho otestování je vhodné zvolit grafikon obecnější stavby. Vzhledem k tomu se modelový rozsah dopravy celkovým počtem vlaků i zastoupením jednotlivých kategorií blíží tomu, který je provozován na II. železničnímu koridoru, Břeclav – Petrovice u Karviné. O tomto faktu svědčí údaje v tabulkách 6 a 7.

Počet vlaků v části Česká Třebová – Praha je podstatně vyšší, než v případě trati Praha–Děčín. Bude tak možné sledovat dopady provozu dlouhých vlaků na tratích s různou zatížeností. Soupravové ani lokomotivní vlaky nejsou při přepočtech zohledněny a rovněž nejsou zahrnuty do následné tvorby JŘ. Samotné kategorie vlaků odpovídají současné nabídce na trhu. Pro zpřehlednění situace zařadil autor všechny vlaky vyšší kvality do kategorie Ex. Navíc je vyčleněna skupina 16 vlaků nejvyšší kategorie s označením Ex TOP. Vlaky nákladní dopravy jsou rozděleny do tří kategorií 4XXXX, 6XXXX a 8XXXX.

Tabulka 7 Zastoupení kategorií vlaků v modelu

	II. železniční koridor		Model	
	počet	%	počet	%
Ex	101	21	108	24
Ex TOP	17	3	16	4
Os	252	52	218	49
R	83	17	83	19
Sp	20	7	20	4
4XXXX	156	53	131	54
6XXXX	107	37	90	38
8XXXX	29	10	20	8

Zdroj: autor

V JŘ nebyly sledovány např. ekonomické záležitosti v podobě snahy o minimalizaci potřebného počtu souprav apod., neboť to nyní (pro potřeby diplomové práce) není předmětem zkoumání a podstatné pro výsledky.

Přestože celkový počet tras je do značné míry snížen, JŘ jednotlivých vlaků jsou inspirovány skutečnými spoji, které se na tratích prvního železničního koridoru vyskytují. Především pokud se týká politiky zastavování spojů osobní dopravy, lze zde nalézt analogii s reálnými kategoriemi vlaků. Vzhledem k tomu, že většina vkládaných spojů, jak nákladní tak osobní dopravy, má dálkový charakter, staly se výchozími body pro jejich vkládání uzly Česká Třebová, Praha a Děčín. Ve výsledném JŘ (Příloha B) je možné zaznamenat pokus o variaci hustoty dopravy i skladbu vlaků v závislosti na denním období. Vzhledem k tomu, v časovém rozmezí 0. až 4. hodina převládají vlaky nákladní dopravy, doplněné několika nočními expresy. Po 4. hodině začíná pomalu nastupovat osobní doprava. Ranní špičku v České Třebové lze zaznamenat mezi 6. až 8. hodinou, v Pardubicích mezi 6. až 9. V blízkosti Prahy dochází k navýšení frekvence zhruba o hodinu déle, tedy mezi 7. až 9. hodinou, a to na obou ramenech, Česká Třebová – Praha i Praha – Děčín. Zde lze do jisté míry pozorovat zvýšení

počtu spojů směřujících do metropole. Po 9. dochází k spíše pozvolnému dopolednímu útlumu osobní dopravy. To bylo využito pro vložení více tras vlaků dopravy nákladní. Po 13. hodině dochází k opětovnému přibývání spojů osobní dopravy. Časová poloha odp. špičky i její průběh se v různých částech modelované trati liší. Pardubice vykazují poměrně stabilní navýšení osobní dopravy v čase 16:00 až 19:00. Úsek Praha – Kralupy nad Vltavou zaznamenává nejvyšší odpolední frekvenci spojů osobní dopravy mezi 16. až 18. hodinou, v případě stanic Česká Třebová a Ústí nad Labem jsou odpolední maxima přibližně o hodinu posunuta. Úsek Praha – Kolín je nejvíce zatížen v intervalu 16:00 až 20:00. Po 20. hodině osobní doprava slábne a na řadu přichází znovu nákladní provoz.

V případě nákladní dopravy je zvolena zjednodušená konstrukce tras. Tedy důvodem k zastavení vlaku ve stanici je pouze jeho interakce s okolním provozem, v drtivé většině se jedná o předjetí nákladního vlaku. Během jejich pobytů ve stanicích (zpravidla krátkodobých) neprobíhají žádné manipulace se zátěží vlaku, případně jiné časově náročné úkony.

Umístění tras nákladních vlaků se do značné míry podrobuje nárokům osobní dopravy. Z hlediska nákladního provozu je nevytíženějším úsek Česká Třebová – Kolín. Zde je v období 0. až 3. hodiny zaveden nejprve 10 minutový a posléze 5 minutový interval nákladní dopravy.

V modelu je nákladní doprava v úseku Kolín – Praha zastoupena primárně vlaky, jejichž itinerář zahrnuje, když ne celý, tak většinový podíl zkoumané trati (tzn. i s přesahem na rameno Praha – Děčín), s pokusem o jejich rovnoměrné rozložení během celého dne. Tyto trasy jsou vytypovány pro pozdější nasazení souprav délky 740 m. Velká část nákladních spojů, končí v modelové stanici Kolín, respektive zde začíná, takže spoje pokračující dál směrem na Prahu (od Prahy) jsou v tomto úseku konfrontovány s převahou vlaků osobní dopravy. Pokud se týká nákladní dopravy v části Praha – Děčín, je její kostra (tu tvoří právě nákladní vlaky s itinerářem obsahující většinový podíl celé trati) doplněna několika významnými relacemi jako například Lovosice – Děčín nebo Ústí nad Labem – Hněvice. Tyto trasy jsou v modelovém JŘ rozmístěny především v časech konvenčně vymezených pro nákladní provoz, tzn. noční hodiny, případně během dopoledního útlumu osobní dopravy.

4.5 Soupravy

V tabulce 8 jsou uvedeny parametry souprav, které jsou nasazené na jednotlivých spojích. Nákladní vlaky, byť jsou v rámci modelu vytvořeny 3 základní kategorie nákladních vlaků,

jsou v tabulce zastoupeny pouze kategorií 4 X XXX, protože u všech je použita stejná celková hmotnost i délka.

Tabulka 8 Parametry souprav použitých v modelu

Vlak	Vozy			Lokomotiva		Celkem	
	počet	hmotnost [t]	délka [m]	Hmotnost [t]	délka [m]	hmotnost [t]	délka [m]
4xxxx	21	85	24	88	16	1873	520
Ex TOP	10	48	26	88	16	568	276
Ex	10	53	26	88	16	618	276
Os	3	48	26	85	16	229	94
R	10	48	26	88	16	568	276
Sp	4	48	26	86	16	278	120

Zdroj: autor

4.6 Nulté koleje v úseku Poříčany – Praha

V modelových stanicích Poříčany, Český Brod a Úvaly jsou uvažovány nulté staniční koleje situované mezi 1. a 2. hlavní staniční kolejí, avšak střední kolej v mezistaničních úsecích využívána není. Na základě tohoto přístupu bude možné vyzkoušet koncept jedné (pro oba směry společně) staniční DDK, která bude situována mezi 1. a 2. hlavní staniční kolejí. Zároveň je třeba brát zřetel na to, že cílem práce je otestovat ukazatel propustnosti na trati obecného charakteru, což předpokládá mimo jiné v našich podmínkách běžnou konfiguraci dopraven i mezistaničních oddílů. Navíc, kvůli (záměrně) sníženému rozsahu dopravy by, s největší pravděpodobností, využíváním střední traťové koleje došlo k poměrně velkému nárůstu propustnosti daného úseku, což by vedlo k eliminaci určitých interakcí, jejichž zkoumáním se tato práce do značné míry zabývá, a proto střední kolej v mezistaničních úsecích není použita.

5 SIMULACE PROVOZU VLAKŮ O DÉLCE AŽ 740 M

V následující kapitole je nejprve vysvětlen pojem defaultní JŘ a přístup k problematice některých parametrů DV. Poté jsou uváděny výstupy simulací nejprve izolovaných průjezdů DV v různých denních obdobích a následně i výstupy několika simulací celého modelového JŘ, jejichž scénáře se liší v počtu nasazených DV. Vždy je zhodnocen dopad nasazení DV pomocí navržených ukazatelů. Dále je hodnocena část interakcí, které byly vytýčeny v analytické části této práce (kapitola 2.2.2), a které nasazením DV na vytypovaných trasách vznikly.

5.1 Defaultní JŘ

V 1. fázi byl simulován 24hodinový JŘ, ve kterém se nevyskytoval žádný vlak nadstandardní délky, proto jest tento JŘ nazván jakožto defaultní. Na vytypovaných trasách pro pozdější nasazení vlaků délky 740 m, byly nasazeny soupravy o celkové délce 520 m, což je rozměr umožňující jejich bezproblémové odstavení téměř v každé z modelových stanic. JŘ je v této fázi naprosto bez konfliktů. Veškeré odjezdy ze stanic i zastávek mají zpoždění 0 s, průjezdy a příjezdy do dopravních bodů jsou kalibrovány na náskok v intervalu $< 0 ; 35 >$ sekund. S tímto prvotním výstupem jsou následně porovnávány ostatní scénáře pro detekci odchylek od JŘ vlivem nasazení dlouhých vlaků. Grafický výstup této simulace je uveden v Příloze B.

5.2 Délka DV

K vytvoření nákladního vlaku délky 740 m dochází pouhým přidáním vozů. Sestava takového vlaku má poté podobu, která je zachycena v tabulce 9.

Tabulka 9 Souprava dlouhého vlaku

Vozy			Lokomotiva		Celkem	
počet	hmotnost [t]	délka [m]	hmotnost [t]	délka [m]	hmotnost [t]	délka [m]
16	60	24	88	16	1873	740
13	58	24				
1	36	14				
1	35	14				

Zdroj: autor

5.3 Hmotnost DV

Celková hmotnost vlaku byla zachována, tzn. došlo k přerozdělení původní zátěže na větší počet vozů. Tento postup byl zvolen proto, aby bylo možné identifikovat zpoždění vzniklá

pouze v důsledku navýšení délky vlaku, a vše ostatní zakonzervovat. Pokud by narůstala nejenom délka, ale i hmotnost vlaku, lze předpokládat, při použití hnacího vozidla stejného výkonu, výrazný nárůst zpoždění vedoucí ke značné deformaci JŘ. A to nejen samotného DV, ale s velkou pravděpodobností rovněž vlaků v jeho okolí. Tento problém lze v praxi samozřejmě kompenzovat nasazením hnacího vozidla s odpovídajícím výkonem. Pro vytvoření jinak stejných podmínek je však v rámci této práce použit jak při vozbě standartních tak i dlouhých vlaků jeden typ hnacího vozidla. Výsledky simulace dopoledního průjezdu vlaku lichého směru o délce 740 m a hmotnosti 2633 t při nasazení lokomotivy s nedostatečným výkonem jsou uvedeny v tabulce 10. Z ní je patrné, že po nasazení lokomotivy neodpovídajícího výkonu přesahuje přírůstek zpoždění DV 40005 v cílové stanici 9 minut a dochází k faktické destrukci jeho trasy. Hodnoty z tabulky 10 napovídají, že značný negativní dopad zaznamenaly i trasy spojů okolního provozu DV, především přímo interagujících expresů Ex 145 a Ex 147. U vlaku 40046 není zaznamenán přírůstek zpoždění v cílové stanici takové výše. Tento DV je předjížděn pouze jednou a navíc v podstatě na začátku své trasy, kdy se nedostatečný výkon přiřazené lokomotivy ještě nedokázal tolik projevit jednak na jeho jízdě a ani na trasách okolních spojů.

Tabulka 10 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} Δd_{740} vlaků dotčených průjezdem DV 40005 s nedostatečným hnacím vozidlem

Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
40005	9,10	4,39
EX 142	1,85	0,07
EX 145	5,40	3,90
EX 147	7,92	1,97
EX 149	0,32	0,02
OS 5917	0,88	1,73
R 613	3,07	0,13

Zdroj: autor

Tabulka 11 obsahuje hodnoty ukazatelů zpoždění DV sudého směru a s ním interagujícího provozu. Přílohy C a D obsahují grafické výstupy těchto simulací (DV je vždy označen růžovou barvou).

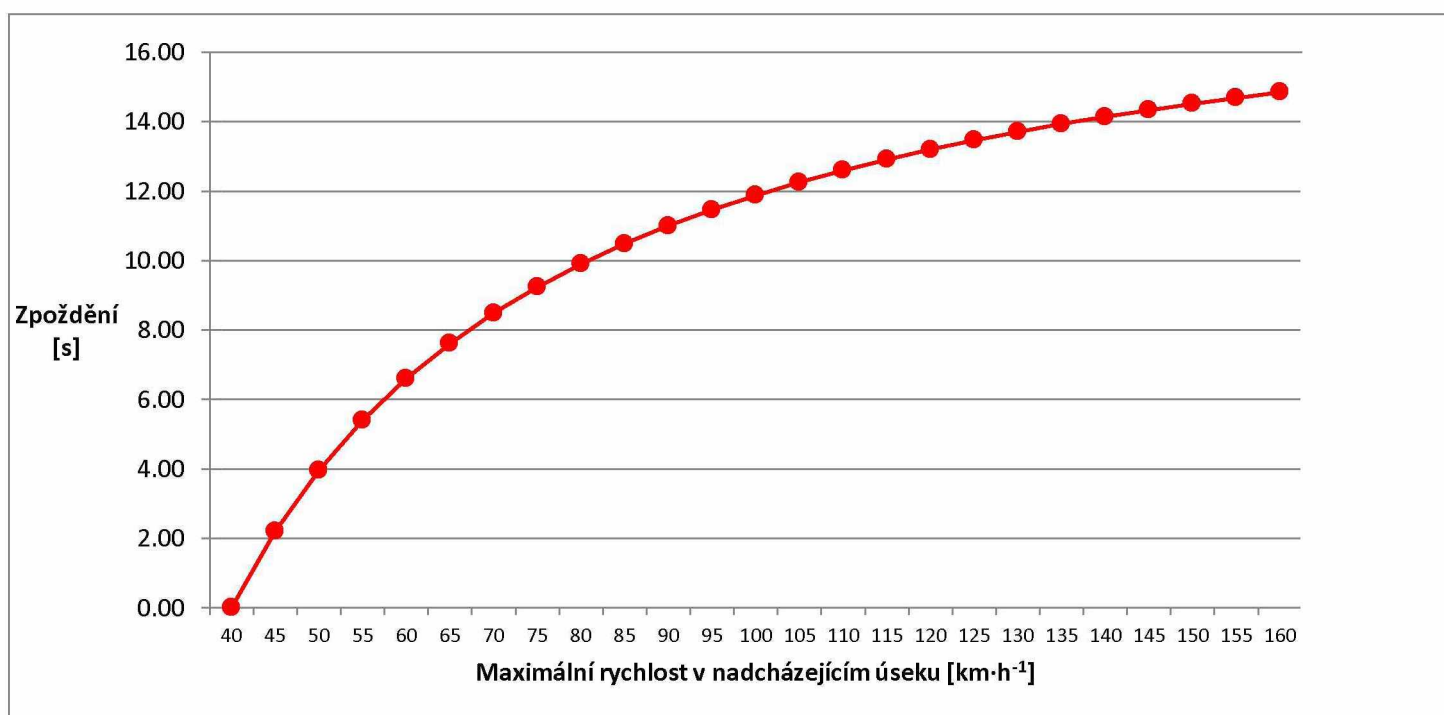
Tabulka 11 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} Δd_{740} vlaků dotčených průjezdem DV 40046 s nedostatečným hnacím vozdlem

Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
40046	3,80	2,39
EX 132	0,47	0,84
EX 136	0,40	0,05
OS 5702	0,00	0,17
OS 5906	0,00	0,08
OS 5908	0,00	0,65
OS 9612	0,00	0,60

Zdroj: autor

5.4 Rychlost DV

Jedním z hlavních generátorů zpoždění dlouhých vlaků je prodleva v akceleraci na navýšenou maximální rychlost v nadcházejícím úseku. Vlak totiž může zrychlovat teprve ve chvíli, kdy zcela uvolní obvod výměn, které mají být pojížděny nižší rychlostí. To znamená, že původní (nižší) rychlostí musí vlak o délce 740 m překonat o **220 metrů více**, než vlak délky 520 metrů. Vývoj velikosti tohoto zpoždění v závislosti na maximální dovolené rychlosti je zachyceno na obrázku 27. Autor vychází z toho, že vlak začíná zrychlovat od počátku úseku (0. km) z počáteční rychlosti $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.



Obrázek 27 Nárůst zpoždění vlaku o délce 740 m při akceleraci na maximální rychlost

Vzhledem k nápravovému zatížení byla maximální rychlost nákladních vlaků v defaultním JŘ omezena na $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. S ohledem na kalibraci modelu a následnou detekci zpoždění platí toto rychlostní omezení v simulaci i pro dlouhé vlaky, přestože navýšením počtu vozů a následným přeskupením zátěže (kapitola 5.3) se de facto snižuje hodnota hmotnosti na nápravu pod limit umožňující maximální rychlost vlaku $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V tabulce 12 jsou výsledné doby obsazení *B* vlaků projíždějících v lichém i sudém směru s různou výší maximální dovolené rychlosti a délky vlaku. Ze simulace jednoznačně vyplývá výhodnost navýšení limitu maximální rychlosti průjezdu DV, naopak nárůst délky vlaku má na výslednou dobu obsazení negativní dopad.

Tabulka 12 Doba obsazení v závislosti na délce a maximální rychlosti nákladního vlaku

Vlak lichého směru			Vlak sudého směru		
Délka [m]	Maximální rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	B	Délka [m]	Maximální rychlost [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	B
520	100	3:09:25	520	100	3:12:47
520	120	2:53:57	520	120	2:58:25
740	100	3:10:01	740	100	3:13:23
740	120	2:54:41	740	120	2:59:06

Zdroj: autor

Pojetí času a směrů vlaků v modelu

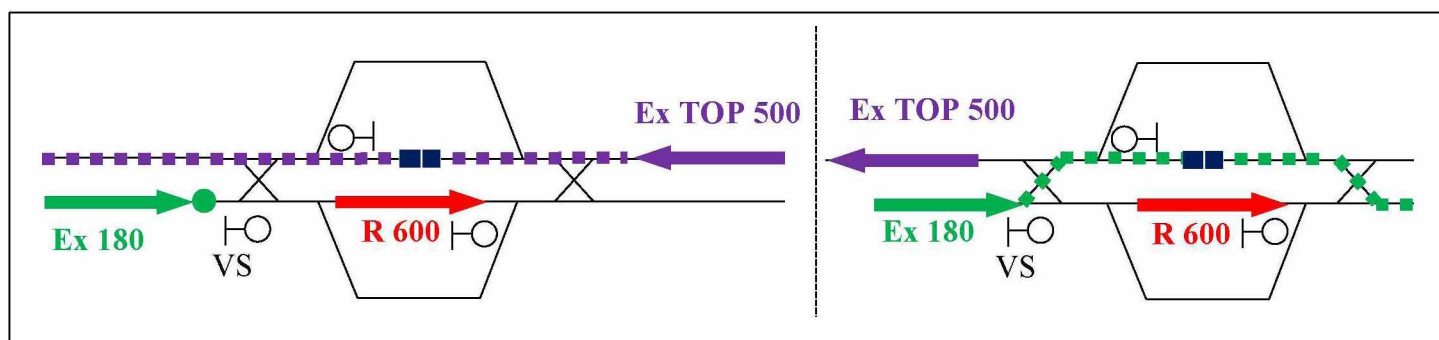
Vzhledem k tomu, že se jedná o simulační model, budou konkrétní časové údaje o odjezdech, průjezdech a příjezdech vlaku udávány s přesností na sekundy ve formátu 00:00:00. S ohledem na jejich velikost, budou vzniklá zpoždění uváděna v minutách, s dvěma desetinnými čísly.

Pokud jsou pro vymezení pojmů sudý a lichý vlak použity koncové stanice celé zkoumané trati, tak potom liché vlaky směřují z Děčína do České Třebové a sudé vlaky směřují z České Třebové do Děčína.

5.5 Dispečerské zásahy

Mimo zkracování doby předjízdných pobytů nákladních vlaků ve stanicích (kapitola 3.2) jsou dispečerské zásahy omezeny pouze na **změnu koleje**, kterou daný vlak v dané stanici obsadí,

a **určení pořadí vlaků** v jakém do stanice vjíždějí, respektive v jakém z ní odjíždějí. Pokud se týká změny obsazení koleje v dopravě, v simulačním programu OpenTrack je tak učiněno přímou úpravou itineráře daného vlaku (kapitola 4.2). Pořadí vjezdů, průjezdů a odjezdů vlaků ze stanice je možné ovlivnit vložení tzv. **konexe**. To je funkce programu, kterou je možné vázat buďto na vjezdové nebo odjezdové návěstidlo inkriminované dopravní. Typickým příkladem je podmíněný průjezd jednoho vlaku, teprve po průjezdu vlaku dalšího. Tomuto postupu odpovídá i schéma na obrázku 28, Ex 180 zastavuje na vjezdovém návěstidle dopravní, protože 2. hlavní staniční kolej je výjimečně obsazena jiným vlakem a čeká na průjezd 47777. Teprve poté, co 47777 projede stanicí, tzn., čelo vlaku dosáhne staničního uzlu, je podmínka pro průjezd Ex 180 splněna. Ten pochopitelně čeká na uvolnění zhlaví a kolejové spojky a teprve poté sám dopravnu projíždí.



Obrázek 28 Podmíněný vjezd vlaku do dopravní

Zdroj: autor

Určení pořadí obsazení dopravní je rozhodováno na základě priorit zúčastněných vlaků, které jsou uvedeny v tabulce 13. Cílem rozhodování je minimalizace přírůstku zpoždění vlaku s vyšší prioritou. Pokud se v dané interakci vyskytují vlaky se stejnou prioritou, je snaha upřednostnit ten, jenž je více vzdálen své koncové stanici na zkoumané trati, aby se případné zpoždění nepřeneslo na další provoz. Tento prvek rozhodování je pomocným nástrojem pro tuto konkrétní práci a o jeho vhodnosti pro praxi, je patrně zapotřebí vést debatu, neboť zkoumaná trať, případně skupina tratí může být jen výřezem většího celku a vlaky mohou pokračovat i mimo sledovanou oblast. Proto je potřeba rozhodovat se i s ohledem na provoz na návazných tratích.

Tabulka 13 Priority modelových kategorií vlaků

Kategorie vlaku	Číslo priority
Ex Top	1
Ex	2
R	3
Sp	4
Os	5
4XXXX	6
6XXXX	7
8XXXX	8

Zdroj: autor

5.6 Izolované průjezdy

V následující kapitole je mapován průjezd vždy jednoho DV v určitém denním období. K nasazení DV byly voleny trasy, jejichž itinerář zahrnoval průjezd celou modelovou tratí. Autor sleduje výsledné ΔD_{740} v cílové stanici a $\Delta \bar{d}_{740}$, tedy průměrné zpoždění na příjezdu/průjezdu stanicemi nejen samotného DV, ale i vlaků interagujících. Důraz je kladen na průběh jednotlivých interakcí, jichž se DV účastní, jejich hodnocení pomocí ukazatele úsekového přírůstku zpoždění $\Delta D_{740, AB}$, a následné vyvozování dílčích závěrů poukazujících na možné hrozby či příležitosti související s provozem DV, aplikovatelné v praxi.

5.6.1 Noční jízdy

V prvním kroku je DV nasazen v rámci vybrané noční trasy. V případě sudého směru se jedná o vlak 60002 (příloha E) s průjezdem 01:04:33 v České Třebové, DV lichého směru 40021 (příloha F) projíždí osobním nádražím stanice Děčín v čase 01:25:14. Ani jeden z vlaků není během jízdy odstaven kvůli interakci s ostatním provozem. Důsledkem výsledného $\Delta D_{740; 40021}$ a $\Delta D_{740; 60002}$ (Tabulka 14) v cílových stanicích je tedy pouze prodleva v akceleraci způsobená samotným navýšením délky vlaku (kapitola 5.4). Ani v jednom případě není nasazením DV narušen okolní provoz. V případě vlaku sudého směru je vybrána jedna z tras zakomponovaných do 5minutového intervalu nákladní dopravy v úseku Česká Třebová – Kolín. Ani zde nedošlo k ovlivnění žádné z tras ostatních vlaků.

Tabulka 14 Hodnoty ukazatelů vlaků 40021 a 60002

Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
40021	0,60	0,32
60002	0,60	0,37

Zdroj: autor

Nízký přírůstek zpoždění v cílové stanici je dán faktem, že DV v celé své trase používá pouze hlavní staniční, respektive traťové koleje. Variace traťových rychlostí existuje (Příloha A). Zároveň však rozdíl mezi rychlostí původní a rychlostí na kterou vlak akceleruje, dosahuje maximálně hodnoty $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Nejvyšší zpoždění tak vlaky, které ve svém itineráři nemají zastavení, registrují po výjezdu z obvodu stanice Praha Libeň, a to platí jak pro sudý tak i lichý směr. V tabulce 15 je zachycen nárůst zpoždění sudého vlaku, vznikající poté, co opustí obvod výhybek ve stanici Praha Libeň, jež jsou v modelu pojížděny rychlostí $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a následně zrychlí na traťovou rychlost $75 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Zde přírůstek dosáhl hodnoty přibližně 10 s.

Vedle toho je potřeba zmínit průjezd stanicí Česká Třebová a následné zrychlování na traťovou rychlost pro sudý směr. Zde postupně dochází k akceleraci nejprve ze $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a posléze z $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Následkem je přibližně 12 sekundové zpoždění. Naproti tomu, vlaky lichého směru nabývají po průjezdu stanicí Děčín přibližně 6 sekundového zpoždění, neboť v tom případě vlaky zrychlují rovnou z hodnoty $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (opět na $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$).

Je potřeba zdůraznit, že rychlostní limit všech nákladních vlaků dosahuje hodnoty $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Pokud by byl limit vyšší (kapitola 5.4), případně by neexistoval vůbec a nákladním vlakům by bylo umožněno dosahovat aktuálních traťových rychlostí zadaných v modelu, vzrostly by rovněž hodnoty rozdílu mezi rychlostí původní a výslednou (po akceleraci) a tím pádem i hodnoty ukazatelů zpoždění.

Tabulka 15 Ukázka přírůstku zpoždění vlivem prodlevy v akceleraci

Vlak	Čas průjezdu	Poloha [km]	Rychlost [km·h ⁻¹]	Zpoždění [s]	Vlak	Čas průjezdu	Poloha [km]	Rychlost [km·h ⁻¹]
740 m	2:47:02	162,1909	40	18,00	520 m	2:46:44	162,1909	40
	2:50:34	165,6477	75	28,00		2:50:06	165,6477	75

Zdroj: autor

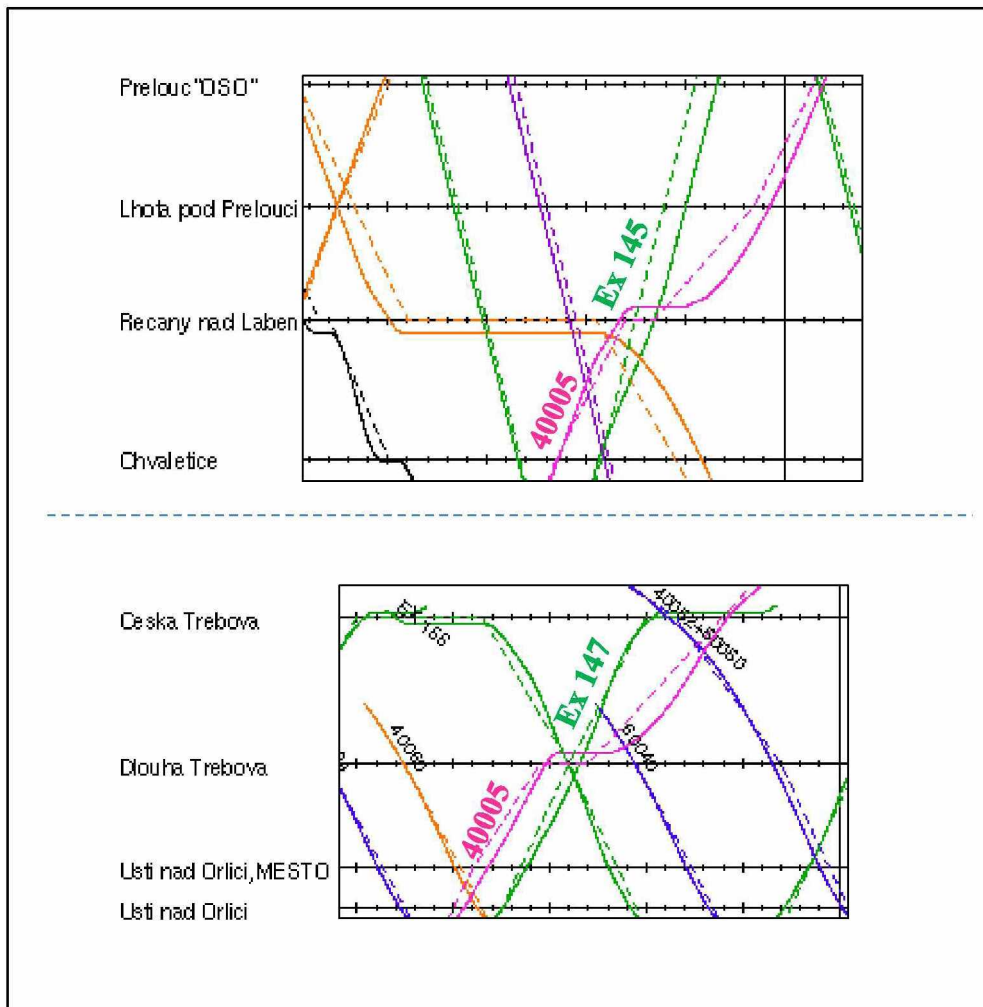
Pokud není vyžadováno zastavení DV v dopravě (v modelu zpravidla z důvodu předjetí), nevykazuje jízda DV narušení JŘ závažnějšího charakteru. Velkou roli při hladkosti průběhu jízdy těchto dvou, z hlediska délky nestandardních vlaků, je pochopitelně umístění jejich tras v nočních hodinách, kdy převládá nákladní doprava. JŘ se v tomto období blíží rovnoběžnému, neboť všechny nákladní vlaky mají stejný rychlostní limit, stejnou hmotnost a jsou vybaveny hnacím vozidlem stejného typu, tudíž již při samotné konstrukci JŘ nebylo nutné plánovat předjízděné interakce.

Plusem je rovněž zjištění, že navýšená délka vlaku 60002 nevede k narušení 5minutového intervalu nákladních spojů, který je po určitý časový výsek zaveden v části Česká Třebová Kolín. To vše činí alternativu průvozu dlouhých vlaků v nočních hodinách jako velice výhodnou.

5.6.2 Dopolnední jízdy

Pro ukázkou dopolední jízdy DV byly vybrány spoje číslo 40046 s průjezdem 8 hodin 53 minut a 33 sekund v České Třebové v sudém směru (Příloha G) a číslo 40005 v lichém směru s průjezdem 10 hodin 20minut a 14 sekund ve stanici Děčín (příloha H). V tomto denním období již lze předpokládat jisté ovlivnění provozu interagujících vlaků.

Vlak 40005 zastavuje kvůli předjíždění ve stanicích Řečany nad Labem (Obrázek 29, horní část) a Dlouhá Třebová (Obrázek 29, dolní část).



Obrázek 29 Ukázky předjízdných interakcí vlaku 40005 Zdroj: autor

Obě tyto dopravní mají předjízdnou DDK v liché kolejové skupině, na kterou je DV odstaven. Toto předjíždění odpovídá **interakci číslo XXV**, která je zachycena na obrázku 16. Přesto, jisté zpoždění u předjíždějících vlaků Ex 145 a Ex 147 vzniká, což se projeví na sledovaných ukazatelích. Hodnoty úsekových přírůstků zpoždění interagujících vlaků jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40005

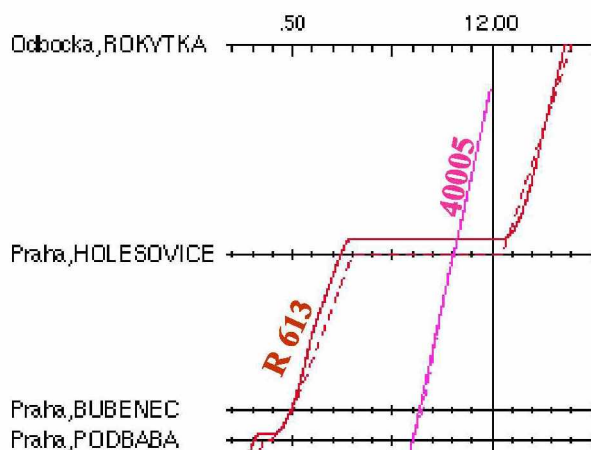
Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
Ex 145	Záboří nad Labem	0,00	Přelouč	1,13	1,13
40005	Záboří nad Labem	0,47	Přelouč	0,97	0,50
Ex 147	Ústí nad Orlicí	0,40	Česká Třebová	0,93	0,53
40005	Ústí nad Orlicí	1,03	Česká Třebová	0,72	0,00

Zdroj: autor

DV není schopen zcela dodržovat předepsaný JŘ, primárně kvůli pozdnímu nástupu akcelerace (kapitola 5.4), takže předjíždějící vlaky brzdí. Vzhledem k tomu, že v obou

případech má DV naplánován odjezd z předjízdne stanice bezprostředně poté, kdy je předjet, vniká u něj dodatečné zpoždění na odjezdu, neboť vlak, který jej v dané stanici předjíždí, je již taktéž zpožděn.

Na průběhu své jízdy je rovněž ovlivněn rychlík číslo 613 (Obrázek 30).



Obrázek 30 Předjíždění rychlíku 613

Zdroj: autor

Ve stanici Praha-Holešovice je předjet vlakem, jehož délka byla navýšena na 740 m, který v důsledku toho později uvolňuje dílčí prostorové oddíly. Zde se jedná o **interakci číslo XIV** (Obrázek 10). Zároveň nákladní vlak již projíždí stanicí s mírným zpožděním. Rychlík tedy odjíždí ve stanovený čas, avšak v úseku Praha-Holešovice až Odbočka Rokytky je nucen brzdít. Tato skutečnost vede k nepatrnému nárůstu úsekového zpoždění vlaku R 613 (Tabulka 17).

Tabulka 17 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku R 613

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
R 613	Praha-Bubeneč	0,00	Odb. Rokytky	0,07	0,07
40005	Praha-Bubeneč	0,27	Odb. Rokytky	0,27	0,00

Zdroj: autor

V tabulce 18 jsou uvedeny spoje, které zaznamenaly nárůst ukazatelů zpoždění ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ z důvodu nasazení DV na trase 40005. Jedná se pouze o spoje, které byly v přímé interakci s DV 40005, nedošlo k žádnému přenosu zpoždění na další provoz. K předjízdne interakci, které se účastní expres číslo 145, došlo v Řečanech nad Labem, tedy ve chvíli, kdy musí

expres překonat ještě poměrně velkou část trasy do koncové stanice. Proto je jeho hodnota ukazatele $\Delta\bar{d}_{740; Ex 145}$ vyšší, než je tomu v případě zbývajících dotčených spojů.

Takto příznivý výsledek plyne mimo jiné z toho, že v dopoledním období panuje na zkoumané trati poměrně nízká frekvence dopravy, o čemž svědčí i fakt, že v úseku Kolín-Praha, tedy tomu co do počtu vlaků v modelu nejvytíženějšímu, není plánováno žádné předjíždění DV číslo 40005.

Tabulka 18 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta\bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 40005

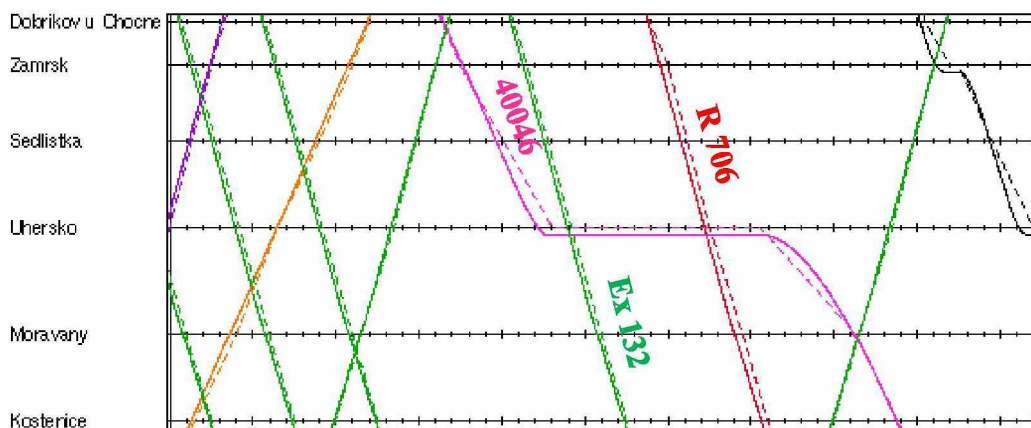
Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta\bar{d}_{740}$ [min]
40005	0,72	0,44
Ex 145	0,98	0,53
Ex 147	0,93	0,09
R 613	0,07	0,00

Zdroj: autor

Z nasazení DV v této trase, lze pozorovat, několik skutečností. Především, pokud je dopravná, ve které je naplánováno předjetí DV vybavena předjízdou DDK v kolejové skupině stejného směru jako zastavující DV (například modelové stanice Dlouhá Třebová a Řečany nad Labem), lze předpokládat minimalizaci důsledků navýšení délky vlaku na daném spoji.

Na druhou stranu, samotná přítomnost DDK v dopravných zcela neposkvřený provoz nezajistí, a jistý dopad na interagující okolí zaregistrovat lze. Ať už se jedná o vlaky předjíždějící (Ex 145 a Ex 147), tak i předjížděné (R 613), prodloužení nákladního vlaku na 740 metrů se na daných interakcích negativně projevuje. Zde je třeba zdůraznit i roli konstrukce JŘ a z ní vyplývající odstupy mezi jednotlivými vlaky. Lze předpokládat, že pokud by existovala větší prodleva mezi příjezdy (respektive průjezdy) a odjezdy vlaků do nebo ze zkoumaných dopraven, zpoždění okolního provozu DV bude minimalizováno.

Vlak sudého směru zastavuje pro předjízdou interakci ve stanici Uhersko (Obrázek 31), což implikuje **interakci číslo XXII** (Obrázek 15). Vzhledem k tomu, že dopravná nemá předjízdou DDK ani v jedné z kolejových skupin, je předjíždění (v tomto případě) vyřešeno tak, že DV je odstaven na protisměrnou hlavní staniční kolej. Takže vlaky Ex 132 a R 706 mohou projet po 2. staniční koleji.



Obrázek 31 Předjíždění vlaku 40046 ve stanici Uhersko Zdroj: autor

Nulová hodnota úsekového přírůstku zpoždění vlaku Ex 132 (Tabulka 19) je způsobena souhrou několika faktorů. V první řadě, mezi příjezdem DV do dopravního úseku a průjezdem expresu je naplánována dostatečná časová rezerva, takže nákladní vlak je i přes navýšenou délku schopen uvolňovat prostorové oddíly s dostatečným předstihem a jízda expresu je nenarušena. Za druhé, pro odstavení DV na protisměrnou hlavní kolej je použita jízdní cesta o rychlosti $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, tedy o $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ vyšší, než je tomu v případě odstávky na kolej číslo 4 v defaultním JŘ. To znamená, že DV uvolňuje zhlaví s dostatečným předstihem na to, aby nezpůsobil expresu 132 žádné zpoždění.

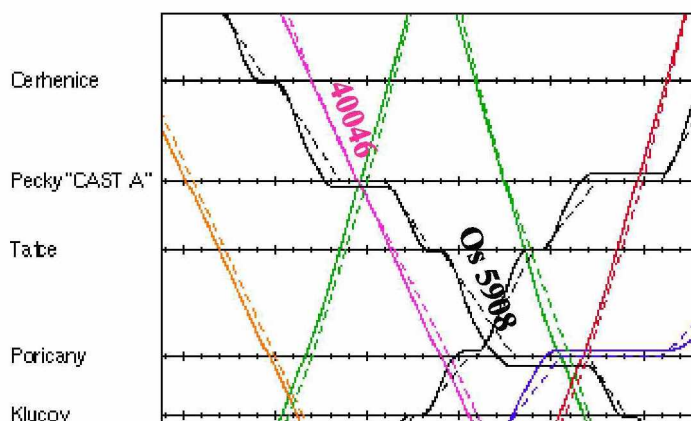
Tabulka 19 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40005 v Zámrsku

Vlak	Stanice A	$d_{\text{in } 740 \text{ A}}$ [min]	Stanice B	$d_{\text{out } 740 \text{ B}}$ [min]	$\Delta D_{\text{AB } 740}$ [min]
40046	Zámrsk	0,27	Moravany	0,00	0,00
Ex 132	Zámrsk	0,00	Moravany	0,00	0,00
R 706	Zámrsk	0,00	Moravany	0,00	0,00

Zdroj: autor

Podstatnou podmínkou bezproblémového průběhu tohoto předjetí je nulový protisměrný provoz v daném časovém úseku. Nejbližším vlakem jedoucím v lichém směru je až Ex 123. Ten projíždí stanicí Uhersko ve chvíli, kdy 40046 již obsazuje stanicí Kostěnice, a tudíž stihne přejet na hlavní kolej svého směru.

Další zastavení vlaku 40046 probíhá ve stanici Kolín. Důvodem je vyčkávání na odjezd vlaku Os 5908 (Obrázek 32), takže jej bude možné následně předjet ve stanici Pečky. Opět se zde jedná o interakci č. XIV (Obrázek 10).



Obrázek 32 Předjíždění Os 5908 ve stanici Pečky

Zdroj: autor

Zde dochází z důvodu průjezdu DV a tím způsobenému pozdnímu uvolnění zhlaví k vskutku nepatrnému zpoždění odjíždějícího osobního vlaku (4 s), což se projeví na jeho ukazateli $\Delta \bar{d}_{740; Os 5908}$. Společně s odchylkou JŘ, kterou v průběhu své jízdy získal samotný DV jsou registrovány v tabulce 20.

Tabulka 20 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 40046

Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
40046	0,32	0,12
Os 5908	0,00	0,01

Zdroj: autor

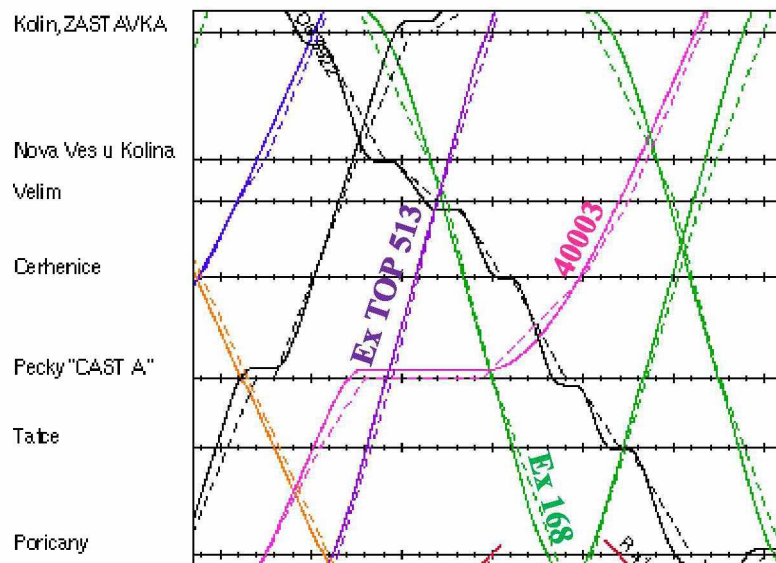
Důvody vedoucí ke vzniku minimálního zpoždění při průjezdu vlaku nadstandardní délky na trase číslo 40046 jsou stejné jako v případě jeho lichého protějšku. Výrazným prvkem je nízká frekvence dopravy, umožňující poměrně velkou variabilitu nakládání s DV při jeho odstavování, což se projevuje jeho bezmála 14 minutovým pobytem na protisměrné hlavní koleji.

5.6.3 Odpolední jízdy

Během odpoledního období byly prodlouženy na 740 m vlaky číslo 60044 s průjezdem 14:22:03 v České Třebové a 40003 s průjezdem v 15:06:14 stanicí Děčín. Grafické výstupy jsou uvedeny v Příloze CH a I.

Vzhledem k vybavenosti modelové stanice Pečky předjízdnou DDK v liché kolejové skupině a odpovídající velikosti intervalu mezi příjezdem nákladního vlaku a průjezdem expresu TOP 513, není jízda předjíždějícího vlaku nijak ovlivněna (Obrázek 33), což lze zaregistrovat i

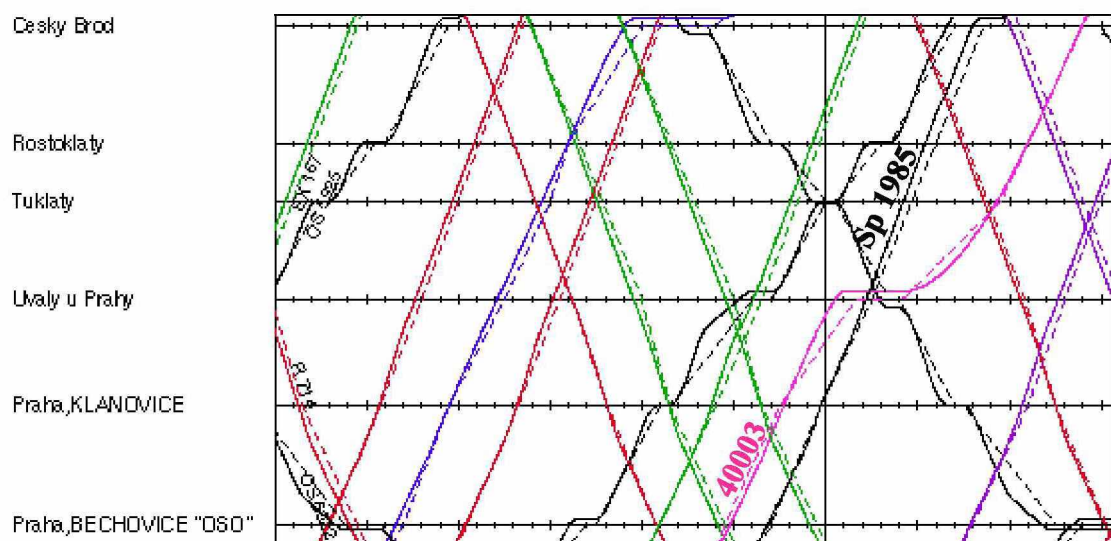
u expresu číslo 171 při předjíždění ve stanici Přelouč nákl. n. Zde se lze opět setkat s **interakcí XXV** (Obrázek 16).



Obrázek 33 Předjetí vlaku 40003 ve stanici Pečky

Zdroj: autor

Vlak Sp 1985 je sice již od stanice Praha-Běchovice brzděn vlakem 40003 (Obrázek 34), takže při průjezdu stanicí registruje menší zpoždění (Tabulka 21), avšak v důsledku tohoto zpomalení vzniká v úseku Úvaly až Český Brod mezi trasami vlaků Sp 1985 a Os 6023 větší časový polštář, takže spěšný vlak nemusí snižovat rychlost před dopravnou Rostoklaty, což ve finále vede k nulovému přírůstku úsekového zpoždění ve stanici Český Brod.



Obrázek 34 Předjíždění vlaku 40003 ve stanici Úvaly

Zdroj: autor

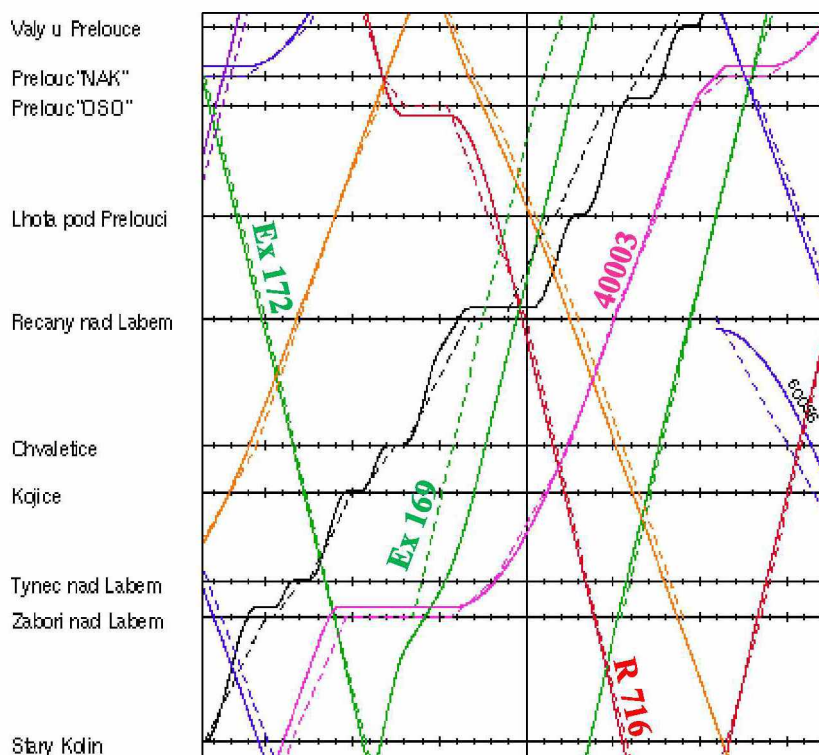
Pozitivnímu vyznění uvedeného řešení nahrává rovněž faktor vyšší rychlosti pro jízdní cestu na nultou kolej, která je ve stanici Úvaly pro vlak 40003 využita ($80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ namísto $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, což byla rychlost využita při jízdě na 3. kolej v defaultním JŘ). Dalším pozitivem je dřívější uvolnění 1. hlavní staniční koleje v Úvalech, protože kolejové spojky sloužící pro přejezd na nultou staniční kolej jsou umístěny blíže vjezdovému návěstidlu nežli výhybka umožňující vjezd na 3. staniční kolej. **Interakci číslo XXXIII** (Obrázek 20), která zde proběhla, tak lze označit za bezproblémovou.

Tabulka 21 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40003 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{\text{in } 740 \text{ A}}$ [min]	Stanice B	$d_{\text{out } 740 \text{ B}}$ [min]	$\Delta D_{\text{AB } 740}$ [min]
40003	Praha-Běchovice	0,47	Český Brod	0,00	0,00
Sp 1985	Praha-Běchovice	0,03	Český Brod	0,00	0,00

Zdroj: autor

Závažnější komplikace nastává ve stanici Záboří nad Labem (Obrázek 35). Tato dopravná nedisponuje předjízdnu, ale pouze hlavními DDK. V daném případě není možné odstavit DV na sudou hlavní staniční kolej, kterou v okamžiku jeho příjezdu obsazuje Ex 172. Situace je řešena tak, že DV zastavuje na 1. staniční koleji a Ex 169 jej objíždí sníženou rychlostí (v tomto případě $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) po 3. koleji, takže nastává **interakce číslo XX** (Obrázek 14).



Obrázek 35 Předjíždění vlaku 40003 ve stanici Záboří nad Labem

Zdroj: autor

Objíždění DV, jenž je odstaven na hlavní koleji stejného směru, po některé z vedlejších kolejí, s sebou nese relativně vysoký přírůstek úsekového zpoždění pro předjíždějící vlak, v tomto případě asi 2 minuty (Tabulka 22). Velikost nabytého zpoždění se samozřejmě odvíjí od rozdílu mezi rychlostí, kterou může daný vlak projet stanicí po hlavní koleji a po koleji vedlejší, zde se jedná o rozdíl $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Tabulka 22 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40003 v Záboří nad Labem

Vlak	Stanice A	$d_{\text{in } 740 \text{ A}}$ [min]	Stanice B	$d_{\text{out } 740 \text{ B}}$ [min]	$\Delta D_{\text{AB } 740}$ [min]
40003	Kolín	0,00	Řečany nad Labem	0,17	0,17
Ex 169	Kolín	0,00	Řečany nad Labem	2,03	2,03
Ex 172	Řečany nad Labem	0,00	Kolín	0,00	0,00

Zdroj: autor

Ve zvoleném řešení je upřednostněna trasa vlaku Ex 172 před trasou vlaku Ex 169. Pokud by měl vyšší prioritu vlak Ex 169, bylo by možné vlak 40003 nechat zastavit na 2. hlavní protisměrné koleji a Ex 172 by jej objížděl po koleji číslo 4. Vzhledem k tomu, že rychlosti obou „objížděných“ jízdních cest jsou ohraničeny limitem $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, lze předpokládat podobný přírůstek úsekového zpoždění u expresu Ex 172.

I přes veškeré nevýhody se jedná o poměrně dobře proveditelnou alternativu předjízdne interakce zahrnující DV, která nevyžaduje neplánované zastavení některého z předjíždějících vlaků, ale je „pouze“ třeba volit pro ně méně výhodnou jízdní cestu danou stanicí. Velkým pozitivem u prezentovaného řešení je rovněž to, že nedochází ke křížení provozů opačného směru, což by v případě odstávky DV na 2. hlavní koleji již neplatilo, a jeho návrat na traťovou kolej lichého směru by mohl být, v závislosti na hustotě sudé dopravy, problematický (nutno dodat, že v tomto případě by bylo možné celkem dobře provést i druhý zmiňovaný případ a to díky poměrně velké časové prodlevě před příjezdem rychlíku číslo 716 do Záboří nad Labem.)

K dalšímu narušení jízdy došlo u osobního vlaku 9643, jenž je o necelou půl minutu zpožděn na svém odjezdu ze stanice Praha-Holešovice. Jedná se o typově stejný případ, který je popisován u vzájemného působení vlaků R 613 a 40005, takže zde dochází k **interakci XIV** (Obrázek 10).

Průjezd vlaku 60044 není doprovázen výraznější komplikací. Předjetí prováděná ve stanicích Řečany nad Labem a Pečky jsou vzhledem k přítomnosti předjízdnych DDK v sudé kolejové

skupině a vhodným rozložením tras zúčastněných vlaků de facto bezproblémová a vykazují nulové hodnoty všech sledovaných ukazatelů.

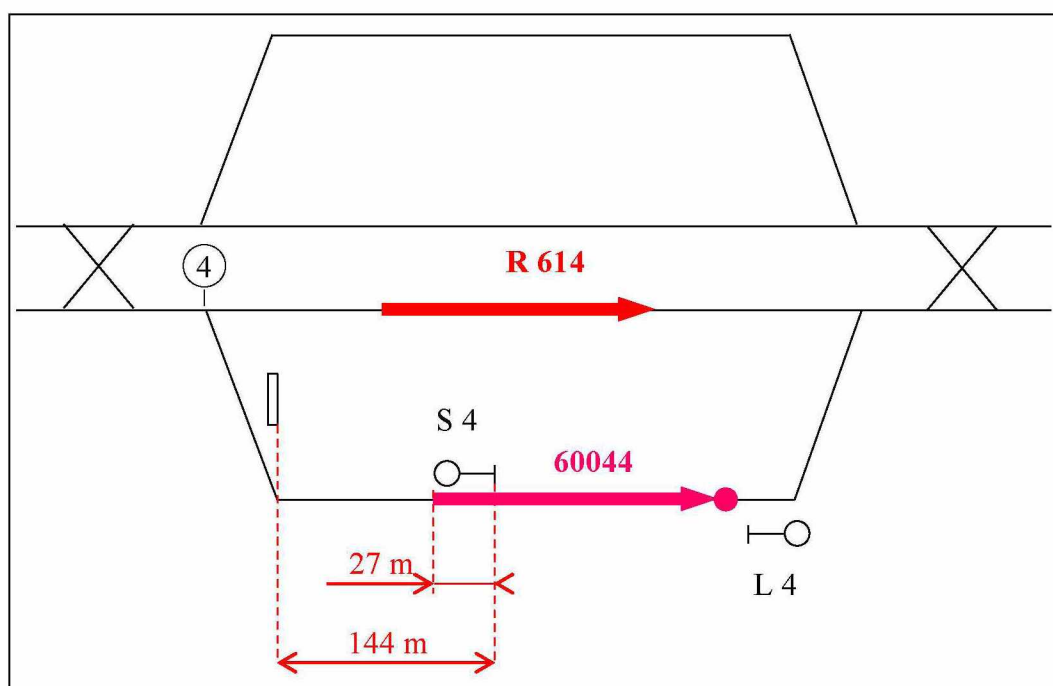
Naproti tomu expres 158 musí vlivem jízdy za prodlouženým vlakem po projetí zastávkou Bezprávi snižovat rychlost, důsledkem čehož je vznik ani ne půl minutového úsekového zpoždění (Tabulka 23). Avšak k následnému předjetí vlaku 60044 dochází ve stanici Brandýs nad Orlicí, která je vybavena předjízdou DDK v sudé kolejové skupině (jedná se opět o **interakci číslo XXV**, Obrázek 16).

Tabulka 23 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60044 v Brandýsi nad Orlicí

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
Ex 158	Ústí nad Orlicí	0,00	Choceň	0,35	0,35
60044	Ústí nad Orlicí	0,20	Choceň	0,20	0,00

Zdroj: autor

Stanice Povrly není vybavena předjízdou kolejí, jejíž užitečná délka by dosahovala takové výše, aby byla schopna pojmout vlak délky 740 m. Zároveň však mezi návěstidlem S 4 a námezníkem výměny číslo 4 existuje 144 m volné koleje. Tohoto faktu je při popisovaném předjíždění využito, a DV je na 4. kolej odstaven, přestože návěstidlo opačného směru přesahuje o 27 m (Obrázek 36).



Obrázek 36 Předjízdna interakce ve stanici Povrly

Zdroj: autor

Takový přístup využívá 4. staniční kolej, i přes faktické překročení užitečné délky koleje, jakožto DDK, což je **interakce číslo XXVI** (Obrázek 17) a vede k nulovému přírůstku úsekového zpoždění vlaku R 614. (Tabulka 24).

Tabulka 24 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60044 v Povrlech

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
R 614	Ústí n.L.hl.n.sever	0,00	Děčín hl.n.	0,00	0,00
60044	Ústí n.L.hl.n.sever	0,10	Děčín hl.n.	0,00	0,00

Zdroj: autor

Tabulka 25 zaznamenává hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ spojů, jež zaregistrovaly zpoždění v důsledku nasazení DV na trasách 40003 a 60044. Maximálních hodnot obou sledovaných ukazatelů dosáhl expres číslo 169. Jeho trasa je vedena v období se zvýšenou intenzitou provozu. Proto jsou jeho odchylkou od JŘ zasazeny rovněž trasy vlaků 40115, 60013, Ex 171, Os 5601 a Os 5011, které expres v rámci zbývajících částí svého itineráře předjíždí.

Je zároveň třeba vzít v potaz, že oba dva DV byly 4 krát předjížděny (Příloha CH a I), z čehož lze vyvodit, že jejich trasy byly realizovány během období s relativně hustým provozem. U 60044 to bylo pokaždé ve stanici s předjízdou DDK (lze-li tak označit i 4. kolej v Povrlech), tudíž jediným vlakem, který zaznamenává zpoždění je on sám a expres číslo 158. U vlaku 40003 byla v jednom případě použita stanice nemající předjízdou DDK, což mělo poměrně velké důsledky.

Tabulka 25 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 40003 a 60044

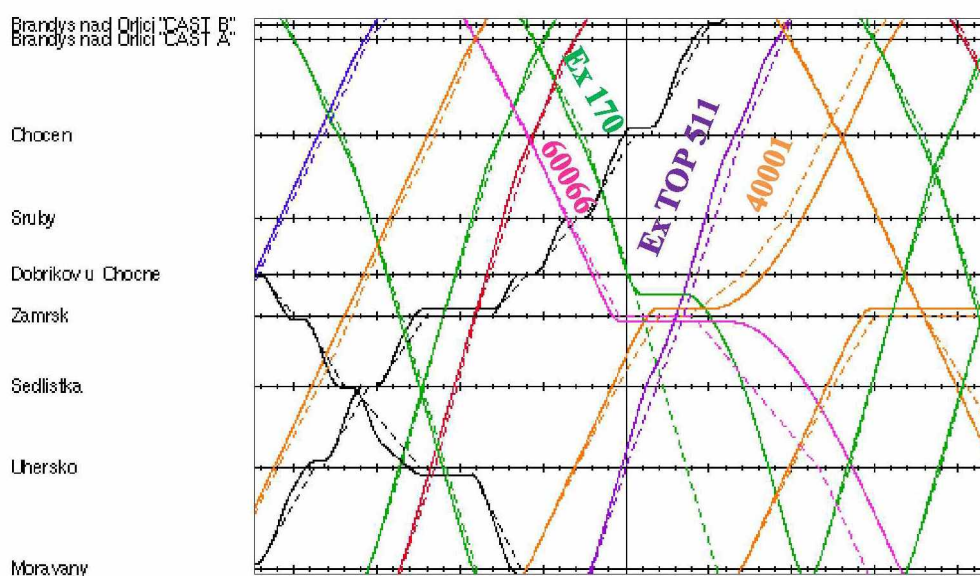
Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
Ex 169	1,83	1,03
40115	1,78	0,16
60013	0,60	0,06
Ex 171	0,32	0,13
Os 9643	0,32	0,02
40003	0,23	0,15
Os 5601	1,12	0,22
Os 5011	0,00	0,28
Sp 1985	0,00	0,03
60044	0,03	0,13
Ex 158	0,00	0,15

Zdroj: autor

5.6.4 Večerní jízdy

Pro večerní jízdy dlouhých vlaků byly zvoleny spoje číslo 60066 s průjezdem 16:35:03 v České Třebové a vlak 40031 s průjezdem 19:19:14 stanicí Děčín. Grafický výstup je obsažen v Přílohách J a K.

Navýšená délka vlaku 60066 se nejvíce projevila při předjíždění naplánovaném ve stanici Zámrsk (Obrázek 37).

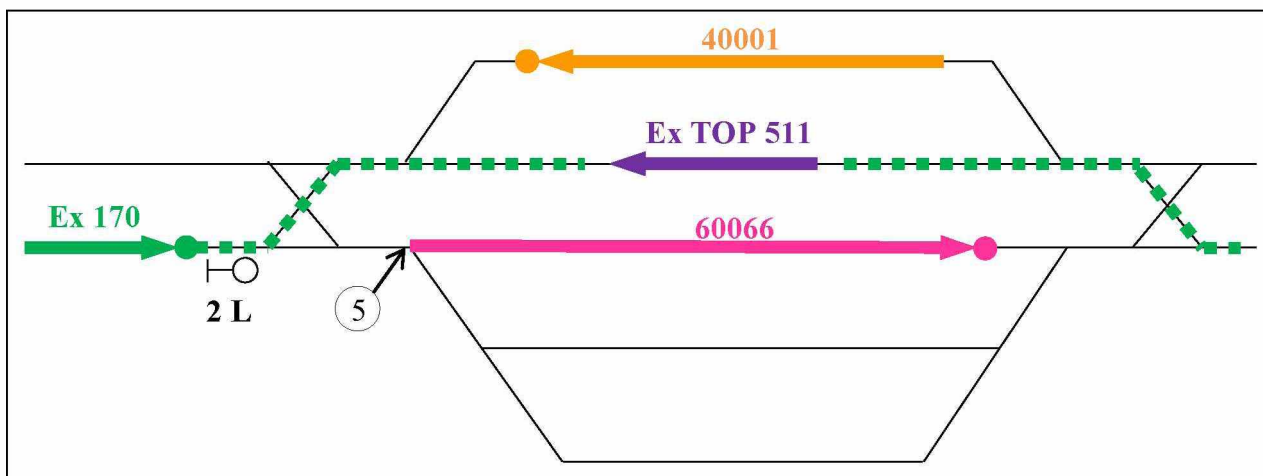


Obrázek 37 Předjíždění vlaku 60066 ve stanici Zámrsk

Zdroj: autor

V této dopravně, není předjízdna DDK a to ani v jednom směru. Odstavení vlaku na 4. koleji by vedlo k obsazení výměny, která by nemohla být přestavena do přímého směru, což zabraňuje postavení vlakové cesty po 2. staniční koleji pro Ex 170. Nejde zde aplikovat variantu odstavení DV na protisměrné hlavní staniční koleji, neboť ta musí být uvolněna pro průjezd vlaku nejvyšší kategorie. Vzhledem k stanoveným prioritám zúčastněných vlaků, byla situace vyřešena následujícím způsobem (Obrázek 38):

- 1) 60066 zastaví na hlavní staniční koleji číslo 2
- 2) 40001 přijíždí na 3. kolej
- 3) Ex 170 zastavuje na vjezdovém návěstidle a čeká na průjezd Ex Top 511.
- 4) Po průjezdu vlaku Ex Top 511, projíždí dopravnou po hlavní staniční koleji číslo 1 Ex 170, což vede k opožděnému odjezdu vlaku 40001.
- 5) Jakmile projede stanicí Ex 170, může v jízdě pokračovat i DV 60066.



Obrázek 38 Detail předjíždění vlaku 60066 ve stanici Zámrsk

Zdroj: autor

V tabulce 26 jsou zachyceny úsekové přírůstky zpoždění zúčastněných vlaků.

Tabulka 26 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60066 v Zámrsku

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
Ex 170	Choceň	0,0	Uhersko	5,2	5,2
60066	Choceň	0,3	Uhersko	2,3	2,0
Ex TOP 511	Uhersko	0,0	Choceň	0,0	0,0
40001	Uhersko	0,0	Choceň	1,2	1,2

Z tabulky 27 je patrné, že vlak Ex 170 není schopen zpoždění ve zbytku trasy kompenzovat, což vyústí k posunutí předjízné interakce s osobním vlakem 5922 až do stanice Český Brod, kde je na svém odjezdu opožděn nejen osobní vlak, ale nárůstá odchylka od JŘ i expresu. Samotný nákladní vlak 60066 odjíždí ze stanice Zámorsk s přibližně 2 minutovým zpožděním a následně zpožďuje rychlík 690 na odjezdu ze stanice Kolín. Změny hodnot zbylých sledovaných ukazatelů plynoucí z jízdy dlouhého vlaku 60066 jsou uvedeny v tabulce 27.

V této situaci se naplno projevuje hendikep dopravní spočívající v její nevybavenosti předjízdnou DDK, což se ukazuje v okamžiku, kdy nemůže být pro zastavení vlaku 740 m využita protisměrná hlavní staniční kolej, tak jako tomu bylo například u vlaku 40046 v Uhersku. Zároveň kvůli nedostatečně dlouhé hlavní koleji, je vyloučena možnost použít pro objetí vlaku některou ze sudých předjízdných kolejí, neboť nákladní vlak obsazuje kvůli své délce výměnu číslo 5, která by toto umožnila, a proto je nakonec nezbytné pro předjetí DV uplatnit **interakci XXI** (Obrázek 15).

Navíc, Ex 170 zastavuje na vjezdovém návěstidle stanice Zámorsk přibližně ve chvíli, kdy Ex TOP 511 projíždí dopravnou Sedliška, to znamená, že musí na průjezd vlaku s nejvyšší prioritou poměrně dlouho čekat. Pokud by nebyla v plném rozsahu uplatňována priorita vlaku Ex TOP 511, nabízí se zde pochopitelně více variantních řešení, kupříkladu takové, kdy stanicí projede nejprve Ex 170 i za cenu zastavení a následného zpoždění vlaku Ex TOP 511.

Tabulka 27 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaků dotčených jízdou DV 60066

Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
40001	1,23	0,13
60066	0,05	0,66
Ex 170	6,75	4,26
Ex 172	1,35	0,32
Os 5009	1,00	0,03
Os 5922	1,30	0,72
Os 6026	0,00	0,62
R 690	1,58	1,27

Zdroj: autor

Jízda vlaku 40031 nezpůsobuje žádné komplikace. Jediné zpoždění, které lze při nasazení DV na trasu číslo 40031 zaznamenat je to, kterého nabývá on sám vinou pozdního nástupu

akcelerace na aktuální traťovou rychlost (Tabulka 28). Bezproblémovost průvozu DV v této trase lze připsat mimo jiné i slábnoucí frekvenci osobní dopravy, především v části trati Praha-Česká Třebová. O tom jasně vypovídá fakt, že má ve svém JŘ naplánovánu pouze jedinou interakci, při které je předjížděn (Řečany nad Labem).

Tabulka 28 Hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ vlaku 40031

Vlak	ΔD_{740} [min]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
40031	0,00	0,21

Zdroj: autor

Ve stanici Ústí nad Labem SEVER je nákladním spojem 40031 (**interakce číslo XIV**, Obrázek 10) předjížděn osobní vlak 9683. Avšak odjezd osobního vlaku je naplánován s dostatečnou rezervou po průjezdu DV (2 minuty a 10 sekund), takže nedochází k ovlivnění ani jeho odjezdu ani následující jízdy do koncové stanice Ústí nad Labem hlavní nádraží.

5.7 Simulace při nasazení většího počtu dlouhých vlaků

Stěžejním bodem následující kapitoly jsou simulace kompletního grafikonu, který je vymezen časovým úsekem 00:00:00 prvního dne až 01:40:00 dne následujícího. V každé simulaci jsou kompletně realizovány trasy všech plánovaných vlaků. V rámci výstupů simulací dílčích scénářů jsou vyhledávány interakce DV s ostatním provozem na dvojkolejně trati, o kterých pojednává kapitola 2.2.2 této práce a posuzovány výsledky jejich průběhu, pomocí stanovených ukazatelů. Dále je v jednotlivých scénářích provedeno hodnocení celkového přírůstku zpoždění všech vlaků v souvislosti s nasazením DV na různém počtu tras a v kapitole 5.7.3 je sledován vývoj navržených ukazatelů při absenci důležité (z hlediska provozu dlouhých vlaků) komponenty dopravní infrastruktury. Kapitola 5.7 je tedy strukturována do následujících 3 částí:

- Náplní podkapitoly 5.7.1 je analýza výstupů simulačního scénáře, při němž dochází k nasazení DV na 24 trasách v průběhu 24hodinového JŘ.
- V druhém simulačním scénáři, o kterém pojednává dílčí kapitola 5.7.2, je DV nasazen na 80 trasách, tzn. třetina všech nákladních vlaků, jejichž jízda je v rámci 24hodinové JŘ realizována dosahuje délky 740 m.
- Obsahem kapitoly 5.7.3 je zjišťování dopadů realizace 80 spojů DV (v rámci 24hodinového JŘ) bez využití nultých staničních DDK v dopravnách Poříčany, Český Brod a Úvaly.

5.7.1 Realizace modelového JŘ při nasazení vlaků délky 740 m na 24 trasách

V tomto simulačním scénáři byl nasazen DV na 24 trasách, v průběhu celého dne, tedy rovná desetina nákladních vlaků byla vedena jako dlouhých. Pro posouzení s maximálně vypovídající schopností by bylo třeba více scénářů s různými počty vlaků, ale z důvodů omezeného rozsahu diplomové práce musel být rozsah redukován a došlo k tomuto skokovému navýšení počtu DV. Grafický výstup této simulace je uveden v Příloze L. Do jaké míry se toto navýšení výskytu vlaků nestandardní délky v grafikonu projevilo, zachycuje tabulka 29, tedy počet vlaků nabývajících zpoždění v daném intervalu. Z ní vyplývá, že 74 vlaků, tedy zhruba 84 % ze všech zpožděných, zaregistrovalo přírůstek zpoždění v cílové stanici do výše jedné minuty. Pouze **dva** vlaky zaznamenaly zpoždění vyšší, než 2,5 minuty (konkrétní spoje a hodnoty zpoždění, kterých se to týká, jsou uvedeny v tabulce 30). Celkem 14 vlaků zaregistrovalo na svých příjezdech, respektive průjezdech v průměru zpoždění vyšší než 0,5 min.

Je patrné, že jisté ovlivnění a míru nestability JŘ provoz dlouhých vlaků přináší. Z celkového počtu 686 vlaků bylo nějakým způsobem ovlivněno 89, tedy přibližně 13 % (v tomto čísle jsou zahrnuty i samotné dlouhé vlaky). Na druhou stranu, většina vlaků se nabytým zpožděním řadí do nejnižší kategorie definovaných intervalů. To hovoří poměrně jasně o tom, že v rámci modelového jízdniho řádu a parametrů modelu, které jej reprezentují, lze 24 tras dlouhých vlaků rozložených do celého dne bez větších problémů realizovat.

Tabulka 29 Četnosti intervalů ukazatelů zpoždění při realizaci 24 tras DV

Interval zpoždění	ΔD_{740}		$\Delta \bar{d}_{740}$	
	[vlaků]	[%]	[vlaků]	[%]
< 0 ; 0.5 >	63	71,6	74	84,1
(0.5 ; 1 >	11	12,5	9	10,2
(1 ; 1.5 >	6	6,8	2	2,3
(1.5 ; 2 >	5	5,7	2	2,3
(2 ; 2.5 >	1	1,1	0	0,0
(2.5 ; ∞ >	2	2,3	1	1,1

Zdroj: autor

Tabulka 30 obsahuje 5 největších hodnot obou sledovaných ukazatelů. V obou případech vévodí zpoždění expresu číslo 170, jež vzniklo ve stanici Zámrska, to je podrobněji popsáno již v kapitole 5.6.4.

Tabulka 30 Nejvyšší dosažené hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a $\Delta \bar{d}_{740}$ při realizaci 24 tras DV

Vlak	ΔD_{740} [min]	Vlak	$\Delta \bar{d}_{740}$ [min]
Ex 170	6,75	Ex 170	4,48
R 614	2,85	R 690	1,59
R 690	2,02	80012	1,53
Ex 169	1,83	40122	1,19
40115	1,78	Ex 169	1,03

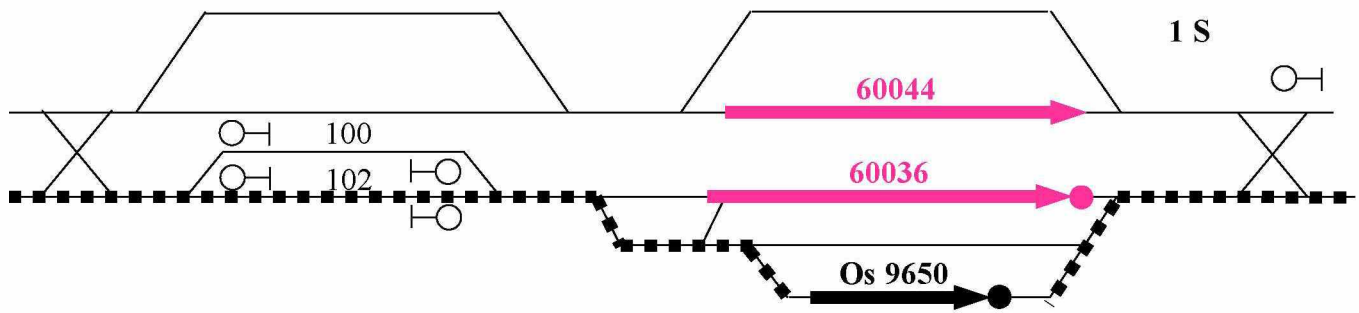
Zdroj: autor

V tabulce 30 figuruje rovněž zpoždění vlaku R 614. Přestože se jedná o vlak sudého směru, zastavuje ve stanici Ústí nad Labem hlavní nádraží v liché kolejové skupině, protože sudou skupinou kolejí tato stanice vybavena není. Zpoždění vlaku R 614 vzniká v důsledku snahy autora zachovat předjízdne interakce v Povrlech a právě v Ústí nad Labem. To znamená, že rychlík nejprve čeká na průjezd vlaku 60044 (důvod jeho zpoždění je uveden dále v textu této kapitoly 5.7.1). Tím vzniká nový opožděný čas odjezdu rychlíku R 614, který by ale znamenal kolizi s vlakem 60005, a proto je definitivní odjezd rychlíku odložen až po průjezdu protisměrného nákladního vlaku.

Za zmínku stojí vlak 80012, jehož trasa je sice poměrně krátká (ve srovnání s ostatními vlaky), ale od počátku poznamenaná zpožděnou jízdou expresu TOP 510, což se projeví právě na poměrně vysoké hodnotě $\Delta \bar{d}_{740; 80012}$.

Scénář desetinového zastoupení dlouhých vlaků přinesl mimo jiné ukázkou předjíždění jednoho DV druhým, které proběhlo ve stanici Lovosice. Jedná se o vlaky 60036 a 60044. Při simulaci defaultního JŘ, byly k předjetí použity předjízdne koleje číslo 100 a 102 (Obrázek 39) v obvodu nákladního nádraží. Ty se však navýšením délky vlaků 60036 a 60044 staly nedostatečnými. Vzhledem k tomu proběhlo předjetí vlaků následujícím způsobem:

- 1) Vlak 60036 nezůstává v obvodu nákladního nádraží, nýbrž pokračuje dál směr osobní nádraží. Následně zastavuje na 2. hlavní staniční koleji.
- 2) Vlak 60044 projíždí stanicí Lovosice po 1. hlavní staniční koleji.
- 3) Vzápětí přijíždí na 8. kolej osobní vlak číslo 9650.



Obrázek 39 Předjíždění vlaku 60036 v Lovosicích

Zdroj: autor

Z tabulky 31 vyplývají jednotlivá úseková zpoždění, která v důsledku zvoleného řešení vznikla. Nutno podotknout, že zpoždění osobního vlaku 9650 ve stanici Prackovice nad Labem pramení již z další (následné) interakce s DV 60036 přímo v Prackovicích (došlo ke změně koleje, kterou zde osobní vlak obsazuje).

Tabulka 31 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60036 v Lovosicích

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
60036	Bohušovice nad Ohří	0,15	Prackovice nad Labem	0,98	0,83
60044	Bohušovice nad Ohří	0,20	Prackovice nad Labem	2,85	2,65
Os 9650	Bohušovice nad Ohří	0,00	Prackovice nad Labem	0,42	0,42

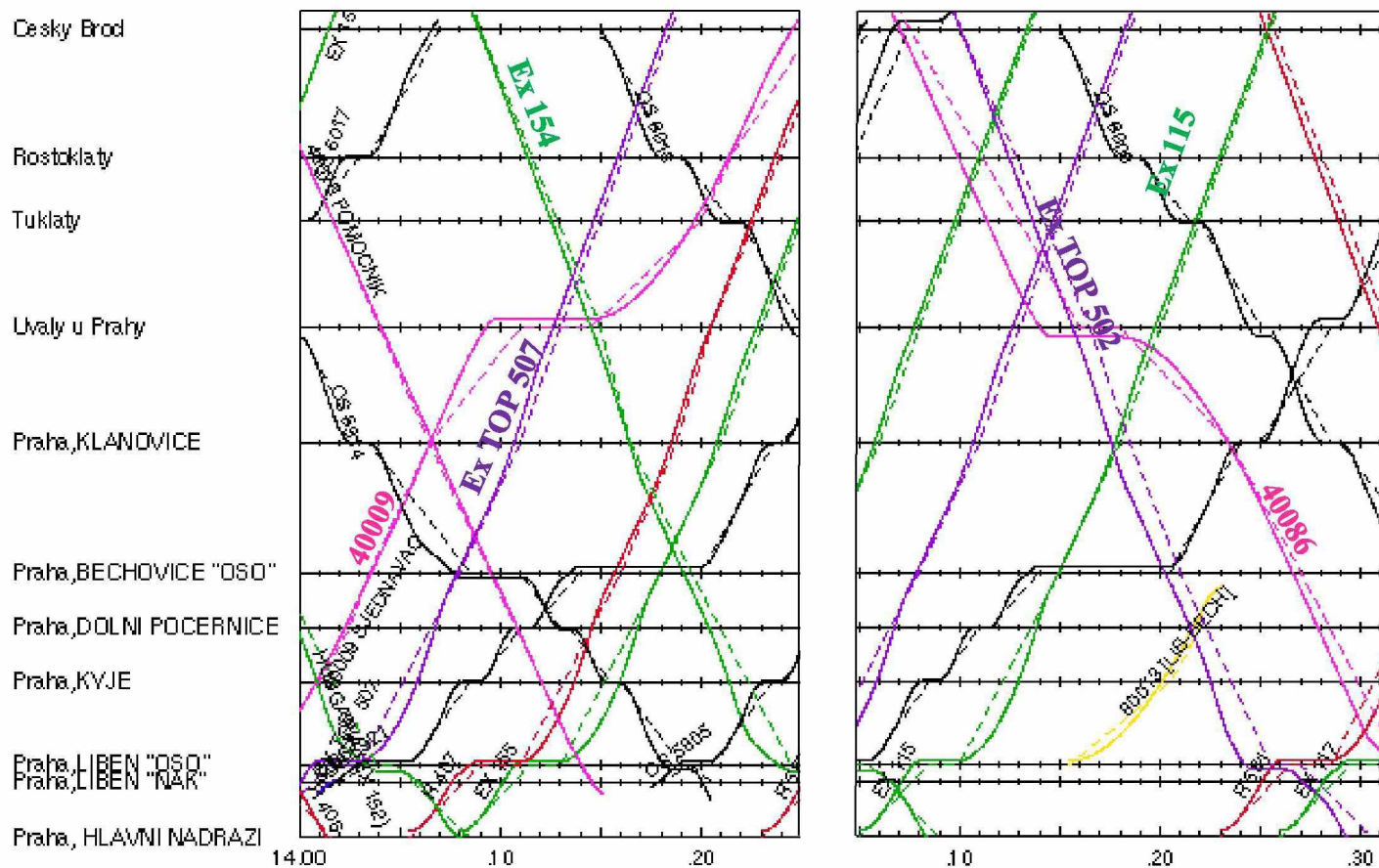
Zdroj: autor

Na poměrně vysokém přírůstku úsekového zpoždění vlaku 60044 má podíl především nízká rychlost pojezdění kolejové spojky určené pro přejezd na protisměrnou hlavní kolej. Ta je v případě modelové stanice Lovosice stanovena na $40\ km \cdot h^{-1}$ a byť předjížděným vlakem je taktéž DV projevuje se tím v plné míře slabá stránka **interakce číslo XV** (Obrázek 11).

Pokud má dojít k vzájemnému předjetí dvou DV, lze doporučit k této operaci dopravnu s předjízdnu DDK a pokud možno ještě ve stejnosměrné kolejové skupině. Objíždění prvního vlaku po protější hlavní koleji lze doporučit pouze v případě, kdy je stanice vybavena kolejovými spojkami s vyšší rychlostí. Jinak předjíždění vyžaduje (vzhledem k parametrům předjíždějího vlaku) poměrně velký časový úsek s nulovou protisměrnou dopravou, v opačném případě dochází k jejímu negativnímu ovlivnění.

Poněkud zvláštní skupinou dopraven jsou ty, které mají ve svém středu zakomponovanu nultou kolej s dostatečnou užitečnou délkou, do které se řadí i stanice Úvaly. O tom, že se jedná o uspořádání, díky kterému lze dobře odstavit vlak nadstandardní délky jak lichého, tak sudého směru, bez ovlivnění vlaků směru opačného, vypovídají mimo jiné předjízdne

interakce, kterých se zde účastní vlaky 40009 a 60036 (Obrázek 40) a jež lze souhrnně označit typovým číslem XXXIII (Obrázek 20).



Obrázek 40 Předjíždění vlaků 40009 a 40086 ve stanici Úvaly

Zdroj: autor

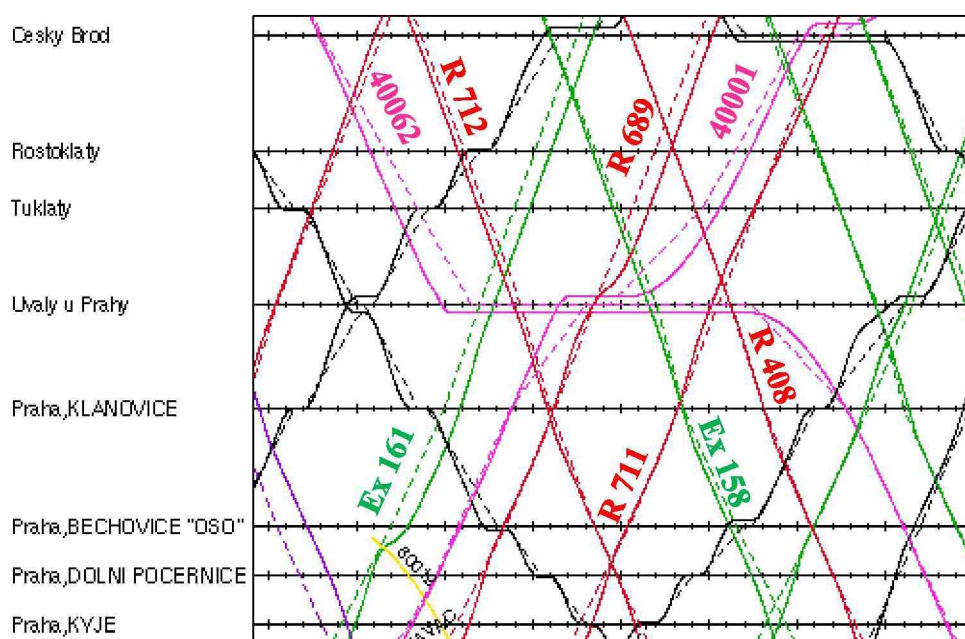
Z tabulky 32, která zachycuje úsekové přírůstky zpoždění vlaků, jednoznačně vyplývá, že na nultou DDK lze zcela plnohodnotně odstavit dlouhé vlaky obou směrů. Nultá kolej se jeví být solidní substitucí dopraven, které jsou vybaveny DDK v obou kolejových skupinách, neboť DV při návratu na traťovou kolej svého směru nekříží provoz směru opačného, čímž je odstraněna hlavní nevýhoda dopraven, které mají DDK pouze v jedné ze svých kolejových skupin.

Tabulka 32 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 40009 a 40086 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
40009	Praha-Běchovice	0,27	Český Brod	0,12	0,00
Ex Top 507	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	0,00	0,00
Ex 154	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	0,00	0,00
40086	Český Brod	0,03	Praha-Běchovice	0,00	0,00
Ex TOP 502	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	0,00	0,00
Ex 115	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	0,00	0,00

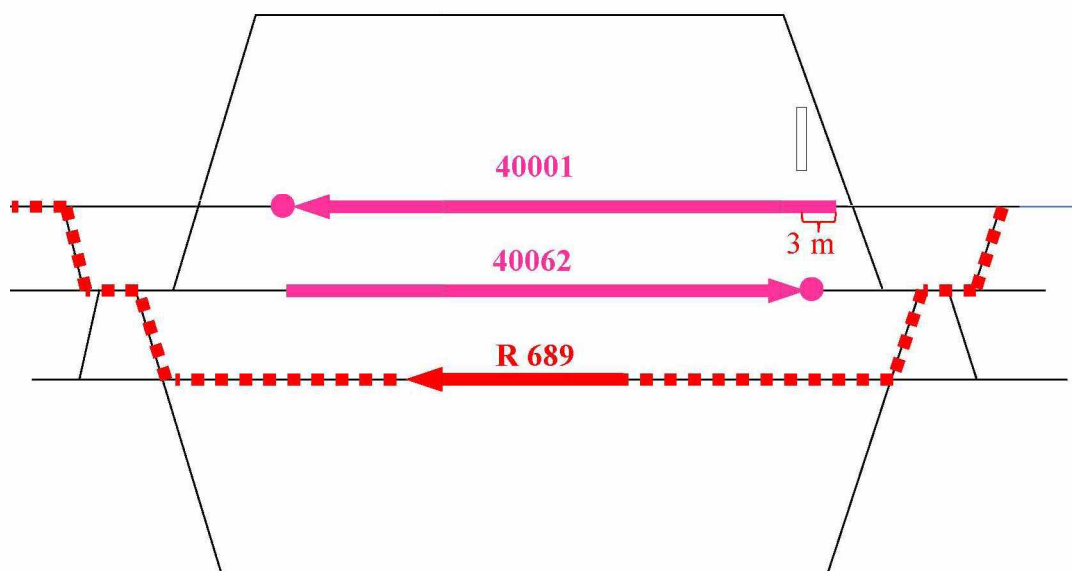
Zdroj: autor

Vybavenost modelové stanice Úvaly pro provoz vlaků nadstandardní délky, přestává být dostatečná ve chvíli, kdy zde má dojít najednou k předjetí dvou DV opačného směru (Obrázek 41). Nultou DDK obsadí vlak 40062. Přejezd vlaku 40001 do sudé kolejové skupiny, kde by pro něj potenciálně předjíždná DDK existovala, je v danou chvíli znemožněn průjezdem rychlíku číslo 712 a vlak lichého směru tedy zastavuje na 1. hlavní koleji.



Obrázek 41 Předjíždění DV 40062 a 40001 v Úvalech Zdroj: autor

Rychlík 689 musí proto touto dopravnou projíždět po protisměrné hlavní koleji (Obrázek 42), protože lichý vlak 40001 blokuje výměnu potřebnou pro použití jízdní cesty po 3. koleji, takže je zde uplatňována **předjíždná interakce číslo XXXIV** (Obrázek 20). To vede k navýšení přírůstku zpoždění R 689 v cílové stanici ve výši 1 minuty.



Obrázek 42 detail předjíždění vlaků 40001 a 40062 ve stanici Úvaly Zdroj: autor

Úsekové hodnoty přírůstku zpoždění jsou uvedeny v tabulce 33.

Tabulka 33 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 40001 a 40062 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
R 689	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	1,15	1,15
40001	Praha-Běchovice	0,47	Český Brod	1,17	0,70
40062	Český Brod	0,25	Praha-Běchovice	0,00	0,00
Ex 158	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	0,00	0,00

Zdroj: autor

Nevýhodou popsaného řešení je fakt, že opačný směr kříží rychlík, který musí oba DV objet. Vzhledem k tomu, že tuto jízdní cestu může vykonat rychlostí $80\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, je výsledné $\Delta D_{AB\ 740}$; R 689 odrazem snížený rychlosti jeho průjezdu stanicí o $40\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (průjezd po 1. koleji lze vykonat rychlostí $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Díky tomu je manévr možné provést bez nežádoucího efektu na protisměrnou dopravu.

5.7.2 Realizace modelového JŘ při nasazení vlaků délky 740 m na 80 trasách

Míra dopadu třetinového podílu nákladních vlaků, jejichž délka dosahuje 740 metrů je zaznamenána v tabulce 34. Grafický výstup simulace je uveden v Příloze M. Nárůst počtu tras, na kterých byly nasazeny soupravy nekonvenční délky, přinesl přirozeně i nárůst počtu vlaků, u nichž vzniklo zpoždění v cílové stanici. Lze tedy říci, že nasazením DV na 80 trasách, bylo ovlivněno 200 vlaků (včetně těch dlouhých) z celkového počtu 686, tzn. přibližně 29 %. Co se výrazněji nezměnilo, jsou jednotlivá zastoupení tříd, které jsou

vymezeny intervalem velikosti tohoto přírůstku zpoždění. Přestože přibyly 3 vlaky se zpožděním v koncové stanici přesahujícím 2,5 minuty v drtivé většině případů, nepřesahuje tento ukazatel půl minuty, oproti desetinové variantě lze zaznamenat dokonce 7% nárůst zastoupení této třídy. Zde se do jisté míry promítá fakt, že v desetinové variantě byly vlaky prodlouženy na všech trasách, jež měly ve svém itineráři zahrnutu celou zkoumanou trať. V třetinové variantě byly vedle těchto vlaků prodlužovány i soupravy na spojích s kratší trasou, které během své jízdy tolik interakcí s okolním provozem nemohou zaznamenat. Tyto DV tolik neovlivní ostatní provoz a sami zaznamenávají pouze zpoždění plynoucí z prodlevy akcelerace. Typicky se jedná o vlaky na trase Kolín – Česká Třebová.

Tabulka 34 Četnosti intervalů ukazatelů zpoždění při realizaci 80 tras DV

Interval zpoždění	ΔD_{740}		$\Delta \bar{d}_{740}$		Nárůst ku 24 z 240	
	[vlaků]	[%]	[vlaků]	[%]	ΔD_{740} [vlaků]	$\Delta \bar{d}_{740}$ [vlaků]
< 0 ; 0.5 >	157	79	182	91	+94	+108
(0.5 ; 1 >	20	10	11	6	+9	+2
(1 ; 1.5 >	6	3	4	2	0	+2
(1.5 ; 2 >	9	5	1	1	+4	-1
(2 ; 2.5 >	3	2	0	0	+2	0
(2.5 ; ∞ >	5	3	2	1	+3	+1

Zdroj: autor

O něco podrobnější přehled o zpoždění vzniklých v důsledku nasazení dlouhých vlaků na 80 trasách poskytuje tabulka 35, v níž je uvedeno 5 největších hodnot sledovaných ukazatelů. Z ní je patrné, že vyšší četnost dlouhých vlaků přinesla situace, vedoucí ke vzniku nových maxim zpoždění vlaků na příjezdu do koncové stanice. Konkrétně se jedná o spoje 40073 a 40023.

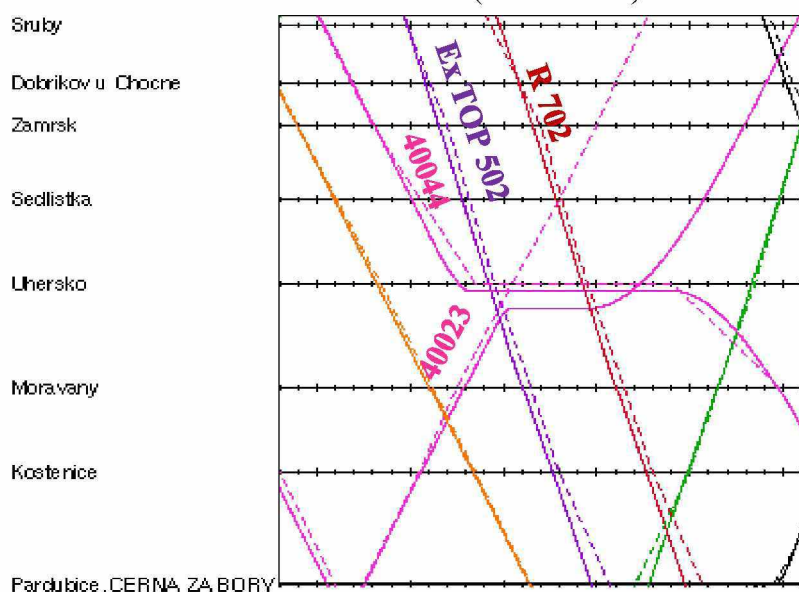
Druhé části tabulky stále vévodí Ex 170. Poměrně vysokou hodnotu tohoto ukazatele zaznamenal rovněž rychlík R 690. Ten je opožděn již na svém odjezdu ze stanice Kolín vinou pozdě projíždějícího vlaku 60066.

Tabulka 35 Nejvyšší dosažené hodnoty ukazatelů ΔD_{740} a Δd_{740} při realizaci 80 tras DV

Vlak	ΔD_{740} [min]	Vlak	Δd_{740} [min]
40073	11,88	Ex 170	4,48
40023	8,45	40073	4,03
Ex 170	6,75	R 690	1,59
R 614	2,85	60066	1,36
Ex 107	2,77	40023	1,34

Zdroj: autor

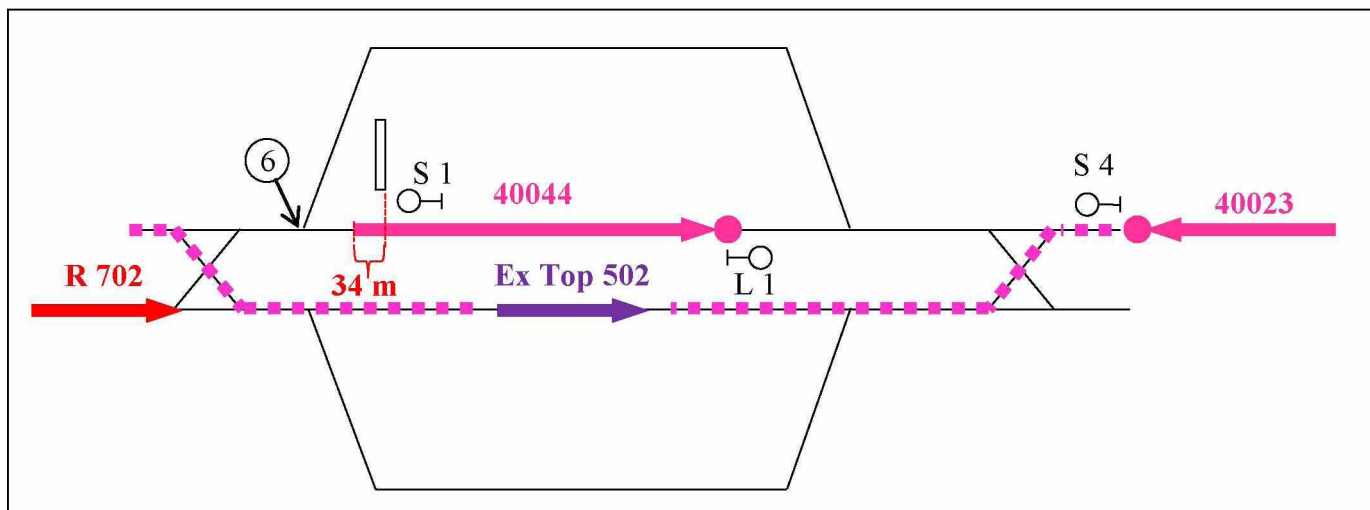
Druhé největší zpoždění v koncové stanici zaregistroval nákladní vlak 40023. Na vině je předjízdňá interakce číslo ve stanici Uhersko (Obrázek 43).



Obrázek 43 Předjíždění vlaku 40044 v Uhersku

Zdroj: autor

Vzhledem k tomu, že se zde nenachází předjízdňá DDK, je potřeba pro nepoznamenaný průjezd vlaků Ex TOP 502 a R 702 odstavit vlak 40044 na protisměrné hlavní koleji a předjetí tak provést pomocí **interakce číslo XXII** (Obrázek 15). 40044 nemůže být vlakem 40023 objet po 3. koleji, neboť vlivem své délky blokuje výměnu 6 v sudém zhlaví, která by toto umožnila (Obrázek 44). Navíc, pokud by 40023 za dané situace vjel na třetí kolej, sám by blokoval vinou své délky liché zhlaví, takže 40044 by nemohl ze stanice odjet, nastala by doslova patová situace. Vlak 40023 je tedy zastaven před samotnou stanicí. Poté co Uherskem projedou prioritní spoje osobní dopravy, do pohybu se dává vlak 40023 a jízdu skrze stanici vykoná použitím 2. staniční koleje. Zároveň tím uvolní cestu pro vlak 40044.



Obrázek 44 Detail předjíždění vlaku 40044 v Uhersku

Zdroj: autor

Úsekové přírůstky zpoždění interagujících vlaků jsou obsaženy v tabulce 36.

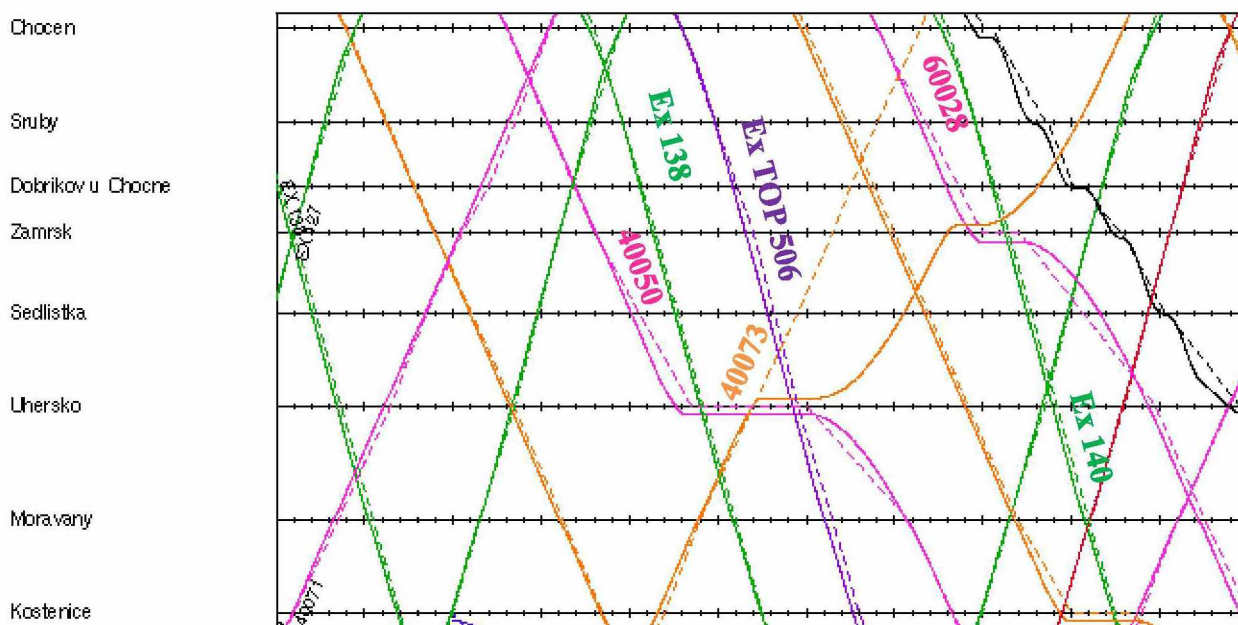
Tabulka 36 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 40044 v Uhersku

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
40044	Zámorsk	0,15	Kostěnice	0,00	0,00
Ex Top 502	Zámorsk	0,00	Kostěnice	0,00	0,00
R 702	Zámorsk	0,00	Kostěnice	0,00	0,00
40023	Kostěnice	0,50	Zámorsk	8,35	7,85

Zdroj: autor

To, že samotný vlak 40023 zaznamenal v koncové stanici vysokou hodnotu zpoždění, je důsledkem nejen absence přejíždě DDK, ale rovněž nedostatečnou užitečnou délkou hlavní koleje lichého směru. Na druhou stranu, pro zbylé zúčastněné vlaky je postup výhodný, což se projevuje na jejich ukazatelích. Je zde využito faktu, že 40023 za sebou nemá další spoj, jemuž by blokoval vjezd do dopravní, respektive průjezd skrze ni. Zároveň je využita poměrně velká časová kapsa, kdy je samotné Uhersko a úsek Uhersko-Zámorsk prostý veškeré sudé dopravy (po projetí R 702). Posledním bodem je poměrně dlouhý pobyt vlaku 40044 (který je tak naplánován). To totiž znamená, že 40023 má dost času na uvolnění lichého zhlaví a 40044 odjíždí z Uherska bez zpoždění.

Ještě výrazněji se vliv dlouhých vlaků projeví na zpoždění nákladního spoje 40073 (Obrázek 45).



Obrázek 45 Předjíždění vlaků 40050 a 60028 ve stanicích Uhersko a Zámrsk

Zdroj: autor

Vzhledem k vysokým prioritám vlaků Ex 138, Ex TOP 506 a absenci předjízdne DDK ve stanici Uhersko (Obrázek 44) zastavuje DV číslo 40050 na 1. hlavní staniční koleji, tudíž zde opět probíhá **interakce číslo XXII** (Obrázek 15). Kvůli své délce však zasahuje do obvodu výměny číslo 6, a tím blokuje odjezd vlaku číslo 40073 z 3. koleje. Úsekové přírůstky zpoždění vlaků jsou zachyceny v tabulce 37.

Tabulka 37 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 40050 v Uhersku

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
40050	Zámrsk	0,15	Moravany	0,00	0,00
Ex 138	Zámrsk	0,00	Moravany	0,02	0,02
Ex TOP 506	Zámrsk	0,00	Moravany	0,00	0,00
40073	Moravany	0,00	Zámrsk	7,53	7,53

Zdroj: autor

K podobnému scénáři dochází i ve stanici Zámrsk. Vlak 40073 přijíždí na 3. kolej neboť 1. kolej je v danou chvíli kvůli preferenci vlaku Ex 140 obsazována DV 60028 (**interakce číslo XIX**, Obrázek 13). Tím, že vlak 60028 zastavuje na 1. koleji obsazuje po určitou dobu sudé zhlaví, na což musí vlak 40073 zareagovat zastavením v dopravně. Přestože DV 60028 přesahuje odjezdové návěstidlo pro opačný směr, do výhybky číslo 6 nezasahuje. Tím pádem

může dojít k přestavení výměny a odjezdu vlaku 40073 ze 3. koleje. Úsekový přírůstek zpoždění vlaků zúčastněných v tomto vzájemném působení lze odečíst z tabulky 38. Na výši tohoto ukazatele se v případě vlaku 40073 podepisuje fakt, že vinou předešlé interakce se musel ze stanice A (Uhersko) neplánovaně rozjíždět.

Tabulka 38 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 60028 v Zámrsku

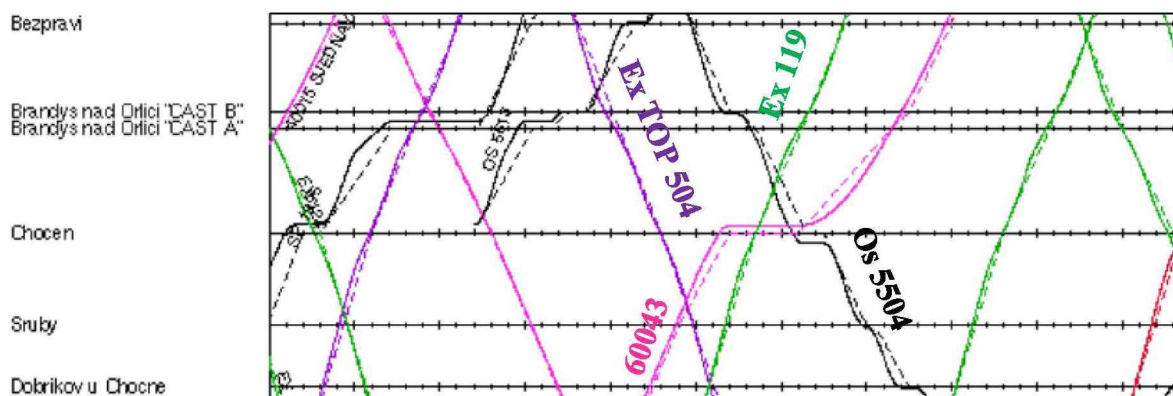
Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
60028	Choceň	0,15	Uhersko	0,00	0,00
Ex 140	Choceň	0,00	Uhersko	0,00	0,00
40073	Uhersko	3,77	Choceň	11,87	8,10

Zdroj: autor

Problematická je především předjízdna interakce v stanici Uhersko. Blokáda výměny, která by umožnila vlaku 40073 objet DV po třetí koleji, znamená jednak vynucený pobyt ve výši necelých 3 minut (2 minut 59 sekund). Ale hlavně, 40073 se musí zastavit a znovu rozjet, z čehož v případě nákladního vlaku vyplývá zpoždění o velikosti přesahující 3 minuty, ve srovnání s čistým průjezdem daného vlaku v úseku Uhersko-Zámrsk v defaultním JŘ. V důsledku předchozí interakce přijíždí vlak 40073 pozdě do stanice Zámrsk, kde se scénář víceméně opakuje s tím, že DV zhlaví po zastavení uvolní, takže je možné jej objet.

40073 potkává na trase v těsném sledu za sebou dvě interakce, ve kterých jsou postupně předjížděny dva DV sudého směru. Přičemž tyto interakce probíhají v dopravních bez předjízdne DDK (v případě stanice Uhersko nemá dostatečnou užitečnou délku ani 1. hlavní staniční kolej). Zde nastává problém, neboť pro zajištění nenarušené jízdy vlaků sudého směru bylo třeba výrazně omezit opačný provoz, který je v tomto případě reprezentován nákladním vlakem 40073.

Ve stanici Choceň, která je vybavena předjízdou DDK pouze v sudé kolejové skupině došlo k předjíždění vlaku 60043 (Obrázek 46).



Obrázek 46 Předjíždění vlaku 60043 ve stanici Choceň

Zdroj: autor

Klíčovým bodem tohoto řešení je frekvence spojů sudého směru. Průjezd vlaku Ex TOP 504 stanicí Choceň se uskutečňuje s dostatečným předstihem na to, aby neovlivnil přejezd DV do kolejové skupiny opačného směru. Výhodná je rovněž trasa vlaku Os 5504, který přijíždí do stanice před samotným odjezdem DV, který pro návrat na traťovou kolej lichého směru musí znovu křížit sudý směr. Navíc po příjezdu osobního vlaku je poměrně velké časové okno v úseku Choceň – Brandýs bez provozu. Zde lze ještě vyzdvihnout skutečnost, že rychlost jízdních cest na 4. a na 3. kolej (která byla použita v defaultním JŘ) jsou shodné $80 \text{ km} \cdot \text{hod}^{-1}$. To vše nahrává hladkému průběhu realizace přejetí, které odpovídá **interakci číslo XXIX** (Obrázek 18).

Vybavenost dopravní předjízdou DDK znamená, že po zastavení DV, jsou obě dvě hlavní koleje v dopravně i nadále volné, a je možné je použít pro realizaci dalšího provozu. Je-li frekvence dopravy v dané období nižší (tak jako v tomto případě), dochází k potlačení negativních efektů, spočívajících v umístění této koleje v opačné kolejové skupině (Tabulka 39).

Tabulka 39 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 60043 v Chocni

Vlak	Stanice A	$d_{in 740 A}$ [min]	Stanice B	$d_{out 740 B}$ [min]	$\Delta D_{AB 740}$ [min]
60043	Zámorsk	0,03	Brandýs nad Orlicí	0,05	0,02
Ex 119	Zámorsk	0,00	Brandýs nad Orlicí	0,00	0,00
Os 5504	Brandýs nad Orlicí	0,00	Zámorsk	0,00	0,00

Zdroj: autor

5.7.3 Realizace 80 tras DV při absenci nultých DDK ve stanicích Poříčany, Český Brod a Úvaly

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole 4.6, modelové stanice Poříčany, Český Brod a Úvaly jsou vybaveny nultou DDK. O tom, jak význačnou součástí infrastruktury jednotlivých stanic se jedná, vypovídá tato kapitola. Její náplní je totiž popis a hodnocení výsledků, jež přinesla simulace celodenního JŘ, při jehož realizaci není možné využít nulté DDK pro odstavení DV v těchto třech stanicích. Grafický výstup simulace je uveden Příloze O.

To, že nulté DDK představovaly při simulaci scénářů s desetinou a posléze se třetinou dlouhých vlaků důležitou komponentu výše zmíněných tří stanic, jasně deklaruje tabulka 40. Podobně jako v předešlém simulačním scénáři byla i nyní na 80 trasách nákladních vlaků, nasazena souprava dosahující délky 740 m, proto se nabízí sledovat změnu v ukazatelích především vůči výsledkům v kapitole 5.7.2. Z tabulky 40 je patrné, že došlo k narušení tras u 230 vlaků, to je zhruba **34** %. První podstatnou změnou je úbytek četnosti zpoždění v nejnižší třídě. Nedochází zde k redukci odchylky od JŘ, ale právě naopak k jejímu nárůstu, protože tyto vlaky se svými ukazateli nově zařadily do vyšších tříd. V případě ukazatele ΔD_{740} přibylo nejvíce spojů se zpožděním přesahujícím 2,5 minuty, celkem 19. Velký přírůstek zaznamenala rovněž třída $(0,5;1>$ ukazatele $\Delta \bar{d}_{740}$. To naznačuje především skutečnost, že nedošlo k zásadnímu nárůstu celkového počtu zpožděných vlaků (oproti variantě s nultými kolejemi je zde nárůst o velikosti 30 vlaků, tzn. 15 %), ale prohloubila se výše jejich zpoždění.

Tabulka 40 Četnosti intervalů ukazatelů zpoždění při realizaci 80 tras DV bez nultých DDK

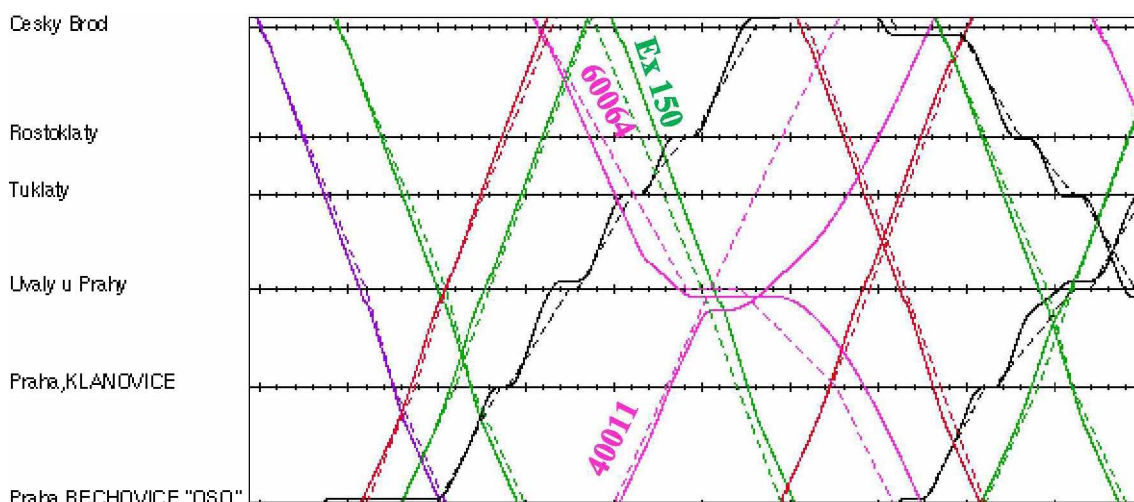
Interval zpoždění	ΔD_{740}		Δd_{740}		Nárůst ku 80 z 240	
	vlaků	%	vlaků	%	ΔD_{740} vlaků	Δd_{740} vlaků
(0 ; 0.5 >	154	67	177	77	- 3	- 5
(0.5 ; 1 >	26	11	29	13	+ 6	+ 18
(1 ; 1.5 >	11	5	13	6	+ 5	+ 9
(1.5 ; 2 >	10	4	5	2	+ 1	+ 4
(2 ; 2.5 >	5	2	3	1	+ 2	+ 3
(2.5 ; ∞)	24	10	3	1	+ 19	+ 1

Zdroj: autor

I při zanedbání nulté staniční koleje se z inkriminovaných dopraven stávají stanice, mající předjízdnu DDK, ovšem pouze jednu a situovanou vždy v sudé kolejové skupině.

Poněkud výjimečnou dopravnou se v tomto ohledu staly modelové Úvaly. To že následující scénář přinesl vyloučení nultých DDK, znamená naprostou absenci DDK v sudém směru, avšak pro DV lichého směru se nabízí možnost zastavení bez zásahu do zhlaví a to na 2., respektive 4. koleji. Jedná se zde tedy o problém tzv. jednosměrné DDK (kapitola 4.1). V součinnosti s tím, že v této stanici dochází k poměrně velké koncentraci předjízdných interakcí za účasti vlaků délky 740 m (což vyplývá z konstrukce modelového JŘ), vzniklo zde nejvíce komentování hodných situací.

První z nich je předjíždění DV číslo 60064 (Obrázek 47).



Obrázek 47 Předjíždění vlaku 60064 v Úvalech

Zdroj: autor

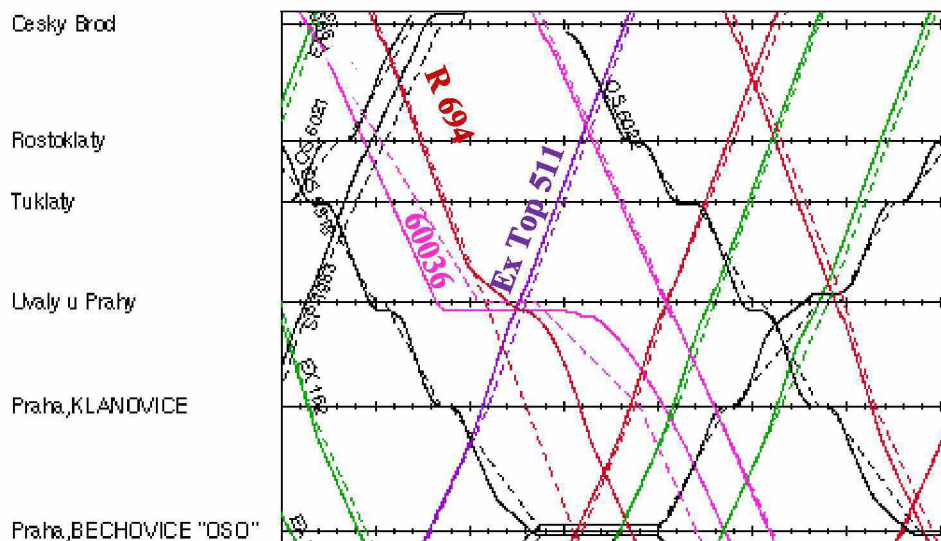
Ten je odstaven na 1. kolej, tak aby byl zajištěn hladký průjezd Ex 150 a mohla tak proběhnout **interakce číslo XXII** (Obrázek 15). Dochází tím k blokaci výměny číslo 9, která by umožnila objetí 60064 po 3. koleji. Nákladní vlak 40011 zastavuje na vjezdovém návěstidle a projíždí stanicí až po Ex 150, využívající přitom hlavní kolej číslo 2. Odstavení vlaku 40011 do sudé kolejové skupiny, aniž by došlo k dalšímu narušení trasy Ex 150, není možné. Neplánované rozjíždění se vlaku 40011 u vjezdového návěstidla však ústí v pozdní uvolnění lichého zhlaví, což má neblahý vliv na odjezd 60064, který se od JŘ odchyluje rovněž. Tabulka 41 dokumentuje tuto interakci hodnotami úsekového přírůstku zpoždění zúčastněných vlaků.

Tabulka 41 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaků 60064 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
Ex 150	Český Brod	1,15	Praha-Běchovice	0,90	0,00
60064	Český Brod	0,18	Praha-Běchovice	1,68	1,50
40011	Praha-Běchovice	0,47	Český Brod	5,83	5,36

Zdroj: autor

V následující situaci (Obrázek 48) se přejíždění DV řídí rovněž pravidly **interakce číslo XXII**, s tím, že priorita předjíždějícího vlaku je nižší, než vlaku protisměrného. V době pobytu 60036 ve stanici projíždí po hlavní koleji číslo 1 Ex Top 511, tedy v modelu vlak nejvyšší kategorie. Proto 60036 zastavuje na 2. hlavní koleji. Oslabena je v dané situaci pozice R 694. Vlak 60036 blokuje výměnu číslo 7, není tedy možné jej objet po 4. koleji. Rychlík proto vjíždí na 3. kolej a čeká na uvolnění lichého zhlaví pro pokračování v jízdě.



Obrázek 48 Předjíždění vlaku 60036 v Úvalech Zdroj: autor

Z tabulky 42 je patrné, že přírůstek úsekového zpoždění rychlíku je menší než vlaku 40011. To je ovšem důsledkem parametrů vlaků, především pak hmotnosti daných souprav (kapitola 4.5).

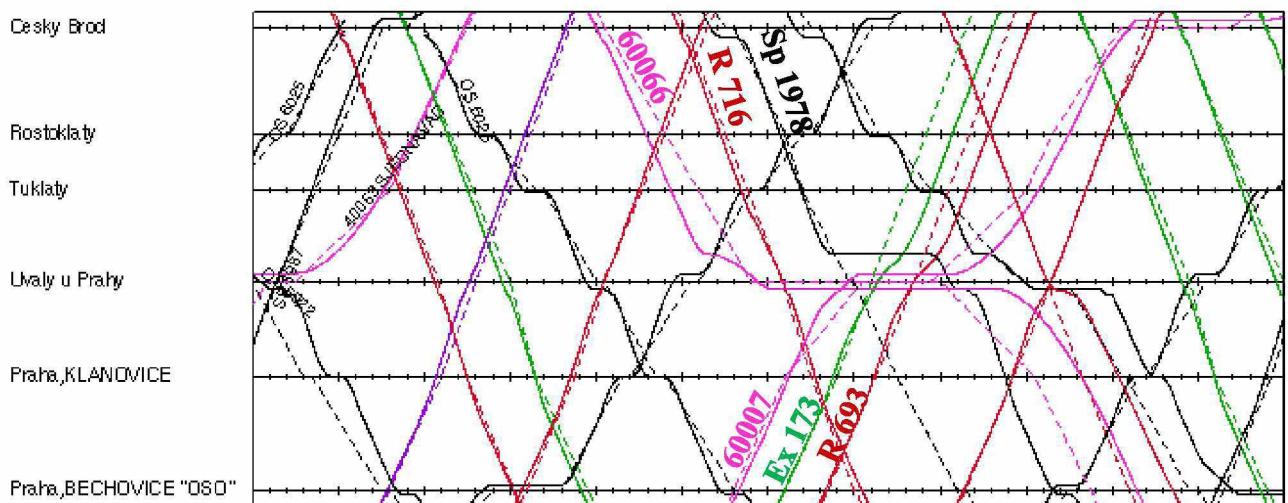
Tabulka 42 Úsekové přírůstky zpoždění při předjíždění vlaku 60036 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
60036	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	1,37	1,37
R 694	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	3,13	3,13
Ex Top 511	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	0,00	0,00

Zdroj: autor

Předjíždění vlaku délky 740 sudého směru je v modelové stanici Úvaly problematické, protože má-li být některému ze spojů dána při průjezdu stanicí naprostá priorita, tzn., že jeho přírůstek úsekového zpoždění bude roven nule, je potřeba (vzhledem k obsazení hlavní koleje DV) upozadit provoz směru opačného vůči vlaku s maximální prioritou.

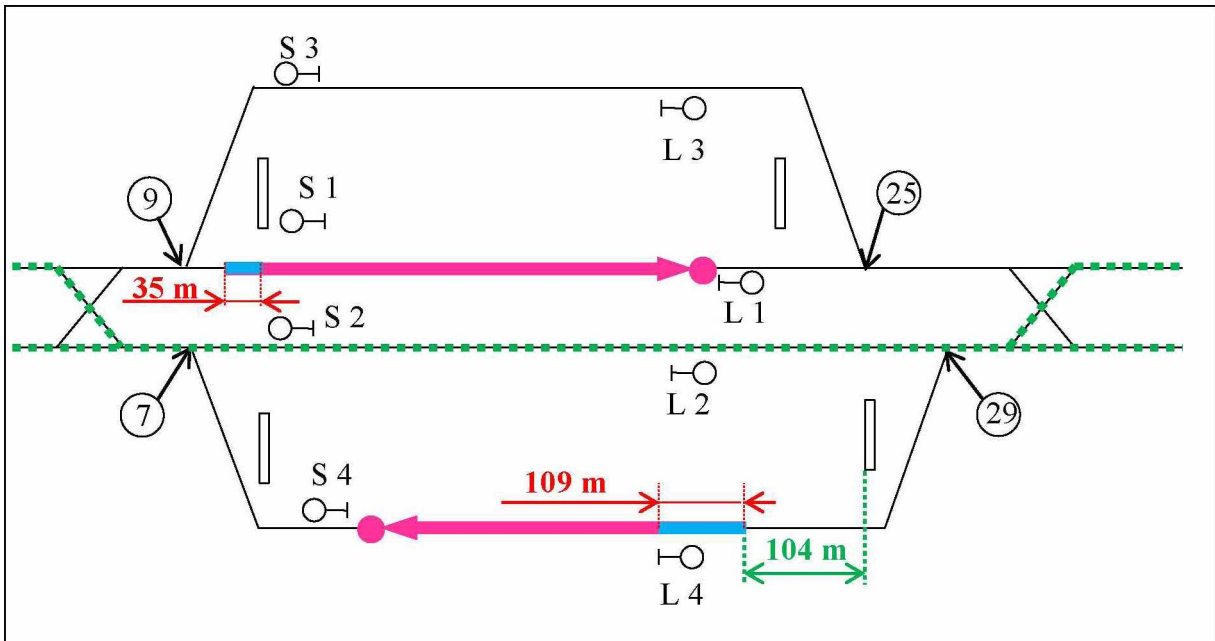
Dále popisované situace jsou specifické tím, že v dopravně dochází k plánovanému předjetí dvou protisměrných vlaků délky 740 metrů. První z nich se účastní DV 60066 a 60007 (Obrázek 49) ve druhém případě jsou hlavními aktéry DV 40062 a 40001 (Obrázek 51).



Obrázek 49 Předjíždění vlaků 60066 a 60007 ve stanici Úvaly

Zdroj: autor

Řešení situace spočívá v odstavení vlaku sudého směru na 1. hlavní staniční koleji, vlak liché směru zastavuje na koleji číslo 4. Pro průjezd dopravou je zachována 2. hlavní staniční kolej (Obrázek 50).



Obrázek 50 Detail předjíždění dvou protisměrných DV v modelové stanici Úvaly při absenci nulté DDK

Zdroj: autor

V prvním případě zaznamenal nejvyšší přírůstek zpoždění spěšný vlak 1978. Vzhledem k tomu, že jeho příjezd do stanice je plánován těsně před průjezdy spojů Ex 173 a R 693, tedy vlaků vyšší kategorie, zastavuje na vjezdovém návěstidle, a čeká na uvolnění 2. hlavní staniční koleje. Svým pozdním odjezdem z dopravní následně negativně zasahuje i trasu 60066.

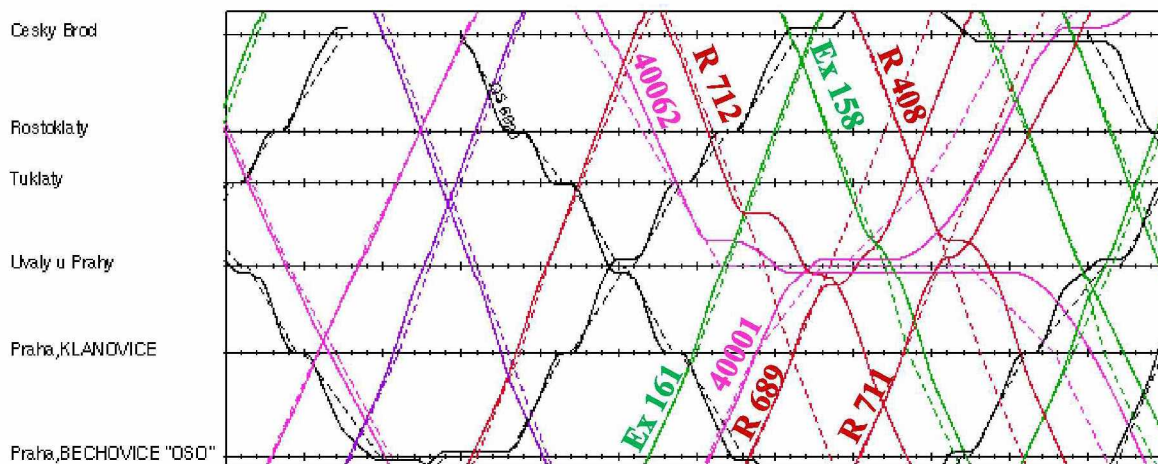
Přestože za daných okolností lze poměrně jednoznačně určit, které spoje je vhodné upřednostnit, tedy Ex 173 a R 693, již není možné je stanici provést bez nabytí zpoždění (Tabulka 43). Vlivem průjezdu po protisměrné hlavní koleji musí snižovat rychlost ze $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Tabulka 43 Úsekové přírůstky zpoždění vlaků při předjíždění 60066 a 60007 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{\text{in } 740 \text{ A}}$ [min]	Stanice B	$d_{\text{out } 740 \text{ B}}$ [min]	$\Delta D_{\text{AB } 740}$ [min]
60066	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	2,82	2,82
R 716	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	0,43	0,43
Sp 1978	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	6,48	6,48
60007	Praha-Běchovice	0,47	Český Brod	1,50	1,03
Ex 173	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	1,72	1,72
R 693	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	1,43	1,43

Zdroj: autor

Ve druhém případě (Obrázek 51) dosahuje nejvyššího přírůstku úsekového zpoždění rychlík číslo 712. Vlak 40062 má obsadit 1. hlavní kolej, tím pádem čeká na průjezd Ex 161. V důsledku toho obsazuje po období zhruba 2 minut poslední prostorový oddíl před dopravnou, což nutí k zastavení i vlak R 712. Ten, již podruhé neplánovaně, zastavuje i přímo ve stanici. Tentokrát je důvodem přejezd 40001 na 4. kolej, kvůli čemuž DV obsazuje celé liché zhlaví a znemožňuje jízdu rychlíku.



Obrázek 51 Předjíždění vlaků 40062 a 40001 ve stanici Úvaly Zdroj: autor

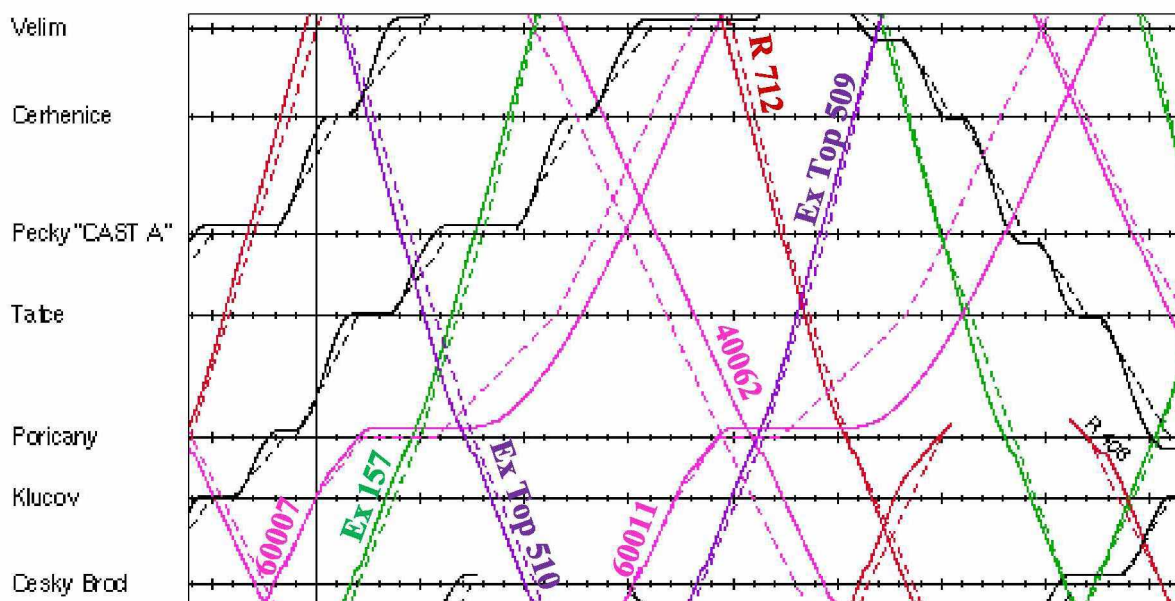
Zde se projevuje problém jedné volné koleje k průjezdu již markantněji. Svědčí o tom přírůstky úsekového zpoždění v tabulce 44. Neplánované zastavení, a tudíž nabytí výraznější odchylky od JŘ podstupují všechny rychlíky, které po dobu pobytu 40062 dopravnou projíždějí. Vzhledem k podobné skladbě zúčastněných vlaků obou směrů, nelze zcela jednoznačně určit, který ze směrů je prioritní. Proto je zde snaha zachovat plánované pořadí průjezdů, respektive odjezdů vlaků.

Tabulka 44 Úsekové přírůstky zpoždění vlaků při předjíždění 40001 a 40062 v Úvalech

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$D_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
40062	Český Brod	1,77	Praha-Běchovice	2,42	0,65
R 712	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	4,88	4,88
Ex 158	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	1,05	1,05
R 408	Český Brod	0,00	Praha-Běchovice	2,57	2,57
Ex 161	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	0,00	0,00
40001	Praha-Běchovice	0,47	Český Brod	3,52	3,05
R 689	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	2,85	2,85
R 711	Praha-Běchovice	0,00	Český Brod	3,25	3,25

Zdroj: autor

Absence nulté DDK ve stanicích Poříčany a Český Brod přinesla rovněž vznik několika zpoždění, jež jsou důsledkem typově stejné příčiny. Na vině je umístění předjízdny DDK v sudé kolejové skupině (Obrázek 52).



Obrázek 52 Předjíždění vlaků 60007 a 60011 ve stanici Poříčany

Zdroj: autor

Tato asymetrie, díky které je předjíždění prováděno **interakcí číslo XXIX** (Obrázek 18) se v modelovém JŘ, stává komplikací především pro vlaky délky 740 m lichého směru. Při vjezdu a odjezdu ze 4. koleje totiž musí obsazovat i části zhlaví používané spoji sudého směru k průjezdu dopravnou. Za cílem nenarušit jízdu prioritních spojů jsou mimo jiné opožděny odjezdy vlaků 60007 a 60011 ze stanice Poříčany (Tabulka 45).

Tabulka 45 Úsekové přírůstky zpoždění vlaků předjíždění 60007 a 60011

Vlak	Stanice A	$d_{in\ 740\ A}$ [min]	Stanice B	$d_{out\ 740\ B}$ [min]	$\Delta D_{AB\ 740}$ [min]
Ex Top 510	Pečky	0,00	Český Brod	0,00	0,00
R 712	Pečky	0,00	Český Brod	0,00	0,00
Ex 157	Pečky	0,00	Český Brod	0,00	0,00
60007	Pečky	1,95	Český Brod	1,77	0,00
40062	Český Brod	1,75	Pečky	1,77	0,02
60011	Český Brod	0,38	Pečky	3,13	2,75
Ex Top 509	Český Brod	0,00	Pečky	0,00	0,00

Zdroj: autor

Modelové Poříčany mají nyní, co do stavu předjízdných DDK, stejnou konfiguraci jako modelová Choceň (Obrázek 46). Zde se však ukazuje odvrácená strana mince stanic vyznačujících se umístěním předjízdné DDK pouze v jedné z kolejových skupin. Pokud je v období zastavení DV plánován provoz v opačném směru, je nutné počítat se vznikem zpoždění s největší pravděpodobností právě u odstaveného DV, má-li tento vůči ostatnímu provozu nižší prioritu. Potom bude (vzhledem ke své nízké prioritě) buďto čekat před dopravnou na průjezd všech vlaků vyšší kategorie opačného směru, aby mohl posléze sám vjet na předjízdnou DDK, případně musí být odložen jeho odjezd z dopravní ze stejných důvodů. Ovšem, samotná existence předjízdné DDK v takové stanici je stále velkým pozitivem, neboť po odstavení vlaku délky 740 m je nadále možné, s výjimkou koleje, na níž je tento vlak odstaven, bez omezení využívat zbylé dopravní koleje dané stanice.

6 NÁVRHY VYBRANÝCH OPATŘENÍ PRO PROVOZ VLAKŮ O DÉLCE AŽ 740 M (V SOUČASNÝCH PODMÍNKÁCH)

V této kapitole jsou navržena opatření, která by měla pomoci implementovat realizaci nákladních vlaků o délce až 740 m do současného provozu. Důraz je kladen na možné úpravy tras nákladních vlaků, které jsou původně konstruovány pro vlaky konvenční délky (například 520 m). Tyto poznatky je však možné použít i jako základní opěrné body při tvorbě tras zcela nových, již přímo určených pro vlak délky 740 m. Dále je zde uvedeno hodnocení dopraven, zakládající se na změně jejich propustnosti v důsledku provedení předjíždění DV v nich a diskutovány možnosti provádění předjízdových interakcí, v nichž se vyskytuje větší počet DV.

6.1 Doporučení pro úpravu tras vlaků konvenční délky při nasazení DV na tuto trasu

Velmi výrazně lze provoz dlouhých vlaků v současných podmínkách zjednodušit tím, že bude eliminována potřeba provádět předjetí DV, čehož je možné dosáhnout v JŘ, který se svým charakterem bude blížit rovnoběžnému. Rovnoběžný JŘ vzniká za předpokladu, že jej tvoří trasy takových vlaků, které mají stejné parametry, což je pro vlaky o délce 740 m v současné době JŘ sestavený de facto z nákladní dopravy (nebo alespoň jeho část). Proto se nabízí nasazovat DV v rámci nočního provozu a to již i na existujících trasách, které jsou kalibrovány pro vlaky konvenční délky. Model ukázal na to, že pokud je DV veden bez zastavení, je dost dobře možné jeho průvoz na takové trase uskutečnit bez velkých opatření, a to i v případě, kdy je tato trasa začleněna do výseků JŘ, v nichž je zaveden interval nákladní dopravy (**5 min**). Je jen třeba počítat s mírným přírůstkem jízdní doby, způsobeného prodlevou v akceleraci a JŘ tohoto DV případně upravit.

Pokud se DV nachází v roli předjíždějícího vlaku, je potřeba revidovat provozní interval postupného průjezdu a odjezdu, ve kterém DV figuruje jakožto 1. vlak. Problémem je složka j_1 , neboť DV, vlivem své délky opožděně uvolňuje vzájemné místo ohrožení, čímž doba j_1 narůstá. A vzhledem k tomu, že uvolnění vzájemného místa ohrožení nastává až po referenčním čase 1. vlaku (což je v tomto případě **průjezd** dopravnou), navyšuje tato delší j_1 i hodnotu vypočteného provozního intervalu.

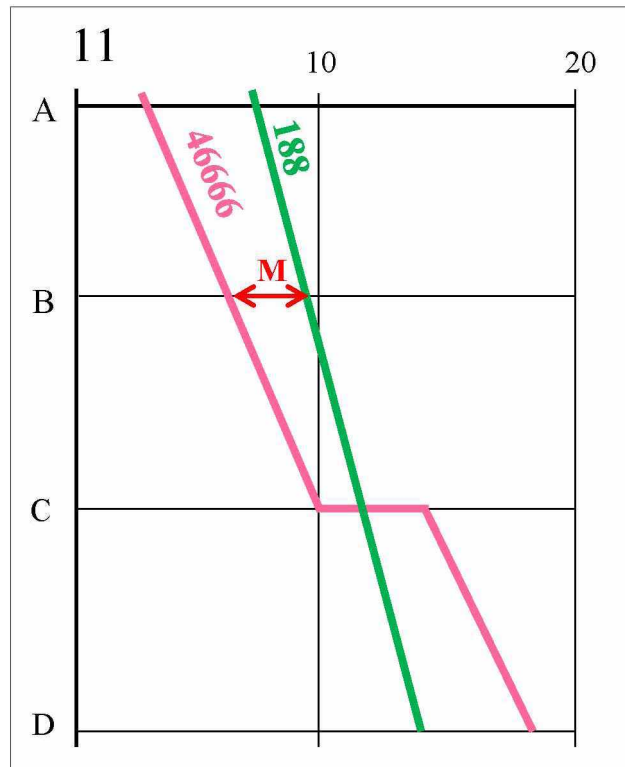
Avšak mnohem častěji dochází k tomu, (nebo alespoň v modelu tomu tak bylo), že předjížděným je DV. V takovém případě je problematickým interval postupného příjezdu a průjezdu. I zde je 1. vlakem DV a i zde za prodloužením intervalu stojí složka j_1 . Kvůli

navýšení délky vlaku dochází k opožděnému uvolnění vzájemného místa ohrožení. Tím dochází i ke zkrácení samotné jízdní dráhy 1. vlaku (tzn. i redukcí j_1) od uvolnění vzájemného místa ohrožení k referenčnímu času, který je v tomto případě **příjezd**. Při výsledné kalkulaci intervalu je teda možné odečíst menší hodnotu j_1 .

Zároveň je nezbytné sledovat následné mezidobí v předposlední dopravně (vzhledem ke stanici, ve které má dojít k samotnému předjetí). Pokud traťové zabezpečovací zařízení sledovaného úseku tvoří systém automatického bloku, nabízí se použít pravidlo rozpracované ve směrnici SM 104 (10), kdy se **následné mezidobí M** (Obrázek 53) mezi průjezdem DV a předjíždějícím vlakem v této předposlední dopravně stanoví jako maximum z 3 dílčích mezidobí:

- Dílčí mezidobí mezi průjezdem DV a předjíždějícím vlakem v zadní (předposlední dopravně).
- Dílčí mezidobí pro širokou trať.
- Dílčí mezidobí v přední dopravně mezi příjezdem DV a průjezdem vlaku předjíždějícího.

Jestliže má dojít k nasazení DV na již existující trase, je třeba brát v potaz fakt, že navýšená délka 1. vlaku (v tomto případě DV), povede k nárůstu všech tří dílčích mezidobí a tím pádem i k růstu finálního následného mezidobí. DV později uvolňuje příslušné traťové (staniční) oddíly a zhlaví přední dopravny, a je proto potřeba toto následné mezidobí v předposlední dopravně znova kalkulovat. Dochází-li k jeho překročení je nutná úprava trasy ať už samotného DV, případně vlaku předjíždějícího, nebo úprava jízdní doby následného vlaku (například zpomalit jeho průjezd v zadní dopravně tak, aby DV mohl nabrat dostatečný náskok, což už ale vede ke snižování propustnosti).



Obrázek 53 Hraniční hodnota rozdílu času průjezdů v předposlední dopravně

Zdroj: autor

6.2 Volba dopravní pro předjetí jednoho dlouhého vlaku na dvojkolejné trati

Pokud má k předjetí jednoho DV dojít, vstupují do hry primárně tři faktory:

- parametry protisměrného provozu v dopravně během realizace předjíždění DV,
- parametry předjížděcího (stejnoseměrného) provozu,
- vybavení dopravní DDK, z **hlediska zastavujícího vlaku.**

Požadavky na průjezd dopravnou se ze strany předjížděcích a projížděcích vlaků se mohou do značné míry lišit, což může přinášet nové možnosti při hledání vhodných (možných) provedení předjetí DV. Nároky provozu jednotlivých směrů lze (na základě zkušeností autora z modelování a obecně platných konvencí) zjednodušeně rozdělit do tří tříd:

- **Třída 0** (nulový provoz),
 - Neexistují **žádné nároky** ze strany tohoto provozu
- **Třída β**
 - **Přípustný je průjezd po stejnosměrné hlavní i stejnosměrné předjížděcí koleji** (i za cenu snížení rychlosti průjezdu vlaku).

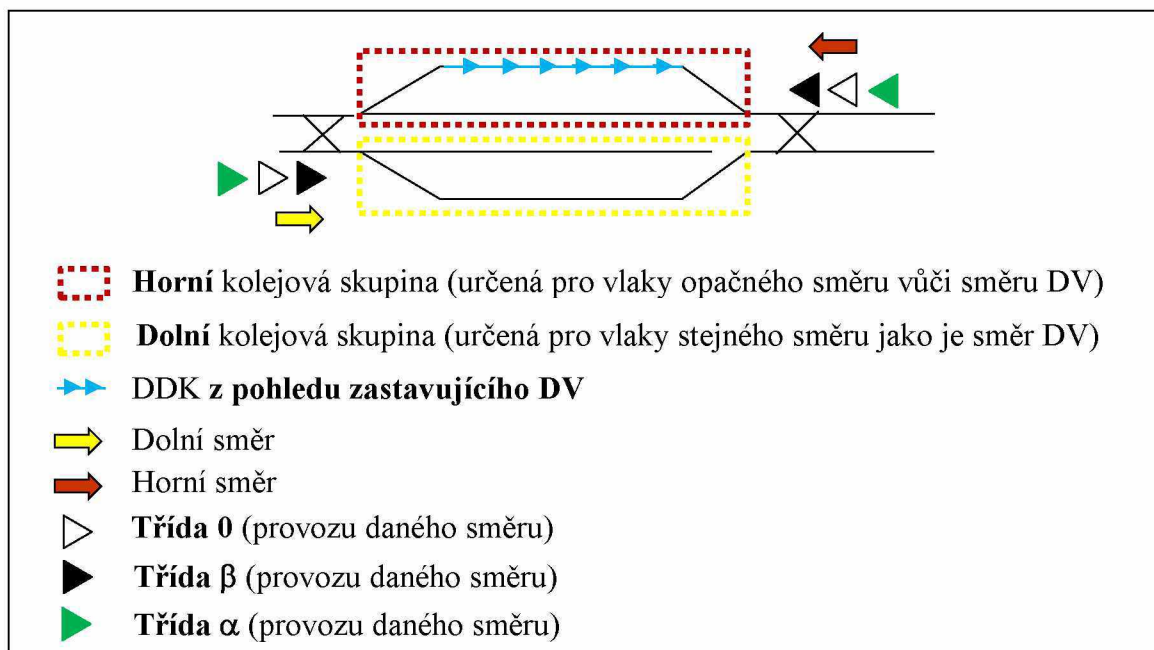
- **Přípustné je snižování rychlosti pro brzdění**, případně **krátkodobé zastavení** vlaku v dopravně kvůli krátkodobému obsazení zhlaví vlakem nadstandardní délky z důvodu přejezdu tohoto DV do protisměrné (z hlediska DV) kolejové skupiny.
 - **Nepřípustné je zastavení dlouhodobého charakteru mimo obvod dopravní** (například na vjezdovém návěstidle), případně nemožnost průjezdu dopravnou kvůli obsazení zhlaví již stojícím DV.
 - **Nepřípustný je průjezd (zastavení) po protější hlavní koleji**. Tento poslední bod je do jisté míry diskutabilní, zvláště pokud se jedná o vlaky, které v dopravně mohou teoreticky zastavovat z přepravních důvodů. Ovšem k tomuto postupu je třeba uchýlit se zpravidla tehdy, kdy není možné použít jednu z kolejových skupin a obsluhu provozu obou směrů tak musí obstarat zhlaví zbývající (té neobsazené) kolejové skupiny. Což může vést jednak k prodloužení pobytů zastavujících vlaků v dopravně (kterýchžto pouhý přepravní pobyt by byl kratší), případně k nežádoucímu zastavování na vjezdovém návěstidle.
- **Třída α**
 - **Přípustný je pouze průjezd po stejnosměrné hlavní koleji**
 - **Nepřípustné je snižování rychlosti pro brzdění**, či dokonce krátkodobé zastavení vlaku v dopravně (z čistě dopravních důvodů), případně kvůli obsazení zhlaví (byť krátkodobému) z důvodu přejezdu DV do protisměrné (z hlediska DV) kolejové skupiny.
 - **Nepřípustné je zastavení dlouhodobého charakteru mimo obvod dopravní**
 - **Nepřípustný je průjezd (zastavení) po protější hlavní koleji** (ze stejných důvodů jako je tomu u třídy β).

Zároveň platí následující pravidla:

1. Pokud je možné v daném směru realizovat provoz **třídy β** , je současně možné realizovat v daném směru provoz **třídy 0**
2. Pokud je možné v daném směru realizovat provoz **třídy α** , je současně možné realizovat v daném směru provoz **třídy β** a provoz **třídy 0**.

Tabulka 46 obsahuje 6 základních schémat zohledňujících samotnou existenci, pozici a typ DDK, jež se mohou při předjíždění **z pohledu zastavujícího DV** naskytovat. Na základě stavu DDK a třídy dolního (předjíždějího) provozu je potom doplněna třída provozu horního. Obrázek 55 obsahuje legendu vysvětlující význam jednotlivých symbolů

používaných v tabulce. Schéma je vždy nahlíženo tak, že **DV jede z dolního směru**. Proto, předjíždějící vlaky jsou také vždy dolního směru a projíždějící protisměrné vlaky jsou směru horního. Aby došlo k předjetí, musí být dolní provoz roven alespoň **třídě β** . Měřítkem vhodnosti daného schématu pro předjíždění DV je třída provozu v horní skupině, kterou je možné při procesu předjíždění DV realizovat. Označení dolní a horní (skupina, provoz) je jen z hlediska pohledu na obrázek, ale v praxi uvedené poznatky platí pro oba směry.



Obrázek 55 Legenda pro hodnocení schémat předjíždění DV

Zdroj: autor

Sloupec číslo 1 (Tabulka 46) obsahuje název schématu, ve sloupcích číslo 2 a 4 je umístěna vždy podoba daného schématu a sloupce 3 a 5 obsahují hodnocení schémat podle možnosti realizace provozu v horním směru a to následovně:

- **Třída 0**, číslem 1
- **Třída β** , číslem 2
- **Třída α** , číslem 3

Schéma A

Pokud v dopravně z pohledu zastavujícího vlaku není DDK, je opravdu nevhodné realizovat zde předjíždění DV.

- Má-li docházet k předjíždění provozem **třídy α** , tedy s nárokem průjezdu po hlavní koleji stejného směru, je potřeba DV odstavit (například) do horní kolejové skupiny a tím ji v podstatě uzavřít.
- Jestliže v dolním směru figuruje provoz **třídy β** , odstávka rovněž není moc vhodná. Nabízí se sice využít koleje dolní skupiny pro průjezd (případně i zastavení) vlaků jak horního, tak dolního směru, avšak to je v nárocích stanoveno jako nepřípustné.

Schéma B

Pokud v dopravně z hlediska zastavujícího vlaku existuje pouze 1 hlavní stejnosměrná DDK, potom:

- pokud dolní směr patří do **třídy α** , vyžadují předjíždějící vlaky k průjezdu dopravnou dolní hlavní kolej. Předjízdná kolej dolní skupiny je nedostatečná, proto musí dojít k odstavení DV do horní skupiny, čímž se tato stává k průjezdu opačného směru nezpůsobilá. Horní směr je tedy **třídy 0**.
- Tvoří-li dolní směr vlaky **třídy β** , je možné nechat DV zastavit na DDK dolní skupiny, protože nároky z hlediska předjíždějících vlaků dovolují použít k průjezdu předjízdnou kolej. Vzhledem k tomu se veškerý dolní provoz odehrává v dolní skupině a horní skupinou mohou projíždět vlaky **třídy α** .

Schéma C

Schéma, ve kterém figuruje hlavní DDK v horní skupině, má pokaždé stejný vliv na horní provoz.

- Pokud je DV předjížděn vlaky **třídy α** , je nezbytné zachovat dolní hlavní kolej volnou. Avšak hlavní DDK v horní skupině umožní vlakům horního směru **třídy β** , objet odstavený DV po předjízdné koleji horní kolejové skupiny
- I přesto, že vymizí nárok dolního směru na dolní hlavní kolej, nelze v horním směru realizovat provoz **třídy α** .

Schéma D

Umístění DDK v horní kolejové skupině umožní předjíždění DV vlaky **třídy α** , ale samotný přejezd DV znamená obsazení zhlaví horního provozu. V případě horního provozu jsou tedy

kritéria splněna pouze pro vlaky **třídy β** , a to nezávisle na třídě předjíždějících vlaků (dolní skupina).

Schéma E

Jedná se o ideální případ, neboť vzhledem k možnosti odstavení DV na předjízdnu DDK dolní skupiny je možné zachovat v obou směrech provoz **třídy α** .

Schéma F

Dlouhý vlak je odstaven na nultou DDK. Jedná se o schéma mající na průběh operace stejný dopad jako schéma E.

Tabulka 46 Hodnocení vhodnosti schémat pro předjíždění DV

1.	2.	3.	4.	5.
A		1		1
B		1		3
C		2		2
D		2		3
E		3		2
F		3		3

Zdroj: autor

Tabulka 46 lze považovat za jakousi formu ukazatele propustnosti, neboť zcela jasně říká, jaké nároky provozu horního i dolního směru je dopravna při předjíždění DV schopna splnit. Pakliže je možné zachovat provoz **třídy α** jak v dolním, tak horním směru, tzn., že vlaky obou směrů projíždějí dopravnou po hlavní koleji svého směru (například traťovou rychlostí), není nutné k jejich **B** připočítávat žádný přírůstek a provedení předjetí DV v takové dopravně nepovede k negativnímu ovlivnění propustnosti této stanice a potažmo ani celé trati.

Pakliže je nutné při předjíždění DV připustit i případné zpomalování, či krátkodobé zastavování vlaků ať už horního, či dolního směru (tzn., že v daném směru lze realizovat pouze provoz **třídy β**) je třeba kalkulovat s nárůstem doby potřebné pro odbavení vlaků postiženého směru danou dopravnou a fakticky i s nárůstem jejich **B**. Ruku v ruce s tím klesá i propustnost takové dopravně.

Pokud dopravna nabízí takovou možnost předjetí DV, v jejímž důsledku dochází k blokaci horní kolejové skupiny a tím pádem znemožnění jejího použití pro vlaky horního směru (tzn., že pro tento směr platí **třída 0**), je nutné počítat (samozřejmě v případě, že provoz v horním směru existuje) s nárůstem času potřebného pro obsluhu vlaků touto stanicí a to minimálně právě spoju horního povelu, ale s nejvyšší pravděpodobností budou negativně ovlivněny i vlaky směru dolního. Tím poroste i celková doba obsazení vlaků (**B**) a sníží se propustnost takové dopravně.

Má-li být dopravna hodnocena na základě toho, jak bude ovlivněna její propustnost, pokud v ní má dojít (docházet) k předjíždění DV, nabízí se počít součet hodnocení schémat, které dopravna nabízí pro DV sudého a DV lichého směru.

Proto například, pokud je dopravna vybavena jednou hlavní DDK, která nebude pouze jednosměrná (kapitola 4.1), bude pro jeden ze směrů poskytovat **schéma B** a pro druhý směr se bude jednat o **schéma C**. Výsledné hodnocení potom budiž součtem ohodnocení schémat, které je dopravna schopna dílčím směrům nabídnout, tedy číslo **3**.

Pokud by dopravna disponovala jednou předjízdou DDK, jejíž funkce DDK však bude platná pouze v jednom směru (jednosměrná DDK), bude schopna daná dopravna poskytnout schéma v jednom směru sice hodnoty **3**, ale ve druhém směru pouze schéma s hodnotou **1**. Výsledkem je součet **4**.

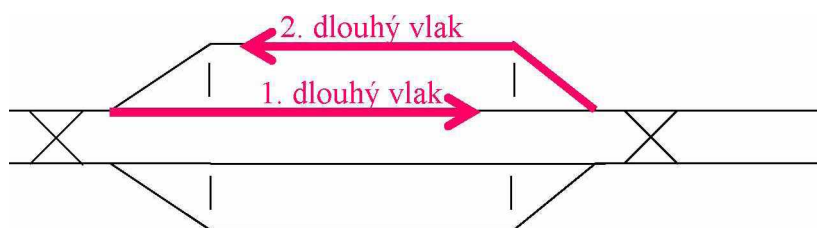
Z hlediska zachování (respektive nárůstu) své propustnosti, při realizaci předjíždění DV v nich, jsou nejvhodnějšími stanicemi ty, jejichž hodnocení dosahuje čísla **6**. Nabízejí totiž

schéma za 3 body, jak v lichém tak i v sudém, které neimplikuje nárůst **B** obsluhovaných vlaků. Jedná se o dopravní s jednosměrnými, respektive obousměrnými kolejemi, které jsou umístěné vždy v dolní skupině (z pohledu zastavujícího DV) případně dopravní vybavené DDK umístěnou mezi hlavními kolejemi. Naopak z tohoto pohledu jsou na tom nejhůře dopravní s celkovým hodnocením dosahujícím čísla **2**, tedy neschopné nabídnout schéma využívající DDK ani v lichém ani v sudém směru. Zde bude předjíždění DV znamenat značný nárůst hodnoty **B** u vlaků, které budou v jeho průběhu vyžadovat obsluhu od této dopravní.

Ovšem při plánování (respektive i přímo realizaci) jízdy DV není nutností soustřeďovat jeho interakce pouze ve stanicích, jež jsou vybaveny předjízdny DDK v obou skupinách, případně nulou DDK. Opravdu velkou roli tu hraje **okolní provoz**. Takže pokud je na dané trati například po určité časové období protisměrný provoz (vzhledem k zastavujícímu DV) slabší, případně nulový, lze předjetí naplánovat v dopravně, nedisponující DDK (schéma A), případně v dopravních, které jsou schopny nabídnout některé ze schémat operujících pouze s hlavní DDK (schémata B a C). To se může stát poměrně realistickým řešením primárně na tratích s nižší frekvencí provozu, nebo alespoň v rámci frekvenčních nerovnoměrností během dne (určitý směr v určité období nemusí vykazovat takové vytížení). Pokud je však trasa konstruována ve špičkovém období, je třeba vyhledávat dopravní nabízející **schéma E**, **respektive F**, jinak se dostaví nežádoucí dopady na okolní provoz (například nepřijatelné skutečnosti v nárocích). A nemusí se zde jednat pouze o nežádoucí zastavování vlaků vysoké kategorie osobní dopravy v přepravně nezajímavých dopravních, ale rovněž i značné přírůstky spotřeby energie vzniklé v souvislosti se zastavením a rozjezdem nákladního vlaku.

Dva dlouhé protisměrné vlaky

Zde se již nelze začít ptát, při jaké třídě horního provozu je daná interakce proveditelná, ale zdali vůbec je předjetí dvou vlaků opačného směru současně v dané dopravně vůbec realizovatelné. Pokud totiž dopravní nabízí pro oba směry pouze **schéma A** dojde k situaci uvedené na obrázku 56, kdy se dlouhé vlaky de facto navzájem zablokují.



Obrázek 56 Zastavení dvou DV v dopravně poskytující v obou směrech schéma A

Zdroj: autor

Ve druhém uvedeném případě (Obrázek 57) sice již k vzájemné blokaci nedochází, ale vlaky horního směru nemohou k průjezdu stanicí používat vlastní kolejovou skupinu a jediná nabízející se možnost je použití protisměrné kolejové skupiny, což je nežádoucí.



Obrázek 57 Dopravna poskytující v sudém směru schéma C a v lichém směru schéma A

Zdroj: autor

Má-li ve stanici dojít k předjetí dvou DV, které jsou rozdílného směřování, musí být tato stanice schopna nabídnout alespoň **schéma B**, a to **v obou směrech**.

Má-li ve stanici dojít k předjetí dvou DV rozdílného směru současně, přičemž předjíždějící vlaky obou směrů mají být **třídy α** , je nezbytné, aby dopravna byla schopna v obou směrech nabídnout **schéma E**.

Jinými slovy dopravna, ve které má dojít k předjetí dvou protisměrných dlouhých vlaků musí být vybavena alespoň hlavními DDK v obou kolejových skupinách. To samo o sobě již klade nemalé nároky na dopravnu, a pokud má k takovému scénáři docházet, byť plánovaně, je potřeba počítat s nárůstem jízdních dob okolního provozu, samozřejmě v závislosti na rychlosti při používání předjízdňných kolejí. Pokud doprava nemá adekvátní vybavení, je lépe se této interakci vyhnout. Nejlépe tím, že jeden z vlaků bude odstaven již dříve a to i za cenu delšího pobytu v této dopravně, případně pokud zde existuje prostor posunout předjetí některého z vlaků o stanici dál, je to rozhodně taktéž možnost.

6.3 Přiřazení odpovídajícího hnacího vozidla k vlaku

To by mělo být schopno naplno využít rychlostní parametry tratě, a to i při přepravě nákladu větší hmotnosti (kapitola 5.3). Pokud bude takovému vlaku přiřazeno hnací vozidlo nedostatečného výkonu, prodlouží se jeho jízdní doba, což se nepříznivě projeví na propustnosti trati. Rovněž je nutné zabezpečit plynulý přechod mezi napájecími soustavami, to znamená zařadit vícesystémové lokomotivy. Ke zvážení je rovněž souprava se dvěma hnacími vozidly, čímž by teoreticky mělo dojít k eliminaci případných nedostatků výkonu. Hnací vozidlo navíc ovšem zabírá potenciální místo jednoho nákladního vozu. (1,3)

6.4 Řazení vozů vybavených méně hlučným typem brzd

Brzdění nákladních vlaků je doprovázeno značnou emisí hluku a delší vlak je třeba brzdit déle. To může být problémem především u tratí (dopraven), nacházejících se poblíž obydleného území (sídla). Hlučnost brzdění by šlo do jisté míry redukovat zařazením vozů, které jsou vybaveny méně hlučným kompozitním brzdovým obložením, či kotoučovou brzdou. Řešením je rovněž vybavení inkriminovaných úseků trati protihlukovými stěnami.(9)

ZÁVĚR

Zásadní součástí práce je provedená simulace několika scénářů zahrnujících provoz dlouhých vlaků na modelové trati, jejíž klíčové parametry odpovídají úseku I. železničního koridoru, a výstupy této simulace jsou zhodnoceny pomocí navržených ukazatelů změny propustnosti. Konkrétně se jedná o **ukazatel přírůstku zpoždění vlaku v koncové stanici (ΔD_{740})**, dále **ukazatel průměrného zpoždění vlaku na příjezdech (průjezdech) do dopraven ($\Delta \bar{d}_{740}$)** a **úsekový přírůstek zpoždění vlaku (ΔD_{AB740})**.

Těžištěm první části simulace jsou izolované průjezdy DV v nočním, dopoledním, odpoledním a večerním období. Druhá část simulací je zaměřena na realizaci 24hodinového JŘ s různým početním zastoupením vlaků nadstandardní délky. Jsou tak prověřeny scénáře, při kterých dojde k realizaci nejprve 24 a posléze 80 tras nákladních vlaků délky 740 m, rozložených do celého dne. Práce obsahuje taktěž výstup a zhodnocení simulace 24hodinové JŘ na zkoumané trati, bez možnosti využití nultých staničních kolejí v dopravnách Poříčany, Český Brod a Úvaly. V součinnosti s tím je prověřena stěžejní většina předjízdných interakcí s účastí DV na **dvojkolejných trati**, které byly vyjmenovány v analytické části (jejich soupis obsahuje tabulka 47, struktura těchto situací je obsažena v kapitole 2.2.2). Pro prověření změny propustnosti jednokolejných tratí v důsledku nasazení DV je třeba dalšího výzkumu.

Tabulka 47 Interakce DV na dvojkolejných trati prověřené pomocí simulace

Prověřené interakce										
XXV	XIV	XII	XXXIII	XX	XXVI	XXI	XV	XXXIV	XIX	XXIX

Zdroj: autor

Zjišťovat dopady provozu nákladních vlaků o délce 740 m na propustnost zkoumané trati pomocí ukazatelů založených na přírůstku zpoždění vlaku ΔD_{740} , $\Delta \bar{d}_{740}$ a ΔD_{AB740} , se ukázalo jako možná alternativa, což se podařilo v této práci prokázat díky výstupům vytvořeného simulačního modelu. Takové měření však představuje komplexní problém a pro poskytnutí uceleného obrazu o těchto dopadech je zapotřebí **sledovat nejlépe všechny navržené ukazatele současně** a v ideálním případě je kombinovat. Zároveň je podstatné sledovat vývoj těchto ukazatelů, když ne u všech vlaků daného JŘ, tak přinejmenším u vlaků, které jsou s DV v přímé interakci.

Výsledky simulace naznačují, že realizovat trasy jednotlivých DV na trati, kde se vyskytují i dopravní nedisponující předjízdnými DDK, je pravděpodobně možné a to i bez výraznějšího

dopadu na propustnost této trati. Klíčovým faktorem je **frekvence a skladba okolního provozu**, se kterým se DV v průběhu jízdy dostává do styku a parametry vlaků které tento okolní provoz tvoří. Čím více se spoje v blízkosti trasy DV budou svými parametry jemu blížit, tím snazší bude implementace tohoto DV do provozu.

Dopravny s předjízdnou DDK se stávají **nezbytností na tratích se zvýšenou frekvencí provozu** osobní dopravy, nebo alespoň na jejich úsecích, kde se markantnější vytížení osobní dopravou očekává (například modelový úsek Praha – Český Brod). Na těchto sekcích lze očekávat vznik nutnosti předjet DV, rychlejšími a zpravidla prioritními vlaky osobní dopravy. Pakliže by toto předjíždění mělo probíhat v dopravnách bez předjízdných DDK, či dokonce i bez hlavních DDK, dostaví se nežádoucí nárůst doby obsazení (**B**) vlaků osobní dopravy, způsobený nucenou volbou jízdnic s nižší rychlostí užití, případně jejich nežádoucím zastavováním z čistě přepravních důvodů. To vše vede ke snižování propustnosti nejen samotné dopravní, ale potažmo i celé zkoumané trati.

Přínos práce spočívá v tom, že se podařilo navrhnout ukazatele, které jsou schopny postihnout změnu propustnosti trati, jež je způsobena nasazením vlaků délky 740 m do provozu, uskutečňovaného na této trati. Prostřednictvím simulačního modelu vytvořeného v programu OpenTrack bylo možné sledovat reálný průběh interakcí (na dvojkolejné trati), ve kterých figuruje nákladní vlak délky 740 m a následně pomocí navržených ukazatelů zhodnotit dopady těchto situací nejen na samotný dlouhý vlak a vlaky s ním interagující, ale potažmo i na celý realizovaný provoz trati. Díky tomu autor vyvodil závěry a doporučení, jež by se mohla uplatnit při provozu vlaků o délce 740 m v praxi.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) BREJCHA, Radim a Radek ČECH. Provoz nákladních vlaků o délce až 740 metrů. *Vědeckotechnický Sborník ČD a.s.* [online]. srpen 2015, **2015**(40), 1-13 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://vts.cd.cz/documents/168518/168699/4008.pdf/4c3c820d-f2d0-4e36-8403-d221ef615c78>
- (2) TÁZLEROVÁ, Jana. *Provoz vlaků o délce až 740 metrů na síti SŽDC*. Pardubice, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Jaroslav Matuška.
- (3) SCHULTZ-WILDELAU, Michael a Angela LANG. Longer trains: Facts and Experiences in Europe. *CER: The Voice of European Railways* [online]. Brusel: Community of European Railway and Infrastructure Companies, 2018, 2016 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: http://cer.be/sites/default/files/publication/160525_Longer%20Trains_Facts%20and%20Experiences%20in%20Europe_final_0.pdf
- (4) JOHÁNEK, Tomáš. Velkým problémem pro nás začíná být omezená délka vlaků. *Dopravní noviny: doprava & logistika online* [online]. Praha: České dopravní vydavatelství, 2018, 2. března 2016, **2016**, 1-1 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/kombinovana-doprava/velkym-problemem-pro-nas-zacina-byt-omezena-delka-vlaku>
- (5) *SŽDC SM124: Zjišťování kapacity dráhy*. In: . Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2019. Dostupné také z: www.szdc.cz
- (6) HUERLIMANN, Daniel a Andrew B. Nash. *OPENTRACK: Simulation of Railway Networks*. Version 1.3. Zurich: Institut for Transport Planning and Systems.
- (7) *Plánky stanic* [online]. 2019 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: http://iwan.eu07.pl/jw/john_woods2009/planky/
- (8) *Portál provozování dráhy* [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://provoz.szdc.cz/PORTAL/>
- (9) SŮRA, Jan. Nový strašák železničních dopravců: tiché koridory. Špalíky zlepšení nepřinesly. *Zdopravy.cz* [online]. Avizer Z, 2017, 7.5.2018, **2018**, 1-1 [cit. 2018-11-19]. ISSN 2570-7868. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/novy-strasak-zeleznicnich-dopravcu-tiche-koridory-nove-spaliky-zlepseni-nepripinesly-11201>

(10) *SŽDC SM104: Provozní intervaly a následná mezidobí grafikonu vlakové dopravy*. In: .
Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2013. Dostupné také z:
www.szdc.cz

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Traťové rychlosti a rychlosti průjezdu stanicí po hlavních kolejích	(114)
Příloha B Grafický výstup simulace defaultního JŘ	(117)
Příloha C Grafický výstup simulace jízdy DV s hnacím vozidlem nedostatečného výkonu lichého směru	(CD)
Příloha D Grafický výstup simulace jízdy DV s hnacím vozidlem nedostatečného výkonu sudého směru	(CD)
Příloha E Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 60002	(CD)
Příloha F Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 40021	(CD)
Příloha G Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 40046	(CD)
Příloha H Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 40005	(CD)
Příloha CH Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 60044	(CD)
Příloha I Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 40003	(CD)
Příloha J Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 60066	(CD)
Příloha K Grafický výstup izolovaného průjezdu nákladního DV 40031	(CD)
Příloha L Grafický výstup 24hodinového JŘ při nasazení DV na 24 trasách	(CD)
Příloha M Grafický výstup 24hodinového JŘ při nasazení DV na 80 trasách	(CD)
Příloha N Grafický výstup 24hodinového JŘ při nasazení DV na 80 trasách, bez možnosti využití nultých staničních kolejí ve stanicích Poříčany, Český Brod a Úvaly	(CD)

PŘÍLOHY

**PŘÍLOHA A TRATĚVÉ RYCHLOSTI A RYCHLOSTI PRŮJEZDU STANICÍ PO
HLAVNÍCH KOLEJÍCH (1 z 3)**

Stanice (úsek)	SUDÝ směr [km·h⁻¹]	LICHÝ směr [km·h⁻¹]
Česká Třebová	40/60	60/40
Česká Třebová - Dlouhá Třebová	145	145
Dlouhá Třebová	100	100
Dlouhá Třebová - Ústí nad Orlicí, město	145	145
Ústí nad Orlicí, město	120	80
Ústí nad Orlicí	80	80
Ústí nad Orlicí-Brandýs nad Orlicí	145	145
Brandýs nad Orlicí	80	80
Brandýs nad Orlicí-Choceň	145	145
Choceň	100	100
Choceň-Zámorsk	160	160
Zámorsk	160	160
Zámorsk - Uhersko	160	160
Uhersko	160	160
Uhersko - Moravany	160	160
Moravany	145	160
Moravany - Kostěnice	145	145
Kostěnice	145	145
Kostěnice - Pardubice	145	145
Pardubice	80	80
Pardubice - Přelouč, nákladní	145	145
Přelouč, nákladní	160	145
Přelouč, nákladní - Přelouč, osobní	160	145
Přelouč, osobní	145	145
Přelouč, osobní - Řečany nad Labem	145	145
Řečany nad Labem	145	145
Řečany nad Labem - Záboří nad Labem	150	150
Záboří nad Labem	150	160
Záboří nad Labem - Kolín	160	160
Kolín	120	120
Kolín - Velim	160	160
Velim	160	160
Velim - Pečky	160	160
Pečky	160	160
Pečky - Poříčany	160	160
Poříčany	120	120
Poříčany - Český Brod	120	120

**PŘÍLOHA A TRATĚVÉ RYCHLOSTI A RYCHLOSTI PRŮJEZDU STANICÍ PO
HLAVNÍCH KOLEJÍCH (strana 2 z 3)**

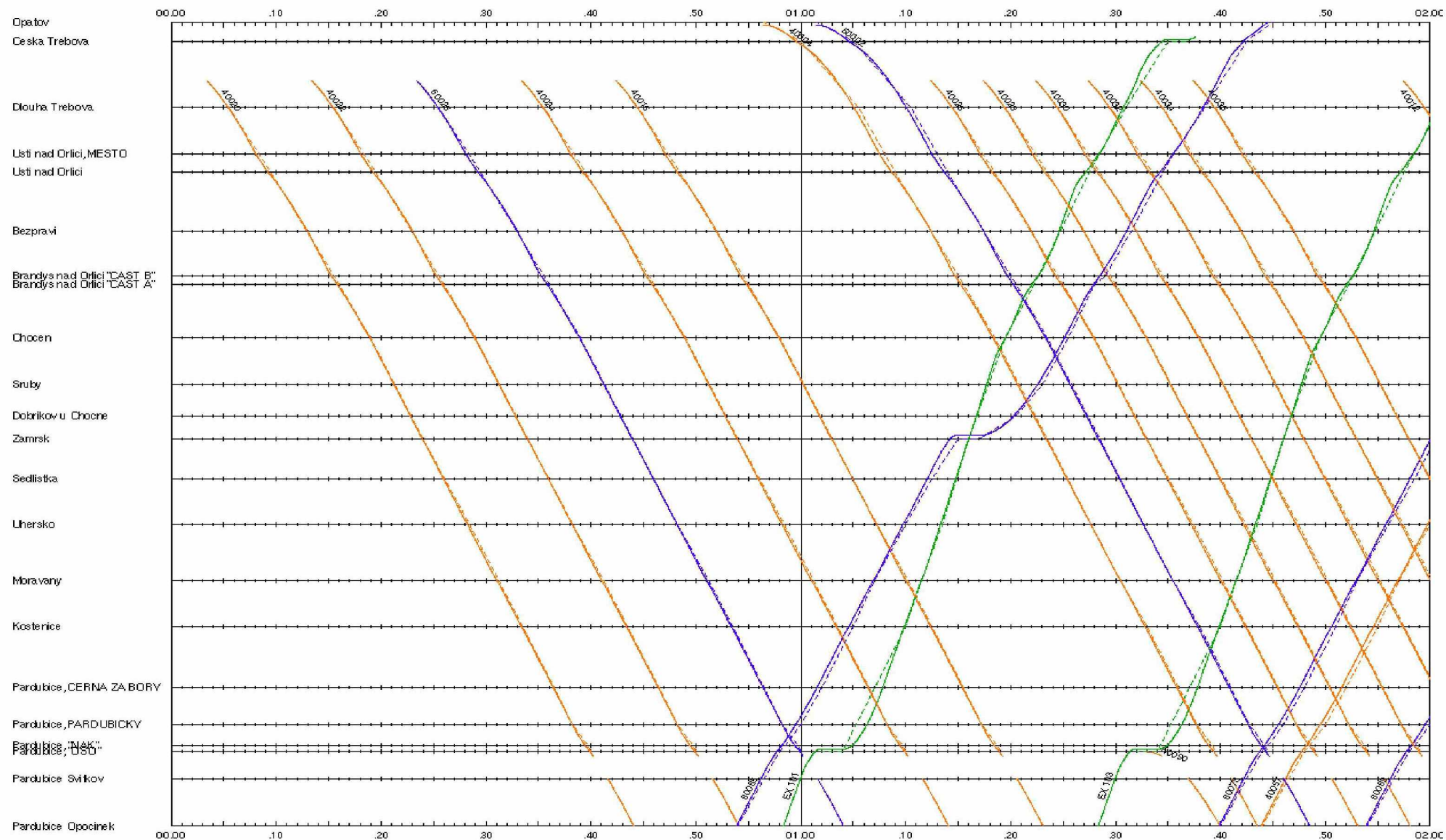
Český Brod	120	120
Český Brod - Úvaly	120	120
Úvaly	120	120
Úvaly - Praha Běchovice	145	145
Praha Běchovice	100	100
Praha Běchovice - Praha Libeň, osobní	145	145
Praha Libeň, osobní	80	80
Praha Libeň, nákladní	120/40	40/80
Praha Libeň, nákladní - Praha Holešovice	100	100
Praha Holešovice	75	100
Praha Holešovice - Praha Bubeneč	75	100
Praha Bubeneč	75	100
Praha Bubeneč - Rostoky u Prahy	75	100
Rostoky u Prahy	75	95
Rostoky u Prahy - Libčice nad Vltavou	100	95
Libčice nad Vltavou	100	95
Libčice nad Vltavou - Kralupy nad Vltavou, nákladní	110	95
Kralupy nad Vltavou, nákladní	110	75
Kralupy nad Vltavou, nákladní - Kralupy nad Vltavou, osobní	110	95
Kralupy nad Vltavou, osobní	110	75
Kralupy nad Vltavou, osobní - Nelahozeves	100	75
Nelahozeves	100	135
Nelahozeves - Vraňany	135	135
Vraňany	135	140
Vraňany - Dolní Beřkovice	160	140
Dolní Beřkovice	160	140
Dolní Beřkovice - Hněvice, osobní	160	140
Hněvice, osobní	160	90
Hněvice, osobní - Hněvice, nákladní	110	90
Hněvice, nákladní	120	130
Hněvice, nákladní - Roudnice nad Labem	120	130
Roudnice nad Labem	120	150
Roudnice nad Labem - Hrobce	100	150
Hrobce	100	160
Hrobce - Bohušovice nad Ohří	135	160
Bohušovice nad Ohří	135	150
Bohušovice nad Ohří - Lovosice, nákladní	160	150
Lovosice, nákladní	160	150
Lovosice, nákladní - Lovosice, osobní	90	75
Lovosice, osobní	100	90
Lovosice, osobní - Prackovice nad Labem	100	90
Prackovice nad Labem	100	105
Prackovice nad Labem - Ústí nad Labem, jih	95	105

**PŘÍLOHA A TRATĚOVÉ RYCHLOSTI A RYCHLOSTI PRŮJEZDU STANICÍ PO
HLAVNÍCH KOLEJÍCH (strana 3 z 3)**

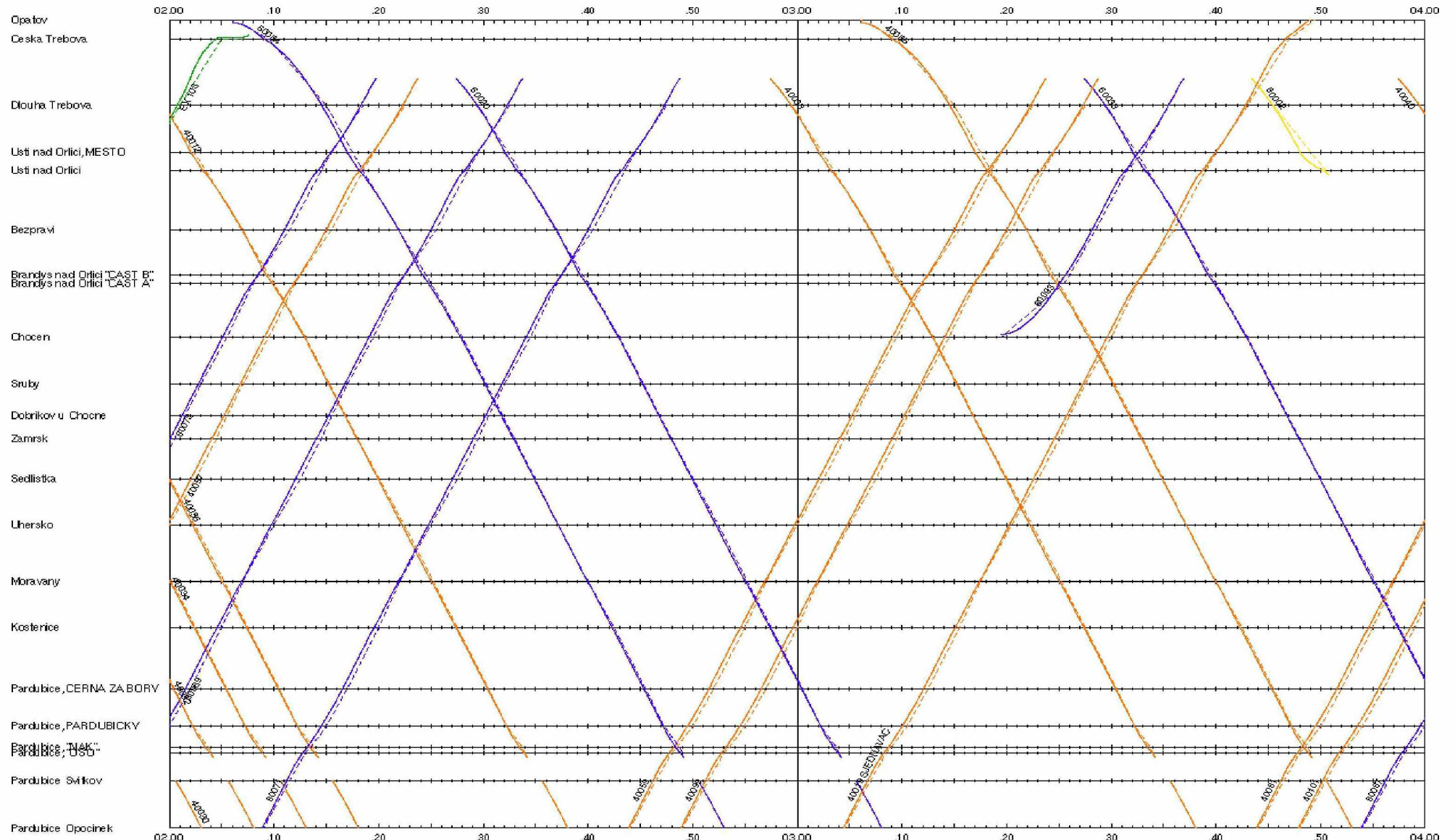
Ústí nad Labem, jih	70	65
Ústí nad Labem, jih - Ústí nad Labem, hlavní	70	65
Ústí nad Labem, hlavní	70	100
Ústí nad Labem, hlavní - Ústí nad Labem, sever	90	100
Ústí nad Labem, sever	90	100
Ústí nad Labem, sever - Povrly	135	100
Povrly	135	100
Povrly - Děčín, nákladní	110	100
Děčín, nákladní	65	65
Děčín, nákladní - Děčín, osobní	65	65
Děčín, osobní	65	65
Děčín, osobní - Bad Schandau	100	100
Bad Schandau	100	100

PŘÍLOHA B: GRAFICKÝ VÝSTUP SIMULACE DEFAULTNÍHO JŘ

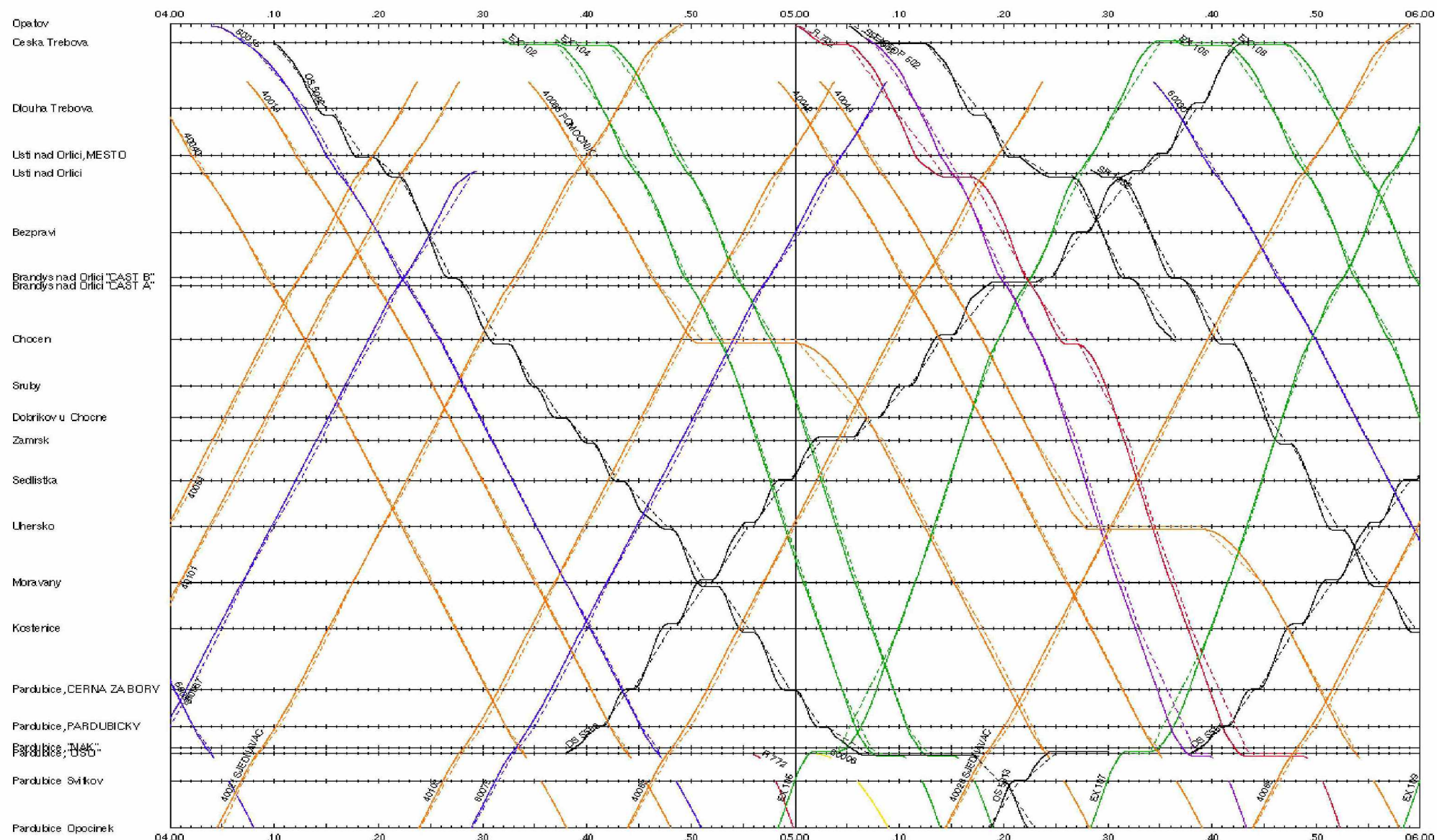
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 00:00:00 až 02:00:00



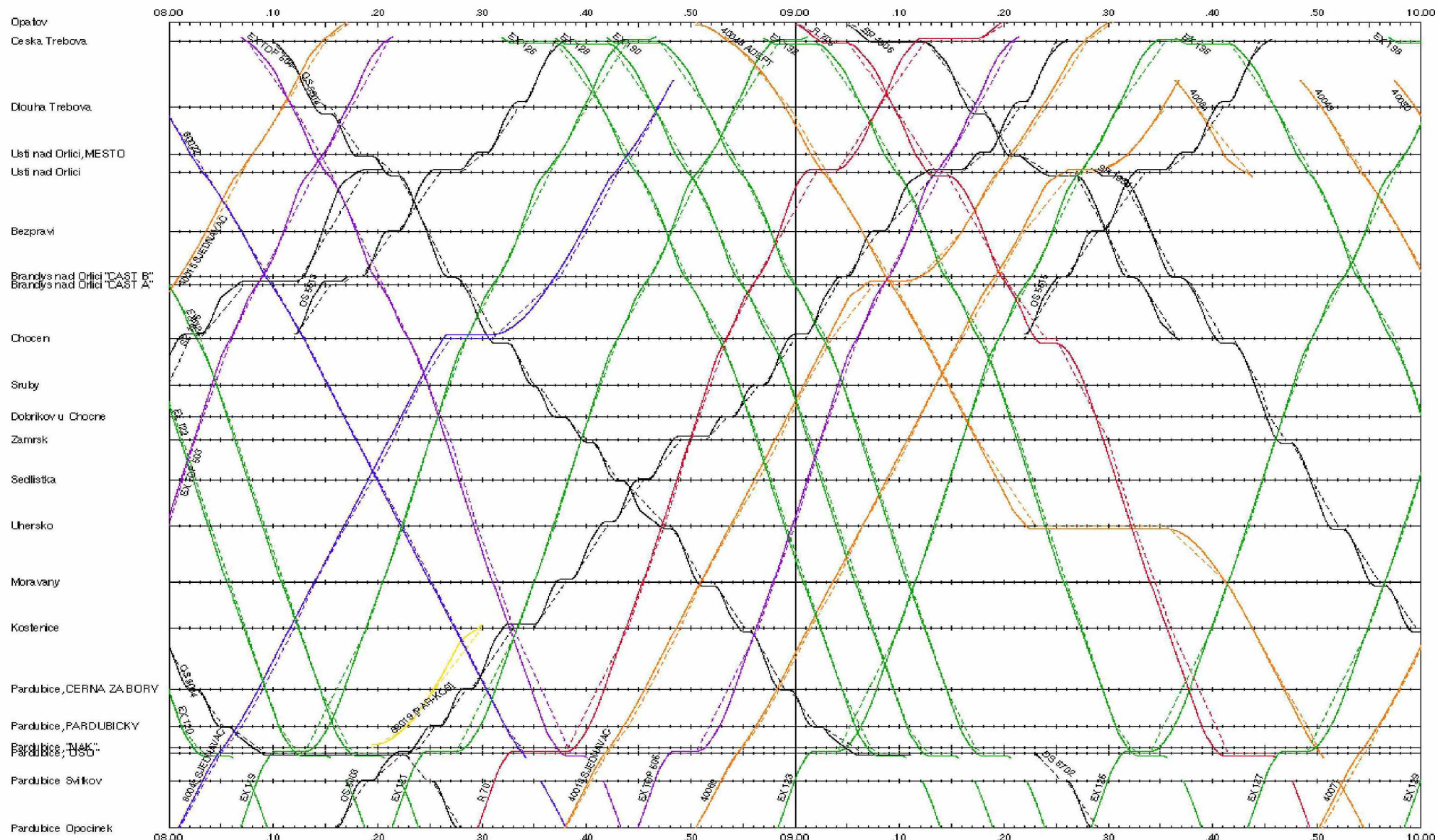
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 02:00:00 až 04:00:00



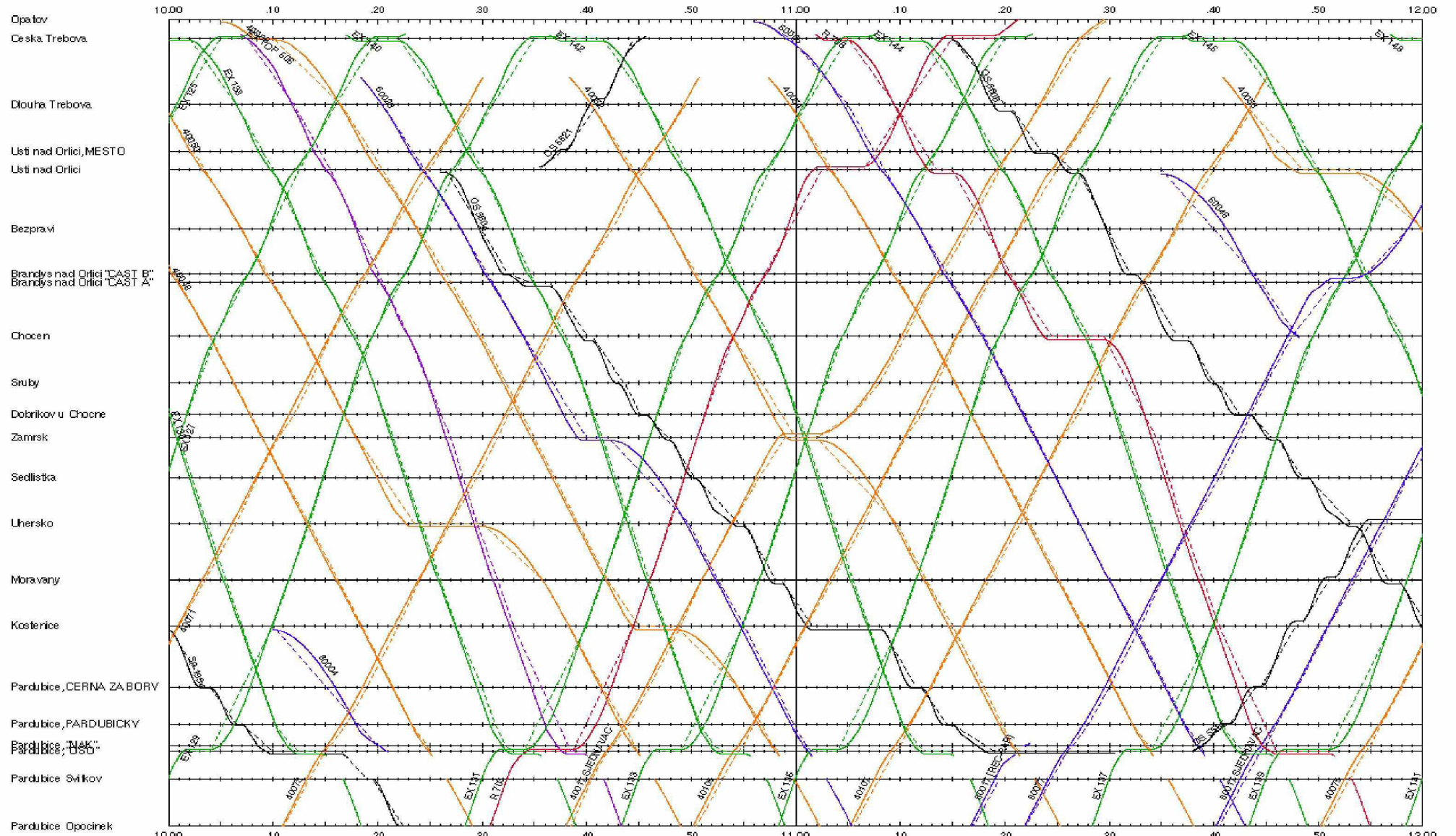
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 04:00:00 až 06:00:00



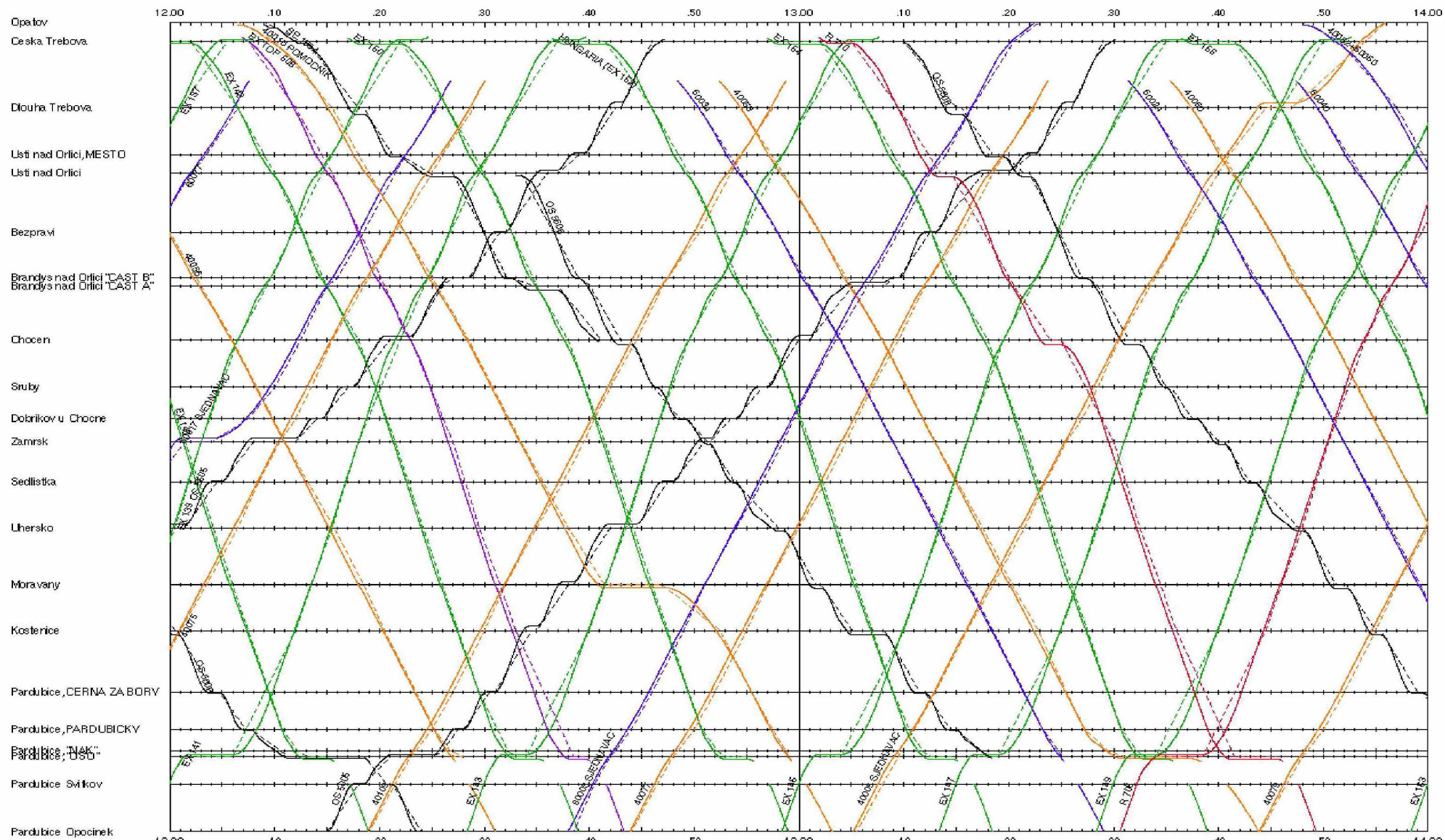
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 08:00:00 až 10:00:00



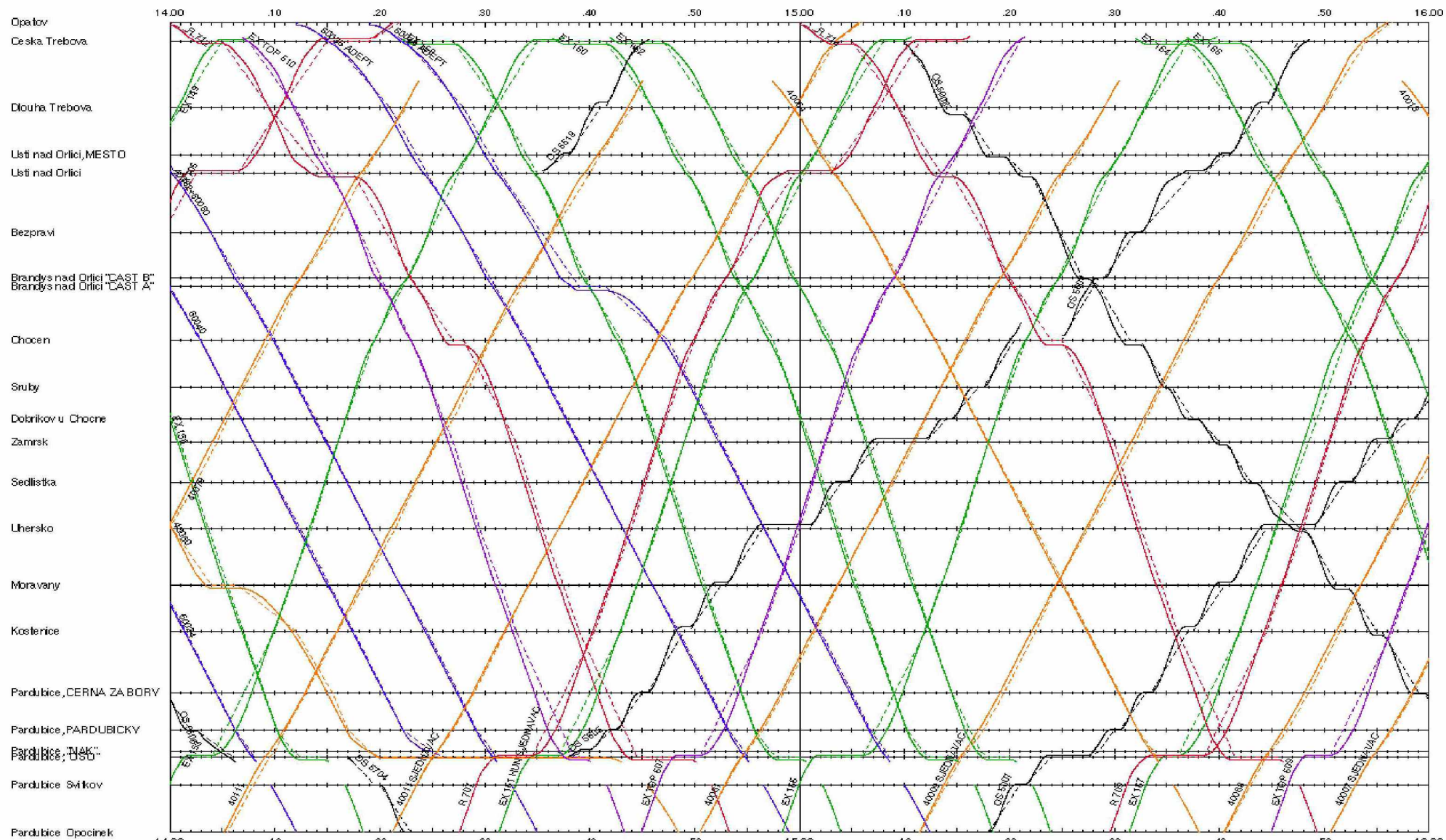
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 10:00:00 až 12:00:00



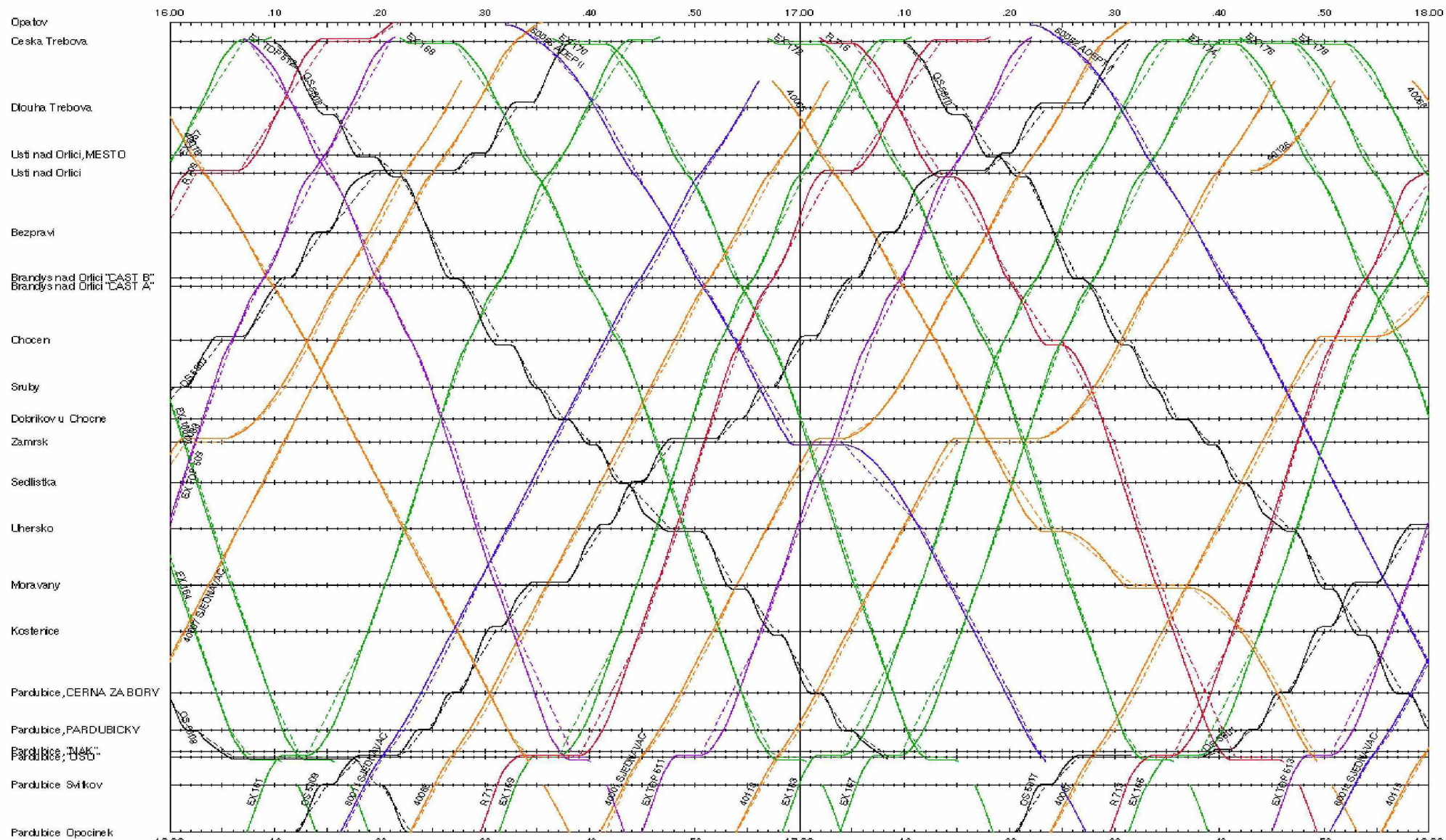
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 12:00:00 až 14:00:00



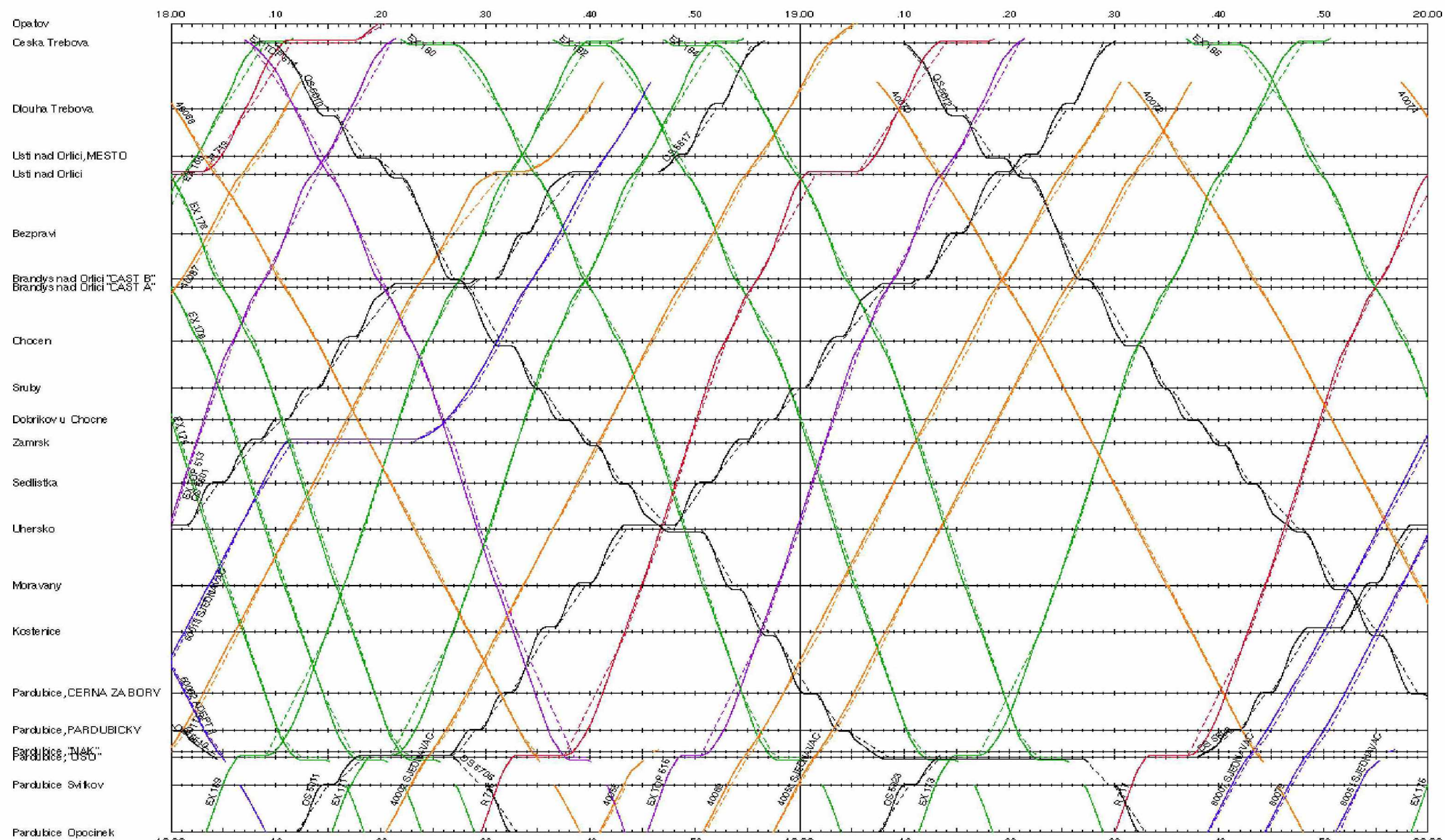
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 14:00:00 až 16:00:00



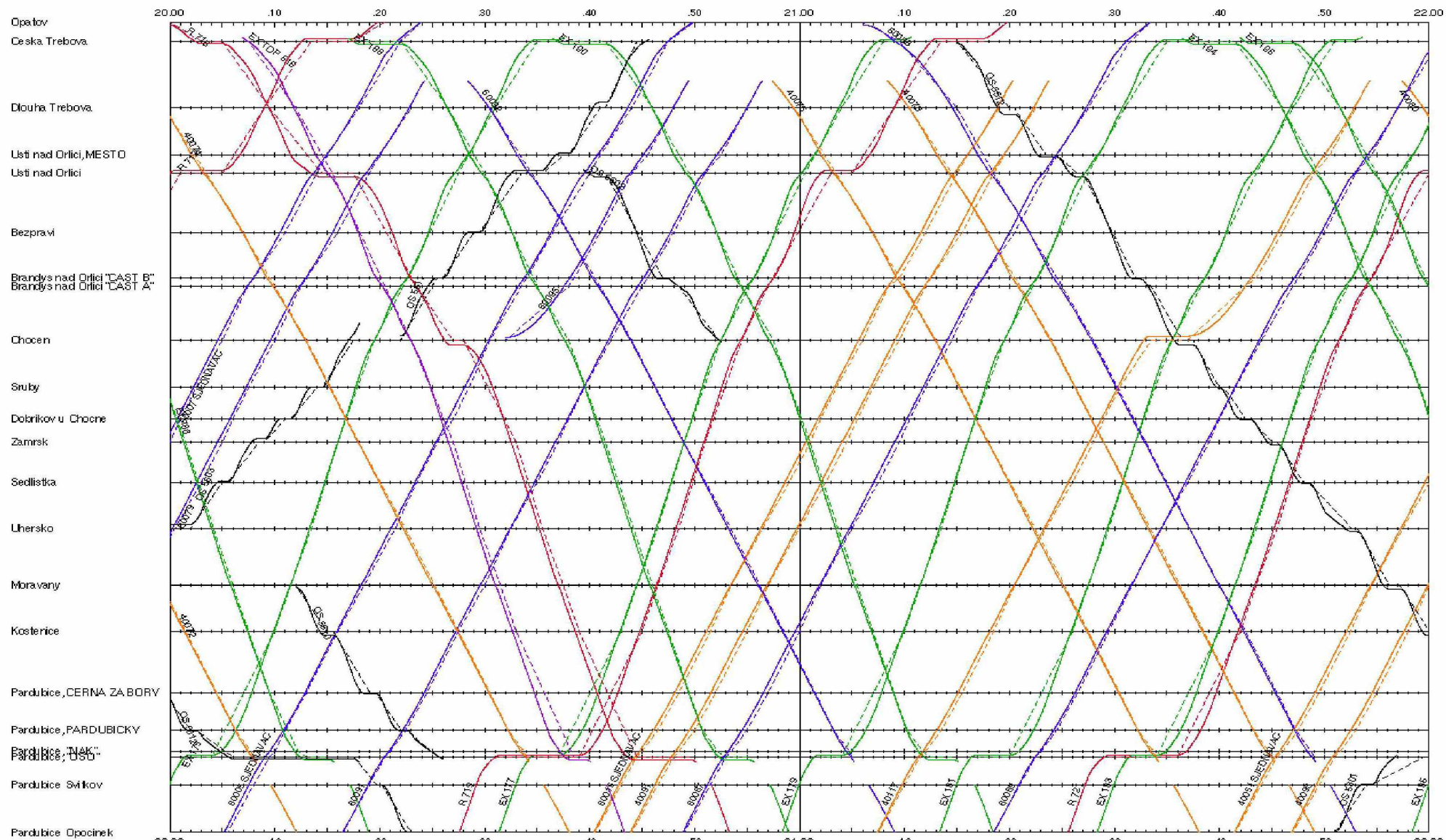
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 16:00:00 až 18:00:00



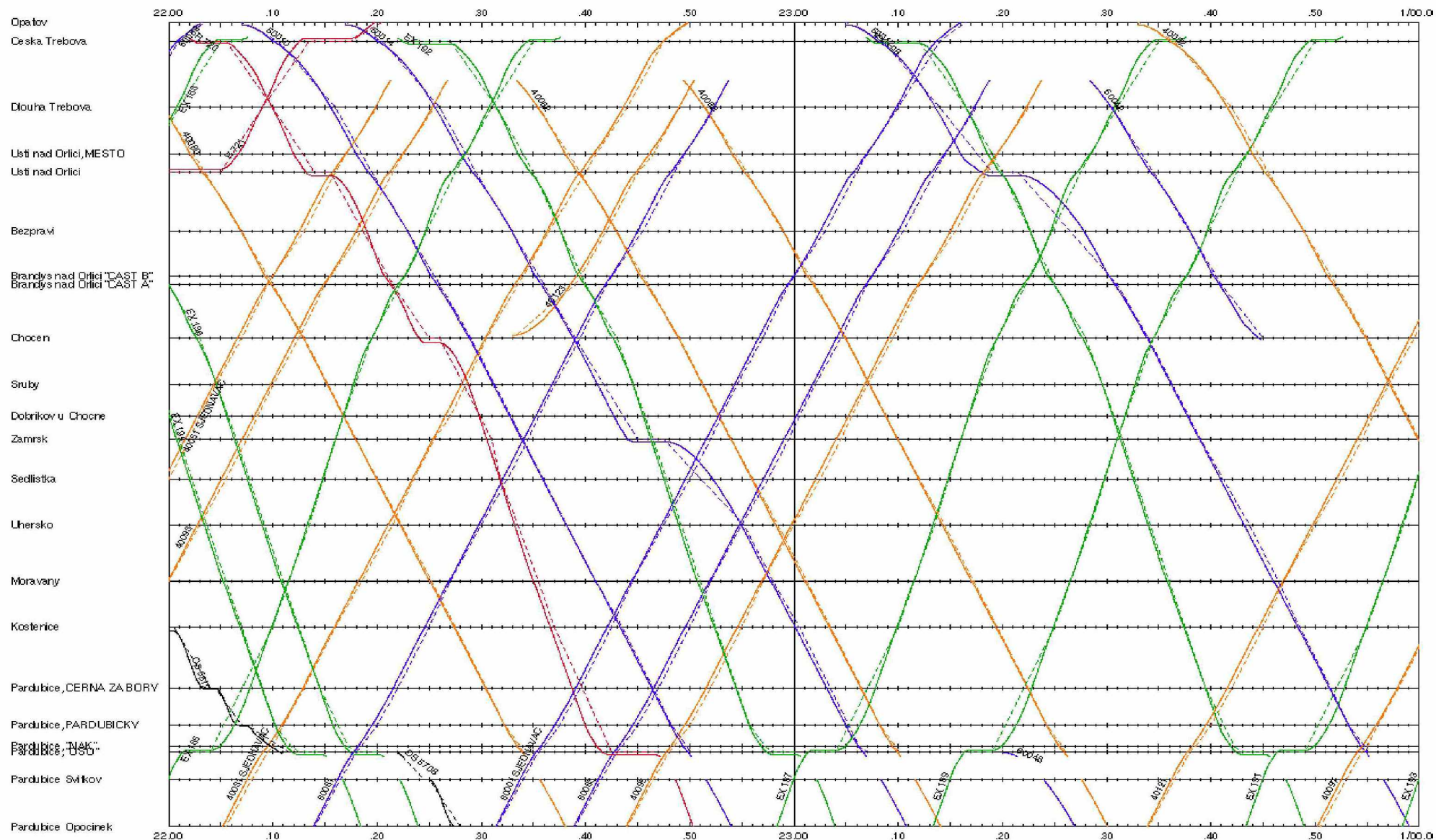
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 18:00:00 až 20:00:00



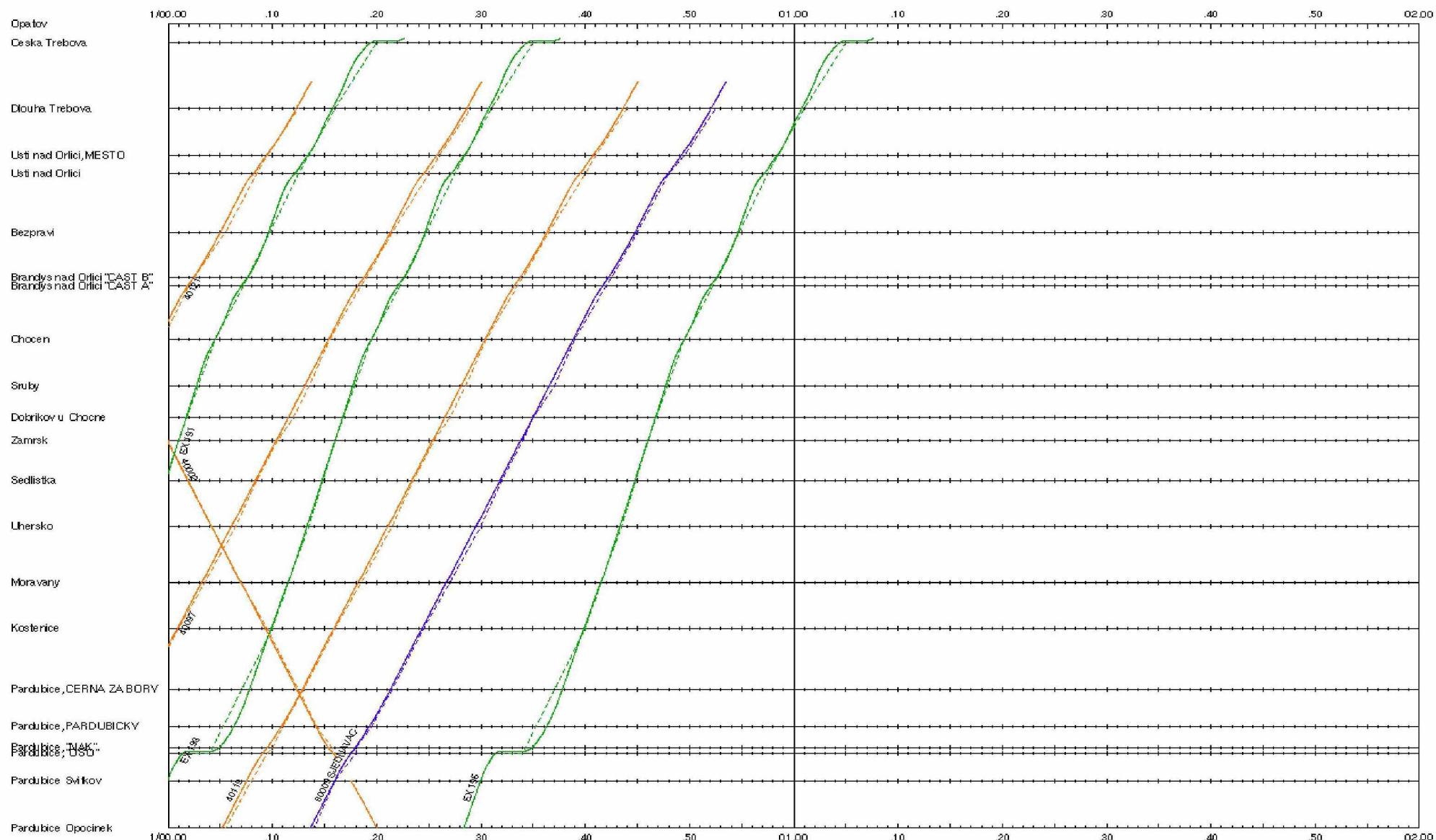
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 20:00:00 až 22:00:00



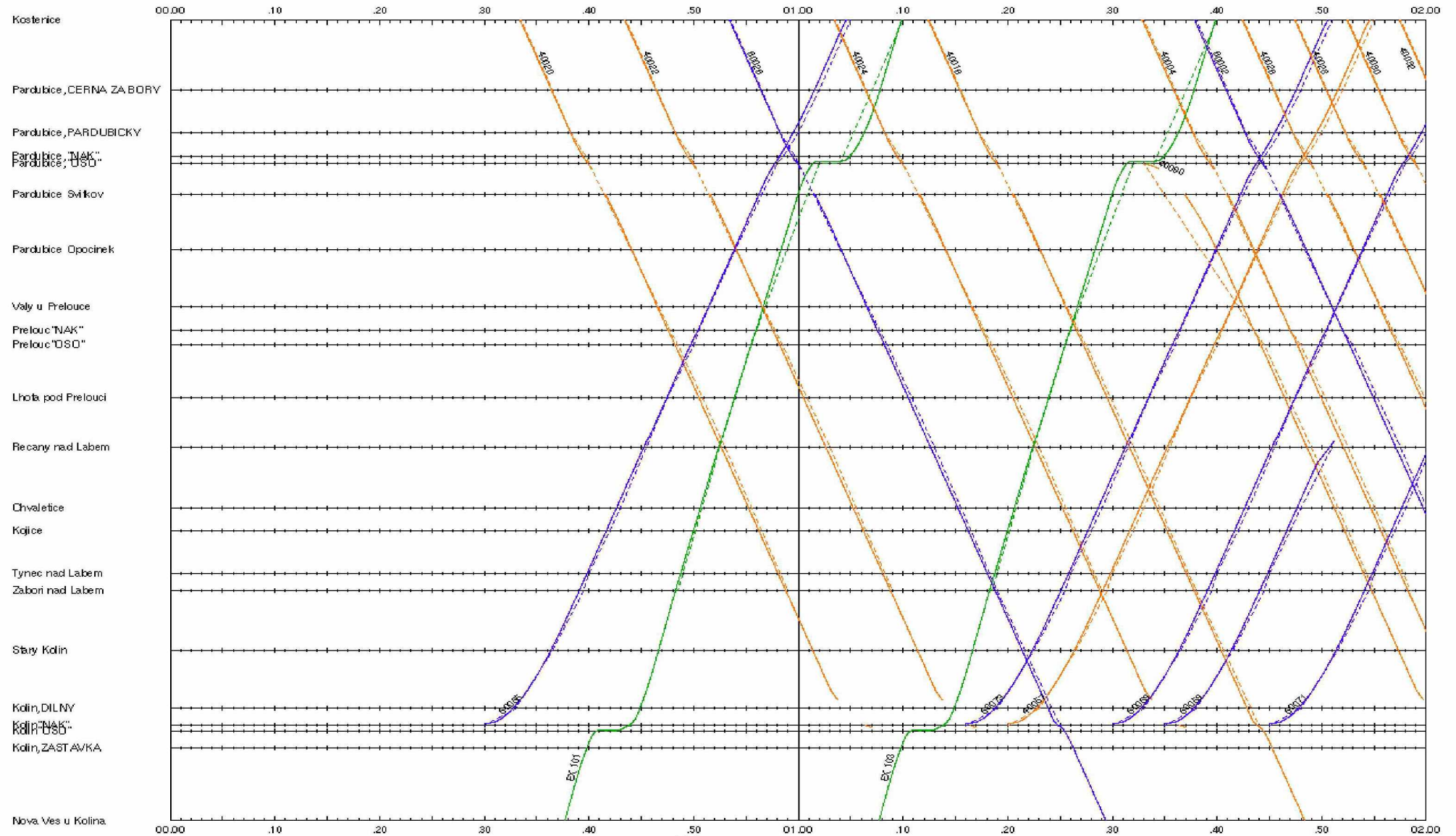
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 22:00:00 až 00:00:00



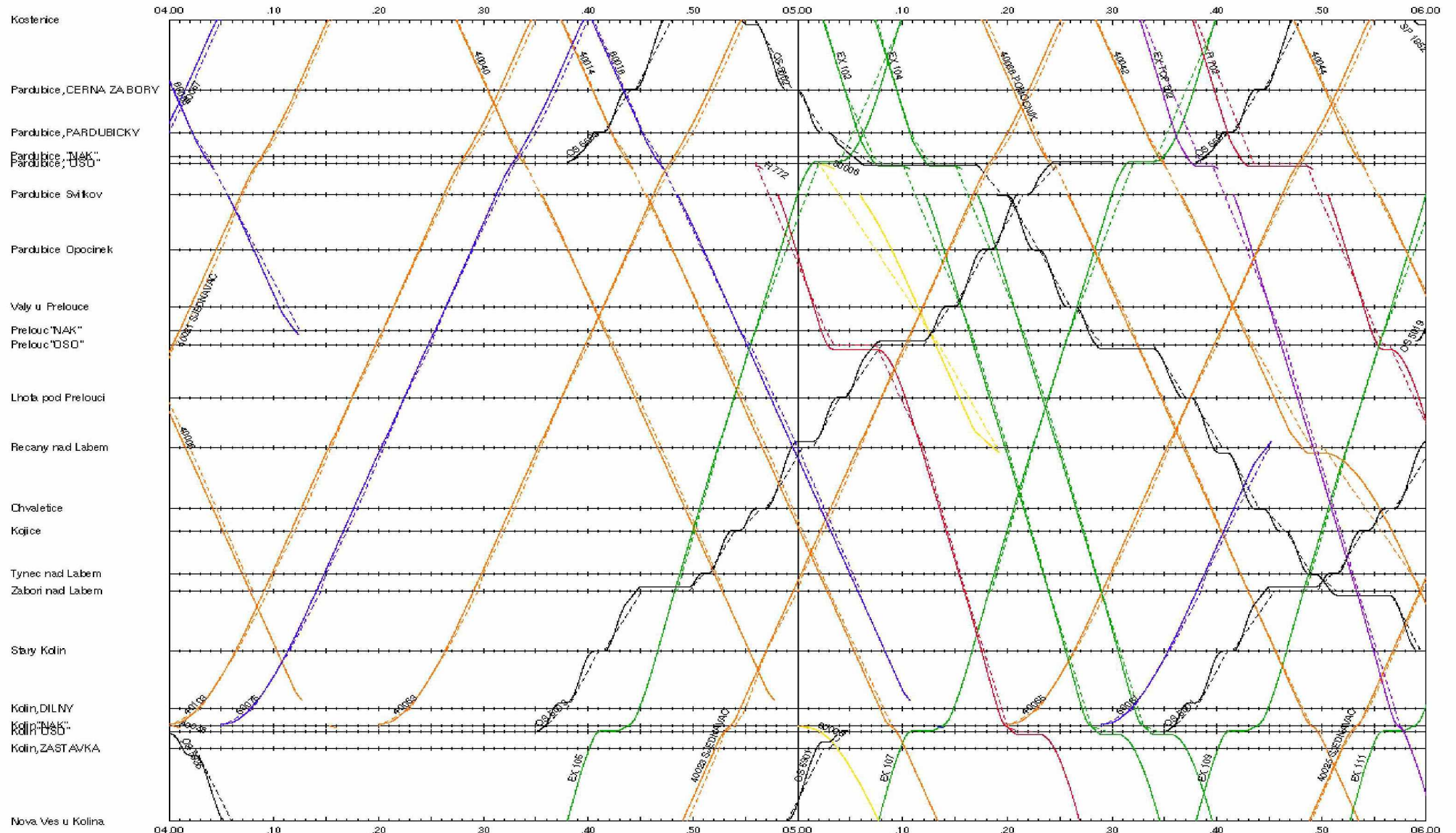
Úsek: Česká Třebová – Pardubice, čas 00:00:00 až 02:00:00 (následující den)



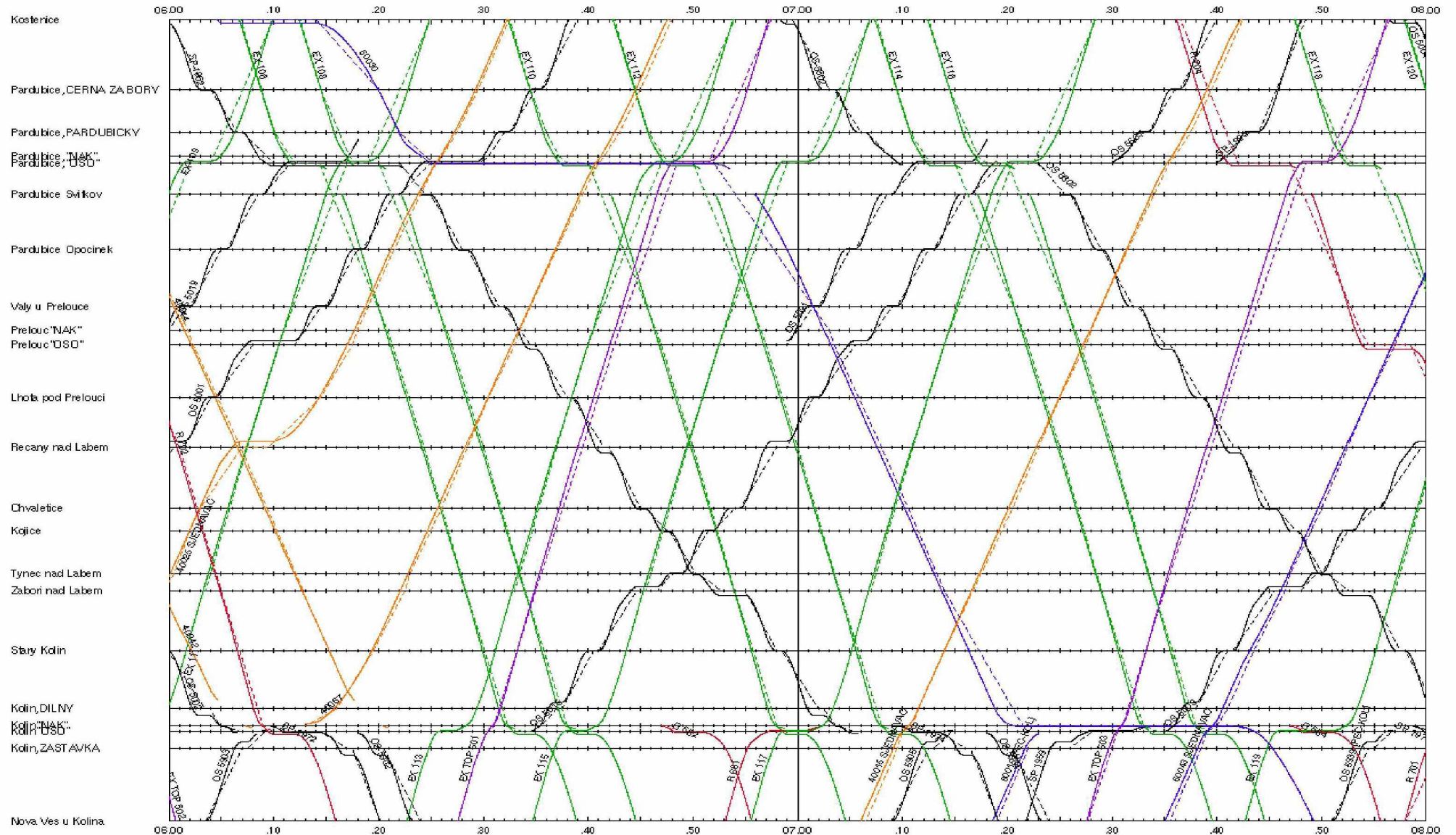
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 00:00:00 až 02:00:00



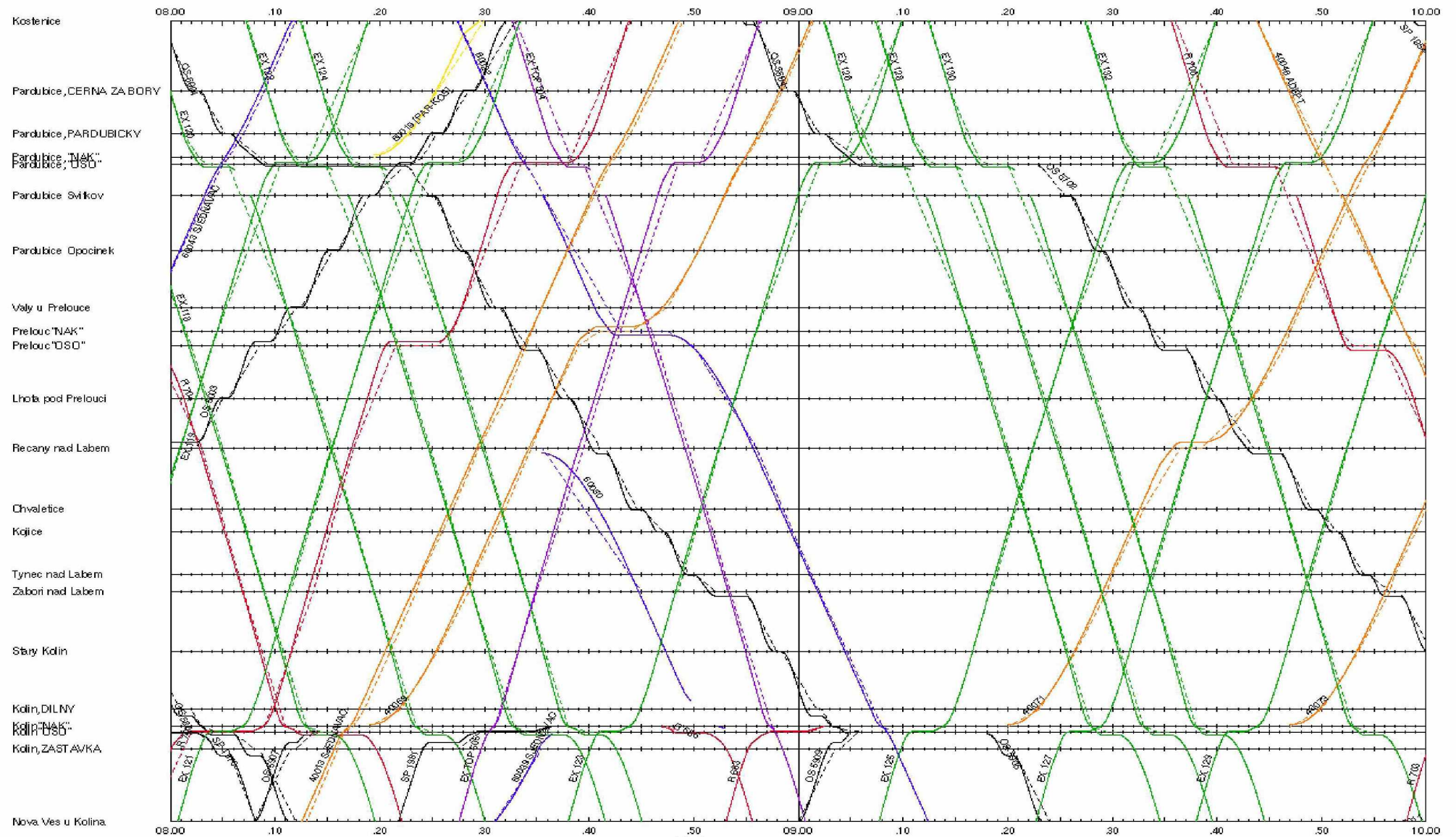
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 04:00:00 až 06:00:00



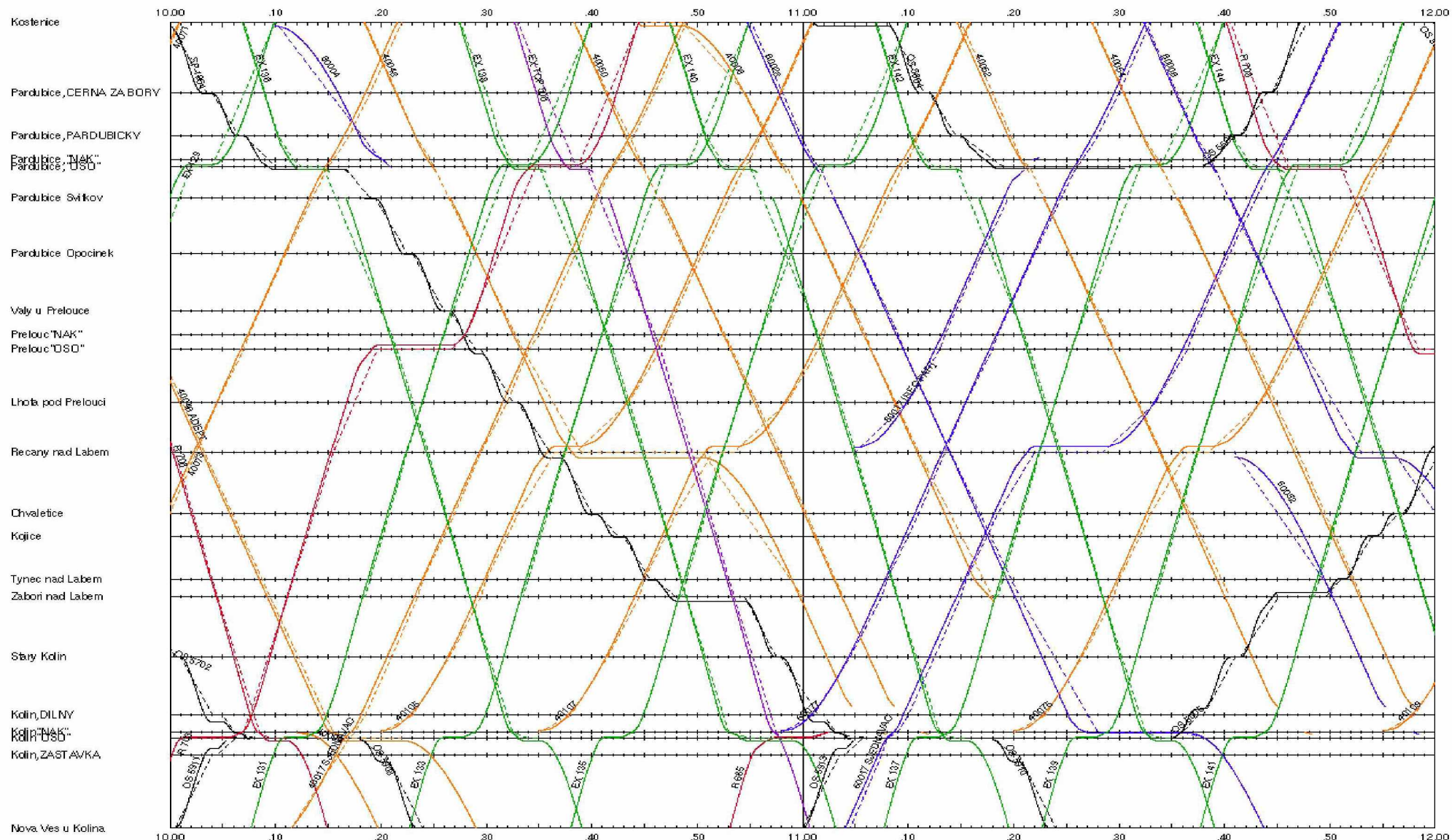
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 06:00:00 až 08:00:00



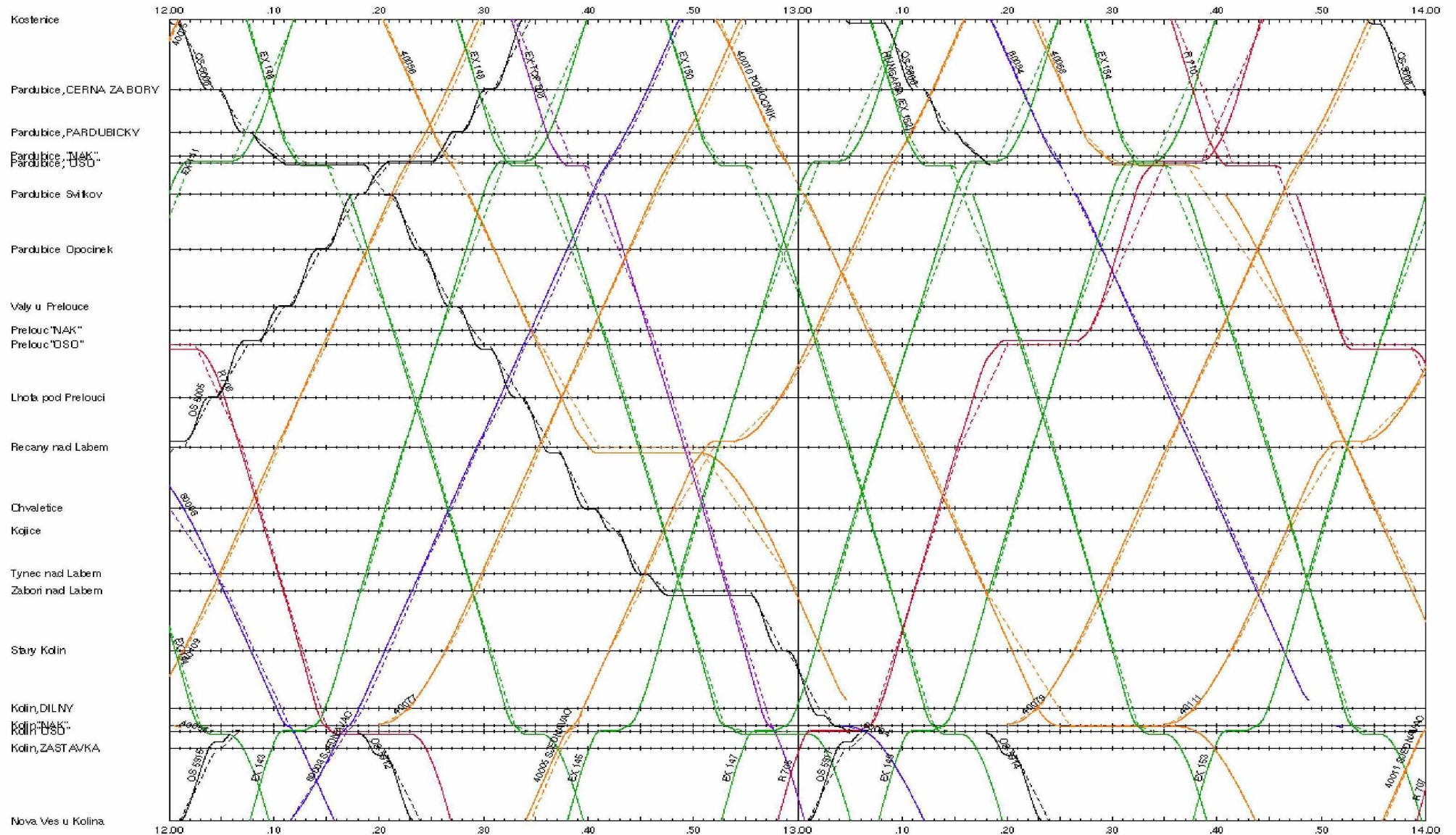
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 08:00:00 až 10:00:00



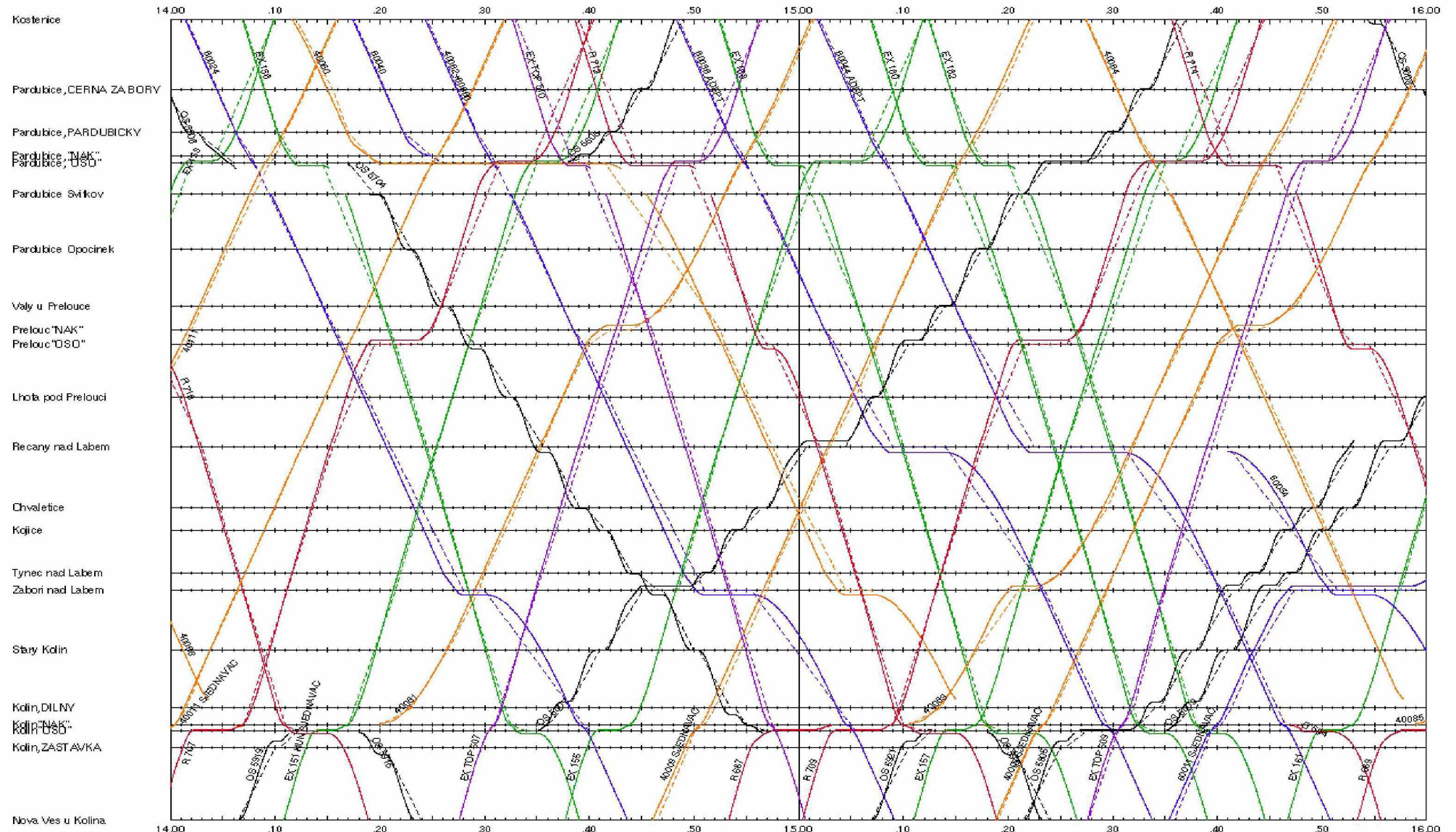
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 10:00:00 až 12:00:00



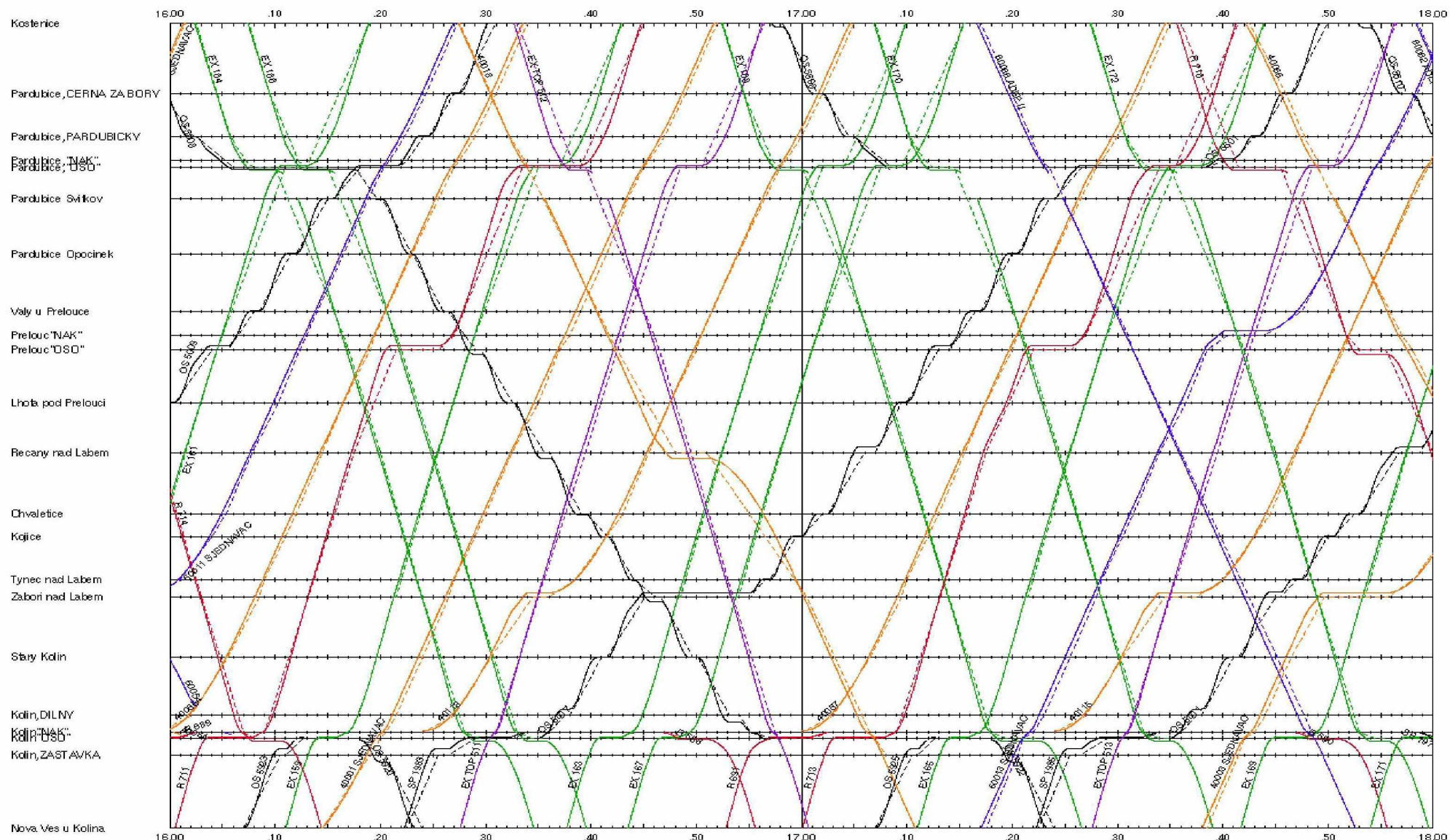
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 12:00:00 až 14:00:00



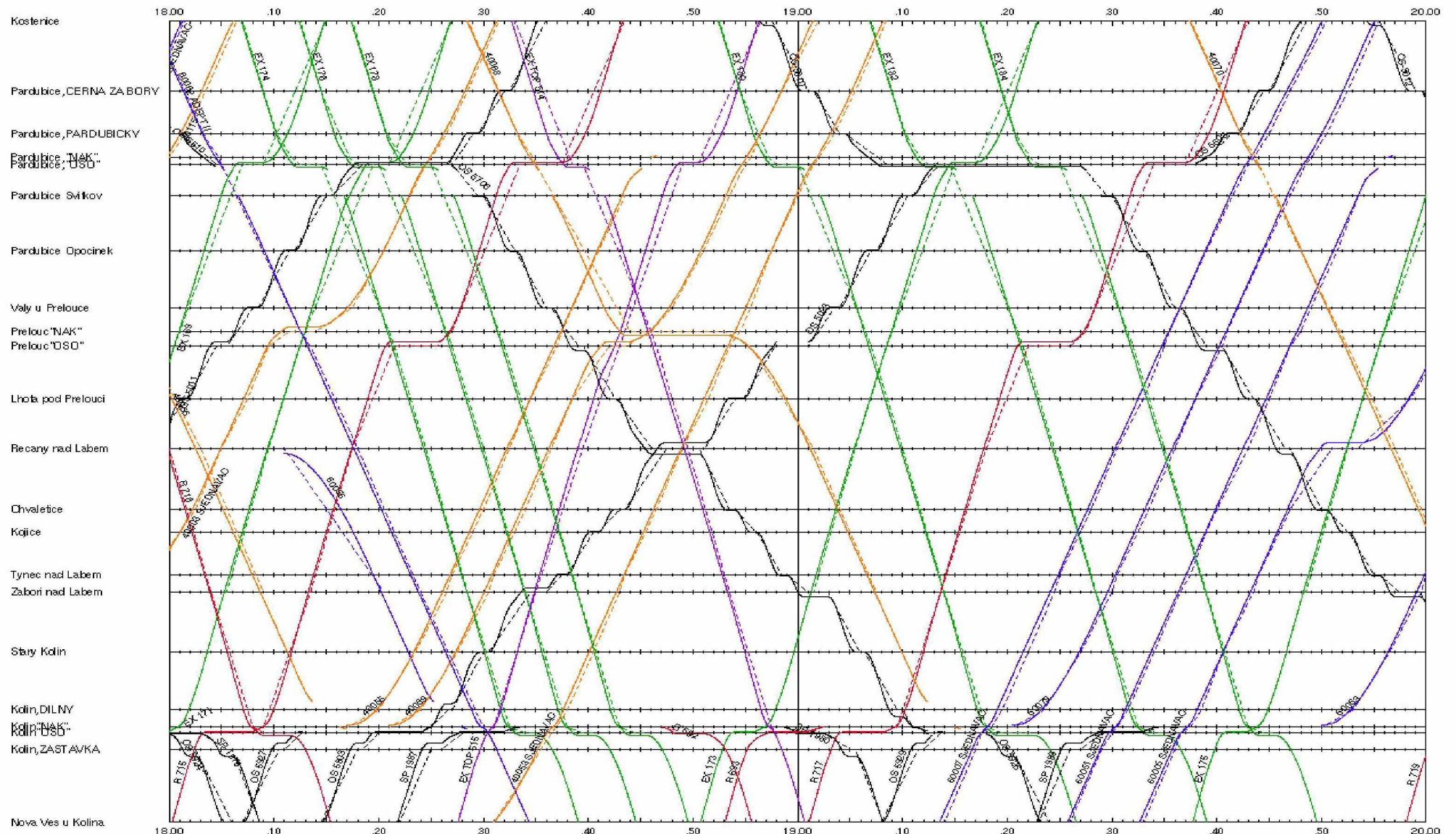
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 14:00:00 až 16:00:00



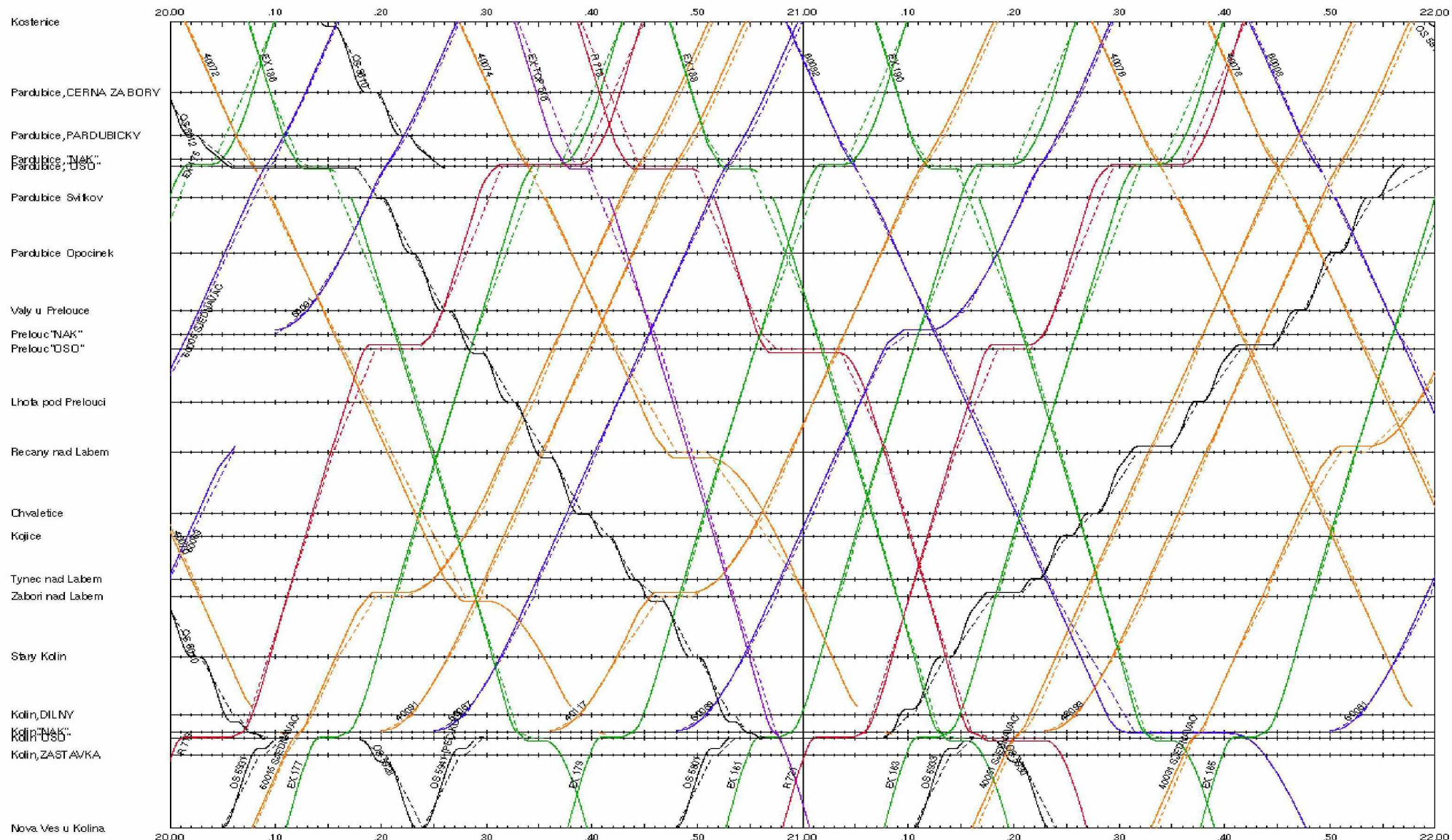
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 16:00:00 až 18:00:00



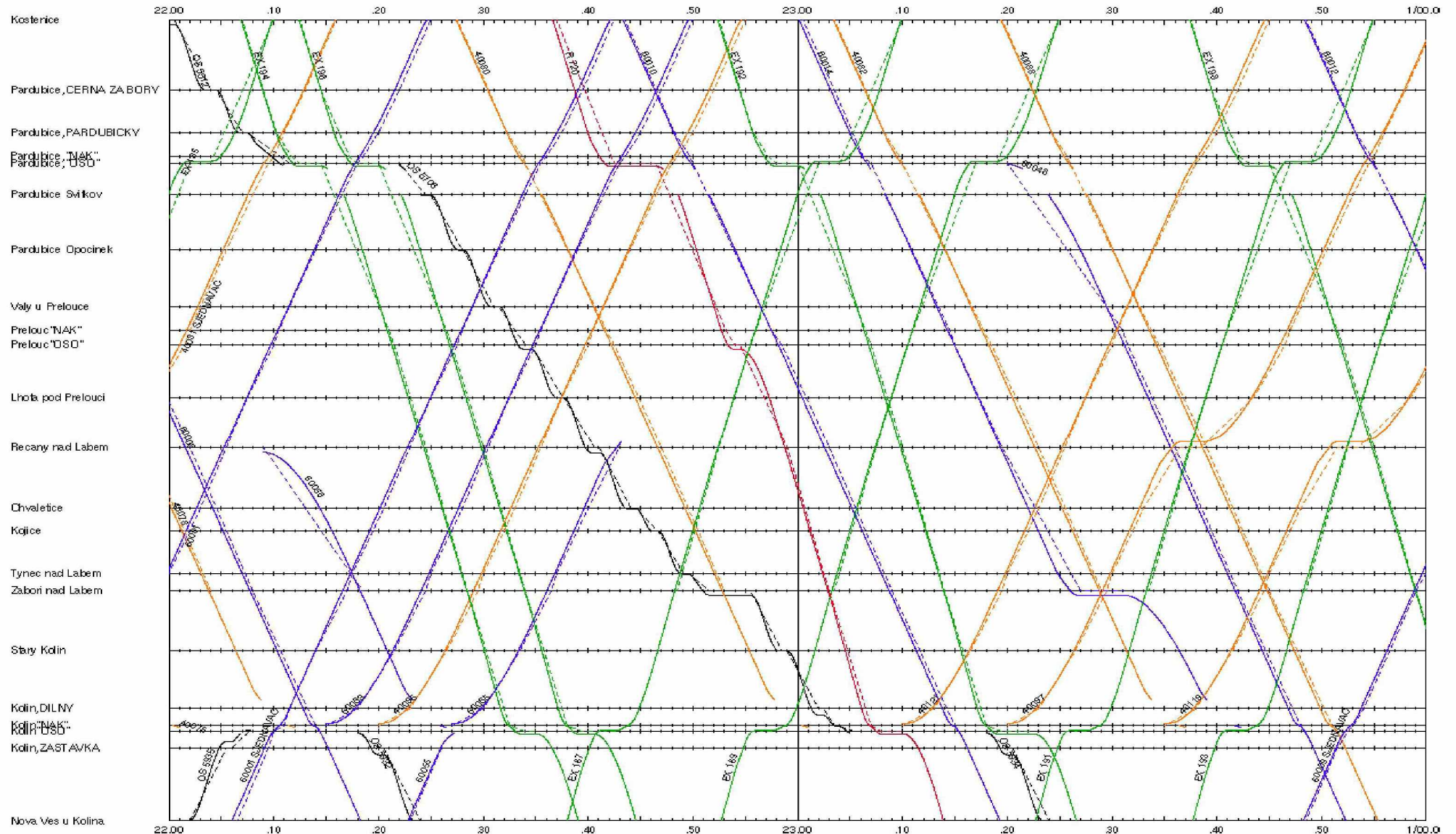
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 18:00:00 až 20:00:00



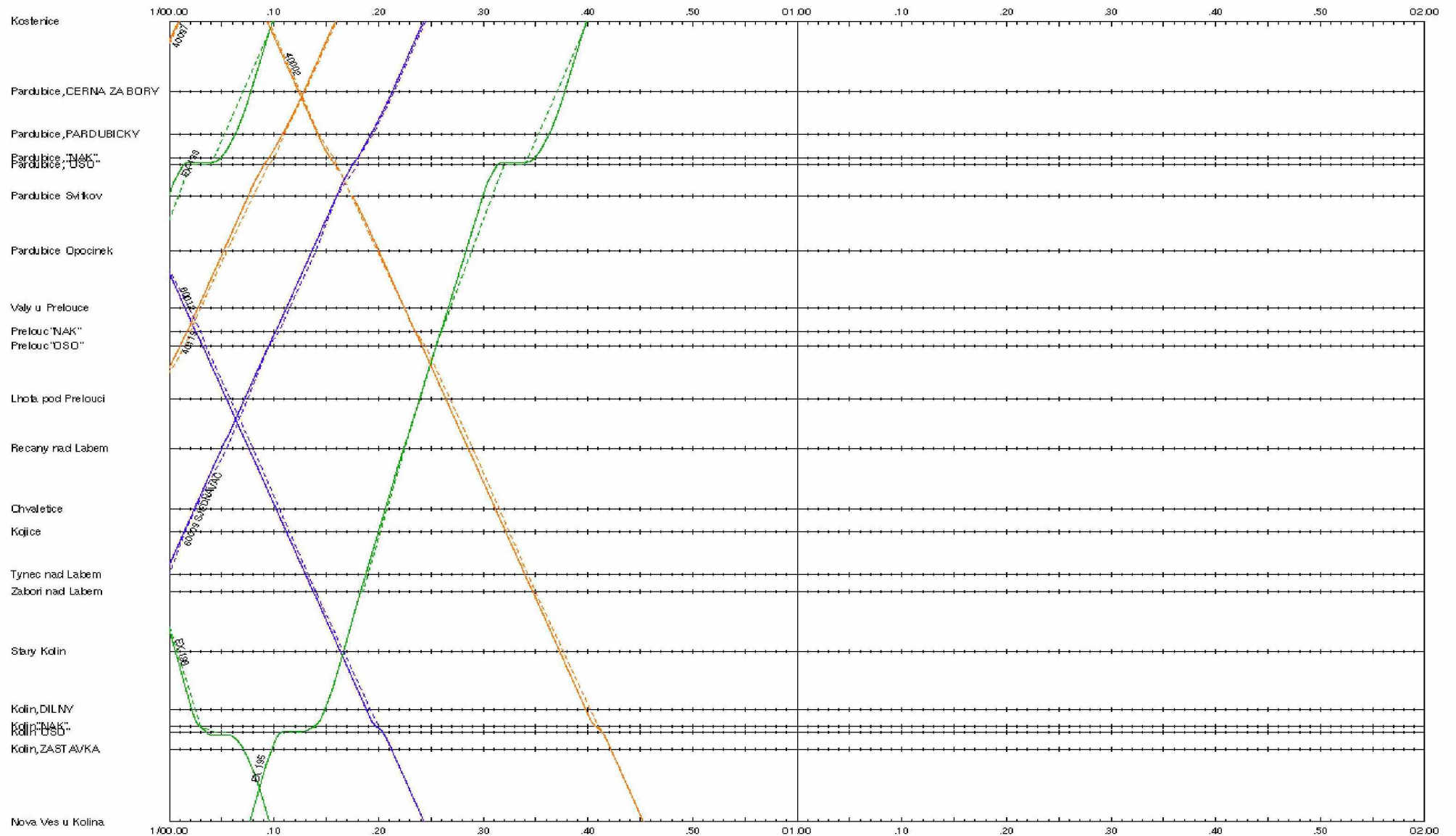
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 20:00:00 až 22:00:00



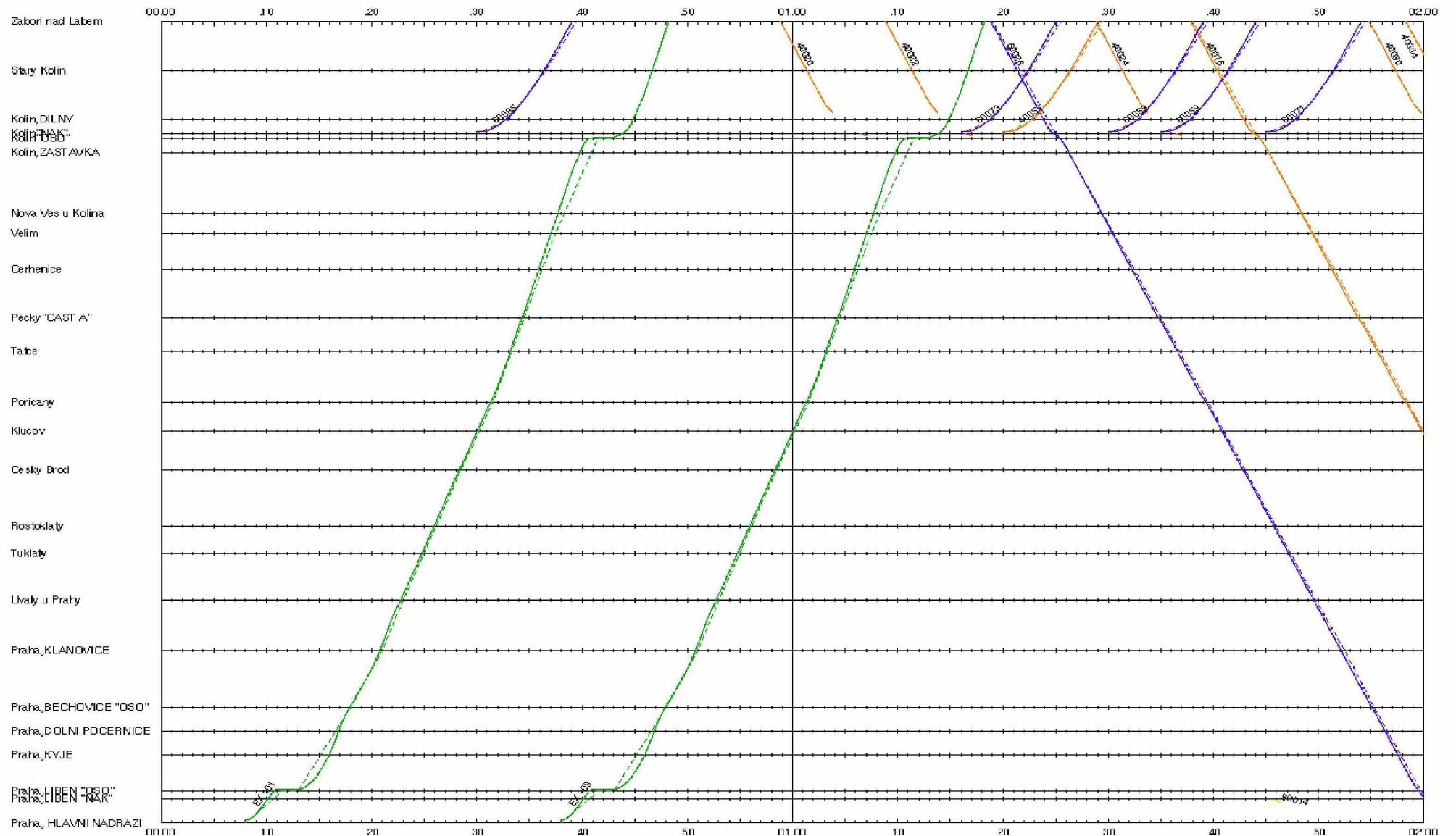
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 22:00:00 až 00:00:00



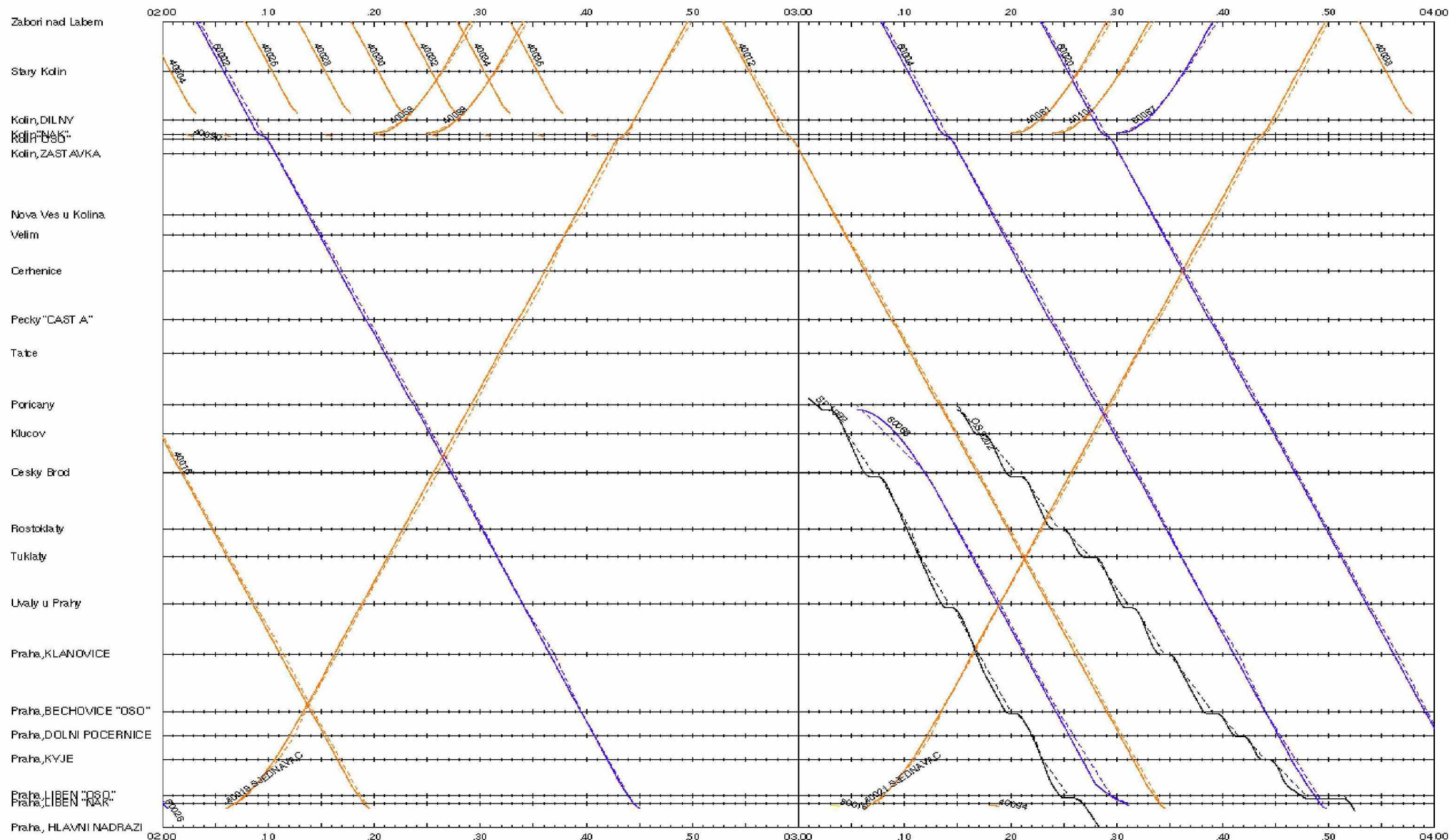
Úsek: Pardubice – Kolín, čas 00:00:00 až 02:00:00 (následující den)



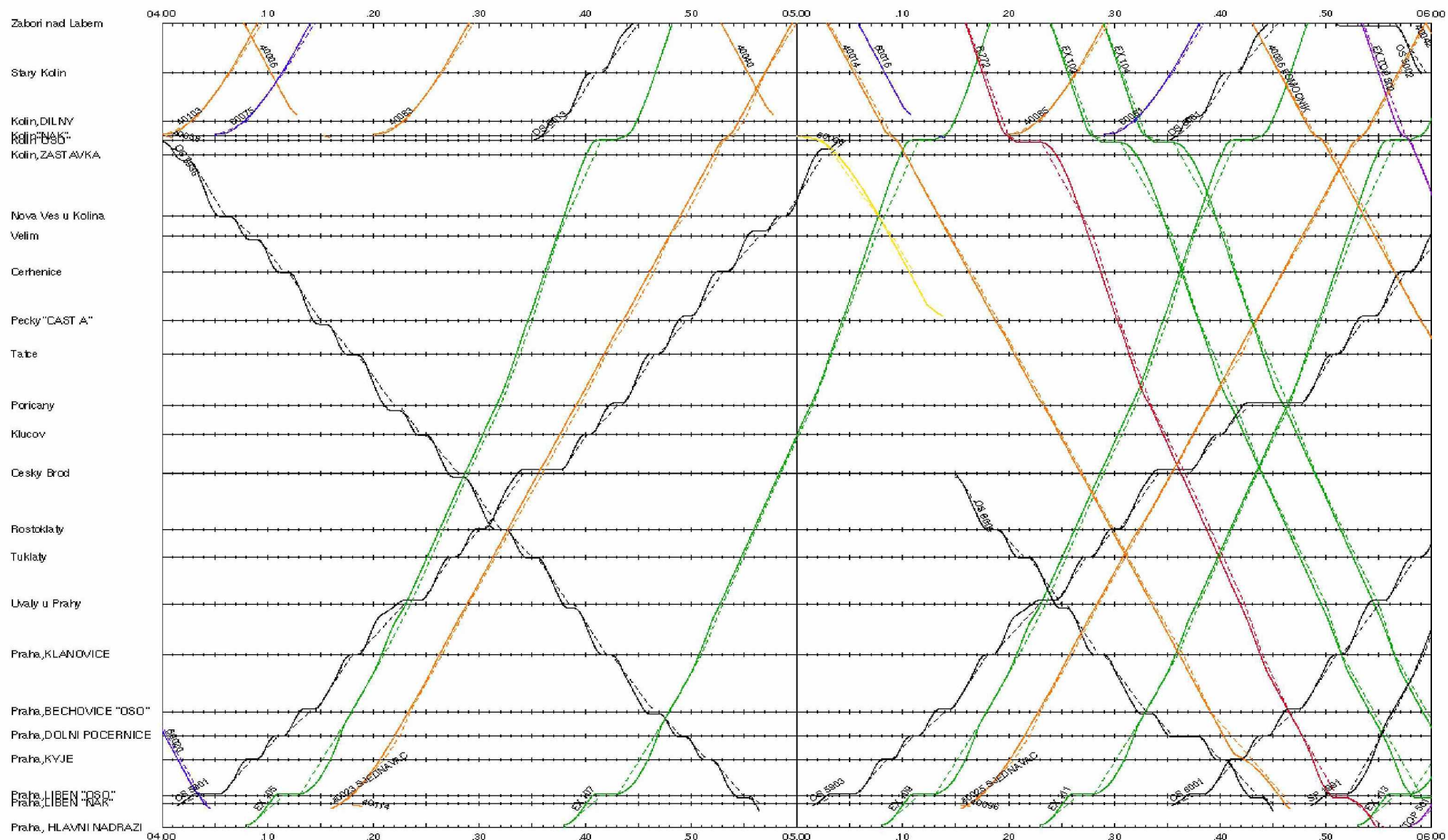
Úsek: Kolín – Praha, čas 00:00:00 až 02:00:00



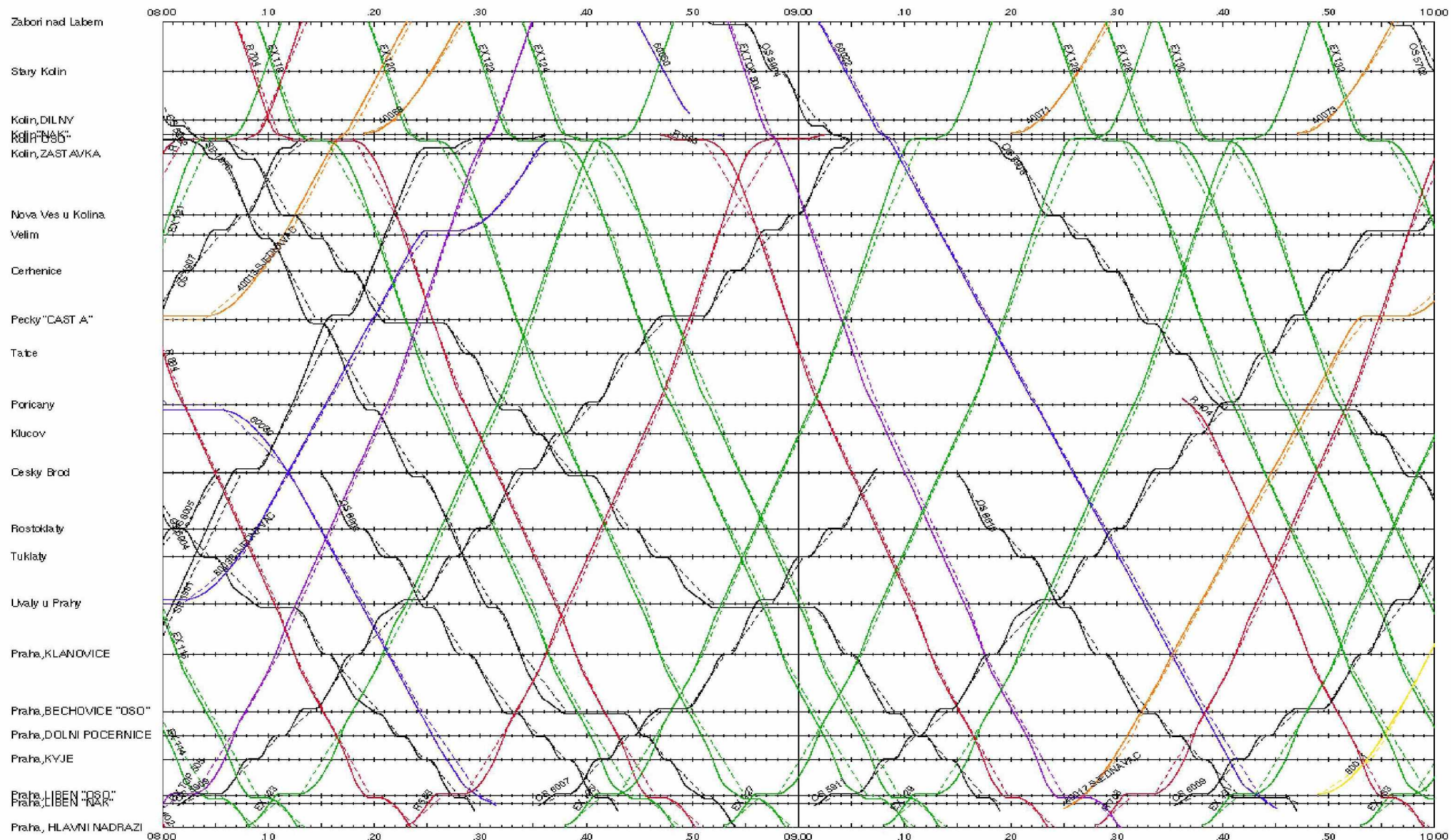
Úsek: Kolín – Praha, čas 02:00:00 až 04:00:00



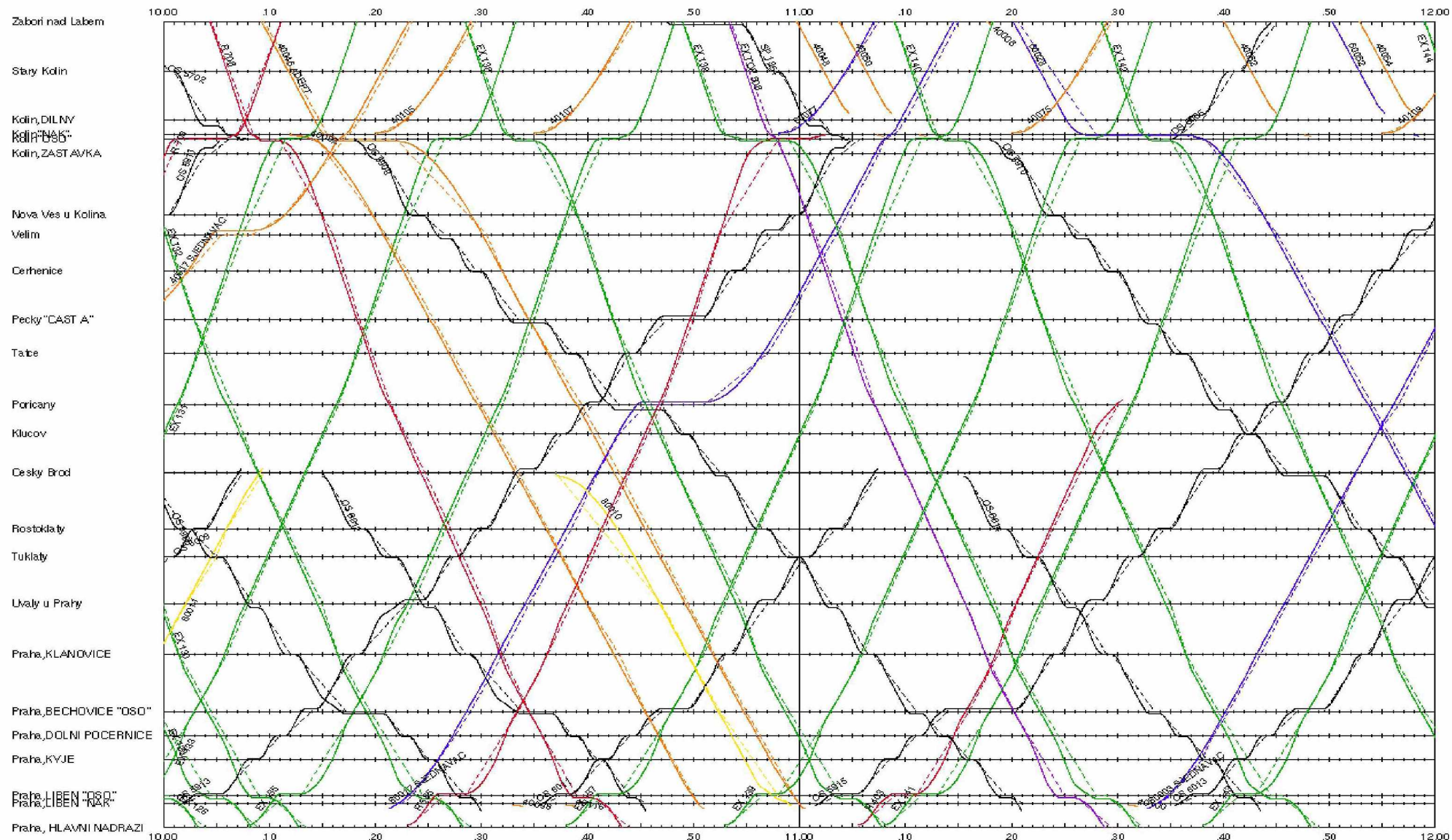
Úsek: Kolín – Praha, čas 04:00:00 až 06:00:00



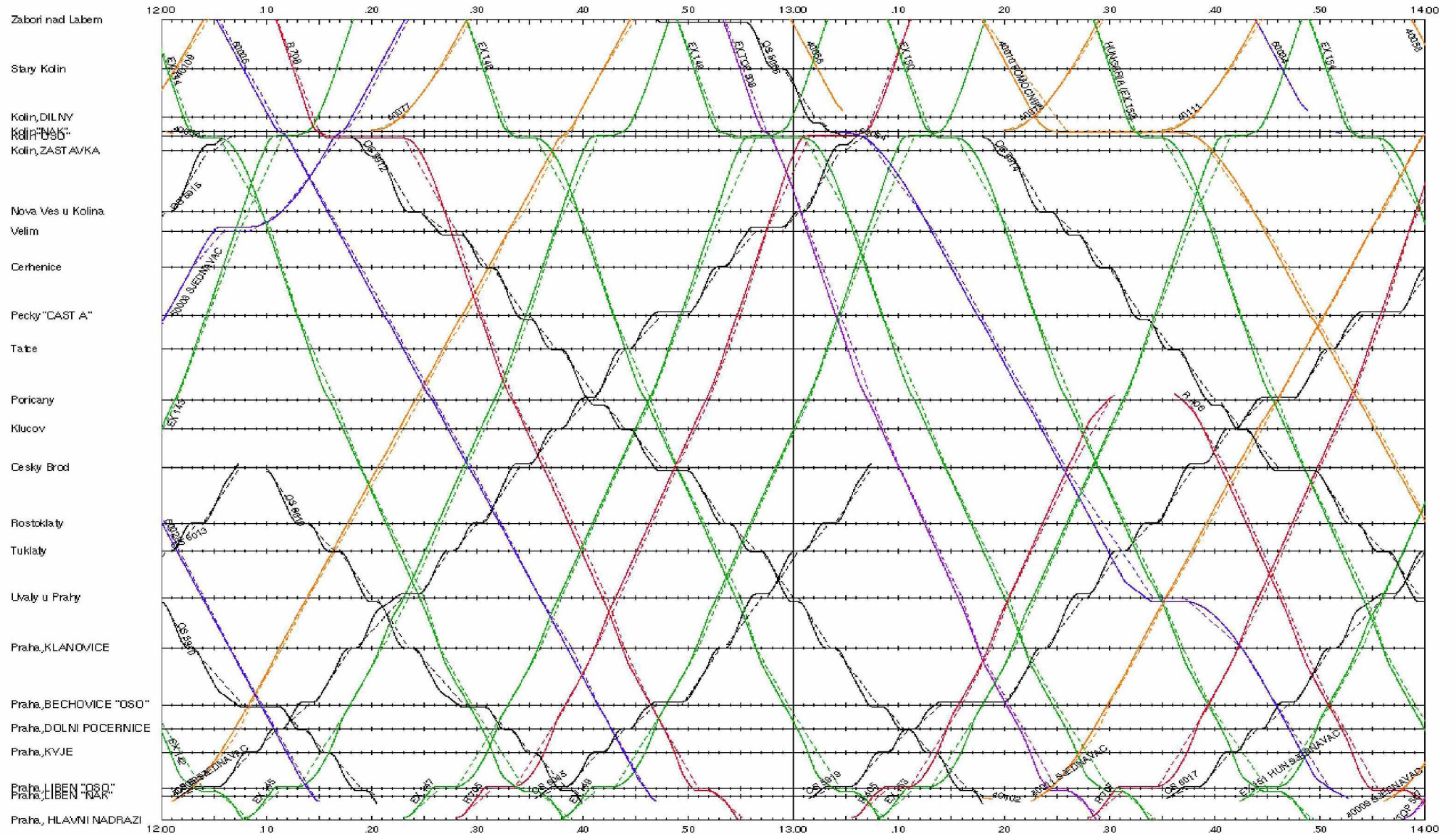
Úsek: Kolín – Praha, čas 08:00:00 až 10:00:00



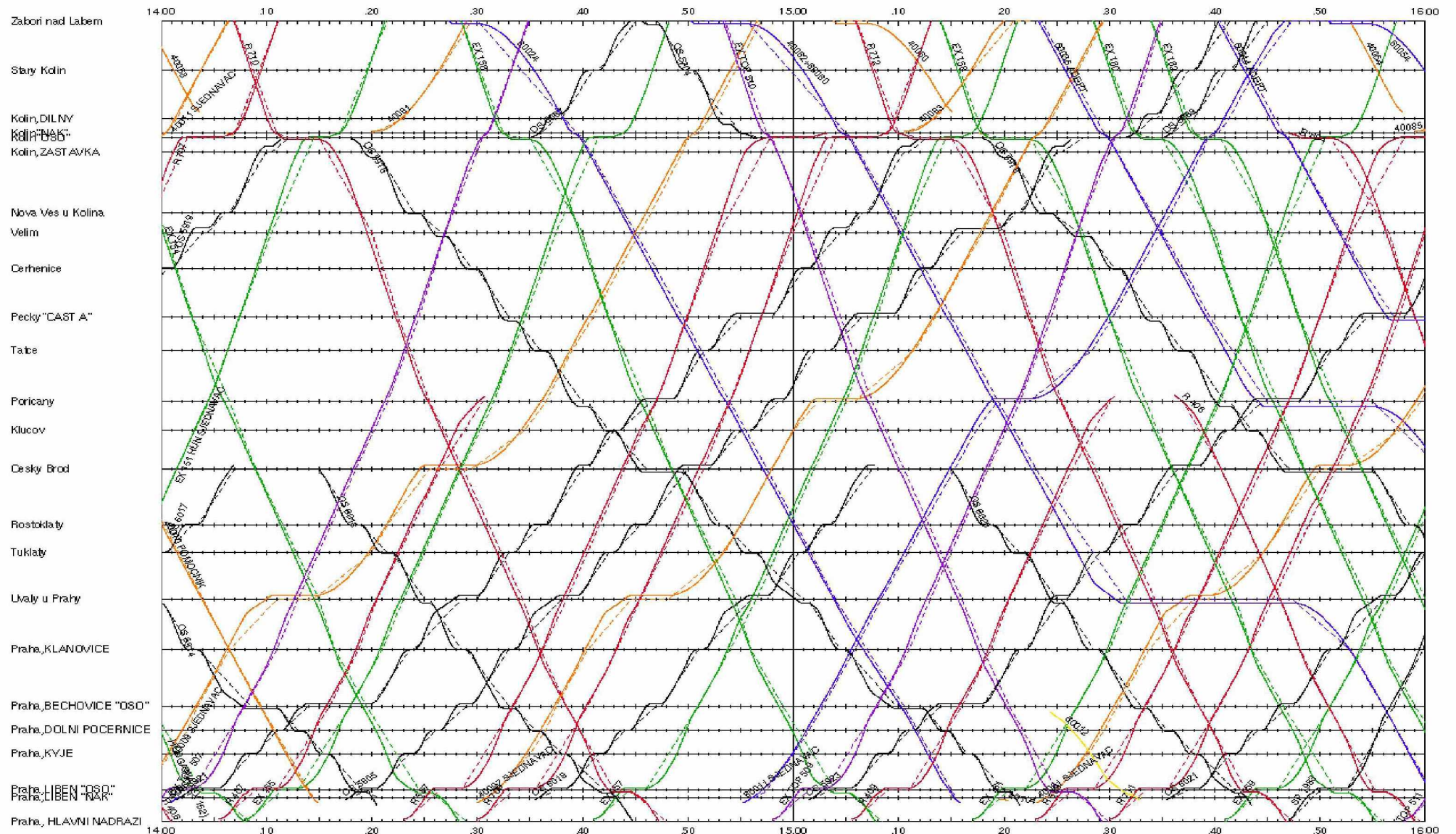
Úsek: Kolín – Praha, čas 10:00:00 až 12:00:00



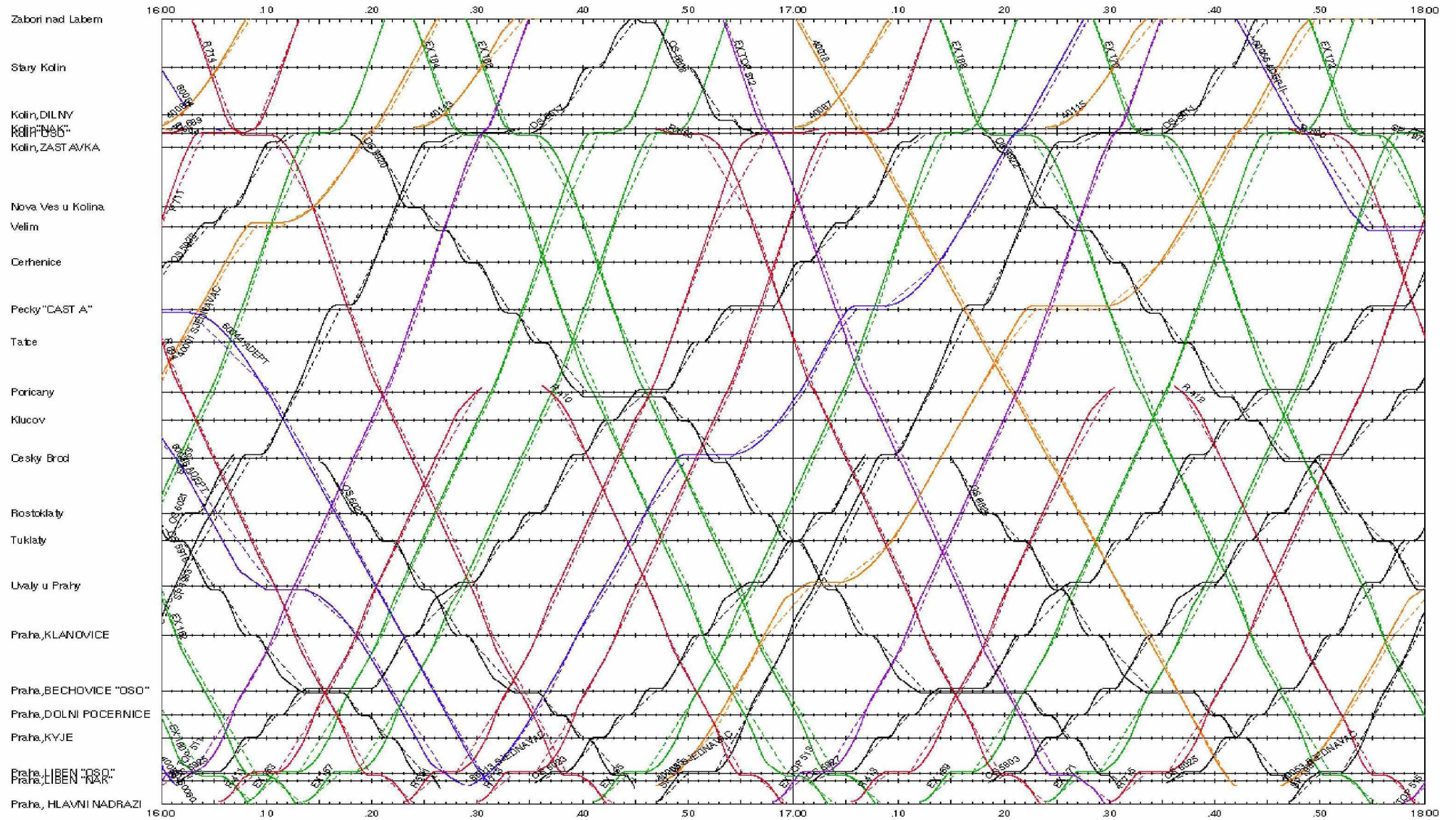
Úsek: Kolín – Praha, čas 12:00:00 až 14:00:00



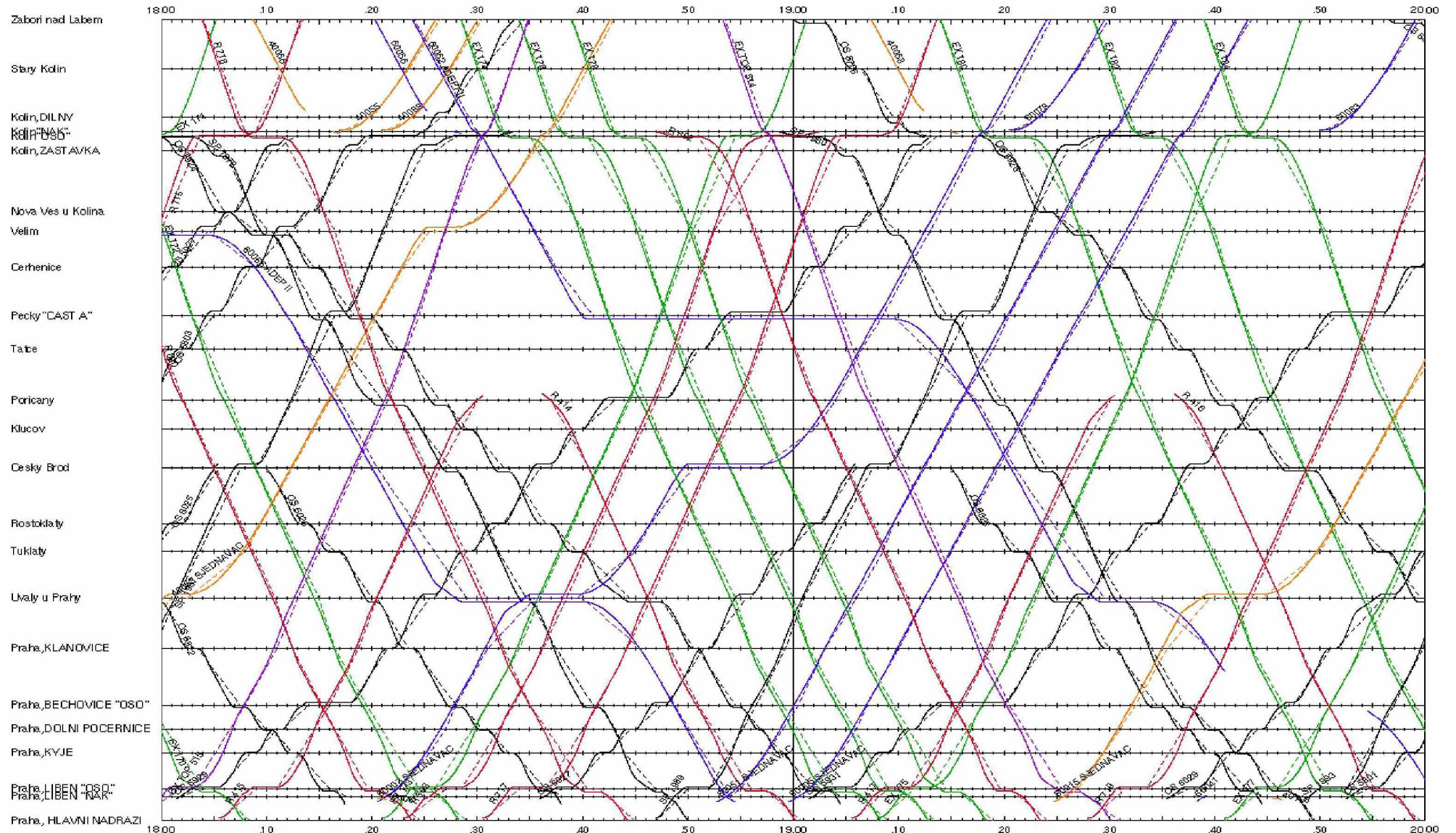
Úsek: Kolín – Praha, čas 14:00:00 až 16:00:00



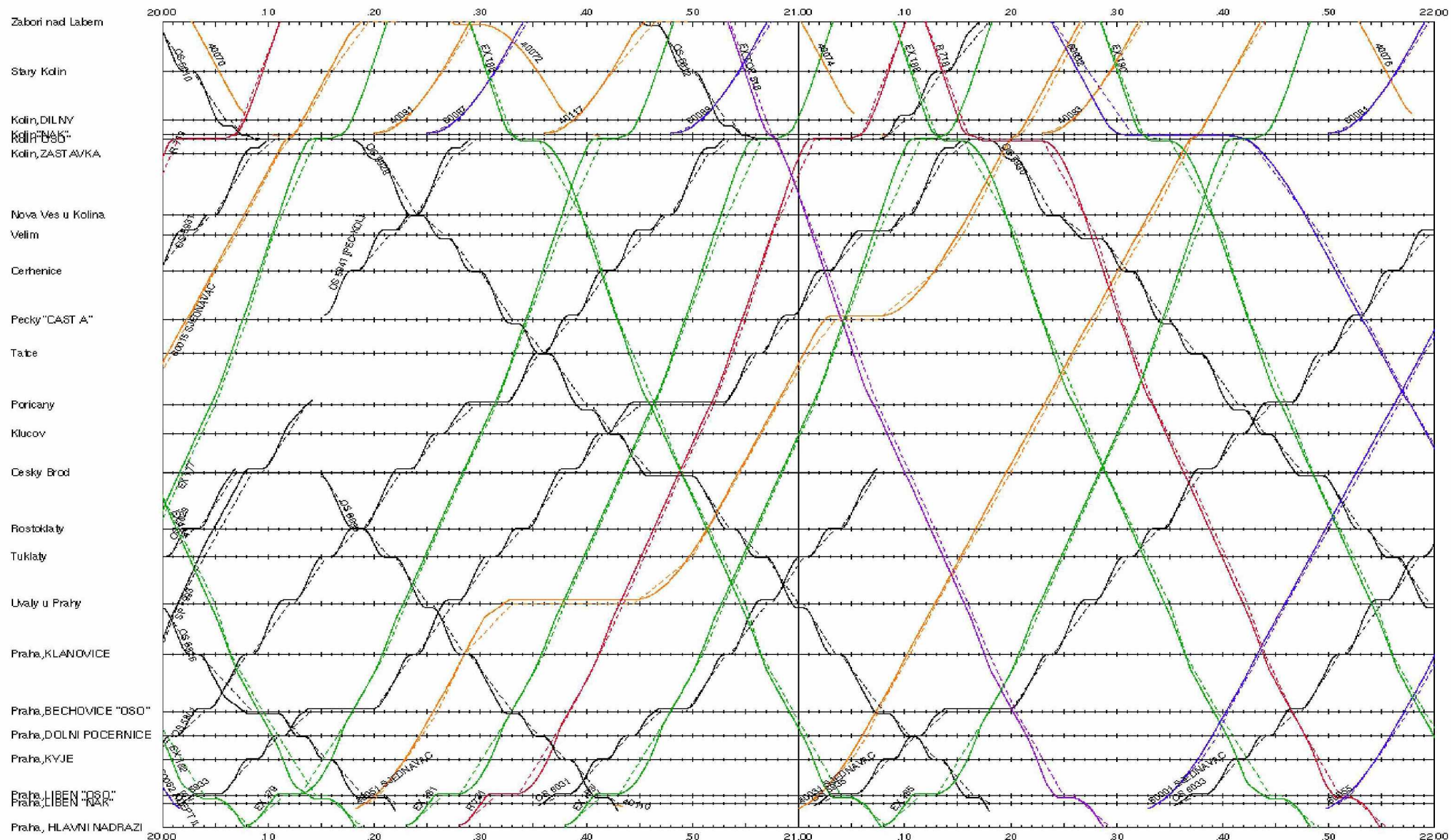
Úsek: Kolín – Praha, čas 16:00:00 až 18:00:00



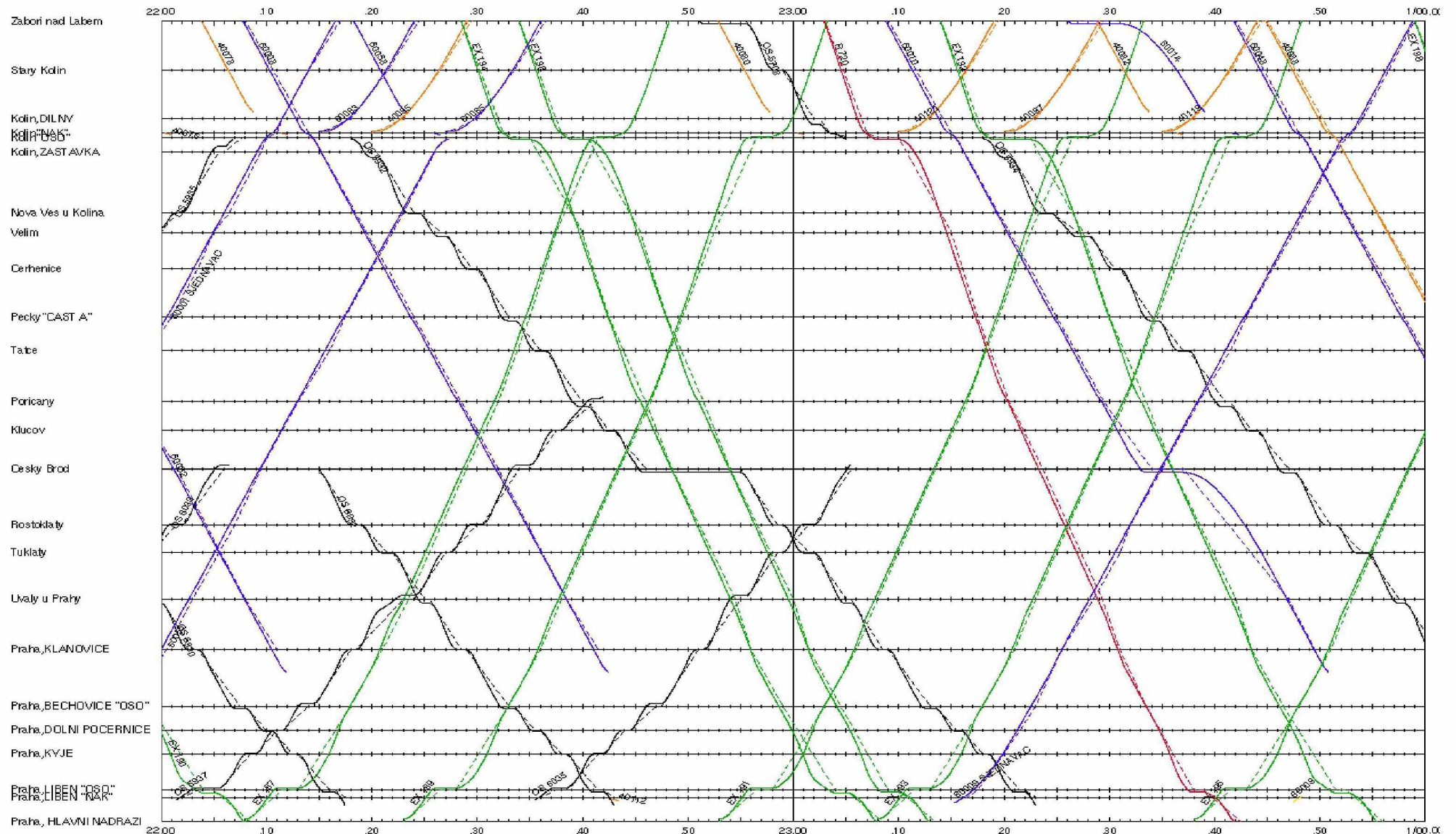
Úsek: Kolín – Praha, čas 18:00:00 až 20:00:00



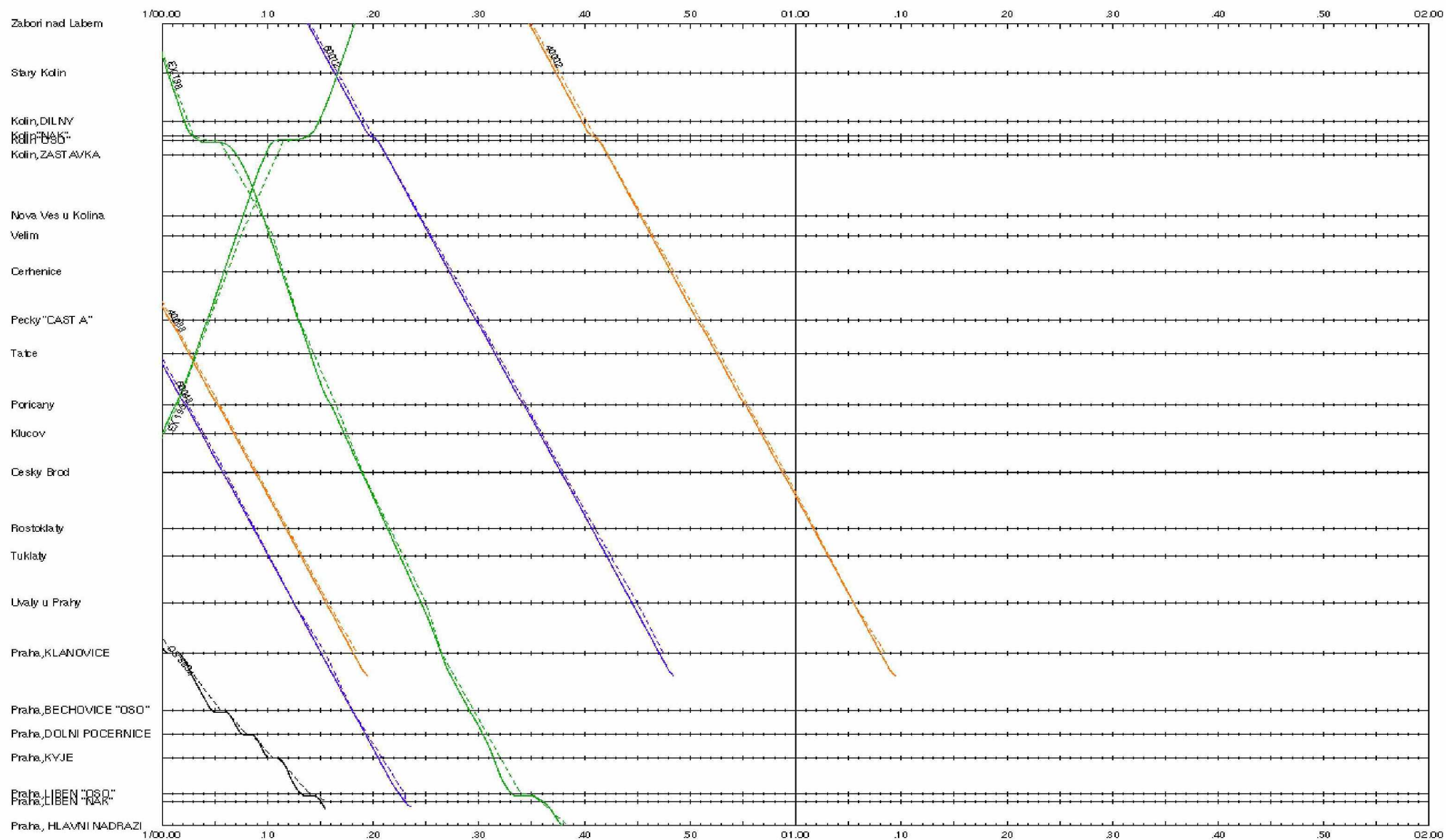
Úsek: Kolín – Praha, čas 20:00:00 až 22:00:00



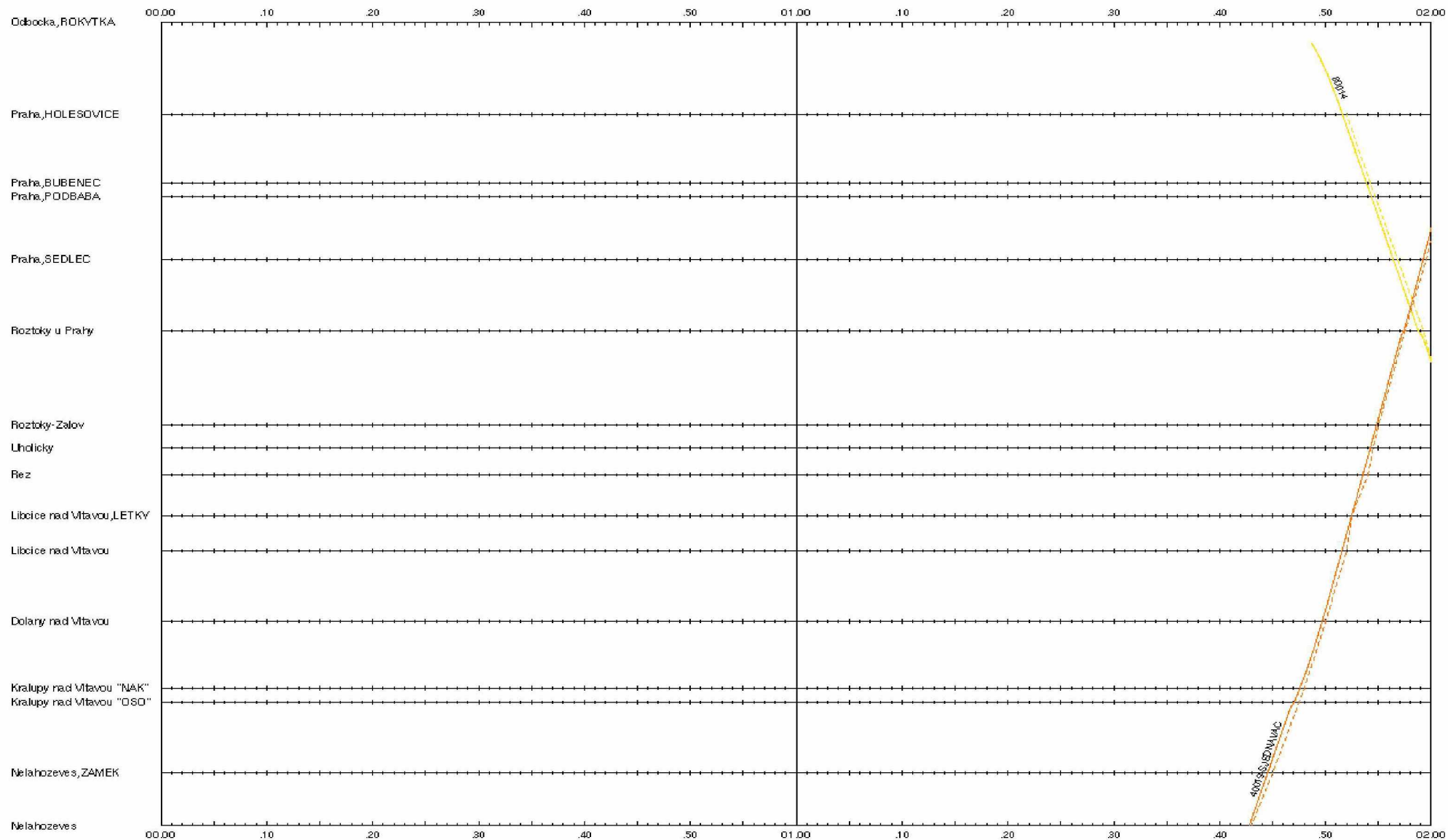
Úsek: Kolín – Praha, čas 22:00:00 až 00:00:00



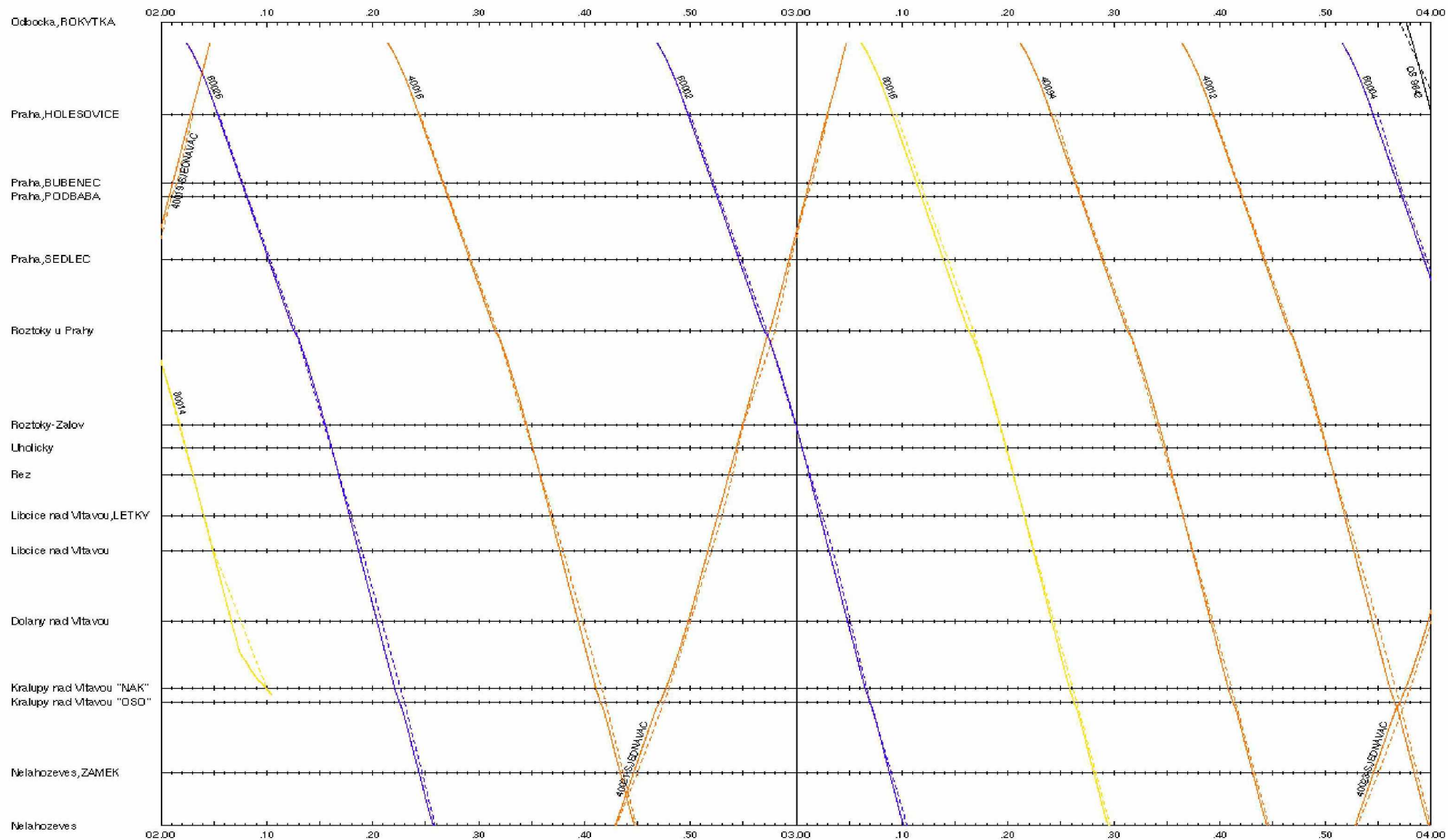
Úsek: Kolín – Praha, čas 00:00:00 až 02:00:00 (nový den)



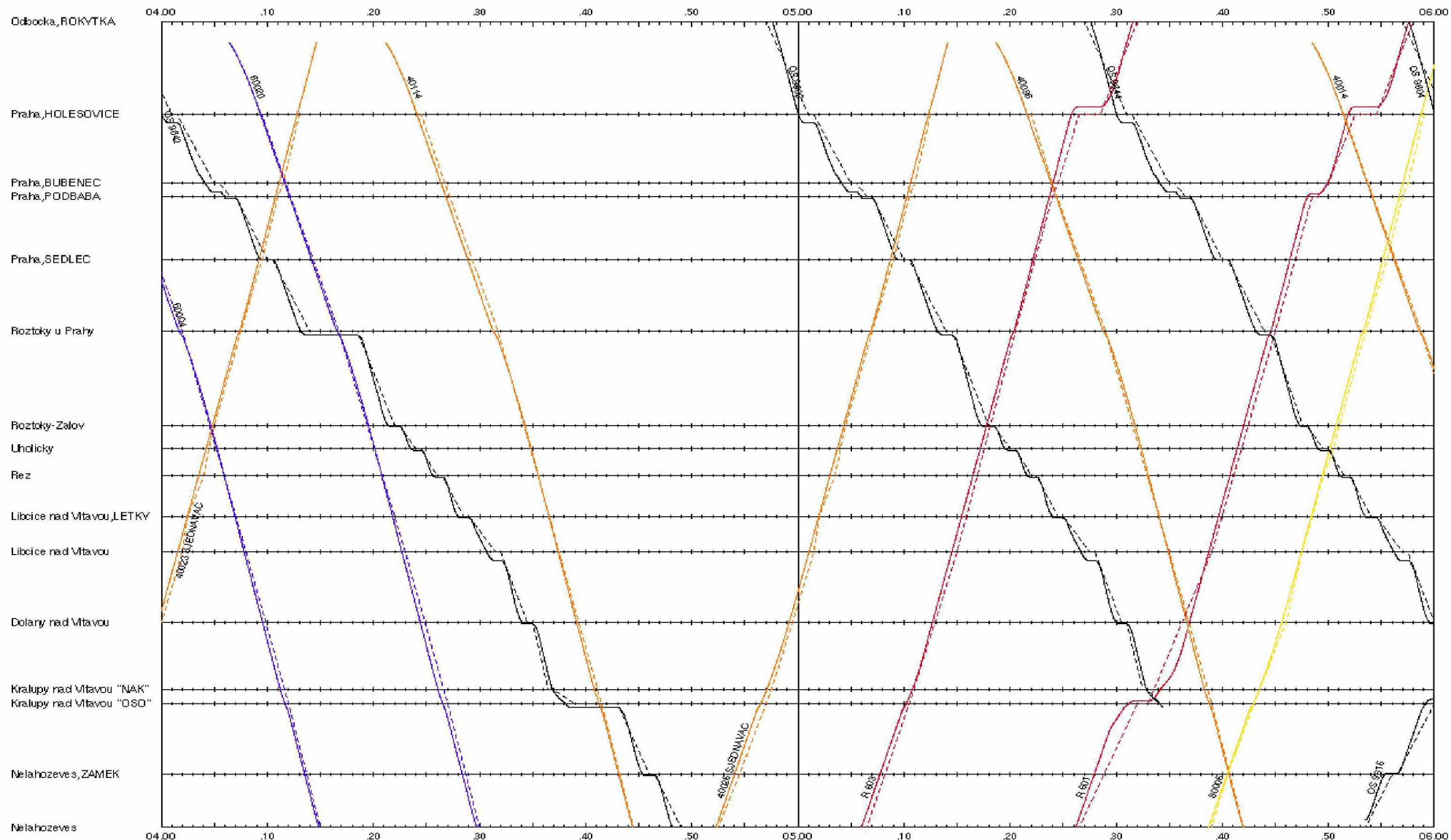
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 00:00:00 až 02:00:00



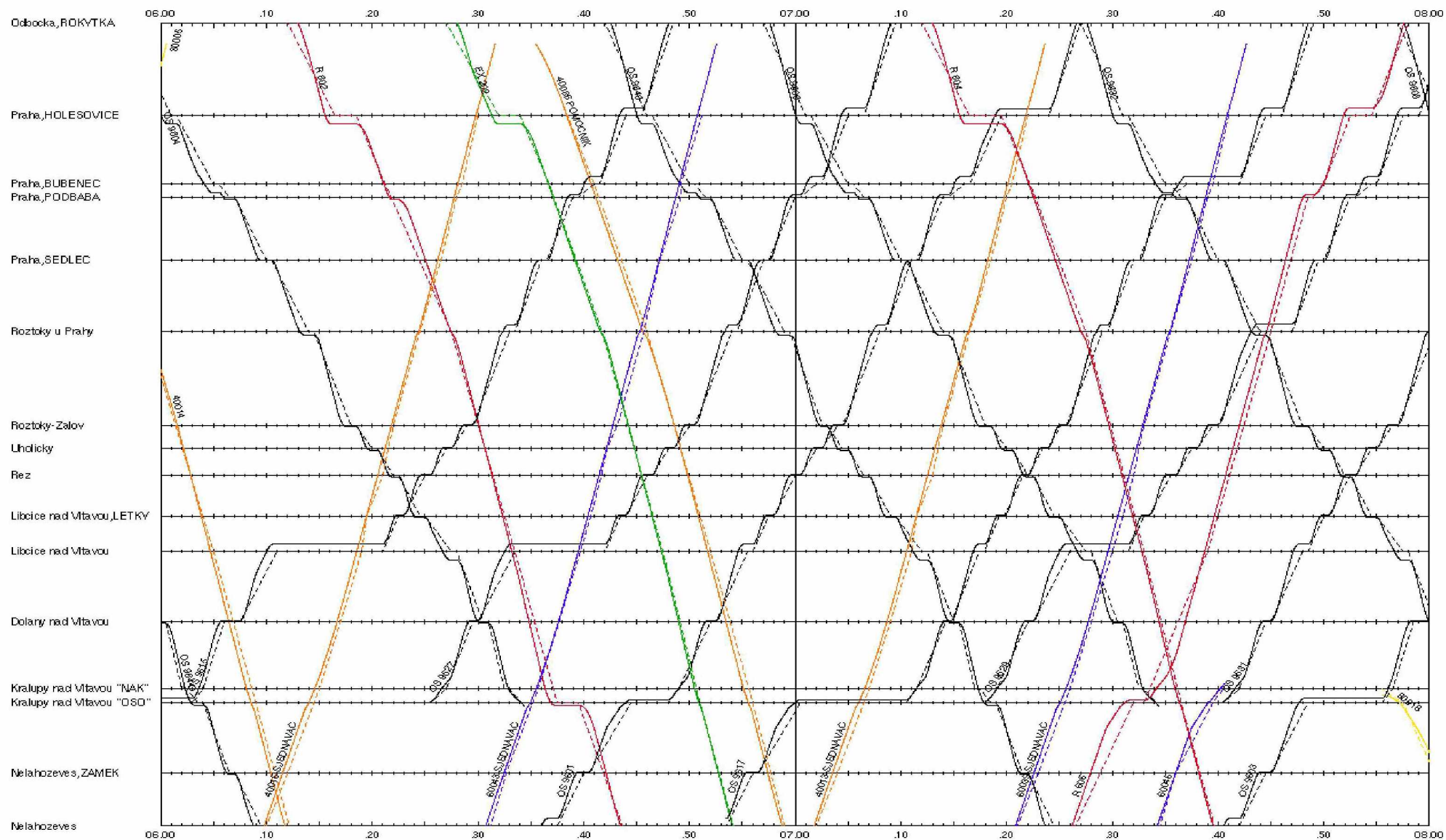
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 02:00:00 až 04:00:00



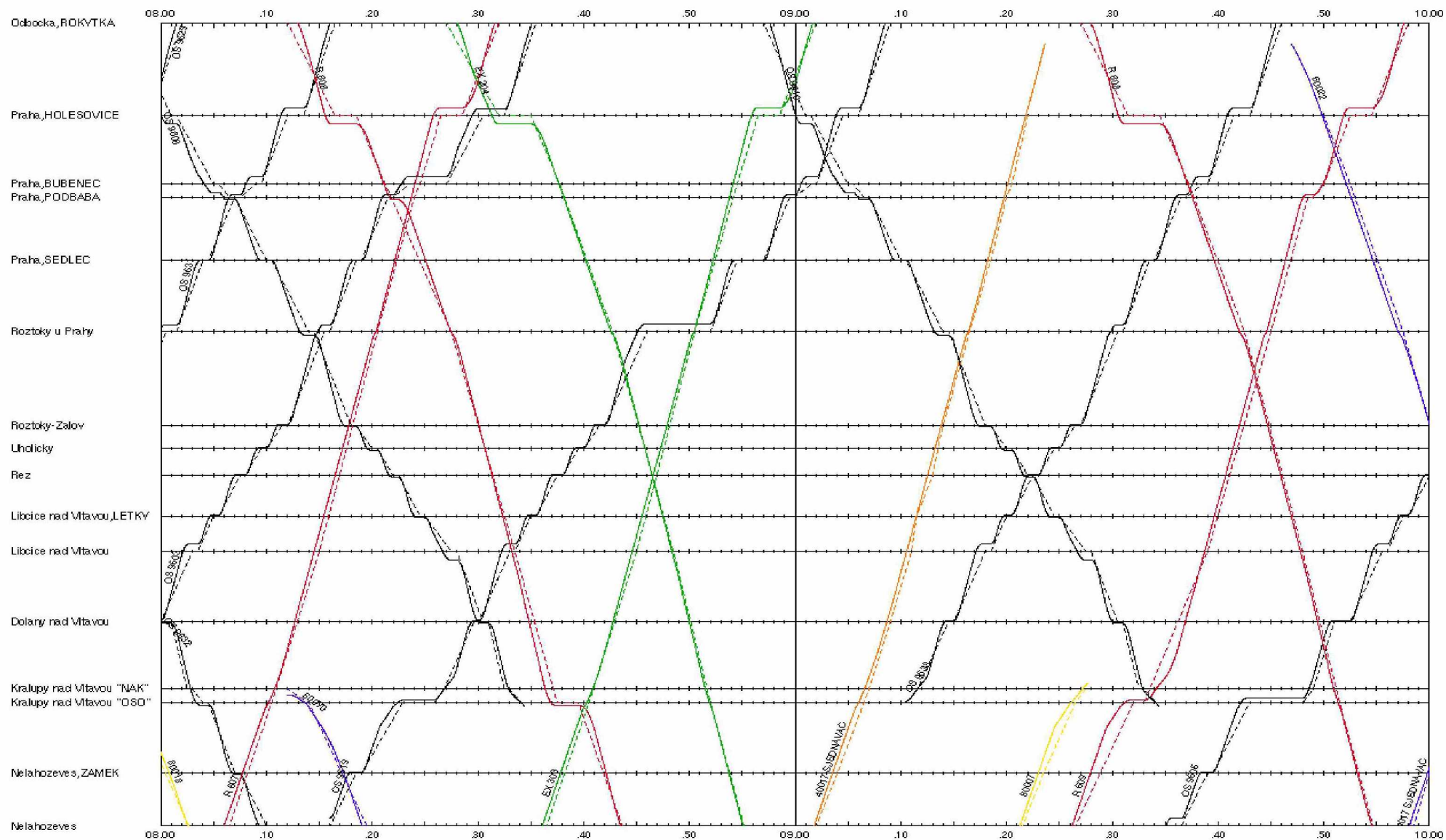
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 04:00:00 až 06:00:00



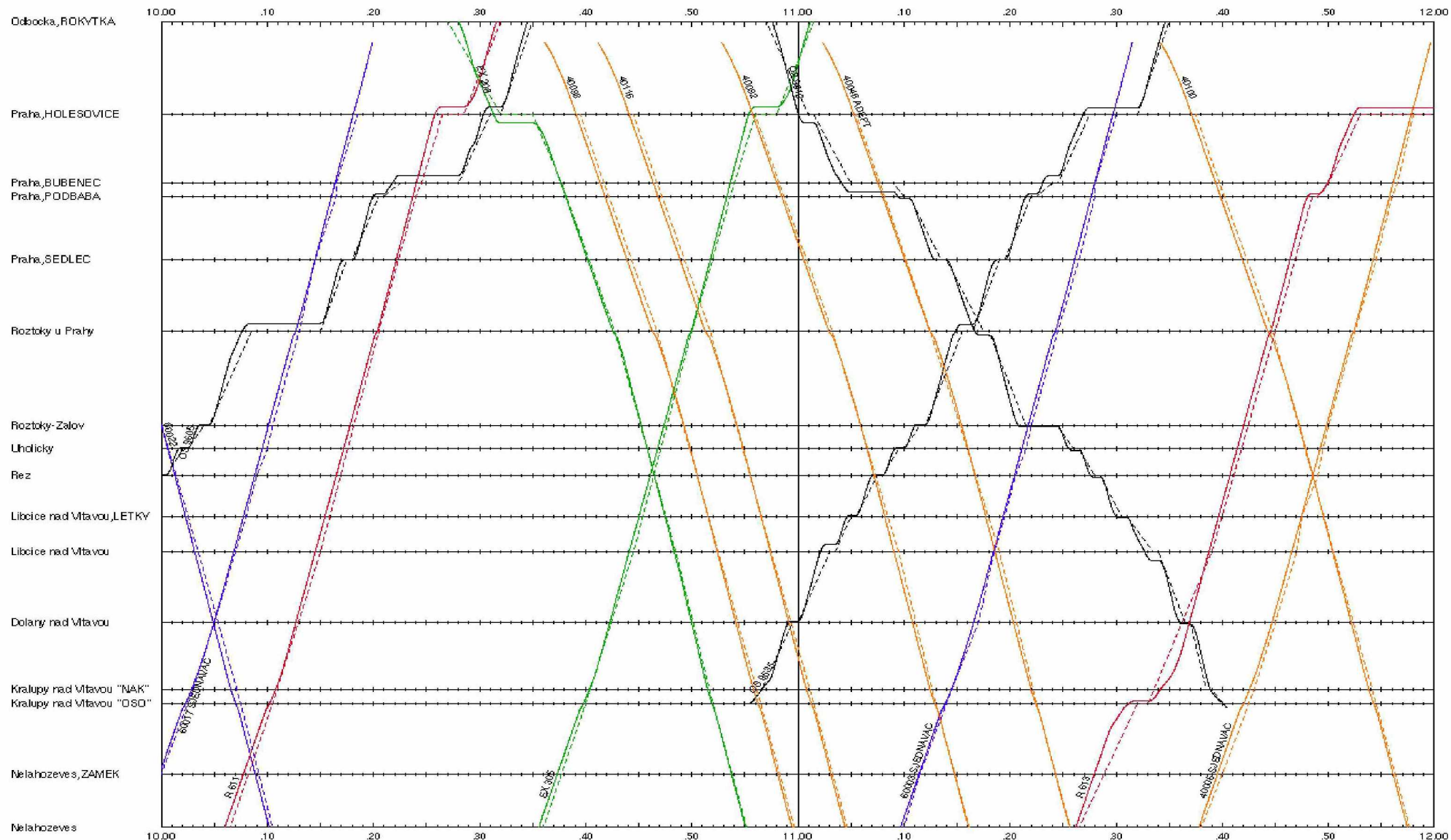
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 06:00:00 až 08:00:00



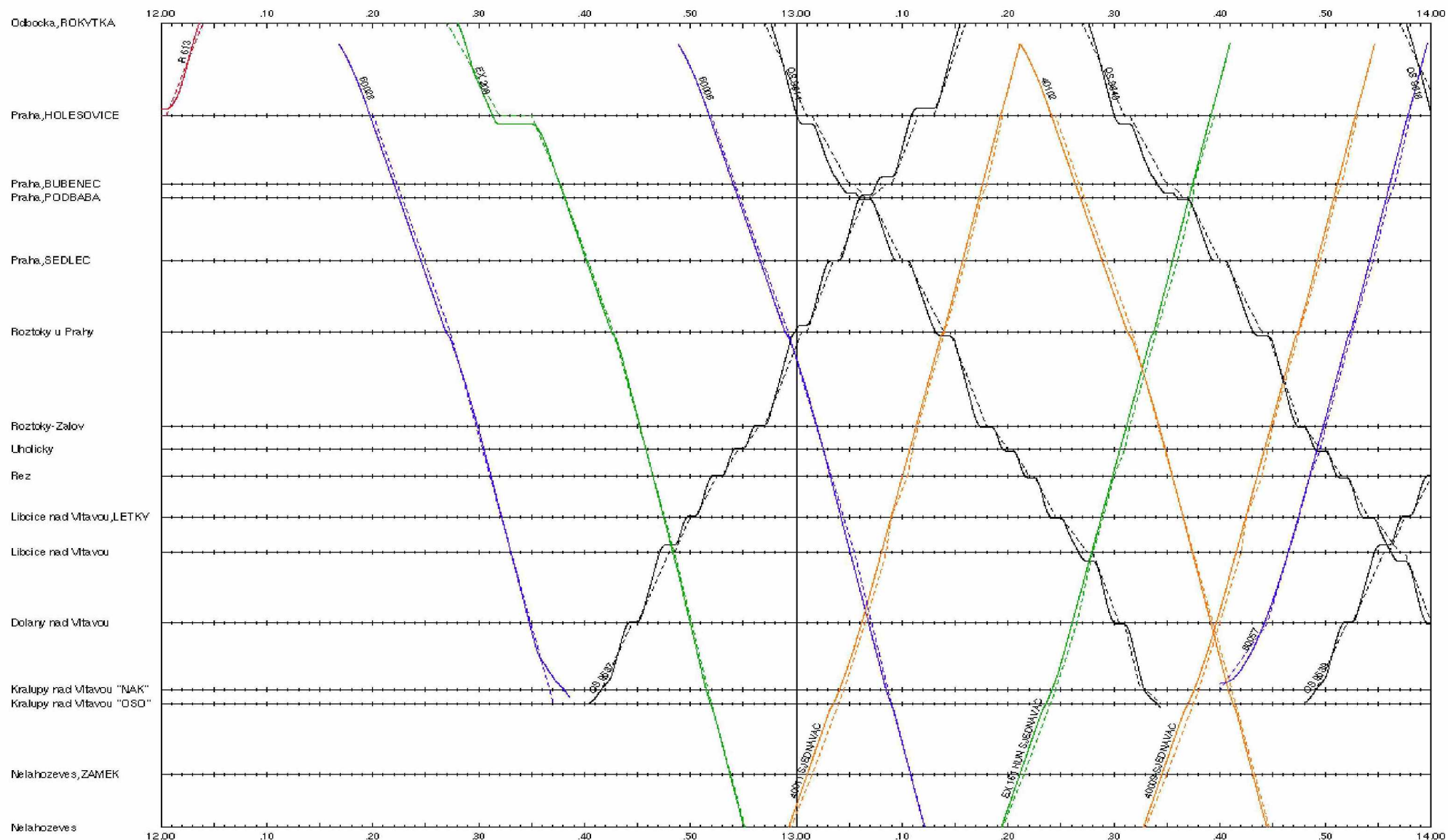
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 08:00:00 až 10:00:00



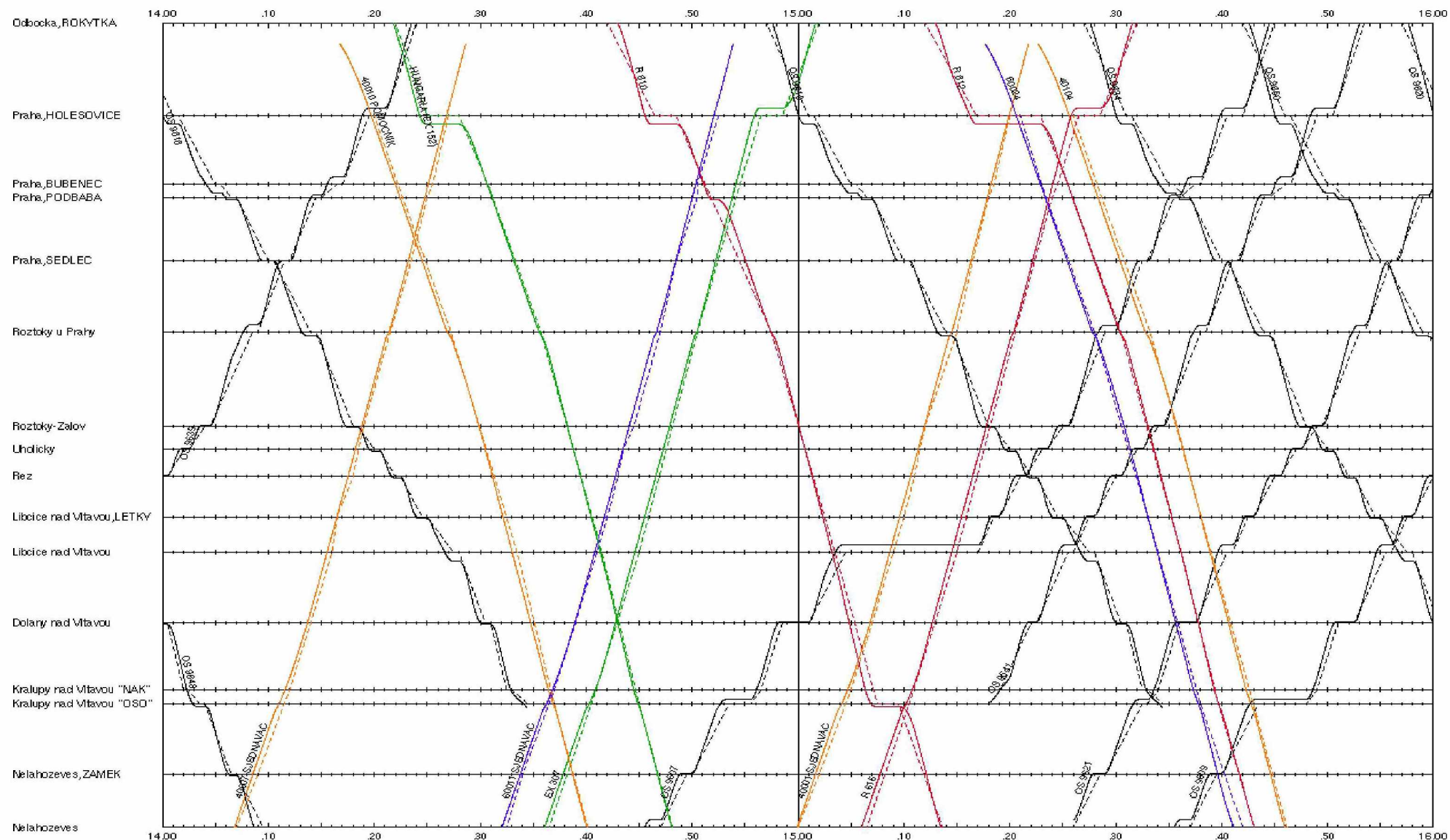
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 10:00:00 až 12:00:00



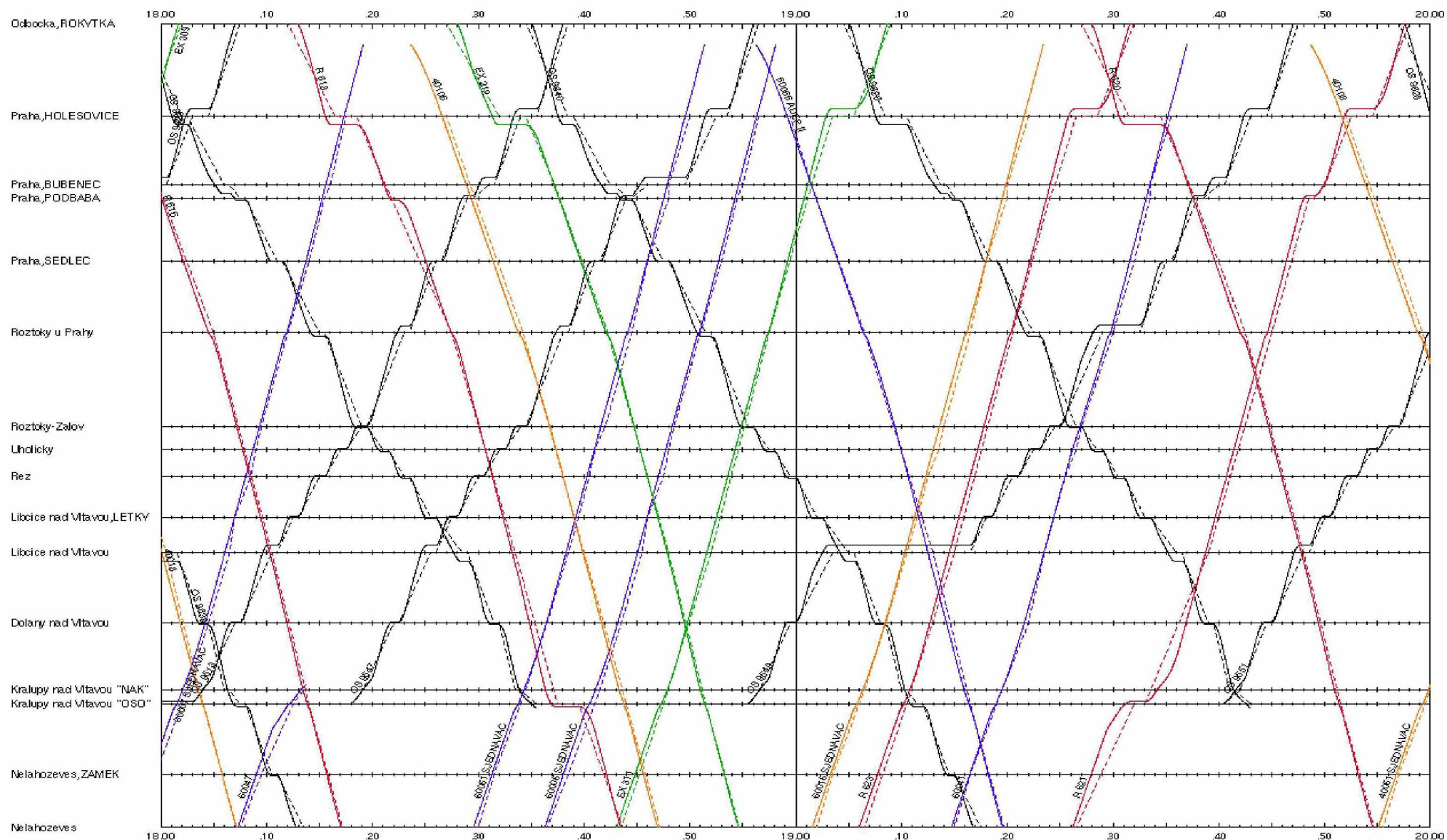
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 12:00:00 až 14:00:00



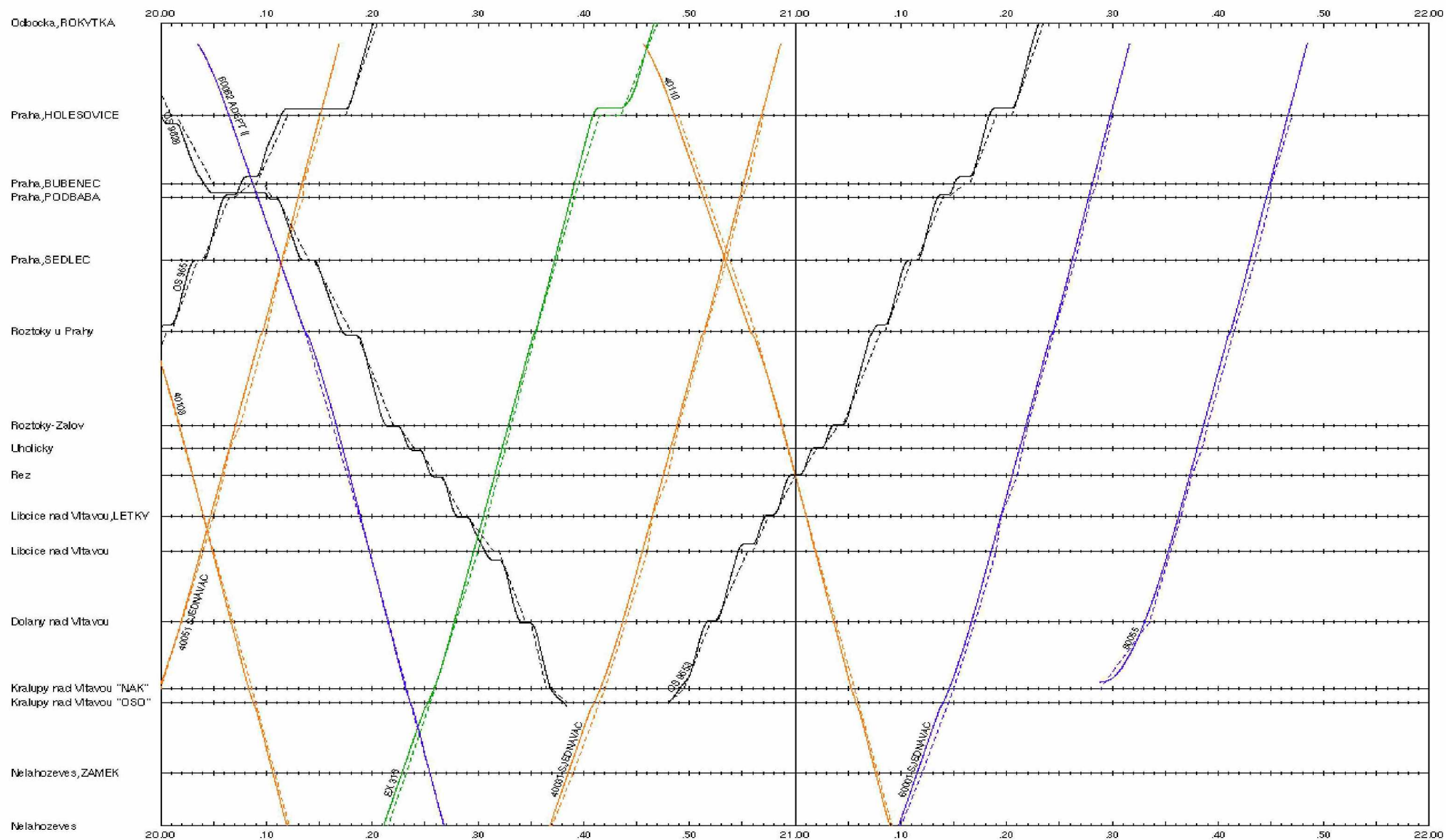
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 14:00:00 až 16:00:00



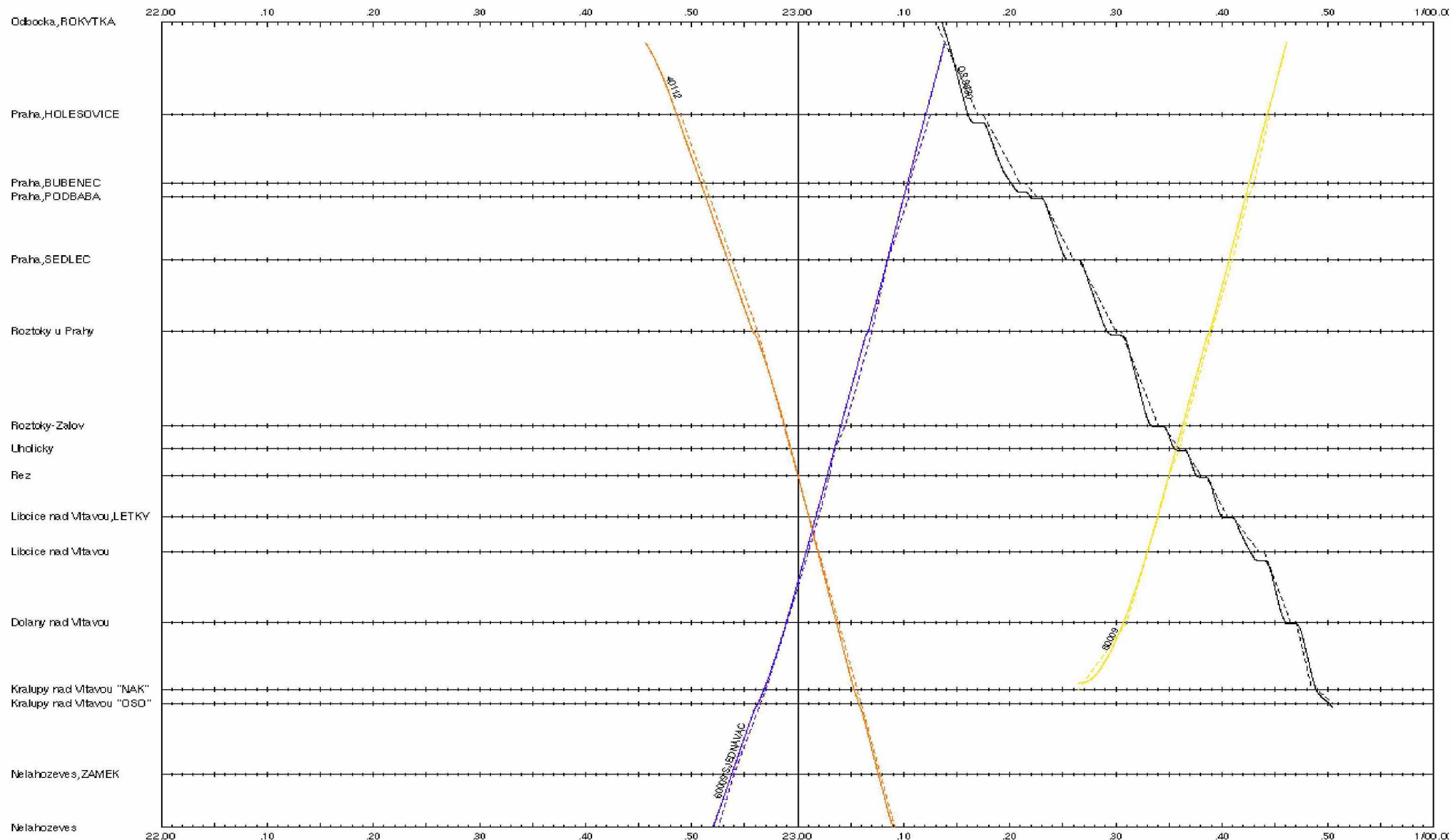
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 18:00:00 až 20:00:00



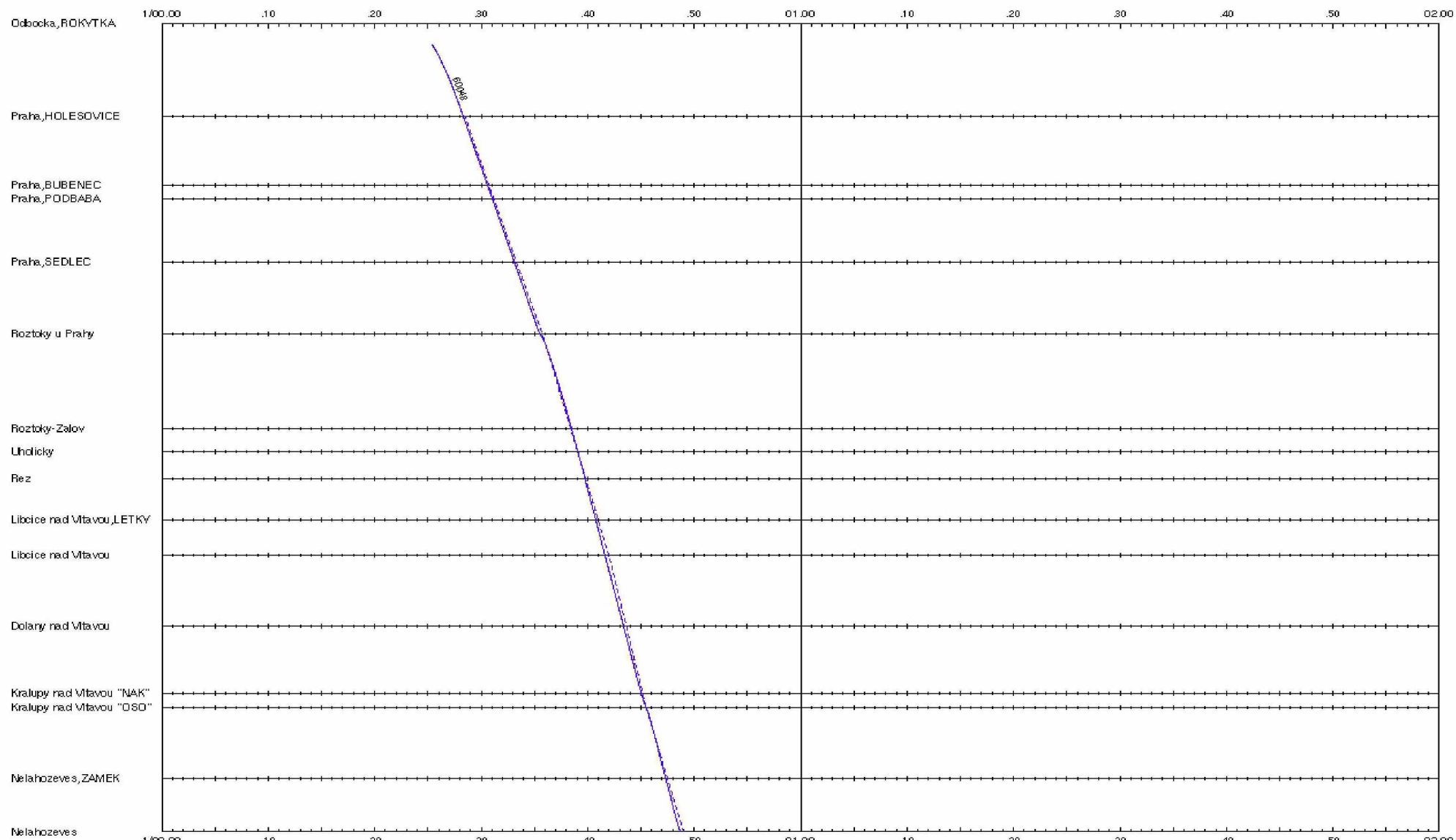
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 20:00:00 až 22:00:00



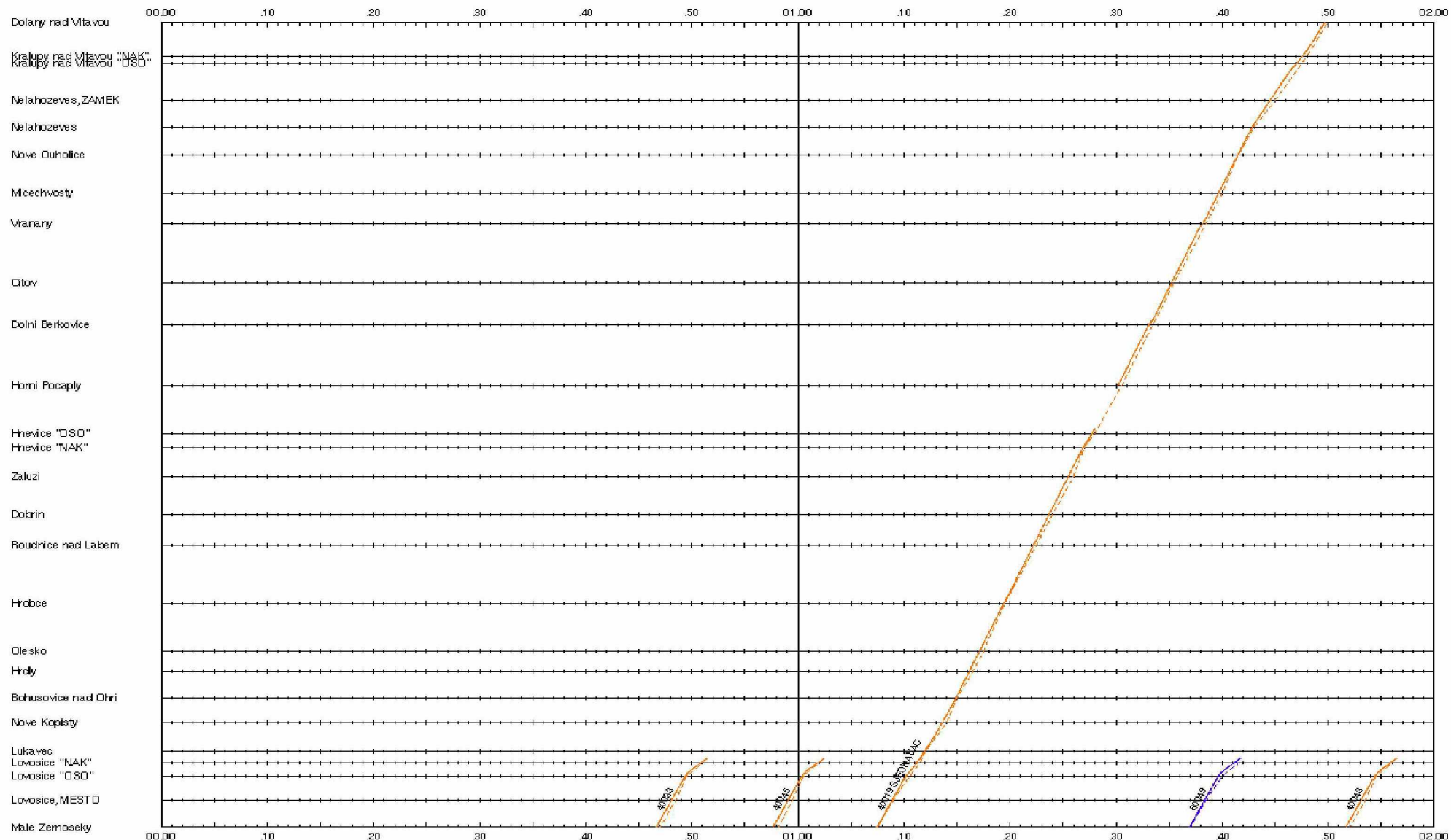
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 22:00:00 až 00:00:00



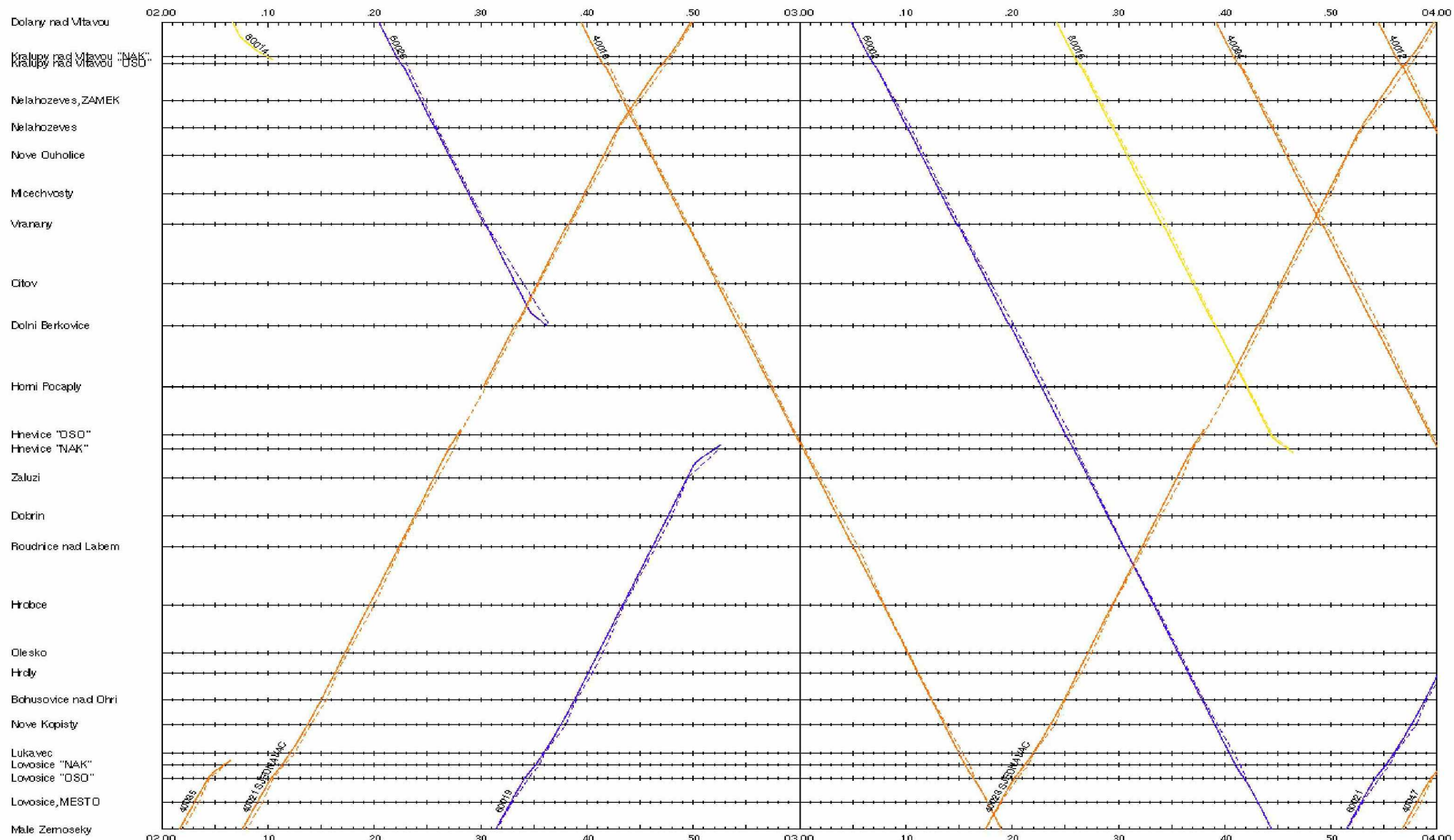
Úsek: Praha – Kralupy nad Vltavou, čas 00:00:00 až 02:00:00 (následující den)



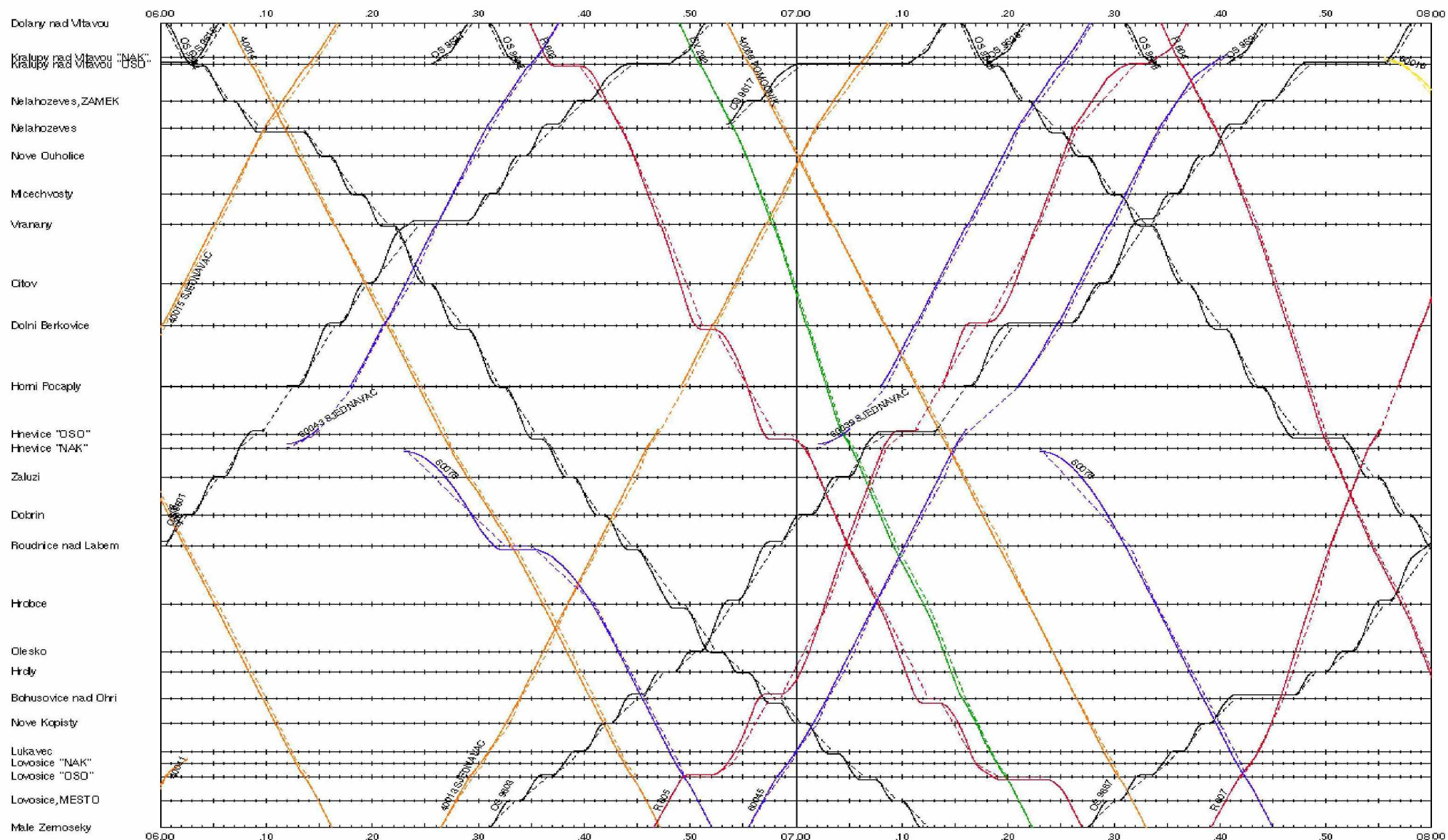
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 00:00:00 až 02:00:00



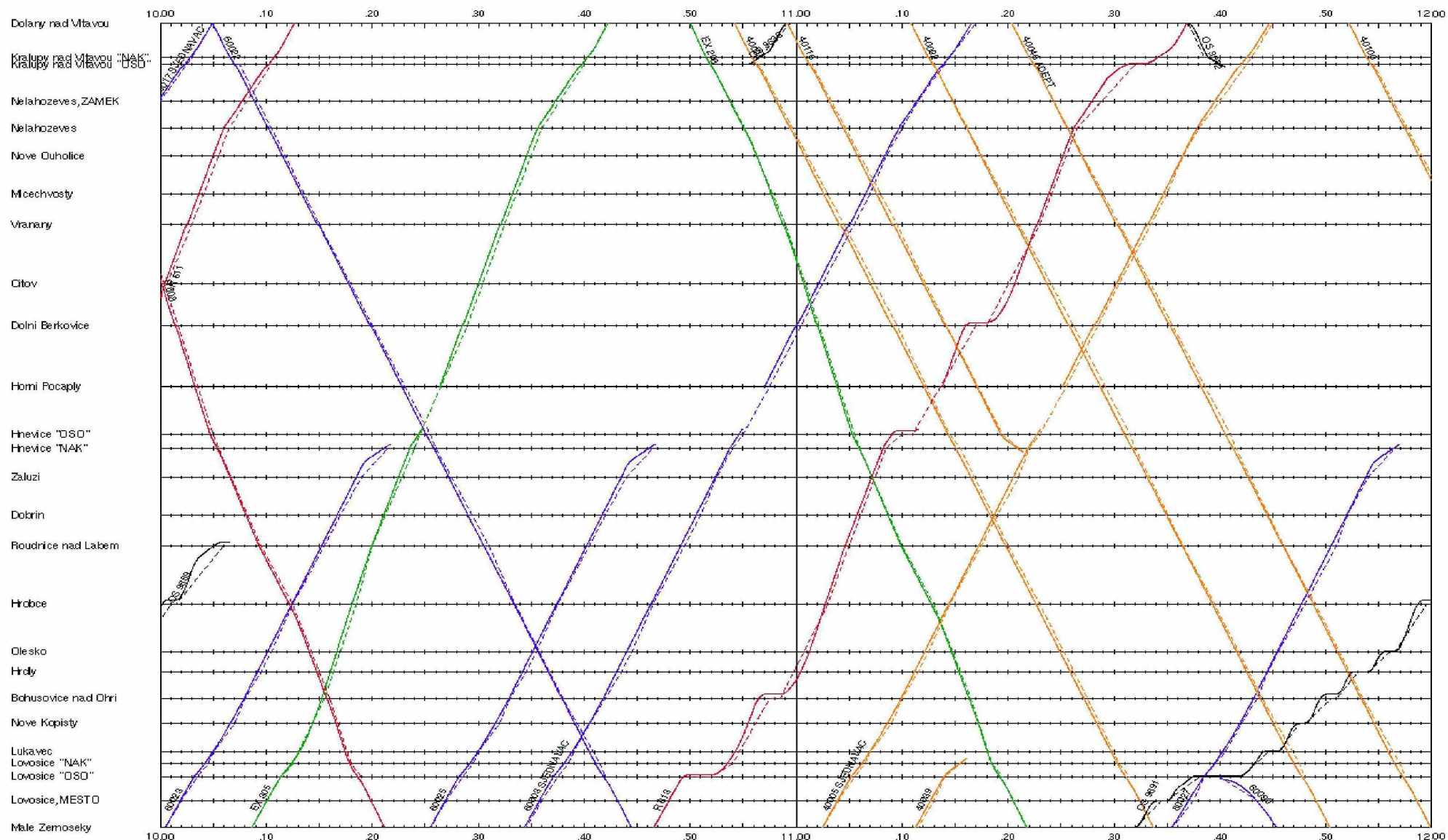
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 02:00:00 až 04:00:00



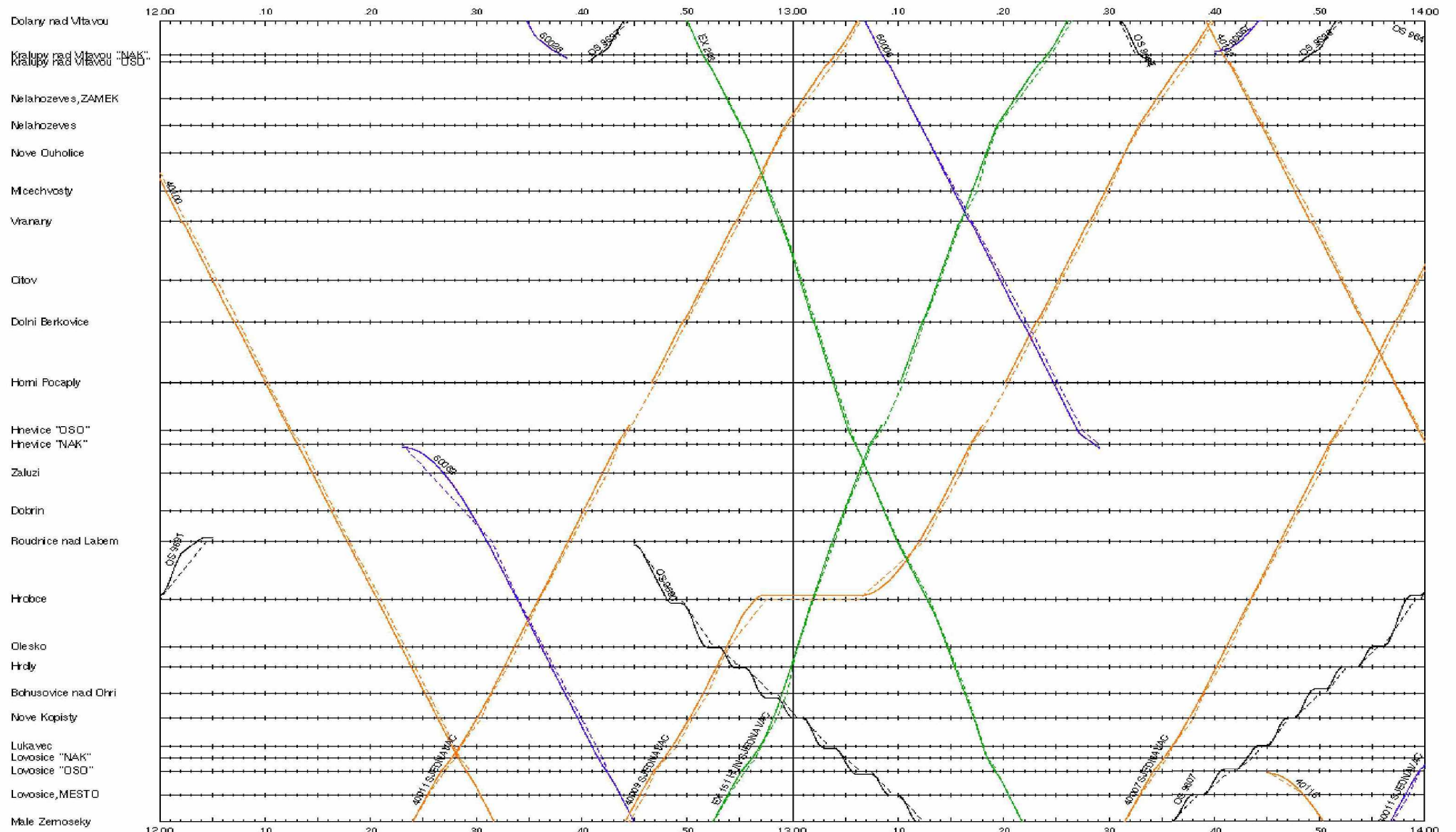
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 06:00:00 až 08:00:00



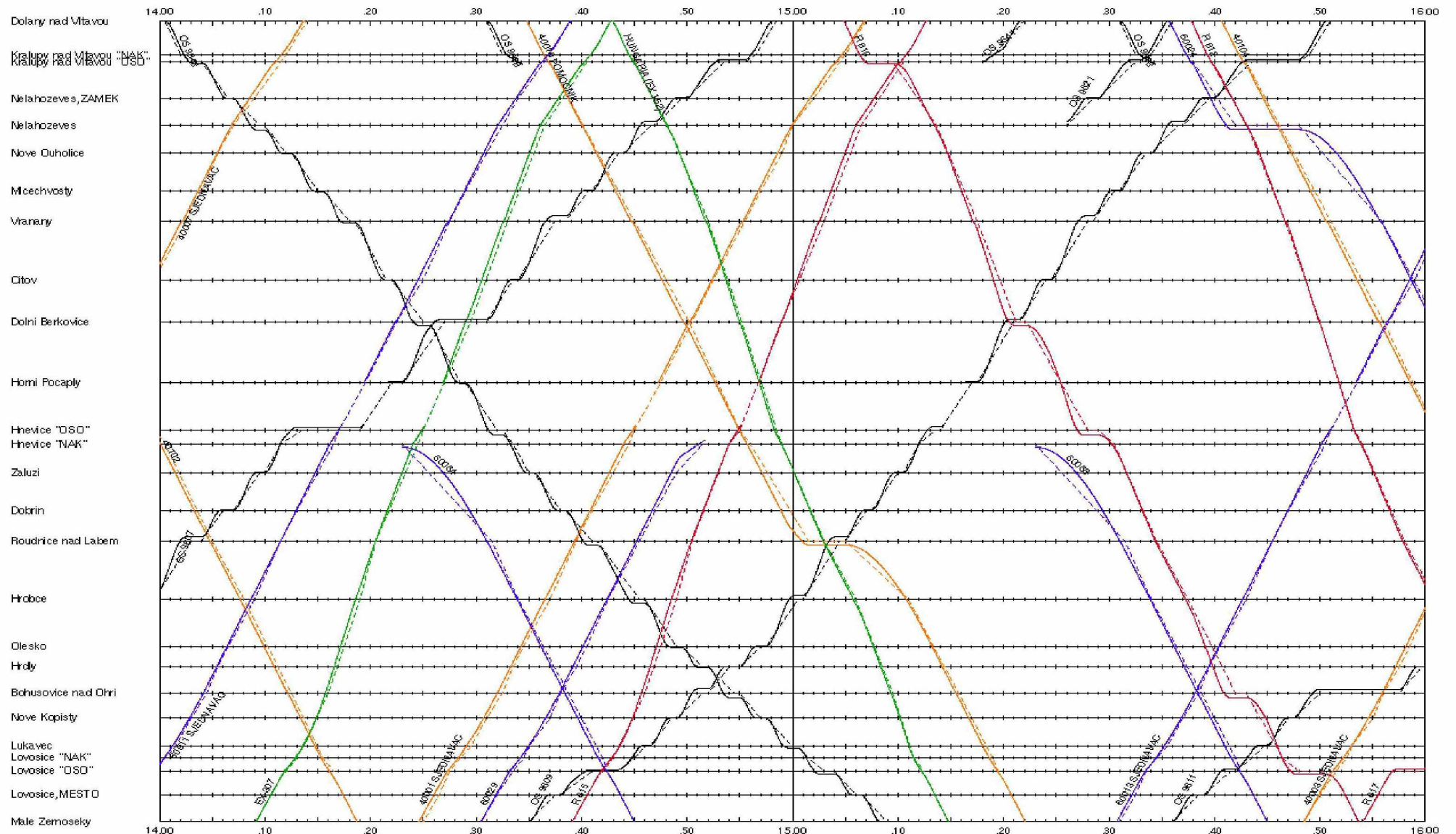
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 10:00:00 až 12:00:00



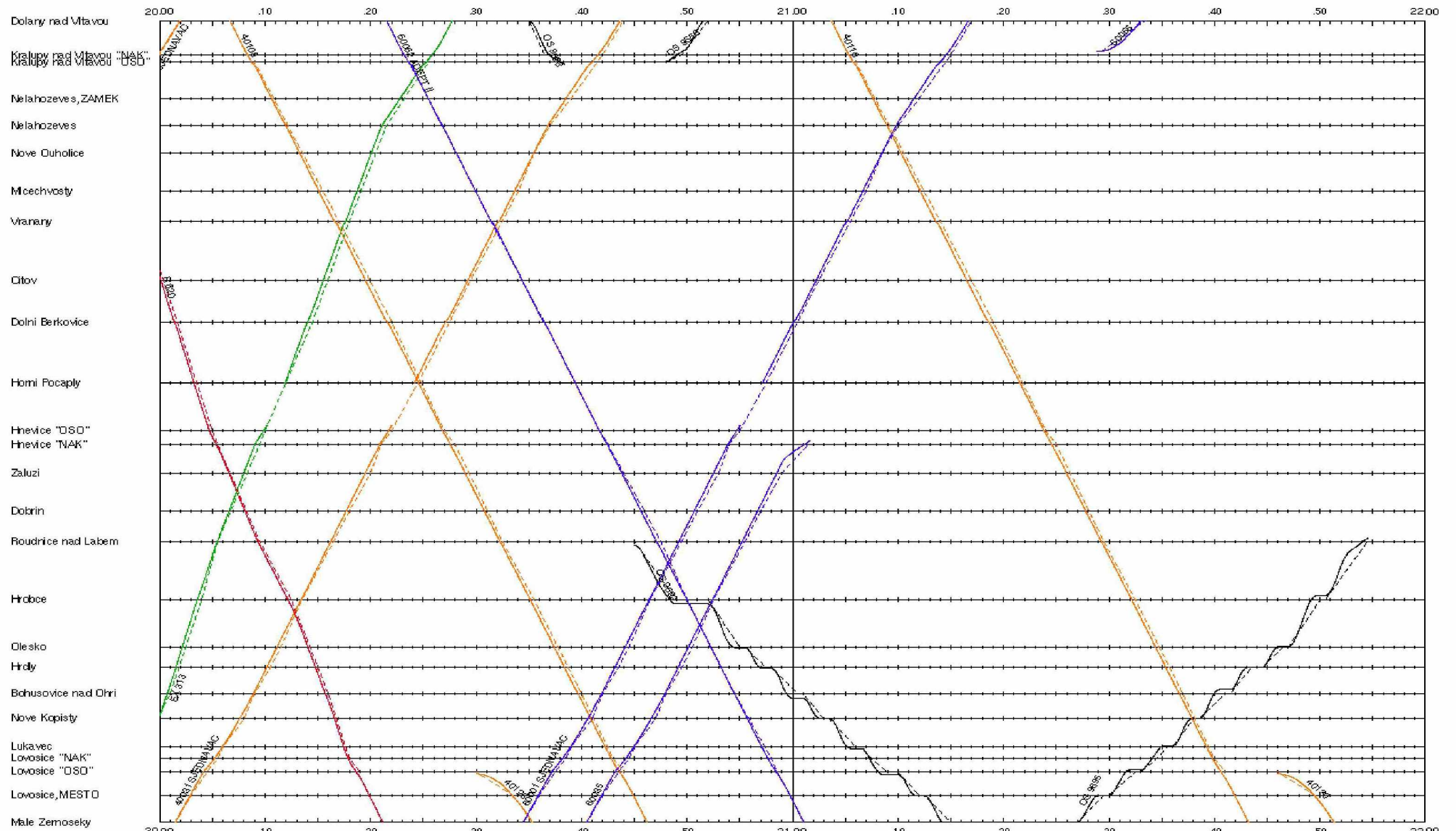
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 12:00:00 až 14:00:00



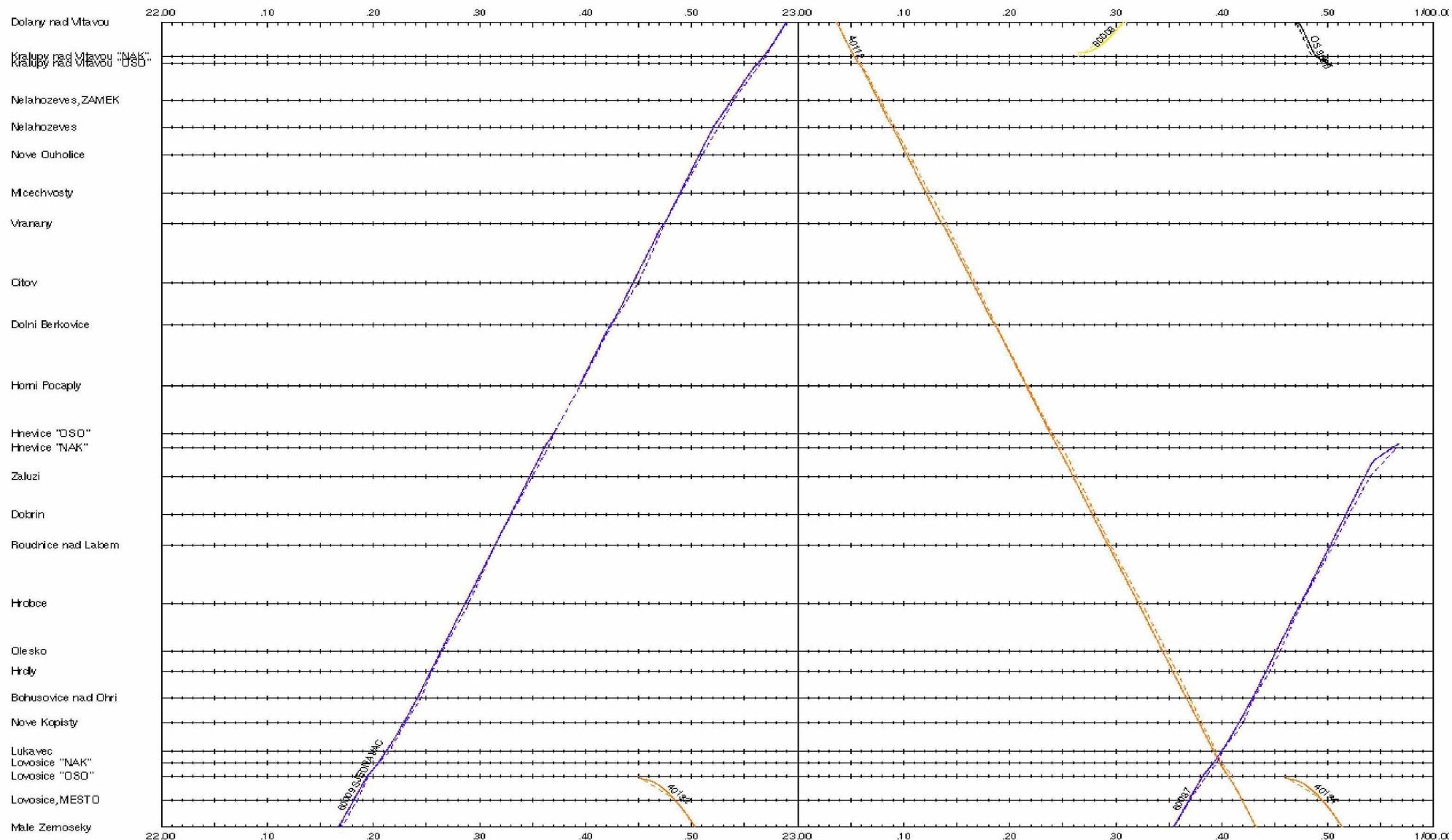
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 14:00:00 až 16:00:00



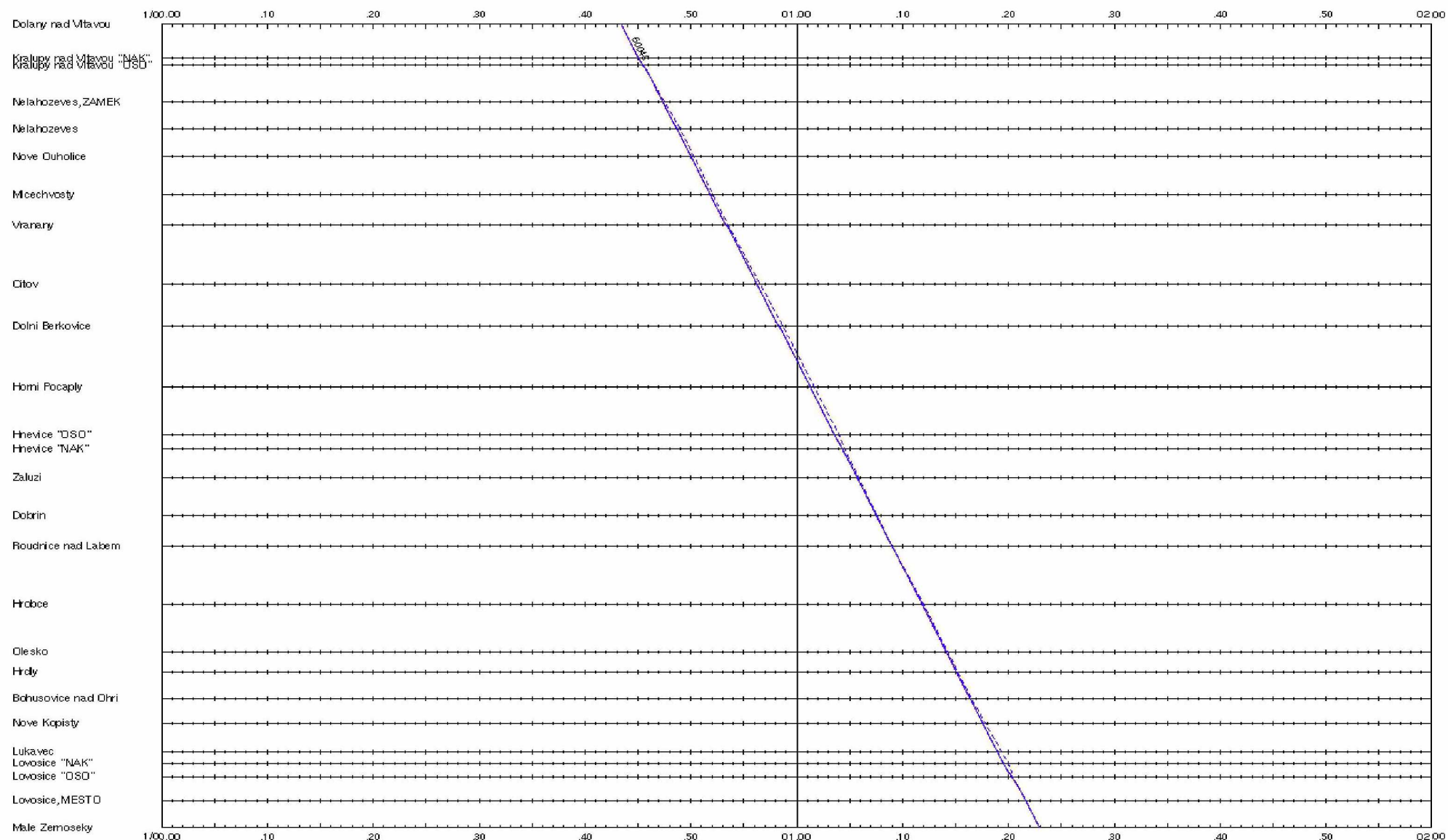
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 20:00:00 až 22:00:00



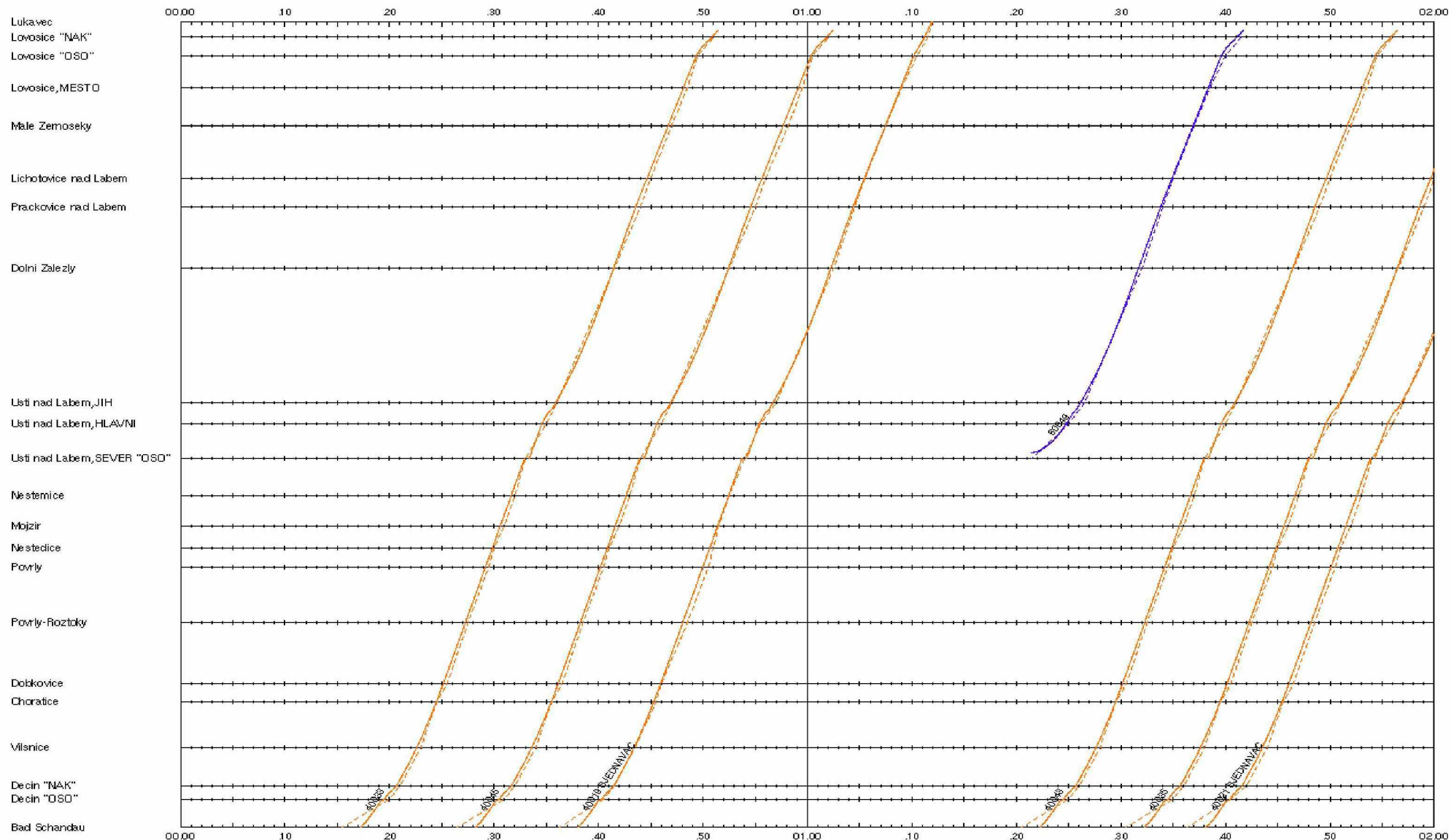
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 22:00:00 až 00:00:00



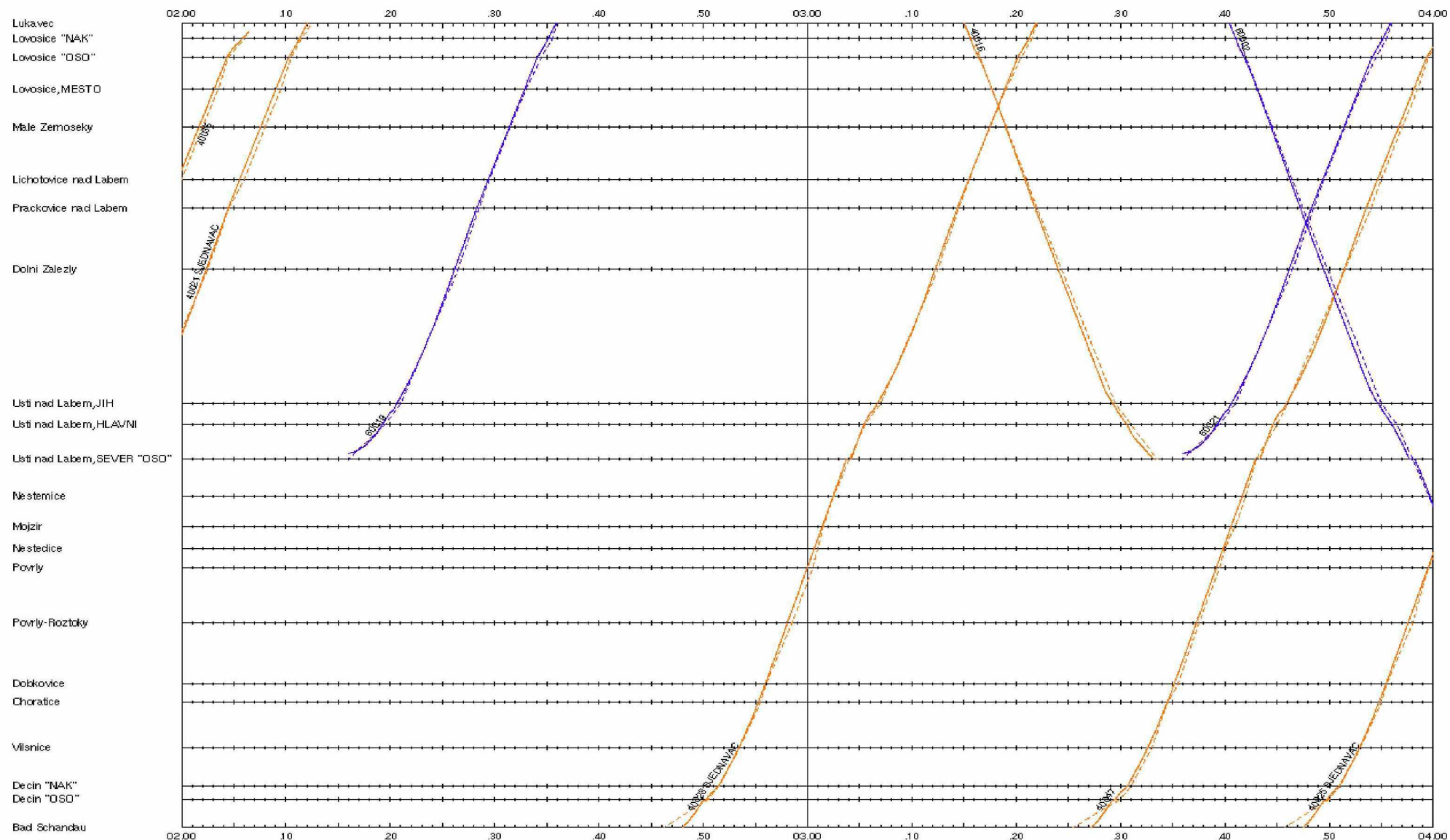
Úsek: Kralupy nad Vltavou – Lovosice, čas 00:00:00 až 02:00:00 (následující den)



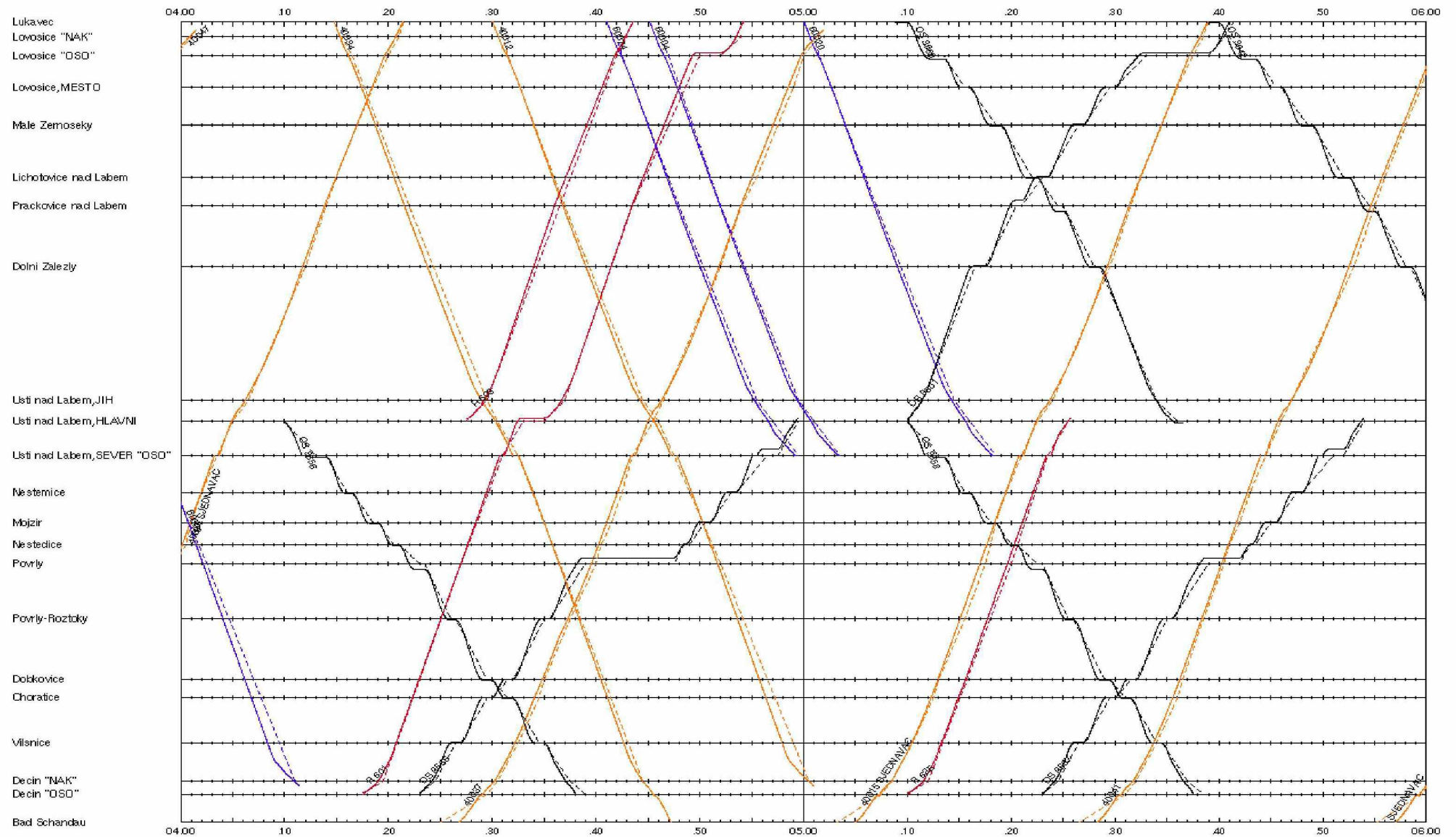
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 00:00:00 až 02:00:00



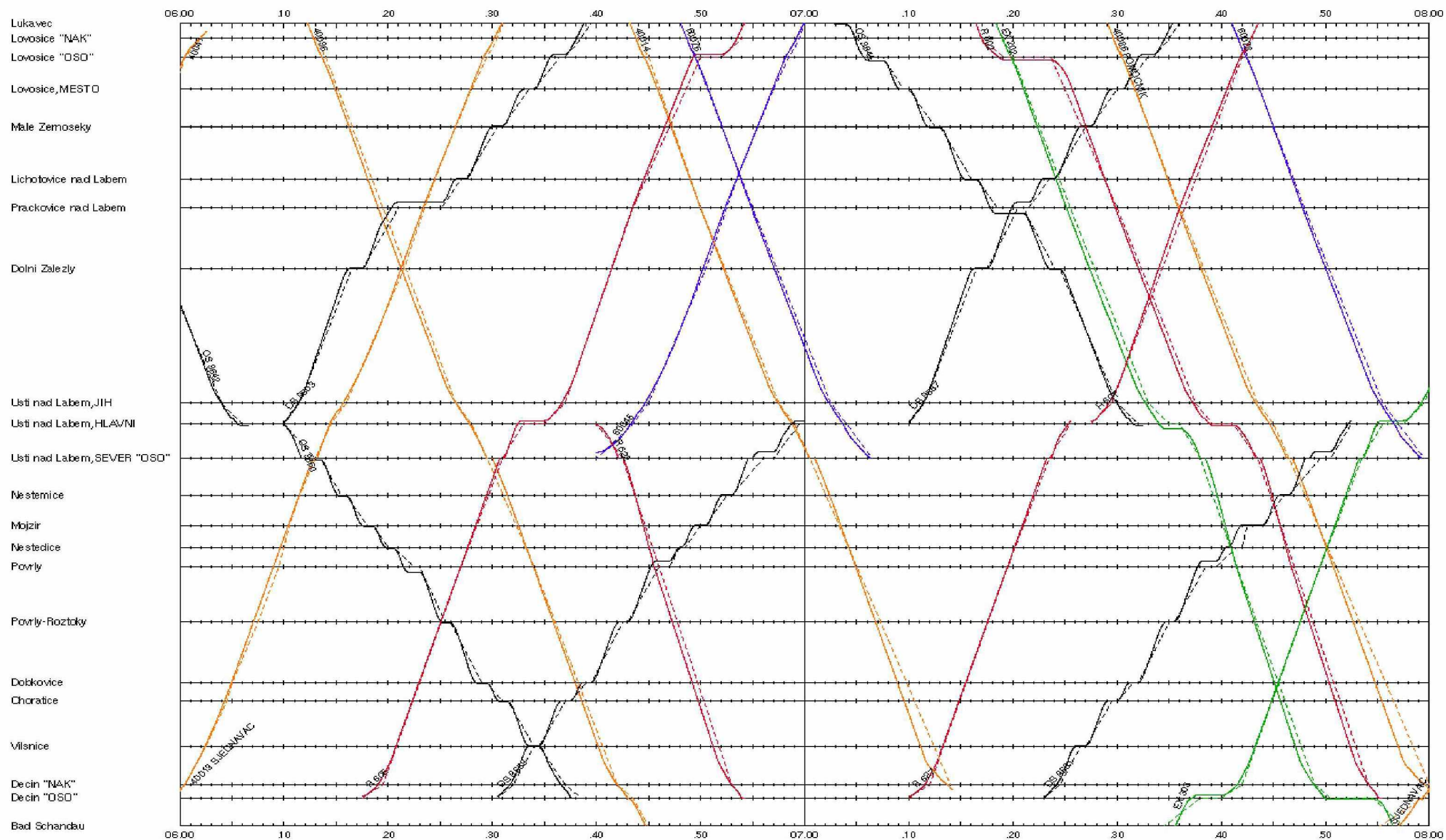
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 02:00:00 až 04:00:00



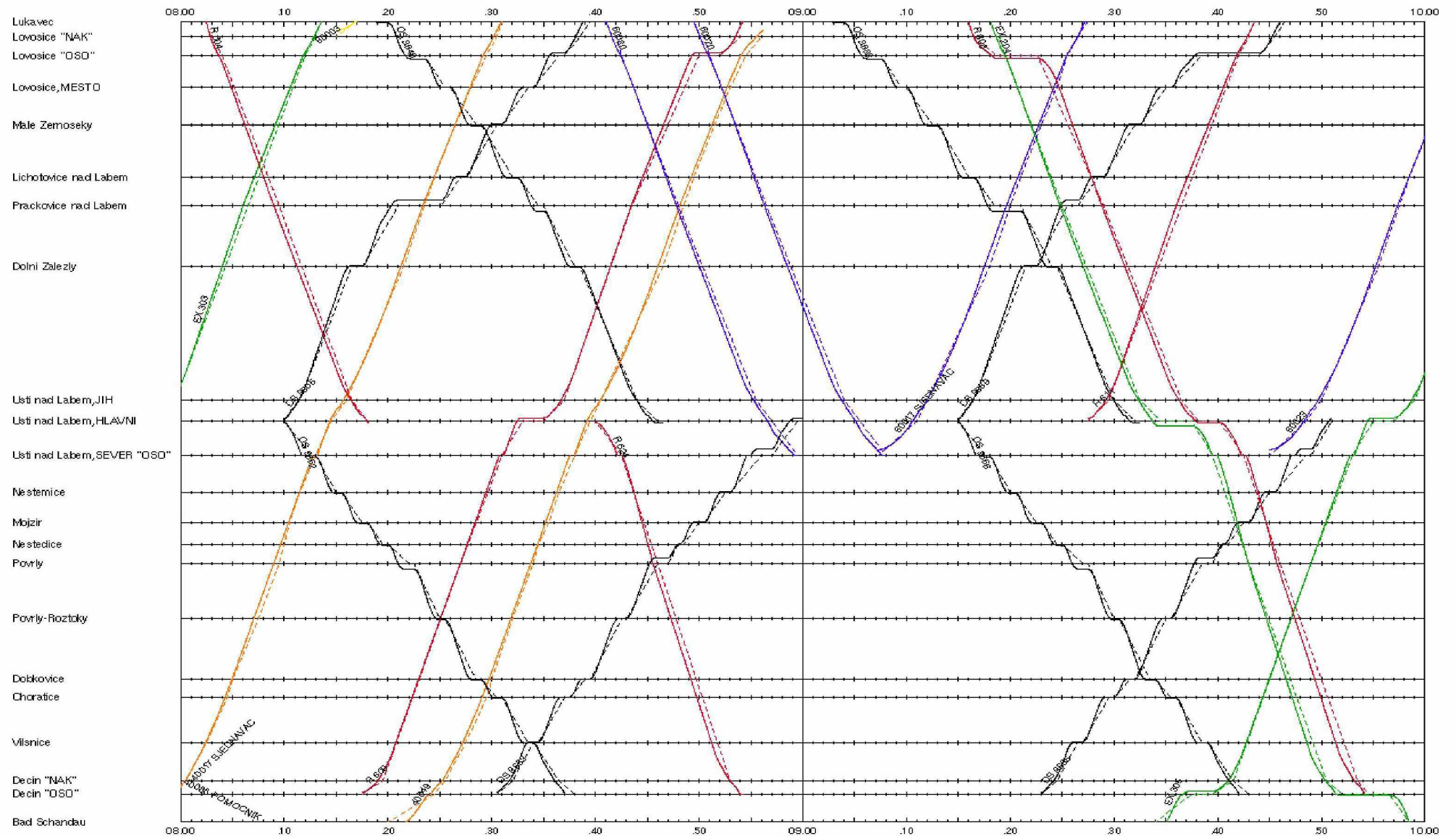
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 04:00:00 až 06:00:00



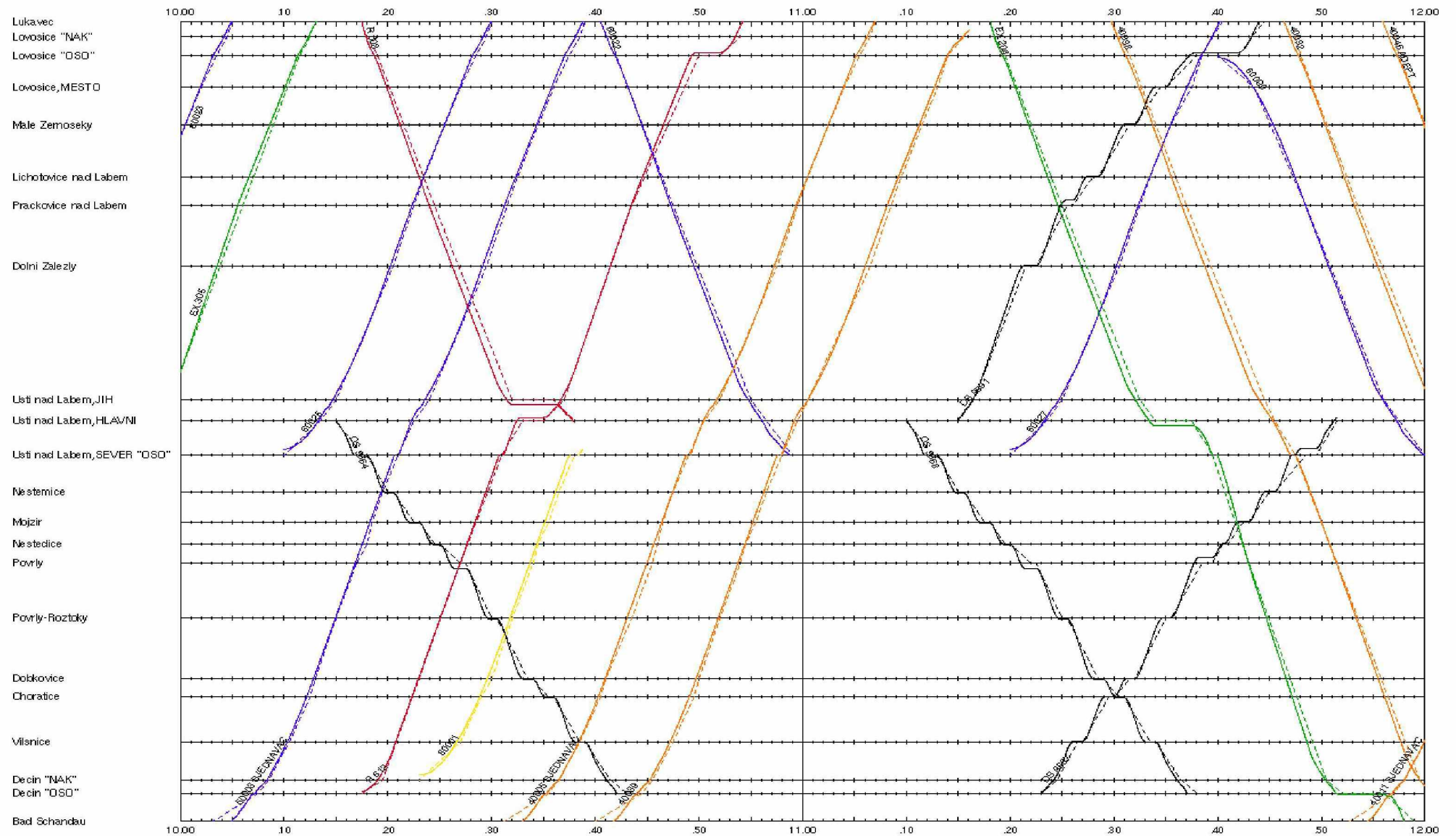
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 06:00:00 až 08:00:00



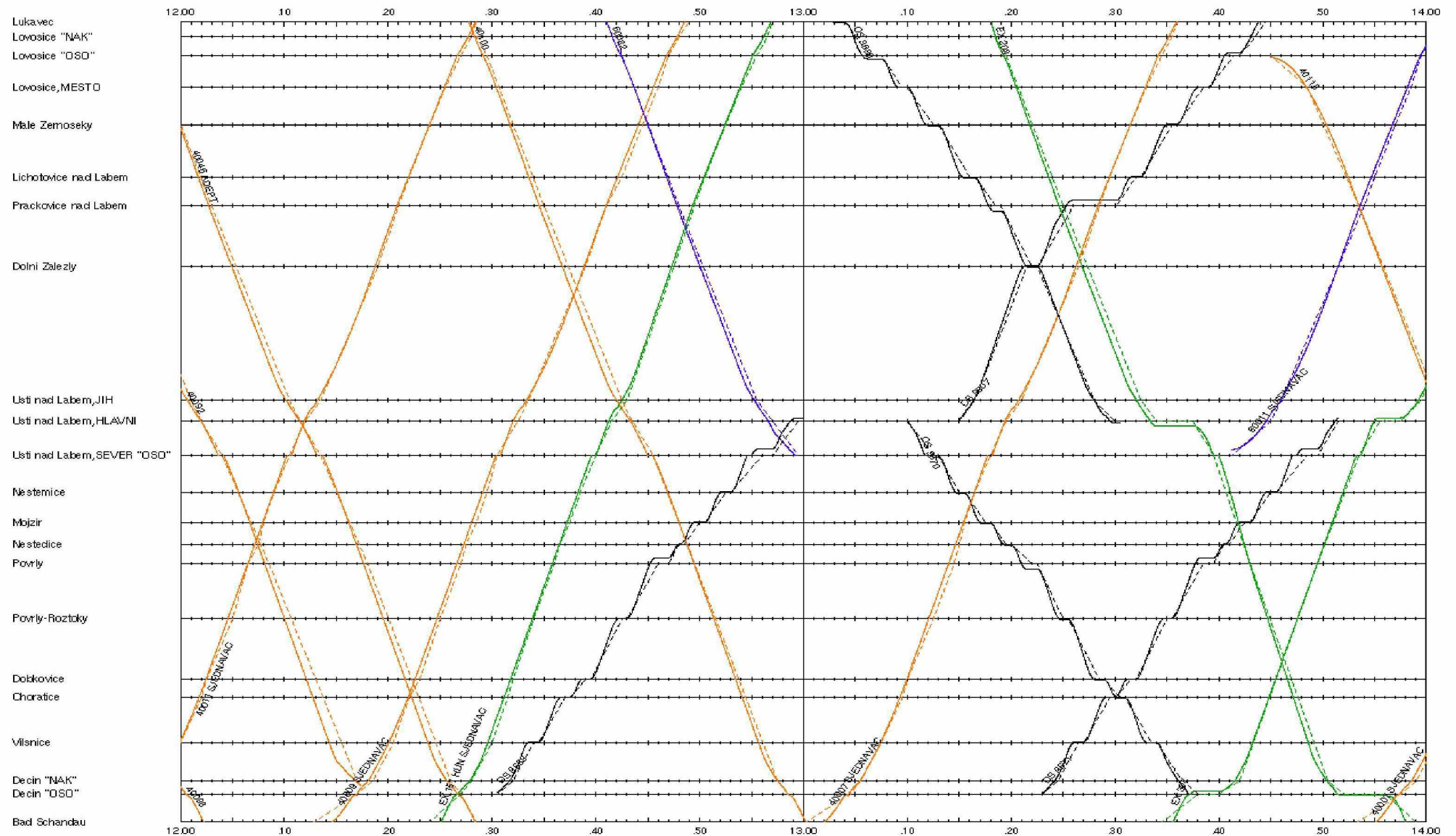
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 08:00:00 až 10:00:00



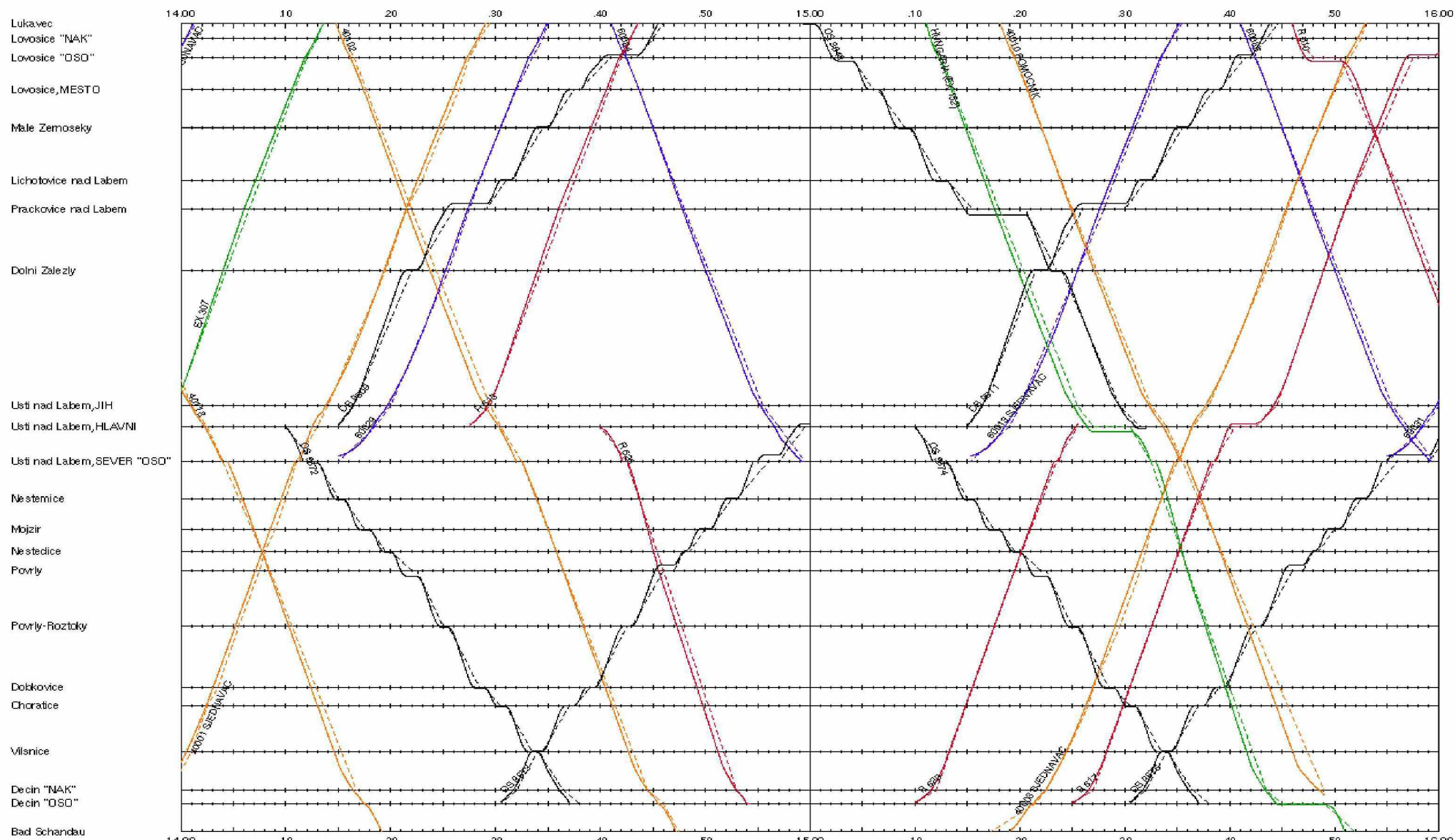
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 10:00:00 až 12:00:00



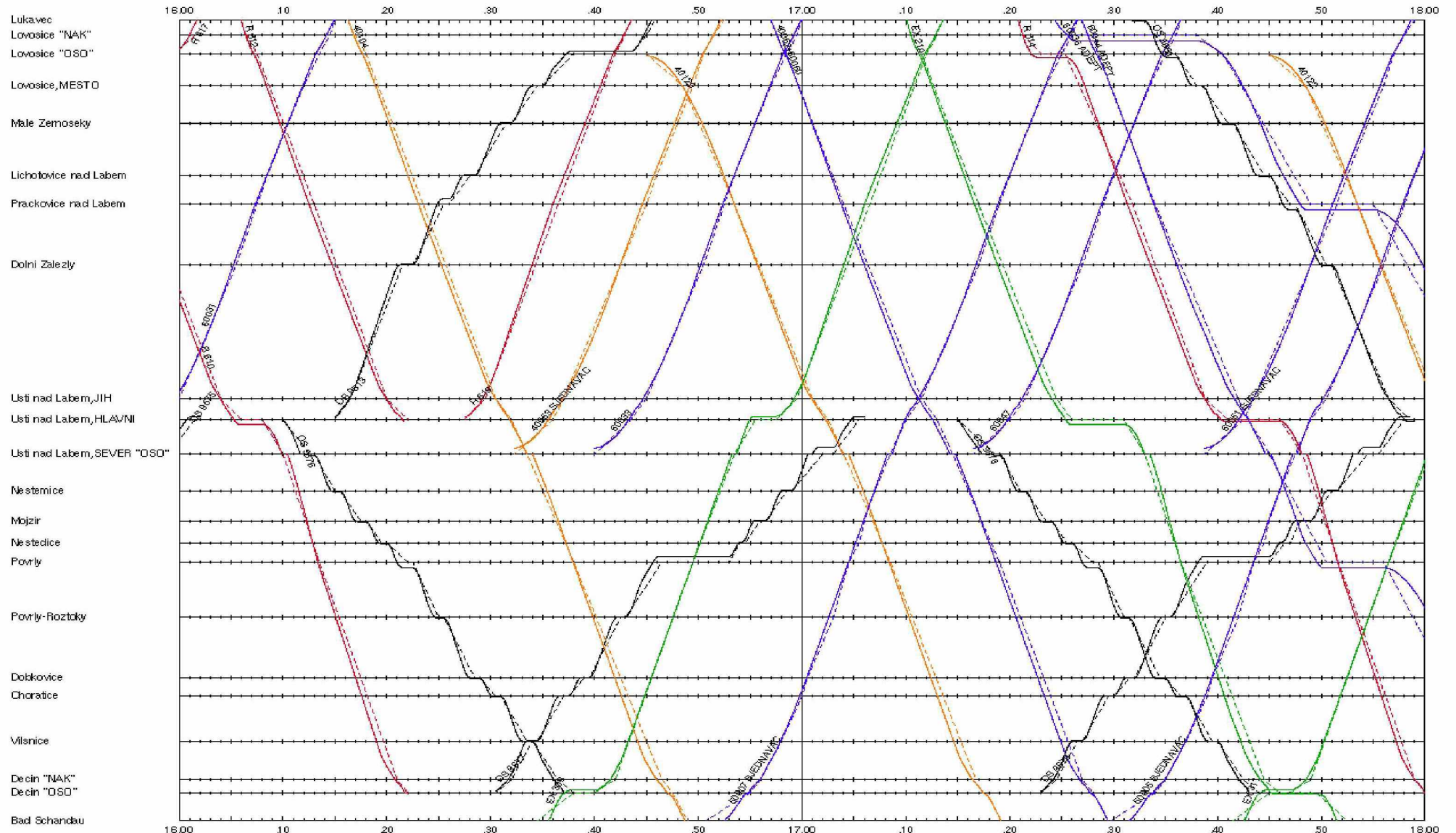
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 12:00:00 až 14:00:00



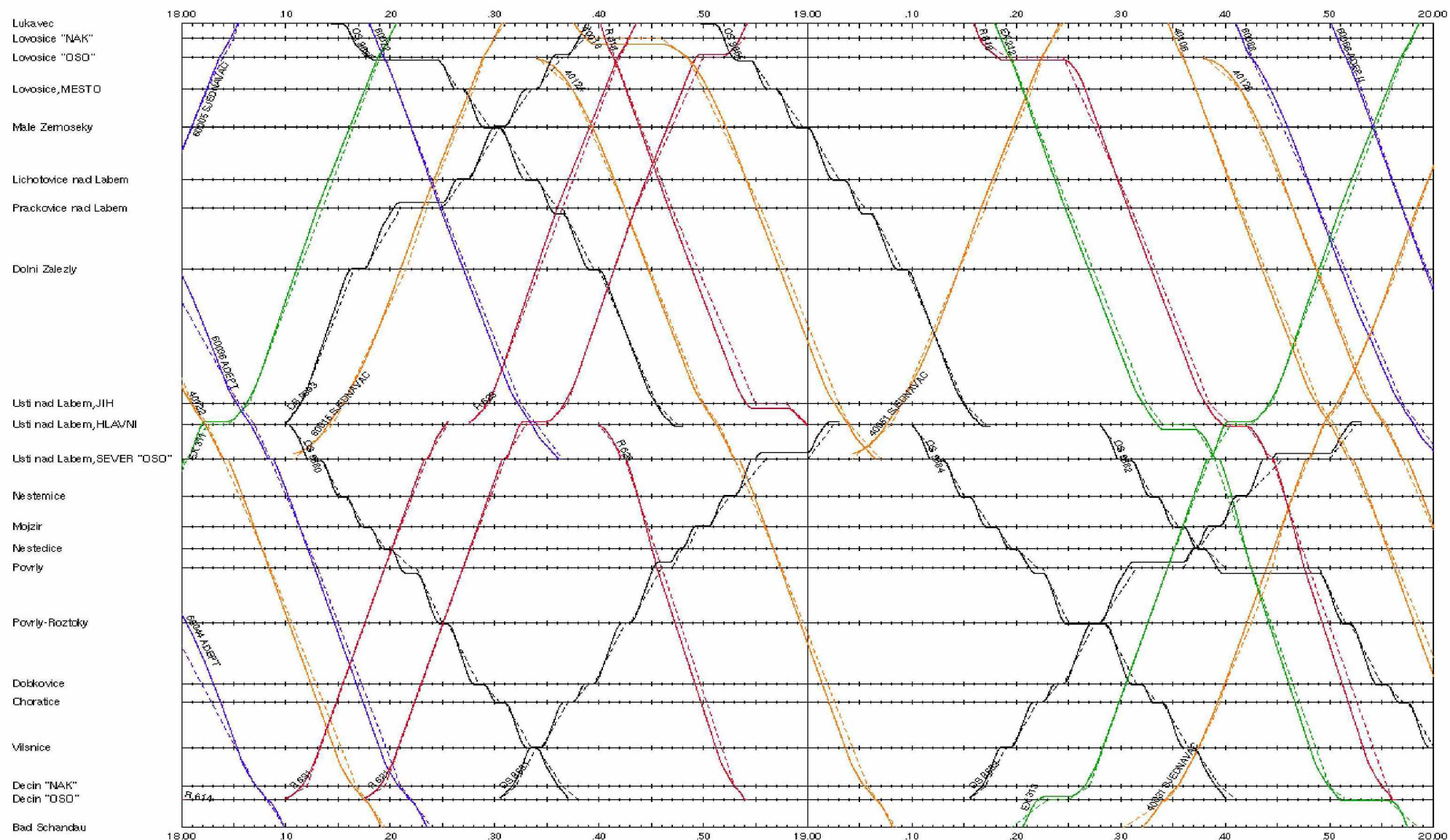
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 14:00:00 až 16:00:00



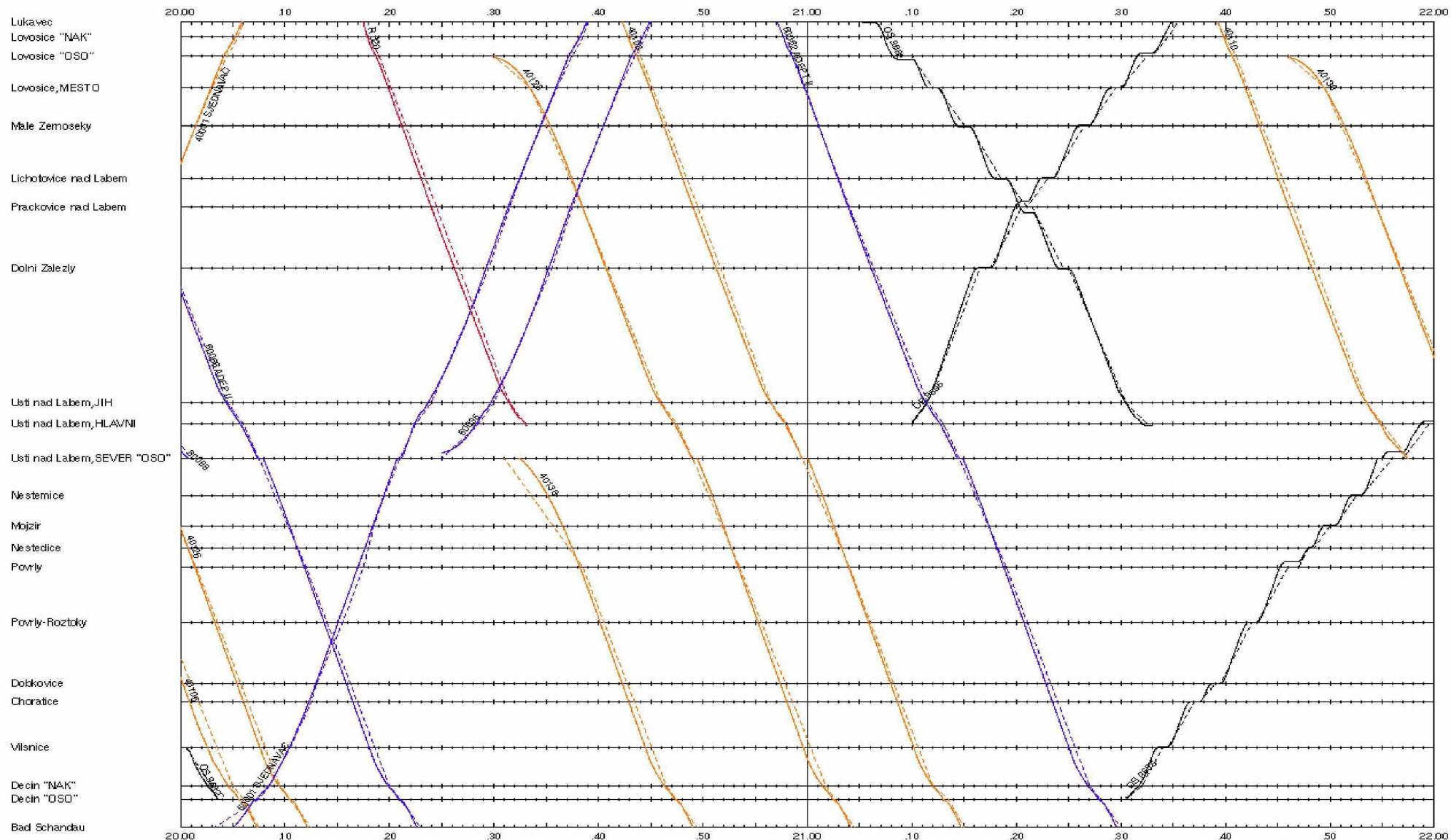
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 16:00:00 až 18:00:00



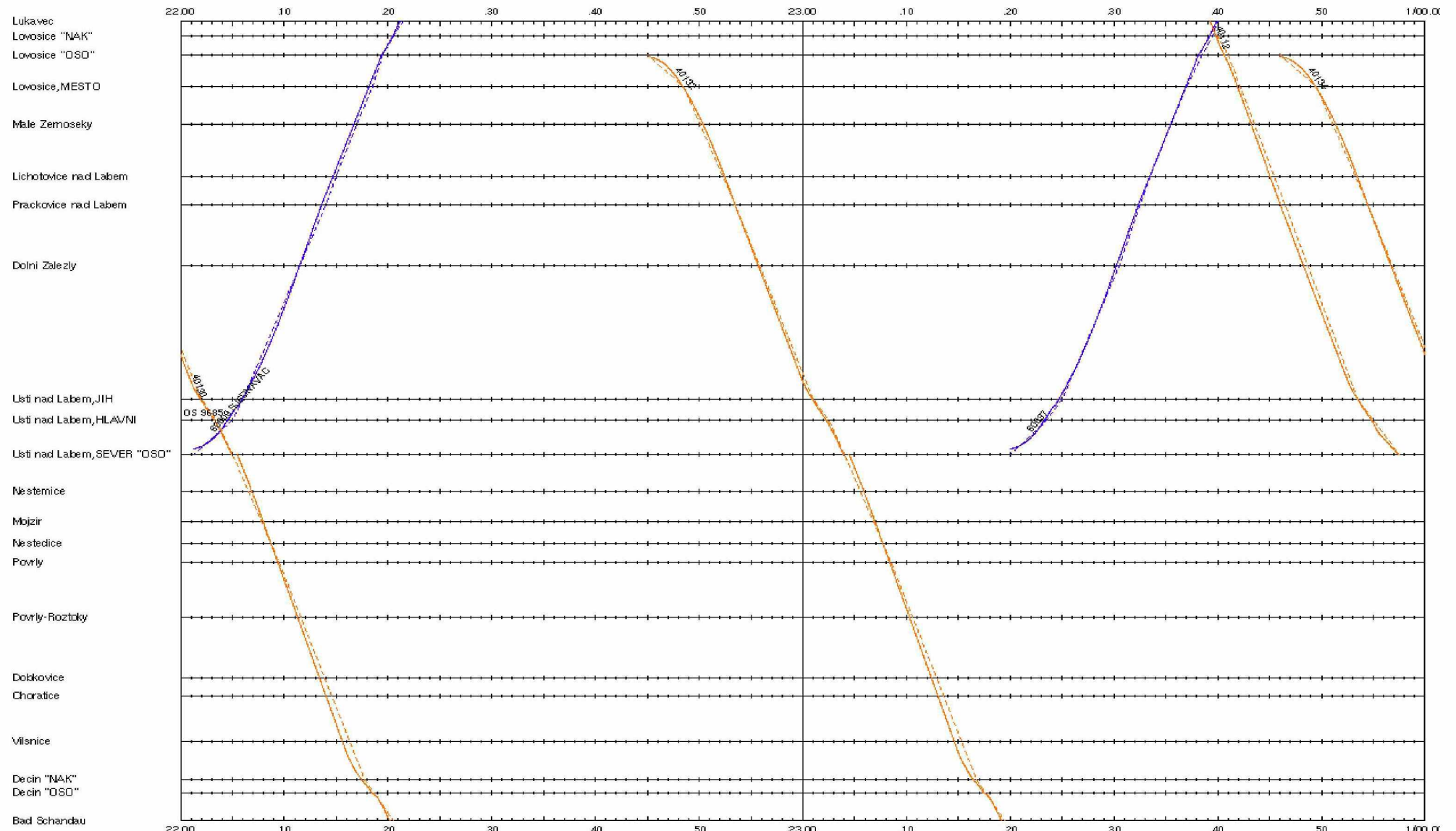
Úsek: Lovosice – Děčín, čas 18:00:00 až 20:00:00



Úsek: Lovosice – Děčín, čas 20:00:00 až 22:00:00



Úsek: Lovosice – Děčín, čas 22:00:00 až 00:00:00



Úsek: Lovosice – Děčín, čas 00:00:00 až 02:00:00 (následující den)

