

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Mgr. Bc. Vladimír Zeman, Ph.D.

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Diplomová práce

2022

Mgr. Bc. Vladimír Zeman, Ph.D.

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Mgr. Bc. Vladimír Zeman, Ph.D.**
Osobní číslo: **D20627**
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Posouzení a změna kapacity na traťovém úseku Brno Maloměřice St. 3 – Tišnov**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Charakteristika traťového úseku Brno Maloměřice St.3 –Tišnov
2. Analýza kapacity za současného stavu
3. Návrhy na změnu kapacity a jejich posouzení

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

Molková T. a kol. *Kapacita železničních tratí*. Pardubice, 2010. ISBN 978-80-7395-317-1.
Bulíček, J. – Drdla, P. *Studijní opora předmětu Kapacita a propustnost železniční dopravy. Studijní opora s příklady..* Pardubice, 2017.
Borndörfer, R. et al. *Handbook of optimization in the railway industry*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2018. International series in operations research & management science, volume 268. ISBN 978-3-319-72152-1.
Dokumenty a předpisy Správy železnic, s. o. SŽ (SŽDC) Sm 124; SŽ (ČSD) D 24; Staniční řády žst. Brno-Maloměřice, Kuřim, Tišnov; Tabulky traťových poměrů

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

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

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

V Pardubicích dne 1. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem *Posouzení a změna kapacity na traťovém úseku Brno Maloměřice St. 3 - Tišnov* 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 směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 13. 5. 2022

Vladimír Zeman v. r.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli při tvorbě této diplomové práce. Velký dík patří doc. Ing. Pavlu Drdlovi, Ph.D. za odpovědné vedení této práce, konzultace a odborná doporučení. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Rudolfu Mrzenovi, Ph.D. ze Správy železnic za poskytnutí podkladů k dynamice jízdy vlaků a všem kolegům výpravčím, se kterými jsem mohl konzultovat provoz na traťovém úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov, zvláště bych chtěl zmínit blízkého spolupracovníka Ing. Davida Břízu. Poděkování patří také mým rodičům a babičce za poskytnuté zázemí při studiu a morální podporu. A největší dík náleží mé ženě Anežce nejen za její trpělivost.

ANOTACE

Cílem této diplomové práce je zjišťování a návrhy změny kapacity traťového úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov. Nejprve je tento úsek prezentován z hlediska dopravní infrastruktury, charakteru a intenzity současného provozu. Dále je provedeno analytickou metodou zjišťování propustnosti traťových kolejí, kapacita staničních kolejí a zhlaví. Metodou separátní simulace je provedeno zjišťování kapacity vybraných zhlaví. Jsou navrženy úpravy infrastruktury a organizace provozu.

KLÍČOVÁ SLOVA

kapacita, propustnost, železnice, IDS JMK, řízení provozu, výluky

TITLE

An analysis and a change of capacity on the railway track Brno Maloměřice St. 3 - Tišnov

ANNOTATION

The aim of this thesis is to determine the capacity of the railway track section Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov (CZ) and to suggest changes of the capacity. First, this section is presented as far as transport infrastructure, current traffic and its intensity is concerned. Using analytical method the throughput of interstation tracks, the capacity of station tracks and junctions is detected. The method of separate simulation is used to determine the capacity of selected junctions. Modifications to the infrastructure and traffic organization are proposed.

KEYWORDS

capacity, throughput, railway, IDS JMK, traffic management, lockout

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
Seznam zkratk	11
Úvod.....	12
1 Dopravní infrastruktura a provoz na traťovém úseku Brno Maloměřice St. 3 – Tišnov	13
1.1 Železniční stanice a zastávky	13
1.1.1 Brno-Maloměřice St. 3	13
1.1.2 Zastávka Brno-Lesná	14
1.1.3 Žst. Brno-Královo Pole.....	14
1.1.4 Zastávka Brno-Řečkovice.....	15
1.1.5 Zastávka Česká	15
1.1.6 Žst. Kuřim.....	15
1.1.7 Zastávka Čebín	16
1.1.8 Zastávka Hradčany	16
1.1.9 Žst. Tišnov	16
1.2 Traťové úseky	19
1.3 Radiové sítě a další zařízení infrastruktury na trati.....	20
1.4 Charakteristika současného železničního provozu.....	20
1.4.1 Příměstské spojení a linka S3 IDS JMK.....	21
1.4.2 Vedení dálkových linek	22
1.4.3 Nákladní vlaky na traťovém úseku.....	23
1.5 Opatření při výlukách, omezení provozu a mimořádnostech.....	25
1.5.1 Opatření a aplikované postupy v operativním řízení provozu.....	25
1.5.2 Výluky a poruchy na trati	27
1.6 Předběžné stanovení rizik kvality provozu a možností jeho budoucího rozvoje	30
1.6.1 Dříve posuzované otázky propustnosti a budoucího rozvoje na zkoumaném traťovém úseku	30
1.6.2 Kapacitní nároky příměstských vlaků.....	30
1.6.3 Nákladní transit.....	31
1.6.4 Kapacitní omezení při výlukách infrastruktury	31

2	Analytické zjišťování ukazatelů kapacity traťového úseku Brno Maloměřice St. 3 – Tišnov.....	32
2.1	Prezentace dat pro model dopravních proudů	32
2.1.1	Plánované počty vlaků dle nákrešných jízdnicích řádů	32
2.1.2	Skutečné počty vlaků dle Portálu provozování dráhy	33
2.1.3	Skutečné počty vlaků dle ISOŘ	34
2.2	Analytické zjišťování kapacity traťových kolejí	36
2.2.1	Metodika zjišťování kapacity traťových kolejí	36
2.2.2	Analytické zjišťování propustnosti traťových úseků	41
2.3	Analytické výpočty kapacity dopravních kolejí a obsazení nástupištních hran v žst. Tišnov.....	44
2.3.1	Soubor vlaků v dopravní špičce v žst. Tišnov.....	44
2.3.2	Doby obsazení a plán obsazení staničních kolejí v žst. Tišnov	44
2.3.3	Metodika výpočtu ukazatelů obsazení kolejových skupin dle SM124	46
2.3.4	Výpočet ukazatelů obsazení kolejových skupin v žst. Tišnov v dopravní špičce.....	49
2.4	Analytické výpočty ukazatelů kapacity zhlaví	51
2.4.1	Metodika výpočtu kapacity zhlaví	51
2.4.2	Výpočet koeficientu koliznosti části zhlaví v obvodu St.3 Brno- Maloměřice	52
2.4.3	Výpočet koeficientu koliznosti kuřimského zhlaví v žst. Tišnov	53
2.5	Dílčí závěr o zjišťování kapacity analytickou metodou	55
3	Rizika omezení kapacity a návrhy na změnu kapacity	58
3.1	Zjišťování kapacity zhlaví separátní simulací	58
3.1.1	Zjišťování kapacity separátní simulací.....	58
3.1.2	Charakteristika využitého simulačního modelu	59
3.1.3	Simulační zjišťování kapacity zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St.3 ...	59
3.1.4	Simulační zjišťování kapacity kuřimského zhlaví v žst. Tišnov.....	61
3.2	Možnosti zavedení taktu 12' a 10'	62
3.3	Propustnost při kolejové výluce jedné z traťových kolejí	65
3.4	Propustnost při výluce traťového zabezpečovacího zařízení.....	68
	Závěr.....	71
	Použitá literatura	72
	Přílohy	74

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schéma kolejiště Brno-Maloměřice St. 3	14
Obrázek 2 – Situační schéma kuřimského zhlaví žst. Tišnov	53
Obrázek 3 – Uspořádání dočasné a trvalé koncové stanice.....	54
Obrázek 4 – Prvky zhlaví v obvodu St. 3 Brno-Maloměřice	60
Obrázek 5 – Prvky kuřimského zhlaví v Tišnově	61
Obrázek 6 – Situační schéma navrhované odb. Čebín	66

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Přehled taktů linky S3 IDS JMK v jednotlivých relacích.....	22
Tabulka 2 – Jízdní doby osobních vlaků.....	28
Tabulka 3 – Skutečné počty vlaků dle Portálu provozování dráhy	33
Tabulka 4 – Počty vlaků dle ISOŘ, březen 2021	34
Tabulka 5 – Počty vlaků dle ISOŘ, říjen 2021	35
Tabulka 6 – Průměrné počty vlaků dle druhu, říjen 2021.....	35
Tabulka 7 – Druhy vlaků dle charakteru jízdy v mezistaničním úseku.....	38
Tabulka 8 – Celková doba obsazení a stupeň obsazení traťových kolejí	41
Tabulka 9 – Celkové doby obsazení a stupně obsazení Kuřim – Tišnov a zpět ve špičce	43
Tabulka 10 – Ukazatele kapacity staničních kolejí žst. Tišnov	49
Tabulka 11 – Ukazatele kapacity staničních kolejí žst. Tišnov – alternativní obsazení kolejí s pátou nástupištní hranou.....	51
Tabulka 12 – Výsledky separátní simulace zjišťování kapacity zhlaví v obvodu St.3..	60
Tabulka 13 – Výsledky separátní simulace zjišťování kapacity kuřimského zhlaví žst. Tišnov.....	61
Tabulka 14 – Příklad vedení vlaků v dopravní špičce v hodinovém období.....	63
Tabulka 15 – Jízdní doby v případě výluky TZZ Tišnov-Kuřim.....	69
Tabulka 16 – Jízdní doby v případě výluky TZZ Tišnov-Kuřim při zřízení odb. Čebín	70

Seznam zkratek

AH – automatické hradlo
D1 – Dopravní a návěstní předpis Správy železnic
DK – dopravní kancelář
EDD – Elektronický dopravní deník
ETCS – European Train Control System (jednotný evropský vlakový zabezpečovač)
GRADO – Grafická dokumentace
GSM-R – Global System Mobile – Railway (železniční mobilní telefonní síť)
GTN – Graficko-technologická nadstavba
HV – hnací vozidlo
IDS JMK – Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje
ITJŘ – integrovaný taktový jízdní řád
JOP – jednotné obslužné pracoviště
JŘ – jízdní řád
NJŘ – nákrešný jízdní řád
odb. – odbočka
PN – přivolávací návěst
PND7B – prováděcí nařízení k předpisu D7 Správy železnic, část B
pr – průjezd
ROV – rozkaz o výluce
RPB – reléový poloautomatický blok
RZZ – reléové zabezpečovací zařízení
SK – staniční kolej
SZZ – staniční zabezpečovací zařízení
SŽDC – Správa železniční dopravní cesty, s. o.; dřívější název Správy železnic, s. o.
TEN-T – Trans-European Transport Network (transevropská dopravní síť)
TK – traťová kolej
TOS – továrna obráběcích strojů
TRS – traťová radiová síť
TTP – tabulky traťových poměrů
TV – trakční vedení
TZZ – traťové zabezpečovací zařízení
VNJŘ – výlukový nákrešný jízdní řád
VOS – simplexní všeobecná operativní síť
VPS – veřejná přípravní a postrková služba
VRT – vysokorychlostní trať
ŽUB – železniční uzel Brno

Úvod

Na traťovém úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov dochází k souběhu provozu příměstských osobních vlaků, rychlíků a nákladních vlaků, k nimž v současnosti při výlukách na I. tranzitním koridoru přistupují též mezistátní expresy a nákladní tranzit, což při uvážení celkové intenzity a heterogenity provozu klade zvýšené nároky na kapacitu tohoto úseku. **Cílem této diplomové práce je zjišťování kapacity traťového úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov a případné návrhy na její změnu.**

V první části této diplomové práce bude celý traťový úsek charakterizován i se specifiky týkajícími se jednotlivých stanic, zastávek a zařízení infrastruktury. Dále budou na základě měkké analýzy s využitím zkušeností provozních zaměstnanců vybrána nejzávažnější místa kapacitních omezení, aby byla podrobena analýze dle platných směrnic Správy železnic.

Ve druhé části bude provedeno zjišťování kapacity vybraných prvků analytickou metodou. Nejprve bude zjišťována skutečná intenzita provozu na základě dostupných informací o jízdě vlaků. Dále bude prověřena propustnost všech traťových kolejí ve správném směru. Následně bude podrobena analýze kapacita dopravních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov. Závěrem bude provedeno zjišťování koeficientu koliznosti kuřimského zhlaví v Tišnově a zhlaví v obvodu St.3 Brno-Maloměřice.

Ve třetí části práce budou detailněji prověřena problematická místa a podány odůvodněné návrhy na změnu kapacity. Nejprve bude provedena separátní simulace provozu na zmíněných zhlavích. Dále budou s ohledem na kapacitu traťových kolejí navrženy možnosti zvýšení počtu příměstských vlaků. Poté bude provedena analýza provozu při výluce traťové koleje a při výluce traťového zabezpečovacího zařízení a navržena opatření na zmírnění jejich dopadu.

1 Dopravní infrastruktura a provoz na traťovém úseku

Brno Maloměřice St. 3 – Tišnov

Traťový úsek Brno Maloměřice St. 3 – Tišnov je součástí železniční trati č. 324 dle NJŘ (Odb. Brno-Židenice – Havlíčkův Brod). V knižním jízdním řádu je traťový úsek součástí trati č. 251 (Tišnov – Hustopeče u Brna). Jedná se o dvoukolejnou trať uvedenou do provozu roku 1953 a později v celé délce elektrifikovanou.¹ Kategorizací se řadí k drahám celostátním a je součástí transevropské železniční sítě TEN-T. Zároveň je odklonovou trasou pro I. tranzitní koridor v úseku Kolín – Brno.

V této kapitole budou nejprve prezentovány železniční stanice a zastávky na analyzovaném traťovém úseku s jejich specifiky, charakterizováno traťové zabezpečovací zařízení (dále jen TZZ), radiové sítě a další zařízení infrastruktury. Potom bude blíže charakterizován provoz na zmíněném úseku nejprve s ohledem na druhy dopravy a druhy vlaků,² následně s přihlédnutím k místním specifikům, dále budou uvedena úskalí provozu při mimořádnostech a výlukách.

1.1 Železniční stanice a zastávky

Jednotlivé železniční stanice a zastávky na analyzovaném traťovém úseku jsou uvedeny i se staničením v příloze B. Níže budou charakterizovány jednotlivé stanice a zastávky na traťovém úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov.

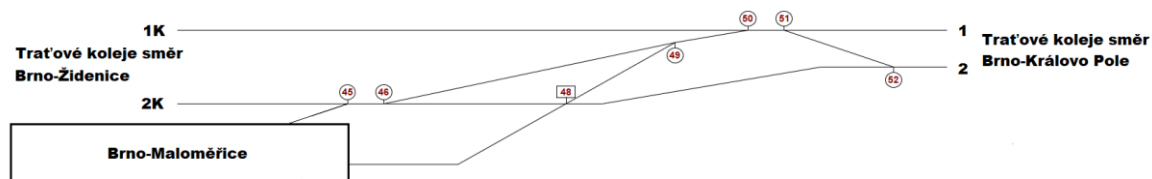
1.1.1 Brno-Maloměřice St. 3

Železniční stanice Brno-Maloměřice je celostátně významnou seřadovací a vlakotvornou stanicí pro vlaky nákladní dopravy. Komplexnost a vnitřní vazby této stanice nejsou součástí této práce. Žst. Brno-Maloměřice je vybavena reléovým zabezpečovacím zařízením (RZZ) obsluhovaným výpravčími, takto je obsluhován i obvod stavědla 3 (St.3). Dopravní dokumentace je vedena prostřednictvím elektronického dopravního deníku (EDD). V užívaných pomůckách JŘ a v provozních aplikacích však figuruje dopravní bod Brno-Maloměřice St. 3, kde se spojuje dvoukolejná trať od Brna-Židenic s dvěma kolejemi vycházejícími z vlastní žst. Brno-Maloměřice. Společně pokračují směrem k žst. Brno-Královo Pole. Z hlediska dopravního provozu bude pro potřeby této

¹ Exkurz do dějin železničního spojení Brno – Tišnov je uveden jako příloha A.

² „Druh vlaku“ je kodifikovaný pojem, který označuje účel vlaku ve smyslu předpisu Správy železnic D1 čl. 2147, 2206-2215 (1) a který bude v tomto významu v práci užíván. Pojem „kategorie vlaku“ předpis nezná. Komerční označení vlaků jsou záležitostí jednotlivých dopravců.

práce dopravní bod Brno-Maloměřice St. 3 posuzován jako zhlaví žst. Brno-Maloměřice. Schéma jeho kolejiště je uvedené na obrázku 1:



Obrázek 1 – Schéma kolejiště Brno-Maloměřice St. 3

Zdroj: autor dle (1)

Na obrázku 1 je uvedeno vedení kolejí v obvodu stavědla 3 včetně čísel výhybek. Přes výhybky je v odbočném směru dovolena rychlost jízdy vlaku $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ s výjimkou výh. č. 45, kde je dovolena rychlost $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, což může mít příznivý vliv pro jízdu vlaků z Maloměřic do Králova Pole, u rozjíždějících se vlaků je však využití této rychlosti nepravděpodobné.

1.1.2 Zastávka Brno-Lesná

Zřízení zastávky Brno-Lesná proběhlo poměrně nedávno v r. 2006 na základě výrazné přepravní poptávky s možností přestupu na MHD. Na zastávce jsou dvě vnější nástupiště o délce 170 m a výšce nástupní hrany 550 mm. Zastávka je přístupná bezbariérově (po šikmé rampě). Informování cestujících o jízdě vlaků probíhá rozhlasem obsluhovaným z žst. Brno-Královo Pole, navíc je v prostoru zastávky umístěna informační tabule s odjezdy spojů Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (IDS JMK).

1.1.3 Žst. Brno-Královo Pole

Železniční stanice Brno-Královo Pole je významným přestupním uzlem mezi osobními a dálkovými vlaky a systémem MHD Brno a dalšími autobusovými spoji IDS JMK. Vysoké frekvenci cestujících odpovídá velikost výpravní budovy. Stanice je obsazena jedním výpravčím a vybavena zabezpečovacím zařízením 3. kategorie (RZZ). Dopravní dokumentace je od prosince r. 2021 vedena s automatickou evidencí jízdy vlaků prostředním provozní aplikace GRADO.

Ve stanici je celkem 9 dopravních kolejí (uvažují-li se dvojice kolejí 5, 5a a 9, 9a jako jedna kolej). Tyto koleje mají trakční vedení v celé délce. Užitečná délka předjízdňých kolejí však není dostatečná pro předjíždění dlouhých vlaků (nejvyšší povolená délka vlaků je 700 m dle tabulek traťových poměrů (TTP) na trati č. 324 (1), v praxi na trati vlaky nepřesahují délku 640 m). Ačkoliv se stanice nachází ve zvýšené nivelitě oproti okolí, je na záhlaví z obou stran nepříznivé stoupání ($11,1 \text{ ‰}$ k Maloměřicím a $10,4 \text{ ‰}$ ke Kuřimí). Z provozního hlediska je tedy výhodnější pro nákladní vlaky zajistit průjezd,

případně je při jízdě ve sledu ponechat stát u vjezdového návěstidla, aby sklon na záhlaví rozjezdu vlaku napomohl.

Všechna nástupiště v žst. Brno-Královo Pole jsou přístupná mimoúrovňově podchodem po schodišti s tím, že úroveň výpravní budovy se nachází v úrovni podchodu, čímž není při cestě na a z nástupiště zapotřebí překonávat dvojí schodiště. Bezbariérový přístup lze zajistit po služebním přechodu se souhlasem výpravčího. Nástupiště č. 1 je postranní o délce 246 m u koleje č. 9. Nástupiště č. 2 a 3 je ostrovní o délce nástupní hrany 302 m s částečným zastřešením. Nástupiště č. 2 se nachází mezi kolejemi č. 5 a 1, nástupiště č. 3 mezi kolejemi 2 a 6. Všechna nástupiště jsou ve výšce 400 mm nad temenem kolejnice. Stanice je vybavena staničním rozhlasem a ve výpravní budově se nachází informační panel s odjezdy vlaků a dalších spojů IDS JMK. Na nástupištích však informační panely instalovány dosud nejsou.

Správa železnic chystá v letech 2023-2024 kompletní rekonstrukci žst. Brno-Královo Pole, při které bude vyřešena otázka snadného bezbariérového přístupu na nástupiště, informování cestujících a také bude nahrazena novou dnes již morálně zastaralá výpravní budova. Z hlediska dopravního provozu bude zejména instalováno nové staniční zabezpečovací zařízení (SZZ) typu elektronického stavědla ovládaného z JOP. (2), (3)

1.1.4 Zastávka Brno-Řečkovice

Na zastávce Brno-Řečkovice je po rekonstrukci jedno částečně zastřešené ostrovní nástupiště mezi traťovými kolejemi přístupné podchodem po schodech a nově bezbariérově i po šikmé rampě. Délka nástupiště je 170 m a výška nástupní hrany nad temenem kolejnice je 550 mm. Dříve bývalo součástí zastávky rovněž nákladiště, existuje tak prostorová rezerva mezi budovou zastávky a první kolejí pro případné vybudování jedné další koleje liché skupiny.

1.1.5 Zastávka Česká

Na zastávce Česká, kde rovněž proběhla rekonstrukce, jsou dvě postranní nástupiště o délce 170 m a výškou nástupní hrany 550 m nad temenem kolejnice. Zastávka je přístupná bezbariérově. Pro přechod na druhou stranu kolejiště se využívá silniční most v blízkosti zastávky. Rekonstrukce přinesla rovněž vybudování zázemí P+R.

1.1.6 Žst. Kuřim

V železniční stanici Kuřim proběhla kompletní rekonstrukce kolejiště, výpravní budovy i sdělovacího a zabezpečovacího zařízení a chystá se rekonstrukce přednádražního prostoru s vybudováním autobusového terminálu IDS JMK. Stanice je vybavena

zabezpečovacím zařízením 3. kategorie typu elektronické stavědlo (ESA 11) s ovládním z JOP prostřednictvím výpravčího z dopravní kanceláře (DK). Dopravní dokumentace je vedena automaticky aplikací GTN. Ve stanici je 5 dopravních kolejí (srov příl. B). Využitím části tělesa zrušené vlečky TOS Kuřim došlo navíc k prodloužení 6. staniční koleje. Z užitečných délek dopravních kolejí uvedených v příloze B je zřejmé, že v žst. Kuřim je možné provádět předjíždění delších nákladních vlaků bez větších obtíží.

Ve stanici jsou dvě částečně zastřešená ostrovní nástupiště přístupná podchodem po schodech a bezbariérově výtahem. Délka nástupní hrany u kolejí č. 3, 1, 2 a 4 je 250 m a výška nástupní hrany nad temenem kolejnice 550 mm. Stanice je vybavena informačními panely a staničním rozhlasem s automatickým ovládním prostřednictvím programu INNIS, zásah obsluhy je nutný jen v případě mimořádností. Systém hlášení staničního rozhlasu provádí automatické hlášení i na zastávkách Brno-Řečkovice, Česká, Čebín a Hradčany.

1.1.7 Zastávka Čebín

Na zastávce Čebín je zřízeno jedno ostrovní nástupiště mezi traťovými kolejemi s délkou nástupní hrany 178 m a výškou 380 mm nad temenem kolejnice. Nástupiště je přístupno podchodem po schodech. Po bývalém nákladišti je možné využít prostor po jedné koleji sudé skupiny pro případné rozšíření kolejiště. Zároveň je rozsáhlá plocha u bývalého nákladišti spontánně velmi intenzivně využívána jako parkoviště typu P+R.

1.1.8 Zastávka Hradčany

V zastávce Hradčany jsou dvě postranní nástupiště o délce nástupní hrany 170 m u 1. koleje a 187 m u 2. koleje a výšce 550 mm nad temenem kolejnice. Přístup je bezbariérový. Pro přechod na druhou stranu kolejiště je zřízen průchod pod kolejemi v blízkosti zastávky. Nevýhodou této zastávky je její umístění v oblouku se znatelným převýšením kolejnice, což činí obtíže při nástupu i výstupu zejména u 1. koleje a zároveň znesnadňuje komunikaci mezi strojvedoucím a vlakovou četou při výpravě osobních vlaků.

1.1.9 Žst. Tišnov

V železniční stanici Tišnov odbočuje z trati č. 324 jednokolejná regionální trať č. 325 (Tišnov – Nové Město na Moravě – Žďár nad Sázavou). Stanice je vybavena zabezpečovacím zařízením 3. kategorie (RZZ) a dopravní dokumentace je od prosince 2021 vedena v aplikaci GRADO. Výpravní budova slouží cestující veřejnosti od r. 1885

a vzhledem k frekvenci cestujících ve stanici není příliš velká. V prostoru přednádraží je zřízen významný přestupní terminál IDS JMK pro autobusovou dopravu.

V žst. Tišnov je osm dopravních kolejí (srov. příl. B), uvažuje-li se kolej 4 a 4a, 5 a 5b, 6 a 6a, 8 a 8a za jednu kolej využitelnou v celé délce obou kolejí. Všechny dopravní koleje jsou elektrifikovány v celé délce. Jejich délka je dostatečná pro předjíždění nákladních vlaků, využitelnost 3. a 4. staniční koleje pro tento účel je diskutabilní, neboť tyto koleje jsou využity pro jízdu osobních vlaků a pobyt jejich souprav.

Celková rekonstrukce žst. Tišnov je plánována od r. 2025. Podle prospektu stavby by měla proběhnout i změna konfigurace kolejiště, ale definitivní podoba by měla být ještě upřesněna. Ohledně počtu nástupišť se s žádnou změnou nepočítá a uvádějí se výslovně čtyři nástupištní hrany. (2)

Ve stanici jsou dvě ostrovní nástupiště přístupná podchodem po schodech. Vstup do podchodu však není přímo možný z výpravní budovy, ale samostatným vstupem v prostoru mezi výpravní budovou a kolejištěm. Bezbariérový přístup na nástupiště je zajištěn po služebním přechodu za asistence staničního dozorce. Nástupiště č. 2 se nachází mezi kolejemi 2 a 4. Nástupiště č. 3 potom mezi kolejemi 1 a 3. Všechny nástupní hrany jsou o délce 300 m a výšce 380 mm nad temenem kolejnice (mimo prostoru služebního přechodu). Chybí ovšem nástupiště č. 1. Historicky zde toto nástupiště bylo zřízeno jako vnější a jeho možné obnově bude v práci ještě věnována pozornost.

Stanice je obsazena dvěma výpravčími. Výpravčí I slouží nepřetržitě, výpravčí II podle rozvrhu směn (v současnosti v denní směně v pracovní dny). Staniční dozorce slouží rovněž dle rozvrhu směn a kromě převádění cestujících přes koleje zjišťuje také skutečnost, že vlak vjel celý zejména ze směru od Nedvědice, kde toto zjištění vyžaduje traťové zabezpečovací 2. kategorie typu reléový poloautomatický blok (RPB). Systematizace pracovních míst v žst. Tišnov se v nedávné době vícekrát změnila zejména z důvodu personálních nedostatků provozního obvodu Brno Správy železnic. Dříve byla stanice obsazena výpravčím ústředního stavědla, výpravčím vnější služby a operátorem staničního rozhlasu. Výpravčí vnější služby zajišťoval přestupní vazby a také zpravení vlaků písemnými rozkazy, což je nyní značně znesnadněno a zpravování probíhá prostřednictvím výpravčího vnější služby Brno hl. n. pracoviště sever pro více vlaku vezených jedním strojvedoucím, pro strojvedoucí nastupující službu v žst. Tišnov probíhá zpravování prostřednictvím výpravčích ve službě nebo staničního dozorce (který ovšem nesmí písemné rozkazy upravovat). Výpravčí také zajišťují funkci operátora staničního rozhlasu. Obsazení stanice Tišnov pouze jedním výpravčím se ukázalo jako

nedostatečné zejména při mimořádné události z 13. 8. 2020, kdy došlo při výluce zabezpečovacího zařízení ve stanici k předčasnému přestavení výhybky a tím k vidlicové jízdě a vykolejení rychlíku, naštěstí nebyl nikdo zraněn. (3) Je smutné, že teprve taková událost přiměla vedení provozního obvodu Brno Správy železnic k opětovnému navýšení počtu zaměstnanců ve službě. (4) Zároveň po této události došlo při následujícím průběhu výluky k dočasnému přesunu obrátů souprav příměstských vlaků do žst. Říkonín, což je možností, jak i do budoucna snížit dobu obsazení staničních kolejí v Tišnově.

Při obrazech souprav osobních vlaků v žst. Tišnov se využívají stále více vratné soupravy, čímž odpadá nutnost objíždění soupravy hnacím vozidlem tak často. Ve špičce v pracovní dny proto dochází dle současného nasazování souprav k objíždění souprav pouze jednou za hodinu. Pro nedostatečný počet nástupních hran jsou dovoleny pravidelné vjezdy osobních vlaků na obsazenou kolej. Ve stanici je vzhledem k délce nástupišť možné umístit dvě soupravy osobních vlaků za sebou. Protože staniční zabezpečovací zařízení není vybaveno návěstí „Jízda podle rozhledových poměrů“³, jsou vjezdy na obsazenou kolej prováděny prostřednictvím PN (přivolávací návěsti). Kromě zajištění ovládacích prvků ve vlakové cestě schválenou upamatovací pomůckou musí po celou dobu výpravčí na obslužném pultu RZZ držet tlačítko přivolávací návěsti, což mu znemožňuje další souběžné činnosti (není zde uvažováno nedovolené zajištění vratného tlačítka přivolávací návěsti neschválenou pomůckou jako např. kolíček na prádlo, zavařovací guma nebo těžítka). Z hlediska bezpečnosti provozu je vždy využití vjezdu na obsazenou kolej rizikové a je žádoucí nutnost jeho zejména pravidelného využívání minimalizovat. Dále je třeba uvést, že vjezd na obsazenou kolej od Nedvědice nelze provádět, poněvadž by tím nedošlo k vybavení izolovaného obvodu, které je nutné pro udělení odhlášky prostřednictvím RPB. Navíc by bylo nutné uvést TZZ do základního stavu prostřednictvím udržujícího zaměstnance (opět není brán v úvahu neoprávněný vstup výpravčího do reléové ústředny a nedovolené uvedení zařízení do základního stavu jiným způsobem). Rovněž by musel výpravčí dát za vlakem od Nedvědice telefonickou odhlášku a zavést zajištění jízdy vlaků telefonickým dorozumíváním. Je tedy nutné pro vjezd vlaků od Nedvědice vyhradit volnou kolej, zpravidla 4. staniční kolej (dále jen SK), aby bylo možné řádně TZZ obsloužit. Zbudování nového TZZ 3. kategorie typu automatické hradlo (AH) by situaci značně zjednodušilo. Je-li 4. SK obsazena, bývá realizován vjezd na 2. nebo 1. SK, jejichž delší obsazení však není žádoucí, protože se jedná o hlavní průjezdné koleje. Pokud je doba pravidelného pobytu vlaků od Nedvědice při obratu 8 minut, je takřka vyloučeno soupravu přestavit zpět na 4. SK, a proto případné

³ Dle předpisu Správy železnic (SŽDC) D1, čl. 830-833. (1)

projíždějící vlaky z dvoukolejné trati musí využít jinou staniční kolej a snížit rychlost na $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ při jízdě do odbočného směru.

Dalším omezujícím prvkem žst. Tišnov je tříkolejný úrovnový přejezd na říkonínském zhlaví v km 30,607 (PZS 3ZNI – přejezdové zabezpečovací zařízení světelné se závorami a indikací na pultu obsluhy v DK žst. Tišnov). S obsluhou přejezdu je třeba počítat při stavění jízdních cest dopředu, neboť jeho předzváněcí doba je 36 s. Proto je zejména při posunu třeba držet přejezd v uzavřeném stavu i mezi jednotlivými jízdami posunu na záhlaví a zpět, aby nedošlo k nadměrnému prodloužení doby manipulací ve stanici. Na druhou stranu na dlouhodobé uzavření přejezdu citlivě reagují řidiči a chodci, kteří mohou vznášet nepříjemné stížnosti místní samosprávě, městské policii a Policii České republiky. Jedná se o jediný železniční přejezd na sledované dvoukolejné trati mezi Brnem a Havlíčkovým Brodem. Snahy jej zrušit nebo nahradit přemostěním byly sice již od vybudování trati, leč dosud bezvýsledné. Zrušit tento přejezd, nakolik to bude jen možné, je i v intenci prospektu k rekonstrukci stanice. (1), (4)

1.2 Traťové úseky

Na celé trati č. 324 je traťové zabezpečovací zařízení 3. kategorie – obousměrný tříznaký automatický blok (AB). Délky prostorových oddílů musí být dle předpisu Správy železnic D1 nejméně na zábrzdnou vzdálenost (zde 1000 m). (1) Ačkoliv je možné obě traťové koleje při provozní potřebě nebo při mimořádnostech pojíždět i proti správnému směru, ve výpočtech propustnosti traťových kolejí se bude uvažovat mimo výluky jenom o jízdě ve správném směru. Seznam návěstidel autobloku je uveden v příloze B.

Velikosti prostorových oddílů mohou být limitující zejména při jízdě vlaků ve sledu. V budoucnu je možné uvažovat o řízení jízd vlaků v „plovoucích“ prostorových oddílech pod dohledem ETCS L2 s takto optimalizovanou délkou oddílů nebo ETCS L3, ovšem v současných podmínkách k tomu ještě mnoho chybí na straně provozovatele dráhy i dopravců. Při plánované rekonstrukci traťových úseků je možné snadno zapracovat změnu polohy oddílových návěstidel a získat větší propustnost traťové koleje snížením následného mezidobí. (5) Optimalizací velikosti prostorových oddílů by bylo možné po rekonstrukci traťových úseků zvýšit kapacitu trati. Pokud by byl první prostorový oddíl řešen jako kratší, bylo by možné dříve stavět odjezdovou vlakovou cestu pro předjížděné vlaky, čímž by vznikalo menší zpoždění při jejich předjíždění. Tyto kratší prostorové oddíly za odjezdovým návěstidlem jsou využity na této trati v již rekonstruovaných mezistaničních úsecích (Řikonín – Vlkov u Tišnova; Křižanov – Sklené nad Oslavou –

Ostrov nad Oslavou – Žďár nad Sázavou). Oddílová návěstidla takto optimalizovaných oddílů potom nejsou umístěna vždy vstřícně pro oba směry jízdy.

1.3 Radiové sítě a další zařízení infrastruktury na trati

Na trati č. 324 je základním radiovým spojením železniční mobilní síť GSM-R. Dříve byla využívána TRS (traťová radiová síť), ta je v současnosti na této trati již zrušena. Pro nouzové zastavení vlaků je možné využít funkcionalitu GSM-R STOP namísto dříve užívané funkcionality „adresný stop“ a „generální stop“ v rámci TRS. Nouzové radiové spojení na vlak je zajištěno prostřednictvím simplexní radiové sítě VOS 12 (všeobecná operativní síť, kanál 12) a sítě GSM (spojení na služební mobilní telefon strojvedoucího).

Součástí zařízení infrastruktury je také vlakový zabezpečovač s přenosem návěsti na hnací vozidlo. Je instalován u všech vjezdových návěstidel, návěstidel automatického bloku a odjezdových návěstidel hlavních a s nimi sousedících kolejí.

V 1. traťové koleji je v km 15,300 mezi stanicemi Kuřim a Brno-Královo Pole instalována traťová část zařízení ASDEK pro indikaci horkých ložisek, horkých obručí a nekorektnosti jízdy. Vlaky se závažným stupněm závady je nutné zastavit v žst. Brno-Královo Pole, s nižším stupněm závady potom v žst. Brno-Maloměřice. Po technické prohlídce strojvedoucím nebo v případě potřeby vozmistrem je vůz buď ponechán na vlaku nebo odstaven. Zastavení vlaků v žst. Brno-Královo Pole může mít vliv na plynulost provozu, zvláště když má být z důvodu bezpečnosti jízdy nekorektně jedoucího vozu vlak zastaven na první staniční koleji, aby nejel přes výhybky do odbočného směru.

Železniční trať je elektrifikována jednofázovou střídavou soustavou 25 kV, 50 Hz. Přibližně v km 26,000 se nachází napájecí stanice Čebín, jejíž výkon byl v roce 2021 ještě zvýšen z důvodu očekávaného provážení odklonových vlaků zejména nákladní dopravy, aby při provozu dvou výkonných moderních hnacích vozidel na vlaku (např. Siemens Vectron nebo Bombardier (Alstom) Traxx o výkonech okolo 6000kW) nebyl za běžných podmínek provoz limitován elektrickým mezidobím. Z tohoto důvodu nebude v této práci s elektrickým mezidobím v oblasti propustnosti počítáno. V blízkosti zastávky Brno-Lesná se nachází spínací stanice Husovice a neutrální pole v km 5,701 v 1.TK a v km 6,510 ve 2TK, kde není vhodné zastavení elektrických HV. (1)

1.4 Charakteristika současného železničního provozu

Železniční provoz na traťovém úseku Brno-Maloměřice St. 3 – Tišnov je smíšený. Na úseku jsou provozovány z osobní dopravy příměstské a regionální vlaky, rychlíky

a v současné době též expresní vlaky dvou dopravců. Z hlediska nákladní dopravy se jedná o vlaky většího počtu dopravců. Jednotlivé složky dopravního provozu a obsazení trati budou více přiblíženy v následujících podkapitolách.

1.4.1 Příměstské spojení a linka S3 IDS JMK

Během posledních desetiletí dochází k velkému rozvoji brněnské aglomerace. Brno poskytuje množství pracovních příležitostí, je sídlem mnoha škol téměř všech typů a stupňů a také nabízí široké možnosti volnočasového a kulturního vyžití. Přirozená spádovost z Tišnovska a Kuřimska k Brnu je proto zřejmá. Při zvážení intenzity provozu na silnicích II/385 a I/43 vedoucích k Brnu je železniční spojení časově i cenově výhodnou alternativou k individuální automobilové dopravě.

Již od založení IDS JMK (1. 1. 2004) byl analyzovaný traťový úsek integrován jako linka S3, neboť se počítalo se železniční dopravou jako páteří IDS. Odstraněním souběhů vlakových a autobusových linek mohl být zároveň zaveden hodinový takt vlaků v relaci Brno – Tišnov. Od roku 2005 je součástí IDS JMK také úsek Tišnov – Níhov (pokračování linky S3) a Tišnov – Nedvědice (linka S31), nyní je linka S31 prodloužena až po zastávku Rovné-Divišov. Roku 2007 byl takt linky S3 již ½ hodiny a nyní v dopravních špičkách ¼ hodiny. Takový takt umožnilo realizovat nasazování většího počtu vratných souprav. Přestože klasickým obrázkem příměstské dopravy v Brně jsou od 70. let 20. století obousměrné jednotky ř. 560, v současné době jsou již technicky i morálně zastaralé. Velká část spojů linky S3 bývá proto realizována klasickou soupravou HV ř. 242 (příp. ř. 263) s vozy Bdmtee. Až od roku 2013 byly uváděny do provozu řídicí vozy ř. Bfhpvee („Sysel“). (6) V současnosti jsou provozovány také dvou- a trojdílné soupravy ř. 640 a 650 „Regio Panter“. Všechny zmíněné osobní vlaky provozuje národní dopravce České dráhy, a. s. Do budoucna je možné počítat s provozem čtyřdílných a dvoudílných jednotek „Moravia“ vycházejících z koncepce „Regio Panter“, kterých Jihomoravský kraj objednal celkem 37. Je tedy pravděpodobné, že naprostá většina spojů bude vedena vratnými soupravami, když zmíněné soupravy by měly zajišťovat 45 % výkonů objednávaných krajem, a to zejména na linkách S2 a S3. (3) Otázkou dalšího rozvoje příměstské dopravy mezi Brnem a Tišnovem bude věnována pozornost níže při zjišťování možnosti zkrácení intervalu linky S3.

Je pravidlem, že počet provozovaných spojů s klesající vzdáleností do centra aglomerace stoupá. K regionálním vlakům přistupují v pásmových stanicích další posilové spoje a zahušťují takt osobních vlaků. Významnou pásmovou stanicí je Tišnov, o víkendech také Kuřim. Takt na jednotlivých relacích linky S3 je rámcově shrnut v tabulce 1:

Tabulka 1 – Přehled taktů linky S3 IDS JMK v jednotlivých relacích

Relace / takt	všední den špička	všední den sedlo	víkend
Žďár nad Sázavou – Tišnov	1 h	2 h	2 h
Tišnov – Kuřim	¼ h	½ h	1 h
Kuřim – Hrušovany u Brna	¼ h	½ h	½ h
Hrušovany u Brna – Židlochovice	½ h	1 h	1 h
Hrušovany u Brna – Hustopeče	½ h	1 h	1 h

Zdroj: autor dle (6)

Ve všední dny ve špičce i mimo špičku se jedná (v lichém směru) o sled spojů: Tišnov – Židlochovice, Žďár nad Sázavou – Hustopeče u Brna, Tišnov – Židlochovice a Tišnov – Hustopeče u Brna. O víkendech potom o sled spojů: Kuřim – Židlochovice, Žďár nad Sázavou – Hustopeče u Brna, Kuřim – Židlochovice a Tišnov – Hustopeče u Brna.

Konfigurace kolejíště v Židlochovicích tvořená dvěma kusými kolejemi není vhodná pro provozování klasických souprav a je v této relaci užíváno přednostně vratných souprav. Některé osobní vlaky Hustopeče u Brna – Tišnov a zpět v koncových stanicích soupravu objíždí hnacím vozidlem. Ve špičce je nutné objíždět soupravu pro osobní vlak v Tišnově 1x za hodinu, mimo špičku 1x za 2 hodiny. (4) Pro obraty vlaků v žst. Kuřim je možné při redukovaném víkendovém provozu zajistit vratnou soupravu bez větších obtíží. Vlaky Žďár nad Sázavou – Hustopeče u Brna jsou v celém v této práci sledovaném traťovém úseku tranzitní. Nabídku regionálních spojů doplňuje o víkendu jeden pár spěšných vlaků 1780/1781 v trase Brno hl. n. – Tišnov – Nové Město na Moravě – Žďár nad Sázavou. Tento ustálený spoj ČD (a dříve i ČSD) vhodně doplňuje víkendovou omezenou nabídku.

1.4.2 Vedení dálkových linek

Na analyzovaném traťovém úseku jsou vedeny rychlíky linky R9 (Praha – Havlíčkův Brod – Brno) ve dvouhodinovém taktu, v dopravní špičce v taktu hodinovém. Jedná se celkem o 11 párů vlaků za den. Tyto vlaky zastavují v žst. Tišnov a Brno-Královo Pole a jsou integrovány v IDS JMK. Pro rychlejší dopravu z Tišnova do Brna není ovšem více spojů provozováno. V plánované soutěži Ministerstva dopravy ČR na provoz linky R9 vystupuje pro období od roku 2025 kromě jiných podmínek požadavek na dvouhodinový takt v úseku Havlíčkův Brod – Brno. (3) Nelze tedy očekávat, že by vzrostl počet rychlíkových spojů mezi Tišnovem a Brnem. Je však možné, že by tato linka byla alespoň na úseku Tišnov – Brno proložena např. spěšnými vlaky s podobnou jízdní dobou jako rychlíky, aby tak bylo dosaženo hodinového taktu. Cestovní doba mezi Tišnovem a Brnem hl. n. je osobním vlakem 38 minut, zatímco rychlíkem 32 minut. Rovněž by bylo možné, aby osobní vlaky ze Žďáru nad Sázavou přes Křižanov od pásmové stanice Tišnov již nezastavovaly ve všech stanicích a zastávkách, aby se zkrátila cestovní doba

těm cestujícím ze vzdálenějších oblastí, musel by však být dle toho upraven ITJŘ. Tyto možnosti budou uvažovány ve třetí části této práce.

V žst. Brno-Královo Pole jsou výchozí a končící rychlíky dopravce RegioJet linky R7 Brno – Ostrava. Jedná se o 11 párů vlaků denně. U těchto rychlíků probíhá v žst. Brno-Královo Pole objíždění soupravy hnacím vozidlem, protože v žst. Brno hlavní nádraží by k tomuto technologickému úkonu nebyly vhodné podmínky a zvyšovala by se tak v hlavní stanici aglomerace doba obsazení kolejí a zhlaví.

Od 6. dubna 2021 je mezi Tišnovem a Brnem také z důvodu výluk na I. tranzitním koridoru provozována linka Ex3 (Praha – Brno – Břeclav – Rakousko / – Slovensko – Maďarsko). Vlaky této linky zastavují v žst. Brno-Královo Pole. Jedná se denně o 19 párů vlaků. Současně provozuje expresní vlaky na této trase i soukromý dopravce RegioJet v počtu 9 párů denně. Tyto vlaky na zkoumaném úseku pravidelně nezastavují. Provoz expresů na analyzovaném úseku má však velmi významný vliv na kvalitu ostatního provozu, neboť expresním vlakům je dáвана přednost, čímž dochází k neplánovaným předjížděním, jedou-li expresy mimo svou časovou polohu dle NJŘ. Tyto vlaky nejvíce způsobují nerovnoběžnost jízdního řádu, což se projevuje zejména v delších mezistaničních úsecích. V tomto ohledu by bylo vhodné uvažovat o vybudování předjízdňých kolejí v limitujících úsecích, aby bylo možné operativně přeložit předjíždění pomalejších vlaků. (1), (4)

Výhledově je možné počítat nejprve s návratem expresních vlaků na I. tranzitní koridor, dále je pravděpodobné, že tyto vlaky budou trasovány po nyní plánované vysokorychlostní trati (VRT), a to alespoň v úseku Brno – Osová Bítýška. Je otázkou, zda budou po VRT trasovány i rychlíky, nebo zda budou trasovány i nadále přes Tišnov. Je třeba říci, že uvolnění kapacity trati po dálkové osobní dopravě by značně přispělo jednak k větší rovnoběžnosti jízdního řádu, jednak k možnosti dalšího rozvoje příměstské osobní dopravy.

1.4.3 Nákladní vlaky na traťovém úseku

Zatímco před zavedením odklonových tras bylo mezi Brnem a Tišnovem provozováno pravidelně přibližně 15 párů nákladních vlaků denně zejména druhu Nex a Pn, nyní se jedná o dvoj- až třínásobný počet. Pro zjištění skutečného počtu jedoucích nákladních vlaků není možné vycházet pouze z plánovaných tras dle NJŘ, neboť tyto trasy mohou zůstat nevyužity, ale také mohou být schváleny dodatečné ad hoc trasy. Také časová poloha jízdy vlaků dle NJŘ není pro skutečný provoz vždy vypovídající, poněvadž tyto vlaky mohou jet se zpožděním nebo s náskokem. V tomto ohledu je dvoukolejná trať

vybavená automatickým blokem velmi flexibilní a odjezd nákladního vlaku je možný v průběhu celého dne i noci. Na jednokolejce s omezenými možnostmi křižování je pro nákladní dopravu využitelných pouze několik málo tras vlaku, aby nebyly zpožděny ostatní vlaky osobní dopravy a aby vůbec byla zachována koncepce provozu na dané trati.

Dříve provozovala většinu nákladních vlaků na trati společnost ČD Cargo, v současnosti tvoří stále nemalý podíl výkonů, ale zároveň na trati operují s různým zastoupením i další dopravci (BF Logistics, Cargo Motion, CER Slovakia, City Rail, DB Cargo, HSL – Logistik, IDS Cargo, METRANS, Orlen Unipetrol Doprava, PKP Cargo, Rabbit Rail aj.). Dopravce ČD Cargo provozuje jednak systémové vlaky obsluhující velké vlakotvorné stanice, jednak ucelené vlaky na objednávku přepravců. Manipulační vlaky tohoto dopravce jsou zastoupeny jedním párem denně. Ostatní nákladní dopravci provozují v naprosté většině ucelené vlaky, které jsou v zpravidla mezinárodního charakteru.

Na trati je zavedena veřejná příprěžní a postrková služba (VPS), kdy těžké vlaky jedoucí odklonem z původní trasy po I. tranzitním koridoru mohou být opatřeny navíc postrkovým nebo příprěžním hnacím vozidlem, aby nebyl přesažen technický normativ hmotnosti na dané hnací vozidlo. (1) Tuto bezplatnou službu se podařilo prosadit u Správy železnic i díky intervenci sdružení nákladních dopravců ŽESNAD. Vítězem soutěže na provozování VPS se stal dopravce RegioJet a pro tento účel se zavázal provozovat čtyři hnací vozidla Siemens Vectron. (3) Zpočátku nebylo možné toto HV provozovat současně s jinými druhy činných elektrických hnacích vozidel na vlaku, čímž se tato služba stala hůře využitelnou. V praxi někdy vlak táhly dvě HV RegioJetu a HV dopravce vlaku zůstalo nečinné. Odpovědnost za účelné využívání postrkové služby má „provozní dispečer 8“ v CDP Přerov, jehož pracovní místo bylo pro tento účel zřízeno. Postrkové HV jsou dislokována v žst. Brno-Maloměřice a Kutná Hora hl. n., kam se po výkonu postrkové služby vracejí. Zůstává otázkou, zda by nebylo technologicky a z hlediska dynamiky jízdy výhodnější projet s postrkem celý úsek mezi zmíněnými stanicemi. Pravidelně je totiž možné pozorovat kuriózní situace, kdy z Kutné Hory jede postrkové HV na vlaku např. do Světlé nad Sázavou, kde je odvěšeno a vrací do domovské stanice, zatímco z Brna jede druhé HV jako lokomotivní vlak do Pohledu, aby bylo na tentýž nákladní vlak přivěšena a pomohlo jej dopravit do Brna. Zdá se, že by snadno mohlo odpadnout odvěšení a přivěšení HV, jízda dvou lokomotivních vlaků a rozjíždění těžkého vlaku bez postrku po jeho odvěšení a navíc také v dispoziční stanici Havlíčkův Brod po zpravení písemným rozkazem, kdyby postrkové HV doprovázelo vlak z Kutné Hory až do Brna a na jiném vlaku se do domovské stanice opět jako postrk vrátilo. Snížil by se tak zároveň počet samostatných jízd lokomotivních vlaků na

postrkový výkon nebo zpět, což by mělo rovněž pozitivní vliv na kapacitu trati. Do konce roku 2021 byla VPS využita průměrně pro téměř 9 nákladních vlaků za den. (3)

Kromě zmíněných jízd postrkových HV dopravce RegioJet je provozováno několik jízd lokomotivních vlaků denně dopravce ČD Cargo z Vlkova u Tišnova do Brna-Maloměřic. Jedná se o HV ř. 230, které dopravce využívá pro postrk svých vlaků z Brna do Vlkova. Lze kladně hodnotit, že nasazením výkonnějších HV se potřeba postrků snižuje, neboť dopravce nasazuje pro vozbu nákladních vlaků v poslední době též stroje ř. 383 (Siemens Vectron), 381 (Bombardier Traxx) nebo dvojici HV ř. 363.5 (rekonstrukce ř. 163 na dvousystémovou a vybavená rekuperací).

Z hlediska provozu v obvodu St. 3 Brno-Maloměřice je třeba dodat, že pravidelně jsou všechny vlaky osobní dopravy trasovány z/do Brna-Židenic, zatímco všechny nákladní vlaky z/do vlastní stanice Brno-Maloměřice. Jiné trasování se uvažuje pouze při mimořádnostech. Jízda nákladních vlaků přes Brno-Maloměřice je žádoucí také z důvodu potřeby jejich zpravení písemným rozkazem v této dispoziční stanici.

1.5 Opatření při výlukách, omezení provozu a mimořádnostech

Při omezení provozu se při plánovaných výlukách se provoz řídí podle rozkazu o výluce (ROV) a výlukového nákrešného jízdního řádu (VNJR), při neplánovaných mimořádnostech se postupuje dle prováděcího nařízení k předpisu Správy železnic D7, část B (PND7B) nebo zcela operativně dle rozhodnutí výpravčího při zohlednění dispozicí provozního dispečera.

1.5.1 Opatření a aplikované postupy v operativním řízení provozu

V této podkapitole bude věnována větší pozornost „anamnéze“ dopravních zaměstnanců řídících provoz na analyzovaném traťovém úseku a bude upozorněno zejména na situace, které oni považují při své práci za obtížnější z hlediska nároku na kapacitu dráhy.

Na vybrané úseky železniční sítě jsou zpracovány pro různé mimořádnosti provozní scénáře. PND7B uvádí k provozu na trati 324 v úseku odb. Brno-Židenice – Tišnov výjimku v organizování drážního provozu oproti předpisu Správy železnic D1 čl. 2214 o přednosti vlaků. Jedná se o toleranci zpoždění vlaků druhu Ex až o 2 minuty z důvodu jízdy ve sledu za vlakem osobní dopravy nižšího druhu a obdobně o toleranci zpoždění vlaků druhu R až o 5 minut ze stejného důvodu. Toto opatření je v provozu důležité zejména proto, že vlaky nejezdí vždy ve svých časových polohách tak, jak jsou pro ně zakresleny trasy v nákrešném jízdním řádu (NJR), kde se s předjížděním některých osobních vlaků počítá. Provozovatel dráhy potom musí řešit situace, kdy buď zpozdí

osobní vlak jeho předjetím, a tak nezachová jízdu v taktu, na který potom navazují v různých stanicích další přípojné spoje nejen vlakové v rámci IDS JMK, nebo zpozdí rychlík či expresní vlak, což je dopravci o to přísněji sledováno. Toto opatření o zpoždění rychlíku nebo expresního vlaku lze aplikovat za jízdu tohoto vlaku v daném úseku pouze jedenkrát. Zpoždění způsobené nákladním vlakům jejich čekáním např. v žst. Brno-Maloměřice, než se budou moci zařadit do sledu na Tišnov, či jejich předjíždění v mezilehlých stanicích, bývá dosud tolerováno, ač podle předpisu Správy železnic D1 čl. 2214 mezistátní vlaky druhu Nex mají mít přednost před vlaky druhu Os. Ohledně přednosti jízdy hraje také roli celková velikost zpoždění všech dotčených vlaků, užitě hnací vozidlo ve vztahu k hmotnosti vlaku, délka vlaku či mimořádnosti na vlaku (např. omezení rychlosti z důvodu nižších brzdicích procent soupravy nebo pro mimořádnou zásilku). (1), (4)

V posuzovaném úseku tvoří kostru grafikonu takt osobních vlaků, který „dozná“ případnou jízdu rychlíku nebo expresu mimo jeho vlastní časovou polohu mírnou odchylku. Jízda nákladních vlaků se organizuje v mezerách mezi osobními vlaky, pokud není tato mezera využita pro jízdu vlaku osobní přepravy druhu Ex a R. Pro propustnost traťového úseku ve špičce bude proto vhodné zjistit nejen stupeň obsazení, ale uvažovat také o využitelnosti mezer, neboť příliš malá mezera nedovoluje vložit další vlak mezi vlaky jedoucí ve striktně dané časové poloze, čímž do jisté míry osobní vlaky jedoucí dle integrovaného taktového jízdního řádu (dále jen ITJR) jsou. Naopak zachování větší mezery může být využito pro eliminaci zpoždění. (5)

Provoz v obvodu St. 3 Brno-Maloměřice lze, jak již bylo uvedeno, z kapacitního hlediska posuzovat jako zhlaví žst. Brno-Maloměřice. V tomto obvodu dochází k segregaci osobní a nákladní dopravy, neboť pravidelně všechny vlaky osobní dopravy jedou z/do Brna-Židenic po traťových kolejkách 1K, 2K a nákladní z/do Brna-Maloměřic.⁴

V žst. Brno-Královo Pole mohou vznikat komplikace při informování cestujících o změně příjezdové a odjezdové koleje, neboť na nástupištích není osazena elektronická informační tabule. Podobně dochází někdy ke komplikacím při příjezdu expresních vlaků a cestující nejsou dostatečně zejména vizuálně informováni, že další plánovanou

⁴ Velkou výhodou železničního uzlu Brno (ŽUB) je možnost segregovaného vedení nákladní a osobní dopravy. Osobní doprava je v běžném provozu vedena v trase Brno Maloměřice St.3/St.6 – odb. Brno-Židenice – Brno hl. n. – Brno-Horní Heršpice, zatímco nákladní v trase Brno Maloměřice St.3/St.6 – Brno-Maloměřice – odb. Brno-Židenice – odb. Brno-Černovice zhl. Tábořská – Brno-dolní nádraží – Brno-Horní Heršpice (– Brno-jih – Modřice). Plánovaným přesunem hlavního nádraží by tato deviza byla ztracena, což by vyvolalo i rizikovou situaci v oblasti kapacity dráhy a s ní související kvalitou provozu. Touto problematikou se zabýval ve své diplomové práci Tomáš Rolník. (7)

zastávkou těchto vlaků je až Kolín. Počet cestujících, kteří takto omylem dojeli až do Kolína, je ovšem obtížně zjistitelný.

Železniční stanice Kuřim umožňuje bez větších obtíží předjíždění osobních i nákladních vlaků. U některých osobních vlaků je toto předjíždění plánováno v NJŘ. Nákladní vlaky je možné zastavit při předjíždění zejména na 6. staniční koleji, která je pro tento účel dostatečně dlouhá. Rekonstrukci žst. Kuřim lze hodnotit jako zdařilou a rovněž podotknout, že novým pracovištěm výpravčího s JOP, GTN a INNIS značně vzrostl komfort obsluhy. Otázkou zůstává reálná možnost nakládky a vykládky ve stanici při redukci manipulačních kolejí. Pokud by nakládka ve stanici vzrostla, bylo by vhodné uvažovat také o kolejích pro výchozí nákladní vlaky, aby nemusely jimi být obsazovány stávající koleje dopravní.

V žst. Tišnov je vhodné při jízdě zejména těžkých nákladních vlaků zajistit průjezd ve směru na Řikonín, neboť tam vstupuje vlak do táhlého stoupání a rozjezd nebo i jízda do odbočky rychlostí nejvýše $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ by nebyla vzhledem ke sklonovým poměrům vhodná. Je třeba zajistit v některých případech, aby soupravy osobních vlaků při obratu neobsazovaly 2. staniční kolej, nebo aby byly přestaveny v případě potřeby na jinou vhodnou kolej. Vzhledem k jízdě expresních vlaků je rovněž vhodné, aby byl zajištěn jejich průjezd po hlavních kolejích, neboť jízdou do odbočky by došlo k prodloužení jejich jízdy přibližně o dvě minuty. Stanice Tišnov ovšem není vybavena dostatečným množstvím nástupišť, kde by mohly výchozí a končící osobní vlaky stát, aby mohl být průjezd po hlavních kolejích vždy zajištěn. Lze však v případě jízdy expresu do odbočky odůvodnit zpoždění dle výše zmíněného ustanovení PND7B. (4)

Při rekonstrukci žst. Tišnov je proto vhodné uvažovat o využití štíhlých výhybek pro vyšší rychlost jízdy v odbočném směru, aby předjíždění vlaků stojících na hlavních kolejích nezpůsobilo takový propad rychlosti při průjezdu stanicí. Jinou možností by bylo umístění nástupišť nikoliv mezi 4. a 2., resp. 1. a 3. kolejí, ale mezi 6. a 4., resp. 3. a 5. kolejí. Tím by mohl být zajištěn průjezd po hlavních kolejích nesníženou rychlostí, ovšem rychlost by při jízdě přes výhybky k nástupištím v odsunuté poloze musely snížit všechny zastavující vlaky osobní dopravy. Další možností by bylo navýšení počtu nástupních hran, aby nebylo nutné využívat k obrátům souprav hlavní koleje.

1.5.2 Výluky a poruchy na trati

V případě výluk a mimořádností se při neprůjezdnosti jedné traťové koleje dle PND7B uvádí jako jedno z opatření ve špičce redukce intervalu osobních vlaků na 30 minut. Ostatně vzhledem k jízdním dobám těchto vlaků by byl kratší interval nerealizovatelný

alespoň v úseku Brno-Královo Pole – Tišnov. Jízdní doby osobních vlaků jsou uvedeny v tabulce 2:

Tabulka 2 – Jízdní doby osobních vlaků

Traťový úsek	Jízdní doba [min]
Brno-Maloměřice St.3 – Brno-Královo Pole	6
Brno-Královo Pole – Kuřim	10,5
Kuřim – Tišnov	11,5
Tišnov – Kuřim	12
Kuřim – Brno-Královo Pole	10,5
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice St.3	6

Zdroj: autor dle NJŘ v (1)

Ovšem ani v úseku Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole⁵ by v případě mimořádností nebylo interval osobních vlaků 15 minut vhodné ponechávat, protože by při jeho realizaci bylo obtížné provézt také vlaky osobní dopravy druhů Ex a R a nákladní vlaky. Při omezení provozu v tomto úseku však lze využít jiné linky IDS JMK v rámci města Brna, zejména linky tramvajové. V práci bude níže analyzována propustnost v nejvíce omezujícím úseku Kuřim – Tišnov právě při neprůjezdnosti jedné z traťových kolejí.

Plánovaná výluka jedné z traťových kolejí zejména při pravidelné údržbě není nic výjimečného. V rozkazu o výluce je ovšem v případě analyzovaného traťového úseku zpravidla stanoveno, že taková výluka smí být realizována pouze o víkendech, kdy nejedí osobní vlaky ve čtvrt hodinovém taktu. Případně je možné naplánovat výluku jako noční. Jako příklad s uvedenými opatřeními lze uvést ROV 33208 NJŘ 2020/2021 ve věci: „Výměna defektoskopicky vadných kolejnic, úprava GPK, odstranění blátivých míst, údržba trakčního vedení a odstranění vegetace v úseku Brno-Královo Pole – Kuřim – Tišnov“. (1) Je ovšem třeba říci, že z hlediska udržujících zaměstnanců vzniká jistý diskomfort, když je po nich (ač za příplatek) požadována práce o víkendech či v noci. K přerušení provozu na jedné z traťových kolejí může dojít také nepředpokládaně při uvážnutí vlaku například z důvodu technické poruchy hnacího vozidla.

S ohledem na délku mezistaničního úseku, který by byl výlukou zasažen, je vhodné uvažovat o opatřeních, která by mohly dopad výluky na provoz zmírnit. Lze vzít v potaz možnost zřízení odbočky přibližně v polovině mezistaničního úseku tvořené dvojicí kolejových spojek mezi traťovými kolejemi. Jednokolejným provozem by tak byl dotčen kratší úsek. Zřejmě tak nedojde k výraznějšímu zvýšení kapacity při běžném provozu,

⁵ Analýzou propustnosti úseku Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole též s ohledem na výluku traťové koleje se zabýval v roce 2015 Jan Bernát ve své bakalářské práci. (8) Po rekonstrukci traťového úseku v roce 2016 došlo k výrazným změnám infrastruktury. Původní jednosměrný AB byl nahrazen obousměrným a byly změněny polohy oddílových návěstidel, také byla v části úseku zvýšena traťová rychlost. (2)

značně se to však projeví v případě potřeby vyloučení jedné částí z traťových kolejí z důvodu údržby nebo zcela nepředpokládaně při lokální neprůjezdnosti. V praxi se v současné době tohoto opatření u Správy železnic využívá, lze zmínit jako příklad budování odboček Cerhenice, Tatce a Bezpráví nebo v samé blízkosti Brna odboček Rajhrad a Svitava.

Dalším druhem omezení provozu na trati je výluka zabezpečovacího zařízení. Může se jednat o poruchu automatického bloku nebo o plánovanou údržbu rozvodů 6 kV pro jeho napájení. V úseku Brno-Královo Pole – Tišnov není pro traťové zabezpečovací zařízení zřízeno náhradní napájení z veřejné sítě nebo z trakčního vedení či nouzové napájení z baterií. I to je důvodem, aby došlo v dohledné době k rekonstrukci tohoto zařízení, kdy bude možné snáze zapracovat také některé změny např. v poloze jednotlivých návěstidel, jak to již bylo provedeno v případě úseku Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole.

Při nefunkčnosti automatického bloku je nutné zavést dopravní opatření, konkrétně telefonické dorozumívání a jízdu vlaků organizovat v mezistaničních oddílech. Na dvoukolejně trati potom je vhodné zavést zároveň jednosměrné pojiždění traťových kolejí, aby se snížilo nebezpečí srážky protisměrných vlaků vlivem selhání lidského faktoru. Také je na trati vybavené AB při jeho poruše nebo vypnutí z provozu nutné zpravit všechny vlaky písemným rozkazem Z (případně Pv) o této mimořádnosti a o neplatnosti oddílových návěstidel. Toto zpravení musí být provedeno v poslední obsazené stanici před úsekem s mimořádností. V případě plánované výluky AB lze toto opatření zapracovat do ROV a zpravovat vlak z dispoziční stanice. Z technologického hlediska je třeba uvažovat též čas potřebný výpravčím pro oznámení nebo přijetí předvídaného a skutečného odjezdu, udělení nebo přijetí telefonické odhlášky, sepsání a doručení písemného rozkazu Z a zjištění skutečnosti, že vlak vjel nebo odjel celý. (1)

Při výluce traťového zabezpečovacího zařízení je sice zachován dvojkolejný provoz, jsou ovšem prodlouženy jízdní doby tím, že všechny vlaky jsou před omezujícím úsekem zastavující z důvodu převzetí písemného rozkazu Z, odjíždějí potom zpravidla na přivolávací návěst, tedy nejvýše rychlostí $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. K dynamickým složkám provozních intervalů je nutno připočítat technologické doby pro výše uvedené úkony výpravčího.

Důvodem, proč je zde věnována zvláštní pozornost mimořádnostem v provozu je ta, že při současné intenzitě provozu na analyzované trati je pravděpodobnost výskytu různých poruch větší i s ohledem na stávající stav a stáří dopravní infrastruktury. (4)

1.6 Předběžné stanovení rizik kvality provozu a možností jeho budoucího rozvoje

V této kapitole budou na základě dosavadní výše uvedené měkké analýzy dopravní infrastruktury a dopravního provozu identifikována rizika omezení kvality provozu a dány návrhy na opatření při případném zvýšení intenzity provozu.

1.6.1 Dříve posuzované otázky propustnosti a budoucího rozvoje na zkoumaném traťovém úseku

S ohledem posouzení propustnosti na analyzovaném traťovém úseku je třeba uvést zejména jednu práci, která se podobným úsekem zabývala. Jedná se o diplomovou práci Jana Blažka: *Prověření propustnosti železniční trati č. 250 s ohledem na možnost vložení tras vlaků vysokorychlostní dopravy v úseku Česká – Brno* obhájené na Katedře technologie a řízení dopravy DFJP UPa roku 2008. (9) V tehdejší době se uvažovalo o možnosti zaústit v České do stávající konvenční železniční trati vysokorychlostní trať (VRT). V současné době je zřejmé, že v této lokalitě VRT vedena nebude, nicméně propočty v práci uvedené mají stále svou hodnotu. Také se ve zmiňované práci uvažovalo o scénáři napojení tzv. brněnského severojižního kolejového diametru v oblasti zastávky Brno-Řečkovice. Tento projekt také zatím nebyl realizován a zůstává otázkou, zda kdy bude, ač by to nepochybně mělo velký přínos pro příměstskou dopravu. Ve zmiňované práci se také posuzuje možnost zavedení špičkového intervalu 15 minut linky S3 namísto tehdejších 20 minut. Nyní je situace o krok dále a je vhodné prověřit možnost dalšího zkrácení intervalu linky. Expresní vlaky byly ve zmiňované práci teprve plánovány, podle současného NJŘ jsou na traťovém úseku prováženy.

1.6.2 Kapacitní nároky příměstských vlaků

S rozvojem brněnské aglomerace a aplikací opatření souvisejících s ekologickou a udržitelnou mobilitou souvisí větší poptávka po kvalitním a kapacitním systému veřejné dopravy odpovídajícím současným standardům. Jedním z těchto standardů je také pravidelnost obsluhy dle ITJŘ v průběhu celého občanského dne a během všech dnů v týdnu. Zkracování intervalů mezi spoji se rovněž řadí mezi zmiňované standardy a zpětně nabídka vyšší frekvence spojů tvoří další růst poptávky po přepravě daným dopravním módem. (10) Avšak na tratích se smíšeným provozem se zaváděním ITJŘ a zkracováním intervalů linek o to více omezují možnosti provážení vlaků nákladní dopravy, načež na některých zvláště exponovaných úsecích poukazují dopravci například prostřednictvím sdružení ŽESNAD. (11)

Je-li v současnosti interval mezi osobními vlaky na lince S3 mezi Brnem a Tišnovem v dopravní špičce 15 minut, bude níže v této práci zkoumána možnost realizace intervalu kratšího, tedy 12 minut a případně 10 minut. Podaří-li se z dokázat možnost zkrácení intervalu a zároveň ponechat prostor i pro vlaky dálkové osobní dopravy také nákladní dopravy, bude tento interval uznán za realizovatelný na současné infrastruktuře.

S intenzitou provozu osobních vlaků souvisí také jejich přiřazení k příslušným nástupištím zejména v obratové stanici Tišnov. Bude proto analyzována doba obsazení staničních kolejí a navrženy změny v plánu obsazení staničních kolejí.

1.6.3 Nákladní transit

Po liberalizaci železnice vstupují na pole železniční nákladní dopravy noví soukromí dopravci a po útlumu železničního provozu v minulých desetiletích dochází k jeho opětovnému rozvoji, ovšem v jiné podobě. „Drobná práce“ manipulačních vlaků je dnes z velké části zajišťována nákladní automobilovou dopravou. Při přepravě na delší vzdálenosti však má železnice před sebou ještě zřejmě slibnou budoucnost, jak alespoň vyplývá ze současného trendu růstu objemů nákladní železniční přepravy. (12)

Současný počet vlaků nákladní dopravy na analyzovaném traťovém úseku je značně vyšší než běžný provoz, neboť jsou po analyzované trati provázeny vlaky, které by za běžných podmínek využily spíše I. tranzitní koridor. Součástí této práce bude i zjišťování skutečného počtu vlaků v současném provozu a jeho porovnání s plánem dle NJŘ. Po skončení limitujících výluk na I. tranzitním koridoru se tam většina tras vlaků opět vrátí. Nedá se však říci, že by to byly všechny spoje. Pro některé dopravce může hrát velkou roli při rozhodování možnost využití veřejné příprěžní a postrkové služby (VPS) a také otázka budoucí nutnosti jízdy pod dohledem ETCS na koridorových tratích. Proto bude dále ve výpočtech uvažováno s vyššími počty nákladních vlaků podle současné situace.

Vyšší intenzita provozu nákladních vlaků s sebou nese větší počet vzájemně kolizních jízd na zhlavích zejména v obvodu St. 3 Brno-Maloměřice a na kuřimském zhlaví v Tišnově. Proto bude věnována pozornost zjišťování kapacity na těchto zhlavích.

1.6.4 Kapacitní omezení při výlukách infrastruktury

Dále bude třeba posoudit, do jaké míry lze plnit současný NJŘ při výše zmíněných výlukách infrastruktury, totiž při kolejové výluce jedné traťové koleje v omezujícím úseku a při výluce traťového zabezpečovacího zařízení a nutnosti zavedení jízdy v mezistaničním úseku. Součástí práce budou rovněž návrhy, jak možnost kapacitního omezení snížit.

2 Analytické zjišťování ukazatelů kapacity trat'ového úseku Brno Maloměřice St. 3 – Tišnov

Ve druhé části této diplomové práce budou zjišťovány ukazatele kapacity na trat'ovém úseku Brno-Maloměřice St. 3 – Tišnov za současného stavu dopravní infrastruktury. Bude postupováno zejména analytickou metodou s ohledem na metodiku dle směrnice Správy železnic (SŽDC) SM124 „Zjišťování kapacity dráhy“ platné od 7. 6. 2019 (13), která nahradila dřívější předpis SŽDC (ČSD) D24 platný od 1. 10. 1965. (14)

Nejprve budou zjišťovány skutečné počty vlaků na jednotlivých mezistaničních úsecích a srovnány s počty dle NJŘ. Následně bude zjišťována propustnost trat'ových kolejí. Poté bude prověřováno obsazení kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov. Dále bude analyzován provoz na nejvytíženějších zhlavích a v závěru této části bude provedeno zhodnocení dosažených výsledků.

2.1 Prezentace dat pro model dopravních proudů

Pro analýzu propustné výkonnosti a jejího využití je třeba zajistit vstupní data o počtu a druzích vlaků. Vzhledem k budoucím projektům nezbývá, než intenzitu dopravního provozu kvalifikovaně odhadnout a na základě počtu spojů v závazku veřejné služby v osobní dopravě a na základě trendů v nákladní dopravě stanovit přibližný počet vlaků. Jde však vždy pouze o odhad a i při zpracování simulačními nástroji ještě není zřejmé, nakolik bude onen dopravní provoz realizován. Pokud se jedná o hodnocení stávajícího stavu, je možné s větší přesností vypočítat průměrné počty vlaků za určité období. Zde je ovšem vždy rizikem výběr co nejvíce vypovídajícího období s ohledem na denní, týdenní či sezónní výkyvy. V této kapitole budou prezentována shromážděná data o počtech vlaků, ze kterých se bude pro výpočet vycházet.

V případě trati č. 324 však došlo v průběhu roku 2021 ke značné změně využití kapacity v souvislosti s výlukami na I. tranzitním koridoru. Proto budou brány v potaz a srovnávány stavy před i po zavedení odklonových tras.

2.1.1 Plánované počty vlaků dle nákrešných jízdních řádů

V NJŘ 2020/2021 před svou změnou platnou od 6. dubna 2021 je zachycen plánovaný dopravní provoz na trati č. 324 před zavedením vlaků odkloněných z I. tranzitního koridoru. Jedná se pravděpodobně o stav, do jakého se trať po ukončení výluk vrátí. Nedá

se to konstatovat ovšem s jistotou, neboť některé dálkové spoje nebo vlaky některých nákladních dopravců, které na trati přibyly, mohou na trati být provozovány i nadále. Dopravní provoz charakterizují údaje v příloze C.

NJŘ 2021/2022 zohledňuje již odklonové trasy osobní i nákladní dopravy. Oproti změně NJŘ 2020/2021 platné od 6. 4. 2021 neobsahuje pro zkoumaný traťový úsek významné změny. Počty vlaků v tomto NJŘ jsou uvedeny dle druhů v příloze D.

Počet nákladních vlaků a zvláště jejich časové polohy plánované NJŘ jsou v provozní praxi často dost odlišné. Zatímco některé trasy nákladních vlaků zůstávají v různé dny nevyužité, jsou schvalovány různé ad hoc trasy navíc. Zde je ovšem důležité, že nové trasy vycházejí z kmenových tras tvořených dle NJŘ. Vzhledem k variabilitě vozového parku různých nákladních dopravců se dá jen těžko vytvořit pro daný vlak zcela odpovídající trasa, neboť záleží nejen na použité kombinaci hnacích vozidel a hmotnosti vlaku, ale také celkovém jízdním odporu vlaku, povětrnostních vlivech (s ohledem na adhezi) a stylu jízdy a zkušenostech strojvedoucího s místními poměry.

2.1.2 Skutečné počty vlaků dle Portálu provozování dráhy

Na Portále provozování dráhy jsou uvedeny mapy železniční sítě Správy železnic se skutečným počtem vlaků na jednotlivých traťových úsecích za I. čtvrtletí let 2019-2021. (1) Údaje o počtech vlaků jsou převedeny do tabulky 3. Ačkoliv zdroj uvádí, že tato data jsou bez záruky, přeci jen mají jistou vypovídající hodnotu o dopravním provozu a lze je validovat, jak bude níže provedeno. V mapách jsou obsaženy hodnoty pro 9. decil a zaokrouhlené na násobky 5. Nevýhodou těchto dat je, že neobsahují informaci, zda se jedná o vlaky liché nebo sudé a také informaci o druhu vlaků. Avšak s ohledem na platný jízdni řád osobní dopravy se lze i z hlediska jednotlivých druhů vlaků přiblížit reálné hodnotě.

Tabulka 3 – Skutečné počty vlaků dle Portálu provozování dráhy

Období	I/2019	I/2020	I/2021
Traťový úsek			
Říkonín – Tišnov	80	75	80
Tišnov – Kuřim	150	155	160
Kuřim – Brno-Královo Pole	155	155	165
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice St. 3	220	185	180
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Židenice	150	155	140
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Maloměřice	75	35	40

Zdroj: autor dle (1)

V tabulce 3 je třeba vysvětlit jisté nerovnoměrnosti, které souvisí s organizací provozu v ŽUB a na trati 324. V roce 2019 probíhala rozsáhlá výluka v žst. Brno-hlavní nádraží. Proto byly zavedeny některé spoje jedoucí mezi Královým Polem a hlavním nádražím (20 párů spojů linky S33 v pracovní dny). (6) Z kapacitních důvodů mohly být některé spoje osobní dopravy trasovány přes vlastní žst. Brno-Maloměřice. V roce 2020 mohla mít na nižší rozsah provozu vliv rozsáhlá výluková činnost na trati 324, která způsobila menší počty vlaků nákladní dopravy, neboť bylo ztíženo provážení vlaků jednokolejnými úseky Křižanov – Sklené nad Oslavou a Žďár nad Sázavou – Sázava u Žďáru.

2.1.3 Skutečné počty vlaků dle ISOŘ

Informace o jízdě vlaků jsou v současné době provozními aplikacemi (EDD, GRADO, GTN) předávány do Informačního systému operativního řízení (ISOŘ). Pro ověření skutečného počtu vlaků na traťovém úseku Brno-Maloměřice St. 3 – Tišnov byla provedena analýza dat v ISOŘ o průjezdech vlaků v mezilehlé stanici Kuřim, která tak byla stanovena jako screen-line. Opět bylo možné na základě známých dat o vlcích osobní dopravy rekonstruovat celkový obraz provozu. Bylo vybráno nejprve období **březen 2021** (2 celé týdny), aby byl zohledněn počet vlaků před výlukami na I. tranzitními koridoru. Denní počty vlaků v obou směrech uvádí tabulka 4:

Tabulka 4 – Počty vlaků dle ISOŘ, březen 2021

Datum	Počet vlaků	Datum	Počet vlaků
1.3.	157	8.3.	162
2.3.	159	9.3.	158
3.3.	162	10.3.	161
4.3.	161	11.3.	154
5.3.	172	12.3.	162
6.3.	98	13.3.	91
7.3.	86	14.3.	80

Zdroj: autor dle (15)

V tabulce 4 je možné snadno rozpoznat pracovní dny a víkendy, kdy je značně nižší dopravní provoz. Pro výpočty kapacity je důležitá hodnota odpovídající 9. decilu z hodnot statistického souboru, zde se jedná o hodnotu 162 vlaků za den. Tato hodnota se neodchyluje od údajů dle Portálu provozování dráhy pro I. čtvrtletí roku 2021, neboť v úseku Brno-Královo Pole – Kuřim je uváděno 165 vlaků a v úseku Kuřim – Tišnov 160 vlaků.

Pro jednotlivé mezistaniční úseky jsou v příloze E uvedeny přepočítané hodnoty pro jednotlivé druhy vlaků za předpokladu, že počty vlaků osobní dopravy odpovídají NJŘ a počty nákladních a lokomotivních vlaků budou přepočítány podle tabulky 6.

Podle přílohy E je patrný nižší celkový počet vlaků ve srovnání s NJŘ. Jak již bylo zmíněno, nebývají vždy využívány všechny trasy vlaků. Rovněž je možné odůvodnit i menší počet nákladních vlaků i hospodářským útlumem při pandemii koronaviru.

Pro skutečné počty vlaků v období po zavedení odklonů z I. tranzitního koridoru zřejmě není dosud zpracován jiný zdroj než přímé sčítání těchto vlaků. Proto bylo zvoleno období delší. Zároveň byl zvolen měsíc **říjen 2021**, který by neměl být tolik zasažen sezónními výkyvy v dopravním provozu. Z daného měsíce byly zvoleny čtyři celé týdny (4.-31. 10. 2021). Kromě pouhého počtu vlaků byl sledován i jejich druh a jako screen-line zvolena opět žst. Kuřim. Počty vlaků v jednotlivých dnech shrnuje tabulka 5:

Tabulka 5 – Počty vlaků dle ISOŘ, říjen 2021

Datum	Počet vlaků	Datum	Počet vlaků	Datum	Počet vlaků	Datum	Počet vlaků
4.10.	236	18.10.	274	11.10.	265	25.10.	256
5.10.	250	19.10.	228	12.10.	239	26.10.	242
6.10.	252	20.10.	250	13.10.	253	27.10.	230
7.10.	253	21.10.	238	14.10.	217	28.10.	212
8.10.	258	22.10.	239	15.10.	209	29.10.	229
9.10.	194	23.10.	205	16.10.	198	30.10.	198
10.10.	180	24.10.	187	17.10.	183	31.10.	186

Zdroj: autor dle (15)

V tabulce 5 je opět patrný nižší počet vlaků o víkendech a také ve státní svátek 28. října. 9. decilu, který ve výpočtech ohledně kapacity figuruje, odpovídá hodnota **258 vlaků za den**. Další analýzou těchto dat v ISOŘ bylo zjištěno procentuální zastoupení jednotlivých druhů vlaků a jejich průměrný denní počet, jak je uvedeno v tabulce 6:

Tabulka 6 – Průměrné počty vlaků dle druhu, říjen 2021

Druh vlaku	Procentuální zastoupení	Průměrný denní počet	Druh vlaku	Procentuální zastoupení	Průměrný denní počet
Ex	21,96%	50,21	Nex	14,74%	33,71
R	8,48%	19,39	Pn	7,62%	17,43
Sp	0,28%	0,64	Mn	0,30%	0,68
Os	39,04%	89,29	Lv	6,00%	13,71
Sv	0,87%	2,00	Služ	0,72%	1,64

Zdroj: autor dle (15)

V tabulce 6 figurují kromě již dříve uvedených druhů vlaků také vlaky služební (Služ), které jsou zaváděny podle potřeby udržujících složek dráhy. Zajímavým zjištěním je, že oproti NJŘ je značně větší počet vlaků lokomotivních (Lv), neboť tak jsou provozována jednak samostatná hnací vozidla dopravce RegioJet pro VPS, jednak HV jiných dopravců při přístavných a odstavných jízdách. Počty vlaků dle druhů a úseků jsou v přepočtu uvedeny v příloze F. Pro vlaky osobní dopravy a soupravové vlaky je vycházeno z NJŘ, pro nákladní, lokomotivní a služební vlaky byl přepočet proveden dle tabulky 6, u těchto vlaků se zároveň uvažuje, že projíždějí celým zkoumaným úsekem, zatímco počty vlaků osobní dopravy se dle jednotlivých dílčích mezistaničních úseků mění podle NJŘ.

Při srovnání počtu vlaků dle plánu v NJŘ a dle skutečné evidence v ISOŘ, je možné uzavřít, že počet vlaků je velmi podobný. Proto bude v následujících kapitolách při zjišťování kapacity vycházeno již jen z počtů vlaků dle NJŘ, neboť je tak možné určit i jejich pravidelnou časovou polohu a provádět výpočty i v režimu jízdního řádu (JŘ).

2.2 Analytické zjišťování kapacity traťových kolejí

Propustnost traťových kolejí v určitém traťovém úseku představuje sérii obslužných zařízení, kde pro každé z nich je třeba zjistit jejich výkonnost zvlášť. Bude tak zjištěn úsek s nejnižší propustností, který bude označen jako omezující. Nelze však jednoznačně stanovit, že propustnost omezujícího mezistaničního úseku je propustností celého traťového úseku. (5) Prakticky to může znamenat, že se sice podaří provézt určitý počet vlaků omezujícím úsekem, ale v přední dopravně vznikne další zpoždění při předjíždění pomalejších vlaků.

2.2.1 Metodika zjišťování kapacity traťových kolejí

Pro zjišťování propustnosti traťových kolejí se dle SM 124 využívá metoda analytická, separátní simulace, metoda přepočtu čekání na přírůstek zpoždění a extenzivní simulace. Zde bude postupováno podle analytické metody, kterou je dále možné aplikovat v režimu jízdního řádu (JŘ) nebo v režimu teorie pravděpodobnosti (TP). Zjišťování propustnosti analytickou metodou v režimu JŘ spočívá ve zjištění celkové doby obsazení mezistaničního úseku kompresní metodou. Komprese se provádí zakreslením tras vlaků v mezistaničním úseku dle pořadí, v jakém se vyskytují v NJŘ, s tím, že se vynechají veškeré časové mezery mezi vlaky a ponechají se jenom technologické doby související s jízdou vlaků (nakonec se zakreslí znovu trasa prvního vlaku, ale jen k tomu účelu, aby

se připočetla technologická doba související s přípravou jeho jízdy). Takto je zjištěna celková doba obsazení B . (13)

Zjištění celkové doby obsazení v režimu TP vyžaduje rozčlenění vlaků dle jednotlivých druhů a směrů. Lze využít zjednodušení, že druhy vlaků s podobnými charakteristikami se zahrnou do jedné kategorie. Je sestavena tabulka dob obsazení, kde je uvedeno, jaká je pro konkrétní pořadí vlaků daných kategorií a směrů doba obsazení traťové koleje. Pro protisměrné vlaky se kromě technologických dob provozních intervalů k době obsazení připočítává i jízdní doba prvního vlaku. Pro vlaky ve sledu (jedoucí stejným směrem) se vypočte pouze následné mezidobí. Na dvoukolejných tratích se zpravidla pro zjišťování propustnosti vychází z jednosměrného pojiždění traťových kolejí (ač třeba banalizovaných), čímž může být upuštěno od výpočtu koeficientů četnosti dvojic, a tak bývá sestavena tabulka pouze pro následná mezidobí pro jízdu na každé traťové koleji ve správném směru. Hodnoty v tabulce dob obsazení se vynásobí pravděpodobností pořadí daných kategorií vlaků (s uvážením početního zastoupení vlaků jednotlivých kategorií a celkového počtu vlaků), čímž se získá tabulka sum dob obsazení. Celková doba obsazení se vypočte jako součet hodnot v tabulce sum dob obsazení a navíc se vynásobí koeficientem navýšení pro nepřesnosti plynoucí z pouhé pravděpodobnosti pořadí vlaků. Pro výpočet hodnot tabulky sum dob obsazení se využije následující vzorec dle (13):

$$b_{s\ i,j} = k_X \cdot \frac{N_i \cdot N_j}{N} \cdot b_{i,j} \quad (2-1)$$

kde je

$b_{s\ i,j}$ – sumární doba obsazení mezi kategorií i a j [min],

N_i – počet vlaků kategorie i [-],

N_j – počet vlaků kategorie j [-],

N – počet všech vlaků [-],

$b_{i,j}$ – doba obsazení mezi vlaky kategorie i a j [min],

k_X – koeficient četnosti dvojic; pro jednosměrně pojižděnou traťovou kolej je určeno: $k_X = 1$ [-].

Celková doba obsazení se dále vypočítá dle vzorce dle (13):

$$B = k_N \cdot \sum_i \sum_j b_{s\ i,j} \quad (2-2)$$

kde je

B – celková doba obsazení [min],

k_N – koeficient navýšení, doporučuje se užít $k_N = 1,05$ [-].

Pro zjišťování propustnosti traťového úseku Brno-Maloměřice St.3 – Brno-Královo Pole bude postupováno tak, že obvod St.3 Brno-Maloměřice bude uvažován jako zhlaví stanice Brno-Maloměřice, ač ve směru od a do Brna-Židenic jsou vjezdová návěstidla zároveň odjezdovými. Propustnost bude zjišťována zvlášť pro první a druhou traťovou kolej ve správném směru, a to v mezistaničních úsecích:

- Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole,
- Brno-Královo Pole – Kuřim,
- Kuřim – Tišnov.

Pokud by intenzita dopravy byla ve všech mezistaničních úsecích stejná, dalo by se zjednodušeně říci, že omezujícím by byl nejdelší úsek s největšími jízdními dobami, tedy úsek Kuřim-Tišnov. Ovšem úsek Brno-Maloměřice – Brno-Královo pole vykazuje vyšší počet vlaků, navíc se mnoho nákladních vlaků rozjíždí do stoupání z žst. Brno-Maloměřice. Proto je třeba zjistit, zda není v tomto ohledu omezujícím úsekem spíše 2.TK z Brna-Maloměřic do Brna-Králova Pole.

Počty vlaků v mezistaničních úsecích budou uvažovány dle výše uvedených tabulek pro provoz dle:

- a) NJŘ 2020/2021 (příloha C),
- b) NJŘ 2021/2022 (příloha D).

Nebude tedy prováděno zjišťování propustnosti traťových kolejí pro skutečné počty vlaků, neboť jejich počty jsou velmi podobné nebo nižší než počty vlaků podle NJŘ, jak bylo zjištěno ve srovnání v předcházejících kapitolách. Dále je třeba rozčlenit vlaky na zastavující (Z) a projíždějící (P) v jednotlivých stanicích (tabulka 7):

Tabulka 7 – Druhy vlaků dle charakteru jízdy v mezistaničním úseku

stanice	Brno Maloměřice	Brno Královo Pole	Kuřim	Tišnov
Ex	P	Z/P	P	P
R	P	Z	P	Z
Sp	P	Z	Z	Z
Os	P	Z	Z	Z
Nex, Pn	Z	P/Z	P/Z	P

Mn	Z	Z	Z	Z
Lv, Služ	Z	P	P	P

Zdroj: autor dle NJŘ (1)

Pro vlaky druhu Ex budou využity jízdní doby vlaků druhu R, neboť rozdíly by nebyly příliš patrné. Ve stanici Brno-Královo Pole jsou zastavující pouze expresní vlaky dopravce ČD (19 párů), vlaky dopravce RegioJet (9 párů) jsou projíždějící. Vlaky druhu Nex a Pn jsou dle NJŘ 2020/2021 v Brně-Králově Poli a Kuřimi projíždějící. V NJŘ 2021/2022 jsou vlaky projíždějící s výjimkou 11 vlaků, což bude při výpočtech zohledněno. Dále bude s vlaky druhu Nex počítáno dle tabulek následných mezidobí jako s kategorií „nákladní rychlý“, s vlaky Pn jako „nákladní střední“ a vlaky Mn jako „nákladní pomalý“. Vlaky druhu Sv budou spojeny s druhem Lv, neboť rozdíly jízdních dob by byly zanedbatelné.

Dále je třeba zjistit z celkové doby obsazení také stupeň obsazení (S), který je podílem celkové doby obsazení (B) na výpočetním čase (T), kterým se zde uvažuje celý den (1440 min):

$$S = \frac{B}{T} \quad [-] \quad (2-3)$$

Stupeň obsazení je bezrozměrnou veličinou, která udává vytiženost dopravní infrastruktury a s tím související kvalitu provozu. V analyzovaném traťovém úseku bude uvažováno období celého dne (1440 min) a průměrná doba obsazení do 10 min. Dle charakteru provozu se uvažuje méně než 80 % vlaků regionální osobní dopravy. Pro uvedená upřesnění figurují dle SM124 limitní hodnoty stupně obsazení:

$S_{OPT} = 0,4$ - optimální hodnota stupně obsazení

$S_{KRIT} = 0,6$ - kritická hodnota stupně obsazení

Pro stupeň obsazení platí:

když $S \leq S_{OPT}$, pak je kvalita provozu **vyhovující**,

když $S_{OPT} < S \leq S_{KRIT}$, pak je kvalita provozu **riziková**,

když $S > S_{KRIT}$, pak je kvalita provozu **nevyhovující**. (13)

Při užití výpočetní doby kratší než 6 hodin je přípustná vyšší hodnota stupně obsazení. Je zřejmé, že v analyzovaném traťovém úseku je v době ranní a odpolední špičky intenzita dopravy výrazně vyšší, než průměrně během celého dne. Na druhou stranu je obtížné ve špičkových hodinách provážet nákladní vlaky, jejich jízda je proto z nemalé části

realizována během tzv. nočního skoku. Pro špičkové období bude doplňkově zjišťována propustnost traťových kolejí Kuřim – Tišnov, zde je třeba uvést limitní hodnoty pro daný traťový úsek a **období kratší než 4h** dle (13):

$S_{OPT} = 0,62$ - optimální hodnota stupně obsazení

$S_{KRIT} = 0,75$ - kritická hodnota stupně obsazení

Z celkového počtu vlaků a celkové doby obsazení lze vypočítat průměrnou dobu obsazení jednou jízdou b :

$$b = \frac{B}{N} \text{ [min]} \quad (2-4)$$

Dále je možné na základě průměrné doby obsazení vypočítat propustnost (propustnou výkonnost) n , která uvádí teoreticky realizovatelný počet jízd na dané části infrastruktury. Prakticky je pochopitelně 100% využití propustnosti nemožné, neboť se nezapočítávají žádné mezery mezi vlaky. Je to však důležitý ukazatel a na jeho základě se provádí přepočítání limitních ukazatelů propustnosti: Z optimální/kritické hodnoty stupně obsazení lze určit počet vlaků pro optimální/kritickou hodnotu propustnosti (13):

$$n = \frac{B}{b} \text{ [-]} \quad (2-5)$$

$$n_{OPT} = n \cdot S_{OPT} \text{ [-]} \quad (2-6)$$

$$n_{KRIT} = n \cdot S_{KRIT} \text{ [-]} \quad (2-7)$$

kde je

n – propustnost (propustná výkonnost) [-],

n_{OPT} – optimální hodnota propustnosti [-],

n_{KRIT} – kritická hodnota propustnosti [-].

Případně je možné provést také výpočet využití propustnosti K , které je podílem počtu jízd a propustnosti, resp. využití optimální a kritické hodnoty propustnosti (K_{OPT} , K_{KRIT}). (13) K těmto hodnotám se lze také dopracovat podílem stupně obsazení a limitních hodnot propustnosti.

$$K = \frac{N}{n} \text{ [-]} \quad (2-8)$$

$$K_{OPT} = \frac{N}{n_{OPT}} = \frac{S}{S_{OPT}} \text{ [-]} \quad (2-9)$$

$$K_{KRIT} = \frac{N}{n_{KRIT}} = \frac{S}{S_{KRIT}} \quad [-] \quad (2-10)$$

kde je:

K – využití propustnosti [-],

N – počet jízd [-],

n – propustnost [-],

K_{OPT} – využití optimální hodnoty propustnosti [-],

K_{KRIT} – využití kritické hodnoty propustnosti [-],

n_{OPT} – optimální hodnota propustnosti [-],

n_{KRIT} – kritická hodnota propustnosti [-],

S – stupeň obsazení [-],

S_{OPT} – optimální hodnota stupně obsazení [-],

S_{KRIT} – kritická hodnota stupně obsazení [-].

2.2.2 Analytické zjišťování propustnosti traťových úseků

Pro provoz v mezistaničních úsecích mezi žst. Brno-Královo Pole a Tišnov po správné koleji jsou k dispozici na (1) tabulky následných mezidobí. Hodnoty z tabulky následných mezidobí jsou spolu s počty vlaků zastoupenými v analyzovaném provozu a) dle NJŘ 2020/2021 a b) dle NJŘ 2021/2022 uvedeny v příloze G-J, kde je také proveden výpočet tabulky sum dob obsazení podle vzorce (2-1), celkové doby obsazení podle vzorce (2-2) a stupně obsazení podle vzorce (2-3). Pro úsek Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole byly vypočteny hodnoty následných mezidobí pro typové vlaky dle dokumentu Správy železnic (SŽDC) Směrnice č. 104 (16) a dále též tabulky sum dob obsazení, celkové doby obsazení a stupně obsazení a jsou uvedeny v příloze K-L. Zjištěné výsledky o celkové době obsazení a stupňů obsazení traťových kolejí jsou souhrnně uvedeny v tabulce 8:

Tabulka 8 – Celková doba obsazení a stupeň obsazení traťových kolejí

Provoz	a)		b)	
	celková doba obsazení (B)	stupeň obsazení (S)	celková doba obsazení (B)	stupeň obsazení (S)
Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole (2.TK)	447,42 min	0,311	699,63 min	0,486
Brno-Královo Pole – Kuřim (2.TK)	374,17 min	0,260	608,96 min	0,423
Kuřim – Tišnov (2.TK)	386,97 min	0,269	599,51 min	0,416
Tišnov – Kuřim (1.TK)	437,04 min	0,304	668,73 min	0,464

Kuřim – Brno-Královo Pole (1.TK)	424,02 min	0,295	655,39 min	0,455
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice (1.TK)	405,3 min	0,282	588,53 min	0,409

Zdroj: autor dle příloh G-L

Hodnoty uvedené v tabulce 8 jsou závislé na vstupních hodnotách. Zejména na tom, jaké byly určeny soupravy pro daný typový vlak. Nedá se přesně určit, jaká souprava bude nasazena na konkrétní spoj vzhledem k nehomogenitě vozového parku dopravců. Nelze to říci ani v oblasti osobních vlaků, neboť mohou být nasazovány HV řad 242, 263, 210, (dříve i 230) případně ucelené jednotky řad 814.2, 640, 650 nebo 560. Rovněž počet osobních vozů je u klasických souprav variabilní. Bylo i na základě zkušenosti (4) rozhodnuto, že pro výpočty u osobních vlaků bude uvažováno HV ř. 242 + 4x Bdmtee. Ohledně řazení rychlíků je rovněž jistá variabilita, zde se ovšem dá snáze určit převládající soupravu – HV ř. 362 + 5 osobních vozů řad Aee, Bee, BDs, Bpee, B (v různých variantách), jejichž hmotnosti jsou srovnatelné. Pro zjednodušení byly tyto soupravy uvažovány i pro expresní vlaky, ačkoliv u nich jsou nasazována z nemalé části i novější HV např. ř. 380, 383, 388, ÖBB 1216. Ještě obtížnější je situace v nákladní dopravě. Dříve na unitární železnici byl od samého začátku elektrické trakce nákladní provoz na trati 324 zejména zajišťován hnacími vozidly řady 230, kdy na vlaku bývalo i řazení 2x230, případně ještě s postrkem téže řady. Proto bylo s danou řadou HV uvažováno i ve výpočtech, neboť skutečná heterogenita hnacích vozidel různých dopravců je obtížně kvantifikovatelná. Ohledně zátěže na nákladním vlaku není jednota ani ohledně oficiálních tabulek následných mezidobí pro jednotlivé mezistaniční úseky.

Ve všech zkoumaných mezistaničních úsecích došlo v režimu provozu b) dle NJŘ 2021/2022 o více či méně k překonání optimální hodnoty stupně obsazení pro dané podmínky a výpočetní dobu $S_{opt} = 0,4$. Je možné tedy považovat kvalitu provozu na analyzovaném traťovém úseku celkově za rizikovou. Tato skutečnost se za běžného provozu nemusí projevit, může však negativně přispět při likvidaci zpoždění osobních vlaků, při mimořádně vyšší poptávce po provázení nákladních vlaků a při nepředpokládaných omezeních infrastruktury.

V sudém směru (2.TK) je dosaženo nejvyšší hodnoty stupně obsazení v úseku Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole ($S = 0,486$). Tato vysoká hodnota souvisí zejména s tím, že všechny nákladní vlaky byly z žst. Brno-Maloměřice uvažovány jako rozjíždějící se, přičemž daný mezistaniční úsek je v první části veden do stoupání. Rozjíždějící se nákladní vlaky tak nabývají nižších hodnot průměrného zrychlení, čímž

se prodlužuje doba obsazení. Naproti tomu osobní vlaky vstupují do daného mezistaničního úseku traťovou rychlostí a následná mezidobí musí být vypočítána tak, aby je dříve jedoucí pomalejší vlak neomezil.

Pro 1. TK v úseku Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice je tabulka následných mezidobí v některých řádcích stejná, což jde na vrub zaokrouhlení. Vzájemné ovlivnění jízd vlaků tím, že nákladní vlaky v žst. Brno-Maloměřice v obvodu St.3 jedou do odbočky rychlostí $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ se projevuje méně, než bylo původně očekáváno. Je to způsobeno i tím, že v daném mezistaničním úseku je traťová rychlost pouze $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Vyšší hodnota stupně obsazení byla zjištěna pro 1. TK Tišnov – Kuřim, kde je to ovlivněno zejména vysokým počtem výchozích osobních vlaků odjíždějících přes kuřimské zhlaví rychlostí $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Proto bylo provedeno ještě zjišťování kapacity úseku Kuřim – Tišnov pro období plné dopravní špičky pro provoz dle NJŘ 2021/2022. V ranní špičce byla vybrána doba 6-8h, v odpolední špičce 15-17h. Kritériem tohoto výběru byla zejména jízda osobních vlaků v intervalu 15 min v obou směrech. Výpočet je uveden v příloze M-N. Tabulka 9 uvádí hodnoty celkové doby obsazení a stupně obsazení:

Tabulka 9 – Celkové doby obsazení a stupně obsazení Kuřim – Tišnov a zpět ve špičce

Provoz v dopravní špičce dle NJŘ 2021/2022	6-8h		15-17h	
	celková doba obsazení (<i>B</i>)	stupeň obsazení (<i>S</i>)	celková doba obsazení (<i>B</i>)	stupeň obsazení (<i>S</i>)
Kuřim – Tišnov (2.TK)	62,97 min	0,525	60,55 min	0,505
Tišnov – Kuřim (1.TK)	70,78 min	0,590	74,67 min	0,622

Zdroj autor dle příloh M-N

Pro období kratší než 4h je optimální hodnotou stupně obsazení pro analyzovaný úsek $S_{OPT} = 0,62$. Pro odpolední špičku je tato hodnota v 1.TK překonána, což odkazuje na to, že kvalita provozu je za těchto podmínek již riziková i s ohledem na vyšší hodnoty stupně obsazení pro dopravní špičku. NJŘ je zkonstruován tak, že v době intervalu 15 min je mezi osobními vlaky provezen po traťovém úseku jeden další vlak jiného druhu (Ex, R, Nex, Pn, Lv). Pokud by byly v intervalu 15 min mezi osobními vlaky provázeny dva vlaky jiného druhu, bylo by již dosaženo ve většině možných kombinací kritického stupně obsazení a tím i k přetížení infrastruktury. Navyšování počtu vlaků v době dopravní špičky tak není možné bez změny délky intervalu. Zkrácením intervalu by mohlo být docíleno, že se proveze za stejnou dobu více osobních i dalších vlaků. Realizovatelnost tohoto opatření ke zvýšení kapacity bude prověřena v další části práce.

2.3 Analytické výpočty kapacity dopravních kolejí a obsazení nástupištních hran v žst. Tišnov

Železniční stanice Tišnov je jako pásmová a odbočná stanice výrazněji zatížena z hlediska obsazení dopravních kolejí, a to zejména těch, které jsou uzpůsobené pro nástup a výstup cestujících. V Tišnově jsou pouze čtyři nástupištní hrany. Stanice Brno-Královo Pole má pět nástupištních hran, stanice Kuřim má čtyři, ovšem není stanicí odbočnou a mimo víkendy ani pásmovou. Ve stanici Tišnov je nápadné, že dvě ostrovní nástupiště jsou označena jako „druhé“ a „třetí“, což evokuje otázku, kde je nástupiště „první“. Zde je třeba uvést analogický příklad stanice Žďár nad Sázavou, kde jsou rovněž dvě ostrovní nástupiště, ale je také zachováno nástupiště první u koleje č. 10, které je využíváno takřka výhradně pro vlaky z regionální trati Žďár nad Sázavou – Tišnov. Dalším příkladem může být stanice Český Brod, která je významnou pásmovou stanicí pražské aglomerace. Stanice je kromě dvou ostrovních nástupišť vybavena také vnějším nástupištěm (č. 1) u koleje č. 5, čímž je zvýšen počet nástupištních hran a usnadněny obraty souprav. Kdyby bylo podobné „první“ nástupiště zachováno i v Tišnově, bylo by vyřešeno mnoho obtíží s operativním řízením provozu. Existenci někdejšího I. nástupiště u koleje č. 10 lze dokumentovat na plánu stanice Tišnov obsaženém v (17) s. 493.

Cílem této kapitoly je zjistit ukazatele obsazení dopravních kolejí v žst. Tišnov v provozu podle NJŘ 2021/2022. Analýza bude prováděna pouze pro období dopravní špičky. Nejprve budou vymezeny vlaky, které dle NJŘ jedou ve vymezeném období, dále bude provedeno přiřazení vlaků nebo skupin jízd na vhodné staniční koleje a pro daný provoz a obsazení kolejí a budou vypočítány podle (13) ukazatele obsazení kolejových skupin.

2.3.1 Soubor vlaků v dopravní špičce v žst. Tišnov

Pro analýzu obsazení staničních kolejí bylo vybráno podobně jako výše období ranní dopravní špičky (6-8h) a odpolední dopravní špičky (15-17h), neboť v těchto obdobích jsou provozovány osobní vlaky v intervalu 15 minut v obou směrech. V těchto obdobích dopravní špičky budou zahrnuty vlaky dle příloh O-P.

2.3.2 Doby obsazení a plán obsazení staničních kolejí v žst. Tišnov

Obsazením staniční koleje je třeba chápat dobu, kdy je na staniční koleji železniční kolejové vozidlo, ať již se jedná o vlak nebo posunový díl. Rovněž je třeba kolej uvažovat jako obsazenou, pokud je na ni stavěna nebo postavena vlaková nebo posunová cesta při

vjezdu vlaků nebo při přistavování souprav posunem. Také při odjezdu vlaku nebo posunového dílu z koleje je třeba připočíst dobu zjištění volnosti koleje, u SZZ 3. kategorie s postupným rušením závěru vlakové cesty je toto prováděno samočinně a tato doba je zanedbatelná. (13)

Pro žst. Tišnov byly vypočítány doby obsazení staničních kolejí pro různé druhy vlaků s uvažováním charakteru jejich jízdy (sudý/lichý, výchozí/končící/tranzitní). Tyto doby obsazení v minutových hodnotách jsou uvedeny souhrnně v příloze Q.

U výchozích a končících vlaků se jedná pouze o část doby obsazení související s jejich příjezdem či odjezdem. Navíc je třeba připočítat ještě dobu samotného pobytu při obratu. Pro odstavení nebo přistavení soupravy je doba manipulace součástí pobytu a není uvažována zvlášť. Při objíždění souprav se uvažuje, že hnací vozidlo objíždí soupravu po některé z volných kolejí bez nástupištní hrany a tato doba není uvažována. Je pouze přihlédnuto k tomu, aby nedocházelo při objíždění souprav k obsazení záhlaví, na kterém by měla být již postavena vlaková cesta. U tranzitních vlaků je v tabulce uváděna jako příjezd doba od počátku stavění vlakové cesty po minutí odjezdového návěstidla, jako odjezd potom doba jízdy okolo odjezdového návěstidla, než dojde k uvolnění staniční koleje celou vlakovou soupravou.

Dynamika jízdy vlaku je závislá na hodnotách kladného a záporného zrychlení, maximální dovolené rychlosti, vzdálenostech bodů infrastruktury a v případě odjezdů též na délce vlaku. Hmotnost vlaku a charakteristika hnacího vozidla se promítají do průměrných hodnot zrychlení.

Nepřetržitě obsazení staniční koleje vlakem nebo posunovým dílem tvoří jednu skupinu jízd. Počátkem obsazení je doba od počátku stavění jízdni cesty na volnou kolej a koncem je její uvolnění po rozpadu jízdni cesty z této koleje, když je kolej opět uvolněna. Skupina jízd je také případně časově omezena počátkem a koncem analyzovaného období. Během obsazení může dojít pochopitelně ke změně čísla vlaku, přistavení nebo odstavení vozů či odjezdu části obsazujících vozidel nebo též ke vjezdu na tuto obsazenou kolej. (13)

Navrhované obsazení kolejí je uvedeno v příloze R pro ranní dopravní špičku a v příloze S pro odpolední dopravní špičku. Při sestavě obsazení jednotlivých kolejí bylo přihlédnuto k místním zvyklostem (4), seznamu vlaků pro staniční zaměstnance a údajích o skutečné jízdě vlaků dle ISOŘ. Součástí jsou i přiřazené doby vjezdu, pobytu

na staniční koleji a odjezdu, dále je proveden součet obsazení jednotlivými skupinami jízd a součet pro danou kolej za celé analyzované období.

Při rozdělování vlaků na staniční koleje byl respektován provoz dle NJŘ zejména s časy průjezdů expresů a nákladních vlaků. V praxi bývá u těchto vlaků větší časová odchylka od jejich pravidelné polohy, a proto by bylo možné uskutečnit operativní obsazení kolejí i s méně přestavnými jízdami nebo snad i bez vjezdů na obsazenou kolej. Dalo by se také vjezdů na obsazenou kolej vyvarovat tím, že by pro příjezd končících osobních vlaků byly více využívány hlavní koleje a případné tranzitní vlaky by musely projíždět po jiných než hlavních kolejích. V uvedeném obsazení kolejí se podařilo téměř všechny tranzitní vlaky v době jízdy dle NJŘ naplánovat po hlavních kolejích (kromě R 973 ráno). Naopak končící vlaky jsou přednostně plánovány na 3. a 4.SK (kromě ráno Os 4632, 4908 a odpoledne Os 4656, 4658). Při mírném zpoždění některých osobních vlaků by bylo možné realizovat jejich vjezd na kolej po právě odjíždějícím vlaku opačného směru. To ovšem nelze plánovat bez zásahu do polohy v jízdním řádu, v praxi k tomu často dochází, že příjezdový osobní vlak je pozdržen u vjezdového návěstidla a je nejprve uskutečněn odjezd uvolňující pro něj kolej. (4) Při vjezdu na obsazenou kolej je třeba dbát na to, aby další vlak nebránil odjezdu vlaku na koleji již stojícího. O nevhodnosti organizování vjezdu na obsazenou kolej od Nedvědice bylo již psáno, proto není v uváděném obsazení kolejí uvažován.

2.3.3 Metodika výpočtu ukazatelů obsazení kolejových skupin dle SM124

Hlavními hodnotícími ukazateli obsazení kolejových skupin jsou *pravděpodobnost plánovaného čekání* (P_V) a *koefficient pravděpodobnosti plánovaného čekání* (q_{PV}), které se porovnají se svými limitními hodnotami dle SM124 (13). Ve výpočtu obsazení staničních kolejí v žst. Tišnov budou uvažovány všechny čtyři koleje s nástupištní hranou jako součást jediné kolejové skupiny jakoby vzájemně zaměnitelné. Ve skutečnosti tomu tak není, protože pro tranzitní vlaky jsou preferovány hlavní koleje vždy ve správném směru z důvodu možnosti jízdy traťovou rychlostí ($100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) a tím i kratší doby obsazení staničních kolejí.

Jako vstup je nutné znát:

k [-] – počet kolejí v kolejové skupině (uvažují se prvotně 4, dále je v propočtu uvažováno postupně až všech 8 dopravních kolejí,

T_Z [min] – výpočetní doba (120 min),

N [-] – počet skupin jízd,

a [min] – průměrná doba mezi vstupy jízd:

$$a = \frac{T_Z}{N} \quad (2-11)$$

b [min] – průměrná doba obsazení:

$$b = \frac{B}{T_Z} \quad (2-12)$$

σ_a [min] – směrodatná odchylka doby mezi vstupy jízd,

σ_b [min] – směrodatná odchylka dob obsazení.

Pro výpočet směrodatných odchylek je třeba konkrétní návrh obsazení staničních kolejí, aby byl znám statistický soubor. Další postup dle (13) probíhá postupným výpočtem koeficientů a pomocných veličin na základě teorie hromadné obsluhy následovně:

$$\alpha = \frac{b}{a} \quad [-] \quad (2-13)$$

$$S = \frac{\alpha}{k} = \frac{b}{a \cdot k} \quad [-] \quad (2-14)$$

$$va = \frac{\sigma_a}{a} \quad [-] \quad (2-15)$$

$$vb = \frac{\sigma_b}{b} \quad [-] \quad (2-16)$$

$$C = \left(\frac{\alpha}{k}\right)^{1-va^2} \cdot (1+va)^2 - va^2 \quad \text{pro } va < 1 \quad [-] \quad (2-17)$$

$$C = 1 \quad \text{pro } va \geq 1 \quad [-] \quad (2-18)$$

$$G = \frac{2}{C \cdot vb^2 + va^2} \quad [-] \quad (2-19)$$

$$F = \left(\frac{\alpha}{k}\right)^G \quad [-] \quad (2-20)$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^k \frac{\alpha^i}{i!} + \frac{\alpha^k}{k!} \cdot G \cdot \frac{F}{1-F}} \quad [-] \quad (2-21)$$

$$P_V = P_0 \cdot \frac{\alpha^{k-1}}{(k-1)!} \cdot G \cdot \frac{F}{1-F} \quad [-] \quad (2-22)$$

$$v = P_0 \cdot \frac{\alpha^k}{k!} \cdot G \cdot \frac{F}{(1-F)^2} \cdot a \quad [\text{min}] \quad (2-23)$$

kde je:

α – koeficient shlukovitosti [-],

S – stupeň obsazení [-],

va – variační koeficient průměrné doby mezi vstupy [-],

vb – variační koeficient průměrné doby obsazení [-],

C, G, F – pomocné veličiny [-],

P_0 – pomocná veličina (pravděpodobnost, že jsou všechny koleje volné) [-],

P_V – pravděpodobnost plánovaného čekání [-],

v – průměrné plánované čekání [min].

Velikost pravděpodobnosti plánovaného čekání lze přepočítat na koeficient plánovaného čekání s ohledem na charakter provozu a počty jízd:

$$q_{PV} = \frac{P_V}{P_{V\ OPT}} \quad [-] \quad (2-24)$$

$$P_{V\ OPT} = \frac{k_n}{N} \cdot (N_{OS} \cdot P_{V\ OPT\ OS} + N_{NÁKL} \cdot P_{V\ OPT\ NÁKL}) \quad [-] \quad (2-25)$$

$$P_{V\ KRIT} = 2 \cdot P_{V\ OPT} \quad [-] \quad (2-26)$$

kde je:

q_{PV} – koeficient plánovaného čekání [-],

$P_{V\ OPT}$ – výsledná optimální hodnota pravděpodobnosti plánovaného čekání [-],

k_n – koeficient navýšení optimální hodnoty pravděpodobnosti plánovaného čekání, pro období dopravní špičky kratší než 4h platí $k_n = 1,4$ [-],

N_{OS} – počet vlaků osobní dopravy [-],

$N_{NÁKL}$ – počet vlaků nákladní dopravy [-],

$P_{V\ OPT\ OS}$ – optimální hodnota pravděpodobnosti plánovaného čekání pro vlaky osobní dopravy [-], $P_{V\ OPT\ OS} = 0,025 = 2,5$ %,

$P_{V\ OPT\ NÁKL}$ – optimální hodnota pravděpodobnosti plánovaného čekání pro vlaky nákladní dopravy [-], $P_{V\ OPT\ NÁKL} = 0,05 = 5$ %,

$P_{V\ KRIT}$ – kritická hodnota pravděpodobnosti plánovaného čekání [-].

Poměr počtu vlaků osobní a nákladní dopravy určuje výslednou optimální hodnotu pravděpodobnosti plánovaného čekání. Koeficient plánovaného čekání své optimální hodnoty nabývá při 100 %, kritické hodnoty při 200 %. Při hodnotě do 100 % je kvalita provozu vyhovující, mezi 100 % a 200 % riziková a nad 200 % je nevyhovující. S těmito hodnotami se porovnají hodnoty získané výpočtem z dané dopravní situace. Je ovšem třeba říci, že analýza je vypovídající jen za stanovených podmínek. Na jednu stranu není doporučováno slučovat do kolejové skupiny méně než tři koleje, na druhou stranu v málo případech by bylo možné zejména v osobní dopravě považovat i takový počet za stejně vhodný pro jízdu určitých vlaků s ohledem na přítomnost a délku nástupiště, vybavení trakčním vedením a omezení rychlostí při jízdě přes zhlaví. Rovněž nemohou být všechny koleje ekvivalentní, kdyby v odbočných stanicích nebo na vícekolejných tratích docházelo ke zbytečným vznikům kolizních situací.

2.3.4 Výpočet ukazatelů obsazení kolejových skupin v žst. Tišnov v dopravní špičce

Podle výše uvedené metodiky dle SM124 byl proveden výpočet ukazatelů obsazení kolejových skupin v žst. Tišnov v režimu JŘ v ranní (6-8h) a odpolední (15-17h) dopravní špičce. Kromě hodnoty pravděpodobnosti plánovaného čekání a s ní korelujícího koeficientu pravděpodobnosti plánovaného čekání je v tabulce 10 také uveden stupeň obsazení staničních kolejí a průměrná doba plánovaného čekání. Nejprve je uveden výsledek, byly-li by k dispozici pouze 4 staniční koleje, v dalších sloupcích se vždy jedna kolej přidává, až je dosaženo všech 8 dopravních kolejí:

Tabulka 10 – Ukazatele kapacity staničních kolejí žst. Tišnov

						k	4	5	6	7	8
6-8h	α	N	$P_{V\ OPT}$	$P_{V\ KRIT}$	S		0,531	0,425	0,354	0,303	0,265
	2,124	26	4,31%	8,62%	P_V		21,61%	7,98%	2,59%	0,74%	0,19%
		b	$q_{PV\ OPT}$	$q_{PV\ KRIT}$	v		1,283	0,305	0,026	0,016	0,003
		11,011	100%	200%	q_{PV}		502%	185%	60,06%	17,22%	4,40%
15-17h	α	N	$P_{V\ OPT}$	$P_{V\ KRIT}$	S		0,602	0,482	0,402	0,344	0,301
	2,410	30	4,43%	8,87%	P_V		26,95%	9,22%	2,66%	0,65%	0,14%
		b	$q_{PV\ OPT}$	$q_{PV\ KRIT}$	v		1,332	0,262	0,053	0,010	0,002
		9,639	100%	200%	q_{PV}		608%	208%	59,97%	14,75%	3,12%

Zdroj: autor dle (13) a příloh R,S

Z údajů v tabulce 10 je patrné, že provoz pouze po 4 dopravních kolejích by vedl v žst. Tišnov k nevyhovující kvalitě provozu. Na druhou stranu není žádoucí, aby vlaky využívaly jiné staniční koleje. Pro zastavující vlaky osobní dopravy je to nepřipustné, neboť koleje kromě 1.-4. SK nejsou vybaveny nástupištěm. Pro veškeré projíždějící vlaky není vhodné využívat vedlejší staniční koleje, neboť tím dojde k prodloužení jízdních dob a případnému zpoždění následných vlaků. Při jednoduchém propočtu jízdních dob sníženou ($40\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) a nesníženou ($100\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) rychlostí přes žst. Tišnov je rozdíl a tedy i vzniklé zpoždění u vlaků druhu Ex přibližně 2 min, u vlaků druhu Nex přibližně 3 min. Při nutnosti zastavení nákladních vlaků na 5.,6., 7. a 8.SK je třeba uvažovat též jejich délku. Podle tabulky 10 lze usuzovat, že k dosažení vyhovující kvality provozu vlaků může být nutné využívat šest a více staničních kolejí. Přitom je třeba dbát na to, aby se provážením tranzitních vlaků přednostně po hlavních kolejích správného směru minimalizovala doba obsazení v žst. Tišnov. Podle v příloze R a S uvedeného plánu obsazení staničních kolejí je však rovněž patrné, že by mělo být dostačující (ač rozhodně nikoliv zcela vyhovující) využívat pro jízdu zastavujících osobních vlaků čtyři stávající koleje s nástupištní hranou. Bylo by ovšem vhodné vybudováním nové nástupištní hrany

redukovat potřebu vjezdů na obsazenou kolej a také nutnost přestavování souprav pro uvolnění některých jiných dopravních kolejí. Proto bylo sestaveno v příloze T alternativní obsazení kolejí s nástupištní hranou v odpolední dopravní špičce v případě, že by například u 8.SK bylo zřízeno nástupiště (5. nástupištní hrana), a tak by se eliminovaly všechny pravidelné vjezdy na obsazenou kolej a přestavování souprav z důvodu potřeby uvolnění koleje. Bylo dosaženo velmi rovnoměrné doby obsazení jednotlivých vedlejších kolejí. Nebyly ovšem vyřešeny konflikty na kuřimském zhlaví, kdy dochází k vjezdům a odjezdům osobních vlaků opačného směru v podobný časový okamžik. To je možné upravit při přípravě jízdního řádu. V tomto ohledu by bylo vhodné zavést pravidlo, aby odjíždějící osobní vlak měl přednost před vjíždějícím, čemuž by mohlo napomoci i to, že u vlaků příjíždějících od Brna je větší pravděpodobnost jízdy se zpožděním než u vlaků výchozích z Tišnova. Tím by mohly být plánovaně obsazovány též právě uvolněné staniční koleje.

Dříve existující 1. nástupiště v žst. Tišnov mělo význam při obratu souprav vlaků od Nedvědice, když byly ještě provozovány klasickými soupravami. Tehdy byl požadavek na delší pobyt v obratové stanici z důvodu nutnosti objíždění hnacího vozidla, proto byly doby obsazení jednotlivými skupinami vlaků delší. V současné době jsou osobní vlaky od Nedvědice vedeny ucelenými motorovými jednotkami ř. 814.2 a samotný pobyt při obratu trvá pouze 8 minut. Proto by nebylo vhodné pátou nástupištní hranu rezervovat pouze pro vlaky z regionální trati, ale její využití může být i pro vlaky ze směru od Kuřimi, jak je tomu i podle přílohy T. Byla-li by pátá nástupištní hrana zřízena, mělo by to být u průjezdné koleje, nikoliv u kusé, aby byl umožněn vjezd od Kuřimi i od Říkonína/Nedvědice. Ačkoliv zřízení kusé koleje s nástupištní hranou by se nabízelo u 2. nástupiště v části od Říkonína/Nedvědice mezi 2. a 4. kolejí.

Poněvadž byly eliminovány vjezdy na obsazenou kolej a přestavování souprav, došlo k vyšší době obsazení jednotlivých analyzovaných staničních kolejí, protože na každé koleji je vždy nejvýše jedna souprava. Celková doba obsazení se zvýšila z 289 min na 331 min. To má vliv na ukazatele obsazení kolejových skupin, které je tak nutné znovu spočítat. Zároveň je třeba říci, že integrace většího počtu jízd vlaků do jedné skupiny jízd, jak je uváděna výše za předpokladu vjezdů na obsazenou kolej, může také působit zkreslení výsledku o využití staničních kolejí. Proto jsou ukazatele v tabulce 11 do jisté míry relevantní i pro současnou situaci se čtyřmi nástupištními hranami. Výsledky kapacitních propočtů uvádí tabulka:

Tabulka 11 – Ukazatele kapacity staničních kolejí žst. Tišnov – alternativní obsazení kolejí s pátou nástupištní hranou

					k	5	6	7	8
15-17h	α	N	$P_{V\ OPT}$	$P_{V\ KRIT}$	S	0,556	0,464	0,397	0,348
	2,781	30	4,4%	8,9%	P_V	15,4%	5,0%	1,4%	0,62%
		b	$q_{PV\ OPT}$	$q_{PV\ KRIT}$	v	0,561	0,121	0,026	0,003
		11,125	100%	200%	q_{PV}	348%	113%	31%	7%

Zdroj: autor dle (13) a přílohy T

Při využití pěti nástupištních hran by bylo podle plánu obsazení kolejí možné bez nutnosti vjezdů na obsazenou kolej a přestavování souprav obsloužit všechny zastavující vlaky osobní dopravy v analyzovaném období. S ohledem na teorii hromadné obsluhy, která se v kapacitních výpočtech využívá, by ovšem bylo nutné využívat minimálně šest dopravních kolejí. V případě šesti dopravních kolejí se kvalita provozu pohybuje na začátku rizikového pásma ($q_{PV} \approx 113\%$). Otázku využití nástupištních hran a obsazení staničních kolejí v žst. Tišnov by bylo vhodné podrobněji prozkoumat simulačními metodami, aby bylo patrné, jaké zpoždění v provozu vzniká.

2.4 Analytické výpočty ukazatelů kapacity zhlaví

V této kapitole budou zkoumány ukazatele kapacity nejvytíženějších zhlaví na analyzovaném traťovém úseku, jedná se o zhlaví v obvodu St.3 Brno-Maloměřice a kuřimské zhlaví v Tišnově. Topologie zhlaví železničních stanic má vliv na jeho kapacitu, neboť jízdní cesty, které je přes zhlaví možné stavět mohou být vzájemně kolizní. To ovšem záleží také na provozu, jaký přes dané zhlaví je. V menších mezilehlých stanicích na dvoukolejně trati může docházet k využívání kolejových spojek mezi hlavními kolejemi minimálně, jsou prakticky možné přes zhlaví zároveň v průměru téměř vždy dvě cesty a hlavní ukazatel kapacity zhlaví – koeficient koliznosti se přibližuje hodnotě 0,5. Naproti tomu absolutní koliznost každé jízdní cesty s každou představuje jednoduché zhlaví na jednokolejně trati, kde se koeficient koliznosti rovná 1 a pro taková zhlaví jej nemá smysl počítat. U složitějších zhlaví nebo na zhlavích s větším provozem koeficient koliznosti ukazuje, do jaké míry v daném provozu dochází ke vzájemnému rušení jízdních cest.

2.4.1 Metodika výpočtu kapacity zhlaví

Podle dříve platného předpisu SŽDC (ČSD) D24 se při výpočtu kapacity zhlaví vycházelo z teorie pravděpodobnosti a počítala se též doba obsazení zhlaví jednotlivými druhy jízdních cest. (14) Současná metodika Správy železnic podle SM124 z hlediska

analytických výpočtů zůstává pouze u výpočtu koeficientu koliznosti (φ) a jeho převrácené hodnoty, průměrného počtu současně možných jízd (s) dle následujících vzorců:

$$\varphi = \frac{k}{N^2} [-] \quad (2-27)$$

$$s = \frac{1}{\varphi} [-] \quad (2-28)$$

kde je:

φ – koeficient koliznosti [-],

k – počet kolizních dvojic jízd [-],

N – celkový počet jízd [-],

s – průměrný počet současně možných jízd [-].

Význam koeficientu koliznosti, který nemá dány limitní hodnoty, spočívá zejména ve srovnání možných variant provozu a uspořádání zhlaví. Pro výpočet počtu kolizních dvojic jízd se vytvoří matice vzájemné koliznosti jízdnic cest doplněná o počty jízd daného druhu. V dalším kroku se vynásobí všechny v úvahu připadající počty druhů jízd, které jsou vzájemně kolizní, jejichž součtem je hodnota k . Další možnosti v rámci analytických metod nejsou součástí SM124, protože se předpokládá, že zjišťování kapacity zhlaví bude prováděno spíše simulačními metodami.

2.4.2 Výpočet koeficientu koliznosti části zhlaví v obvodu St.3 Brno-

Maloměřice

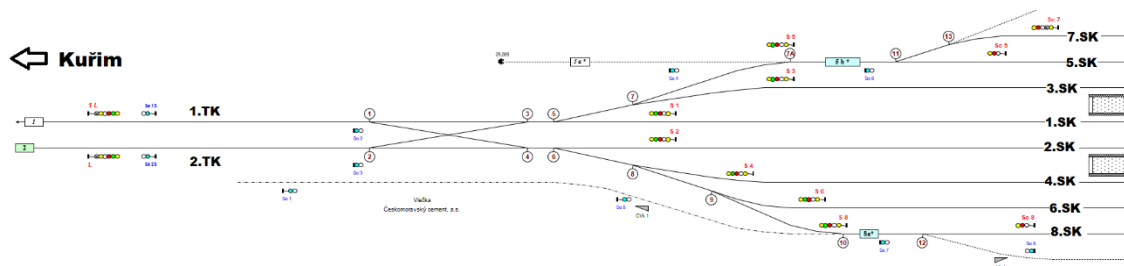
Bude prováděno zjišťování koeficientu koliznosti části zhlaví v obvodu St.3 Brno-Maloměřice. Jedná se o tu část zhlaví, která přímo souvisí s provozem na dvoukolejné trati č. 324 a která je vymezena výše v rozsahu obrázku 1. Při vytváření matice koliznosti je otázkou, zda považovat vjezdovou a odjezdovou cestu ve vlastní žst. Brno-Maloměřice za vzájemně kolizní. Bylo by totiž možné organizovat dopravu tak, aby se této koliznosti předešlo, neboť uspořádání zhlaví to zjevně umožňuje. Při cestě přes výh. č. 45 je možné uskutečnit jízdu pouze na tři vjezdové koleje. Při cestě přes výh. č. 48 je možností mnohokrát více. Protože není součástí této práce zkoumat provoz v žst. Brno-Maloměřice, byly vypočítány obě varianty koeficientu koliznosti – s kolizí vjezdové a odjezdové cesty: $\varphi=0,69$ a bez této kolize: $\varphi=0,62$. Je zřejmé, že reálná hodnota koeficientu se bude pohybovat mezi uvedenými variantami. Pro výpočet byl zvolen režim

provozu dle NJŘ 2021/2022 a analyzovaným obdobím je celý den. Výpočet je uveden v příloze U.

Podle vzájemného poměru osobní a nákladní dopravy se odvíjí také koeficient koliznosti na zhlaví v obvodu St.3 Brno-Maloměřice za předpokladu, že vlaky nákladní dopravy jedou přes vlastní žst. Brno-Maloměřice a osobní po traťových kolejkách 1K a 2K do odb. Brno-Židenice. Při převaze jednoho druhu dopravy by klesal koeficient koliznosti k hodnotě 0,5. Naopak při vyrovnaném poměru druhů dopravy by rostl za dané topologie zhlaví k hodnotě 0,625 při koliznosti vjezdů a odjezdů v Brně-Maloměřicích, resp. k hodnotě 0,75 v případě jejich nekoliznosti.

2.4.3 Výpočet koeficientu koliznosti kuřimského zhlaví v žst. Tišnov

Ze strany od Kuřimi vstupují do žst. Tišnov dvě traťové koleje. Provoz je sice banalizovaný, ale vzhledem k jeho intenzitě dochází k jízdě proti správnému směru spíše výjimečně nebo při výlukách. V žst. Tišnov je osm dopravních kolejí s možností vjezdu a odjezdu na obě traťové koleje a s trakčním vedením v celé délce. U kolejí 1, 2, 3 a 4 je zřízena nástupištní hrana. Dále je řešena situace pouze pro tyto čtyři dopravní koleje. Je možné říci, že kolej č. 3 zastupuje též kolej č. 5 a 7 a kolej č. 4 zastupuje též kolej č. 6 a 8. Provoz na výtažných, vlečkových a manipulačních kolejích není uvažován. Na obrázku 2 je uveden výřez z plánu stanice Tišnov:



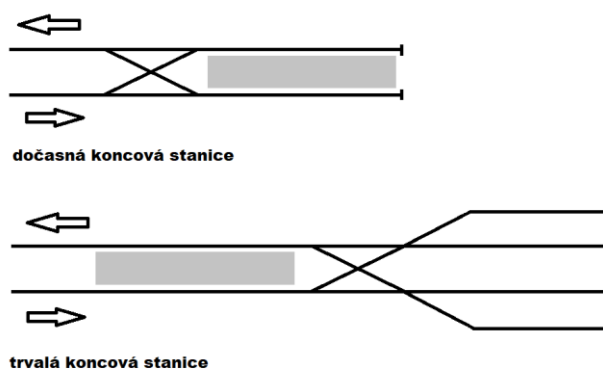
Obrázek 2 – Situační schéma kuřimského zhlaví v žst. Tišnov

Zdroj: (1), úprava autor

Hlavním důvodem, proč vznikají kolizní situace na kuřimském zhlaví, jsou především vjezdy a odjezdy osobních vlaků do/z žst. Tišnov. Buď při vjezdu nebo při odjezdu musí vlak přejet ze sudé kolejové skupiny do liché, protože vjezdy jsou organizovány ze 2.TK a odjezdy na 1.TK. Při přejezdu mezi lichou a sudou kolejovou skupinou dochází k rušení jízdy vlaků po obou traťových kolejích. Může tak docházet ke vzniku zpoždění osobních vlaků, pokud se blíží vlak s vyšší předností jízdy (zejména druhy vlaků Ex, R, Nex).

K podobné situaci dochází ovšem i při odjezdu vlaků z kterékoliv koleje, aby se daný vlak zařadil do sledu vlaků s ohledem na přednost vlaků ostatních druhů.

Pokud by docházelo k závažnému omezení provozu kolizemi na kuřimském zhlaví a koeficient koliznosti by se zdola blížil k hodnotě 1, znamenalo by to, že průměrný počet současných jízd by limitně klesal k hodnotě 1. V takové situaci by bylo nutné uvažovat o změně kapacity zhlaví. Není pravděpodobné, že by se jednalo o větší stavební zásah do topologie zhlaví, poněvadž nižšího koeficientu koliznosti by bylo možné dosáhnout i jinou organizací provozu. Tišnov se jako výrazná pásmová stanice svou úlohou podobá koncovým stanicím městských rychlodrah, u kterých je třeba zmínit dva způsoby uspořádání, totiž koncové stanice dočasné a trvalé. U dočasné koncové stanice za zhlavím, kde probíhá přejíždění mezi lichou a sudou kolejovou skupinou, je umístěno teprve nástupiště u kusých kolejí, kde probíhá obrat souprav. U trvalé koncové stanice je kolizní zhlaví až za nástupištěm a za zhlavím jsou kusé koleje, kde probíhá obrat souprav. (5) Situaci shrnuje obrázek 3:



Obrázek 3 – Uspořádání dočasné a trvalé koncové stanice

Zdroj: (5), s. 54, úprava autor

Významným rozdílem mezi dočasnou koncovou stanicí je právě umístění zhlaví před nebo za nástupiště. Ke zvýšení kapacity kuřimského zhlaví i staničních kolejí by mohla přispět organizace provozu podobná trvalé koncové stanici prostřednictvím většího využití říkonínského zhlaví: souprava končícího vlaku by se posunem ze sudé kolejové skupiny přemístila na říkonínské záhlaví a následně na liché koleje na odjezd. Doba pobytu na záhlaví by měla být minimální, aby nebyly omezeny případné tranzitní vlaky. Lze také uvažovat o zajištění souprav na záhlaví ve směru Nedvědice, kde ovšem není trakční vedení v celé délce. Při větším využívání říkonínského zhlaví je třeba brát v potaz dobu výstrahy na přejezdu. Pro redukci pobytu na říkonínském zhlaví by bylo možné řadit

soupravy k odjezdu na 3.SK. Zpravidla by tak na 3.SK nebyly organizovány vjezdy, ale pouze by sloužila jako odjezdová, čímž by bylo možné její téměř trvalé obsazení soupravami osobních vlaků. Obtíží v tomto ohledu je, že osobní vlaky ve směru Hustopeče u Brna a ve směru Židlochovice mají jinou délku pobytu v žst. Tišnov. Dále by bylo možné využívat jako obratovou stanicí i Řikonín, musel by se ovšem takový přepravně nerentabilní počín zdůvodnit dopravně-technologicky. Výhledově by také připadalo v úvahu při elektrizaci některých regionálních tratí a vybudování propojek prodloužení přímé linky od Brna např. do Nedvědice nebo do Velkého Meziříčí, čímž by ubylo v žst. Tišnov značné množství obrátů souprav a došlo k menšímu počtu přejezdů mezi sudou a lichou kolejovou skupinou, zejména na kuřimském zhlaví.

Pro výpočet koeficientu koliznosti kuřimského zhlaví v žst. Tišnov bylo zvoleno období odpolední dopravní špičky (pracovní dny 15-17h). Počty vlaků a jejich přiřazení k jízdám se odvíjí od plánu obsazení kolejí dle přílohy S, jsou zároveň započteny jízdy posunového dílu při objíždění na soupravu vlaku Os 4655 (1.SK-1.TK, 1.TK-3.SK) a přestavování soupravy Os 4943 (2.SK-2.TK, 2.TK-4.SK). Ostatní jízdy posunu při přestavování souprav jsou plánovány přes řikonínské zhlaví. Výpočet koeficientu koliznosti na základě matice koliznosti a počtu jízd uvádí příloha V; $\varphi=0,71$.

Podle údajů v příloze V je více než třetina jízd mezi sudou a lichou kolejovou skupinou. Tyto jízdy jsou kolizní se všemi ostatními na kuřimském zhlaví. Zjištění zpoždění, které tyto jízdy mohly způsobit nebo které by mohlo být těmito jízdami způsobeno, by bylo vhodné provést simulačními metodami.

2.5 Dílčí závěr o zjišťování kapacity analytickou metodou

V průběhu druhé části práce byly zjišťovány ukazatele kapacity traťového úseku Brno-Maloměřice St. 3 – Tišnov analytickou metodou. Nejprve byla zjišťována intenzita provozu. Údaje z plánu vlakové dopravy dle NJŘ 2020/2021 a 2021/2022 byly porovnány s údaji z Portálu provozování dráhy o počtech vlaků vždy za první čtvrtletí let 2019-2021. Dále byla provedena analýza dat o skutečných jízdách vlaků dle ISOŘ, a to v provozu v březnu roku 2021 a v říjnu roku 2021. Je třeba připomenout, že od dubna 2021 se na trati č. 324 výrazně zvýšila intenzita provozu přetrasováním některých vlaků dálkové osobní a nákladní dopravy z I. tranzitního koridoru. Výsledkem porovnání plánovaného a skutečného počtu vlaků je, že tyto počty se příliš neliší. Nedochozí sice k plnému využití nabídkových tras dle NJŘ, na druhou stranu je objednávána kapacita dráhy pro jednotlivé

ad hoc trasy. Celkový počet vlaků je však velmi podobný. Ve skutečném provozu je nezanedbatelný počet lokomotivních vlaků (cca. 6 %) na úkor vlaků nákladních různých druhů. Bylo rozhodnuto pro další zjišťování kapacity vycházet z provozu prezentovaného dle NJŘ.

Při zjišťování kapacity traťových kolejí bylo pro současnou intenzitu provozu ve všech mezistaničních úsecích v obou směrech dosaženo hodnoty přesahující optimální zatížení dopravní infrastruktury, což implikuje již rizikovou kvalitu provozu. Dočasně je taková situace sice přípustná, do budoucna představuje hrozbu v podobě nepředpokládaných výluk z důvodu možného havarijního stavu některých prvků infrastruktury. Proto je třeba preventivně prozkoumat případné omezení infrastruktury a s ohledem na současné možnosti navrhnout řešení pro minimalizaci dopadu těchto omezení.

V dopravní špičce se nezdá být vhodné prokládat interval jízdy osobních vlaků 15 minut více než jedním vlakem jiného druhu (Ex, R, Nex, Pn), neboť by tím došlo již k nevyhovující kvalitě provozu. Je třeba prozkoumat možnost zkrácení intervalu jízdy osobních vlaků na 12 a případně 10 minut s tím, zda by za takové situace ještě bylo kapacitně přípustné v mezeře mezi osobními vlaky provázet též vlaky jiného druhu, a tak zvýšit počet vlaků v období dopravní špičky.

V režimu provozu dle NJŘ 2021/2022 se nepodařilo vytvořit racionální plán obsazení stávajících čtyř kolejí s nástupištní hranou bez nutnosti pravidelných vjezdů na obsazenou kolej a přestavování souprav osobních vlaků po příjezdu z důvodu potřeby uvolnění koleje pro průjezd dalších vlaků. Bylo přihlíženo k tomu, aby nebylo nutné organizovat jízdu tranzitních vlaků po vedlejších kolejích sníženou rychlostí. Při existenci pěti nástupištních hran by bylo možné eliminovat vjezdy na obsazenou kolej a přestavování souprav, proto je navrženo zřízení páté nástupištní hrany, a to u 8. staniční koleje. Tím by se také minimalizovala doba přístupu cestujících na toto nástupiště, neboť by nebylo nutné využívat podchod, ale ke koleji by se přistupovalo přímo (přes 10. staniční kolej manipulační, pokud by nebyla nově realizována jako kusá). Zřízení páté nástupištní hrany je ovšem odvislé od legislativního rámce pro danou oblast, která ovšem klade na nově budované nástupištní hrany vysoké stavební nároky. Nezdá se však nemožné tento počín při rekonstrukci žst. Tišnov pro jeho dopravní význam i dodatečně nezahrnout, přestože tomu tak dosud dle prospektu stavby není.

Při výpočtu koeficientu koliznosti zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St. 3 byla zjištěna hodnota, která vypovídá o nezanedbatelném kolizním místě a bylo by vhodné situaci prověřit simulačními metodami.

Koeficient koliznosti na kuřimském zhlaví žst. Tišnov je ovlivněn počtem osobních vlaků, které na tomto zhlaví přejíždějí mezi sudou a lichou kolejovou skupinou. Tišnov jako pásmová stanice není nepodobná koncovým stanicím městských rychlodrah, což by bylo zřejmější při dalším zkracování intervalu osobních vlaků. Pro snížení koliznosti na kuřimském zhlaví bylo představeno řešení přejíždění vlakových souprav mezi sudou a lichou kolejovou skupinou až na říkonínském zhlaví, případně by bylo možné uvažovat o častějších obrazech některých vlaků ve vzdálenějších stanicích (Vlkov u Tišnova, Křižanov), jak tomu v některých případech je i v současnosti.

3 Rizika omezení kapacity a návrhy na změnu kapacity

Třetí kapitola této práce se zabývá detailnějším prověřením kapacity některých prvků infrastruktury, aby bylo patrné, do jaké míry jsou omezujícím faktorem celého traťového úseku a aby bylo možné odůvodněně navrhnout opatření na zvýšení kapacity a kvality provozu. Nejprve budou prověřena separátní simulací vybraná zhlaví. Následně bude zvážena možnost navýšení počtu spojů osobní příměstské dopravy. Poté bude řešen provoz a jeho racionalizace při výluce jedné traťové koleje a při výluce TZZ.

3.1 Zjišťování kapacity zhlaví separátní simulací

V kapitole 2.4 byl zjišťován koeficient koliznosti na zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St.3 a na kuřimském zhlaví v Tišnově. Další zjišťování kapacity zhlaví bylo ponecháno na simulaci, jak odpovídá metodice SM 124 a jak bude provedeno v této kapitole.

3.1.1 Zjišťování kapacity separátní simulací

Separátní simulace se využívá zejména pro zjišťování kapacity zhlaví a traťových kolejí s mezoskopickou úrovní podrobnosti. Pro danou konfiguraci infrastruktury s danými technologickými dobami se vytvoří model dopravního provozu, který přiřazuje jednotlivým jízdám časovou polohu s případným zpožděním. Smyslem simulace je napodobení reálného provozu a zjištění využití kapacity jednotlivých prvků infrastruktury, na kterých by mohlo docházet ke konfliktům jízdnicích cest. Hlavním kritériem separátní simulace je hodnota průměrného čekání v provozu (w), tedy zpoždění, které vznikne čekáním na umožnění jízdy přes daný prvek infrastruktury.

Získaná doba čekání v provozu se porovná s limitními hodnotami pro daný druh vlaků, kterými je optimální hodnota průměru čekání v provozu (w_{OPT}) a kritická hodnota průměru čekání v provozu (w_{KRIT}). Platí přitom vztah: $w_{KRIT} = 1,7 \cdot w_{OPT}$. Průměrná hodnota čekání pod optimální hodnotou značí vyhovující kvalitu provozu, mezi optimální a kritickou hodnotou kvalitu rizikovou a nad kritickou hodnotou kvalitu nevyhovující. Pro období dopravní špičky kratší než 4 hodiny jsou limitní hodnoty násobeny koeficientem 1,4. Z limitních hodnot lze vypočítat též koeficient čekání v provozu (q_w).

Náhodně vygenerované zpoždění se řídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti s předepsanou střední hodnotou. Průběh simulace se provádí iteračně, aby bylo prověřeno čekání provozu při různé kombinaci velikostí zpoždění jednotlivých vlaků. Je doporučeno

provést řádově stovky replikací. Správa železnic využívá pro separátní simulaci program SepSim vytvořený v prostředí MS Excel. Další možností separátní simulace je řešení kolizních situací v modelu podle předepsané priority vlaků. Separátní simulaci lze realizovat v režimu jízdního řádu i teorie pravděpodobnosti. (13)

3.1.2 Charakteristika využitého simulačního modelu

Pro simulaci provozu na zhlaví bylo využito prostředí MS Excel, neboť tak mohlo být navázáno na předchozí výpočty jízdních dob, které byly pro potřeby simulátoru ještě upřesněny, aby byly zjištěny doby obsazení prvků zkoumaných zhlaví podle druhů jízdy.

Nejprve byly do počítače vloženy údaje o pravidelných časech vjezdů, odjezdů, resp. průjezdů vlaků, aby mohlo být postupováno v režimu JŘ. Pomocí generátoru pseudonáhodných čísel v MS Excel byly vytvořeny hodnoty zpoždění, které se s pravděpodobností danou druhem vlaku přiřazovalo pravidelným časům jízdy dle exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti se střední hodnotou dle druhu vlaků podle podkladů v (13).

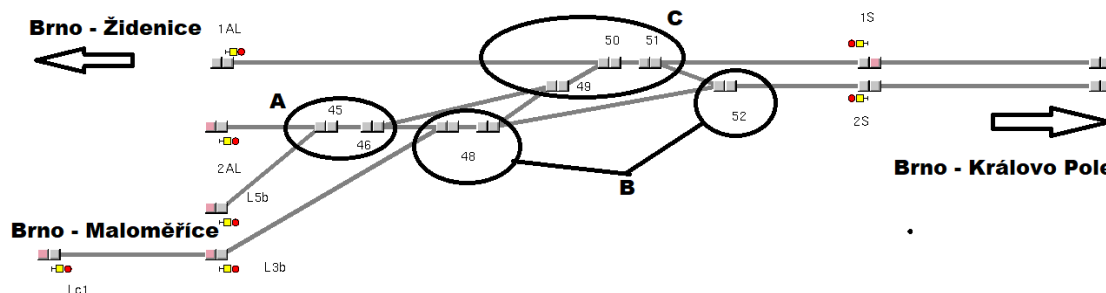
Podle druhu a směru jízdy se vlakům logickými funkcemi přiřadily dle požadované jízdní cesty příslušné koleje a prvky zhlaví, které bylo nutné danou jízdou obsadit. Byl-li daný prvek obsazen, byl vypočítán časový interval jeho obsazení ve vztahu k referenčnímu času a s ohledem na dynamické vlastnosti jízdy i na technologické doby znemožňující využití prvku pro jinou jízdu (dohlednost návěstidla, doba výpravy, obsluha ZZ, přestavení prvků jízdní cesty, rozpad závěru jízdní cesty). Technologické doby byly zpracovány podle dokumentu SM 104 (16). Mezoskopickým přesahem zkoumaného zhlaví byla závislost na době uvolnění prvního vzdalovacího úseku traťové koleje, aby mohla být vlaková cesta vůbec postavena a rozsvícena na návěstidle povolující návěst.

Dále proběhlo porovnání intervalů obsazení prvků zhlaví jednotlivými jízdami. Bylo zjištěno trvání konfliktů na jednotlivých prvcích, aby mohla být postupně sumarizována doba čekání v provozu. Po jejím vydělení počtem jízd bylo dosaženo průměrné hodnoty čekání v provozu a porovnáno s jejími limitními hodnotami

3.1.3 Simulační zjišťování kapacity zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St.3

Separátní simulace zjišťování kapacity zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St.3 byla provedena v režimu JŘ v rámci celého pracovního dne. Náběhovou fází simulace tvořilo ještě další dvouhodinové období, aby mohlo být zohledněno případné zpoždění těchto

vlaků. Simulace proběhla na dvou typech provozu, totiž dle NJŘ 2020/2021 (provoz „a“) a 2021/2022 (provoz „b“). Na obrázku 4 je uvedeno zhlaví s popisem jednotlivých prvků:



Obrázek 4 – Prvky zhlaví v obvodu St. 3 Brno-Maloměřice

Zdroj: autor s využitím programu OpenTrack

Jízdy nákladních vlaků do/z žst. Brno-Maloměřice byly realizovány jako nekonfliktní, vjezdy přes prvky A, C, odjezdy přes prvek B, který by jinak musel být rozdělen na prvky dva. Pro odjezdy vlaků se uvažovalo s vlakovou cestou již od návěstidla Lc1, neboť tak to odpovídá reálným průběhům odjezdů a podobného staničení jsou též další návěstidla dané skupiny. Simulace proběhla v 500 replikacích a výsledky shrnuje tabulka 12, hodnoty čekání v provozu (w) jsou uvedeny v minutách:

Tabulka 12 – Výsledky separátní simulace zjišťování kapacity zhlaví v obvodu St.3

provoz	W _{OPT}	a		b	
		w	q _w	w	q _w
Ex	0,25	-	-	0,14	56,36%
R	0,3	0,12	40,14%	0,16	54,55%
Os	0,6	0,10	17,10%	0,20	33,19%
Nex	1,4	0,10	7,27%	0,19	13,62%
Pn	1,8	0,14	8,02%	0,20	10,95%
Mn	1,8	0,06	3,16%	0,19	10,79%
Lv	1,8	0,16	8,94%	0,26	14,50%
průměr	0,75	0,11	14,95%	0,21	24,95%

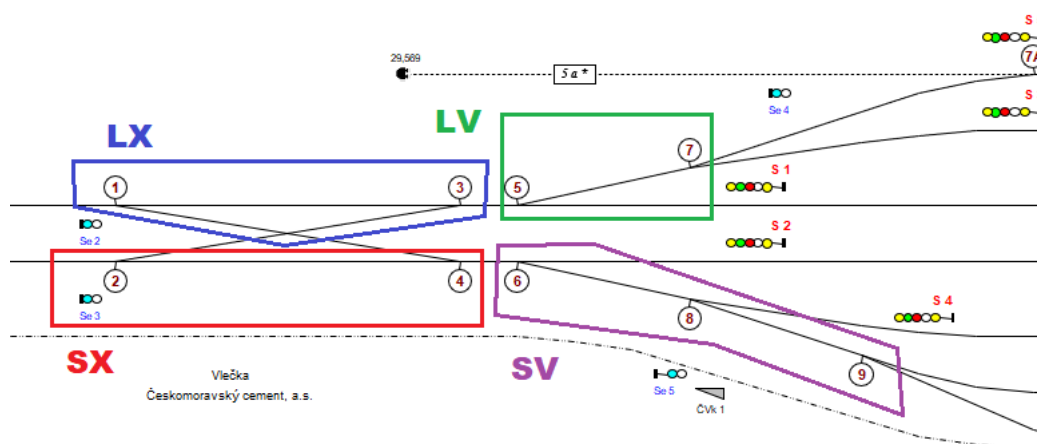
Zdroj: autor

Podle průměrných hodnot doby čekání v provozu za jednotlivé druhy vlaků i za všechny vlaky dle váženého průměru nedošlo na zhlaví v obvodu St.3 k přesazení optimální hodnoty doby čekání v provozu a je možné vyslovit závěr, že kvalita provozu „a“ i „b“ na tomto zhlaví je vyhovující. Vyšší doby čekání u vlaků druhu Ex a R by bylo ještě možné snížit aplikací jejich přednosti v modelu, čímž by se celkové zpoždění sice zvýšilo, ale přeneslo na jiný druh vlaků. Tento nedostatek modelu by byl pochopitelně dále korigován, pokud by byl zjištěn výsledek atakující limitní hodnoty kvality provozu. Bylo by zřejmě v takovém případě vhodné vytvořit model pro extenzivní simulaci zahrnující větší rozsah infrastruktury.

Obavou provozních zaměstnanců (4) i autora bylo, aby zejména liché nákladní vlaky jedoucí do žst. Brno-Maloměřice nebyly v neakceptovatelné míře příčinou vzniku čekání v provozu pro sudé vlaky osobní dopravy a pro další liché vlaky ve sledu. V simulaci bylo zjištěno, že prvek A je limitující (ať již sám nebo spolu s dalšími prvky) přibližně v polovině případů vzniku čekání v provozu (pro provoz „a“ z 49,5%, pro provoz „b“ z 49,2%), ostatní čekání v provozu vzniká výlučně jízdou vlaků ve sledu při čekání na uvolnění prvků v pokračování jízdní cesty. **Na základě provedené simulace je možné říci, že zhlaví v obvodu St.3 vykazuje kapacitní rezervy pro případné navýšení intenzity provozu a není nutné uvažovat o stavebních změnách jeho uspořádání.**

3.1.4 Simulační zjišťování kapacity kuřimského zhlaví v žst. Tišnov

Zjišťování kapacity kuřimského zhlaví žst. Tišnov separátní simulací bylo provedeno pro provoz dle NJŘ 2021/2022 a bylo využito obsazení kolejí dle přílohy S. Simulace byla provedena pro dvouhodinové období odpolední dopravní špičky (15:20-17:20, náběhová fáze od 14:40). Výhybkové úseky byly sloučeny celkem do 4 prvků dle obrázku 5:



Obrázek 5 – Prvky kuřimského zhlaví v Tišnově

Zdroj: (1), úprava autor

Označení prvků obsahuje informaci, zda se nachází v liché (L) nebo sudé (S) kolejové skupině a zda se jedná o část dvojitě kolejové spojky, „kříže“ (X) nebo o prosté výhybky (V). V simulaci o 500 replikacích byly zjištěny hodnoty čekání v provozu uvedené v tabulce 13. Všechny hodnoty čekání v provozu jsou uvedeny v minutách, přičemž optimální hodnoty čekání v provozu jsou vynásobeny koeficientem navýšení pro období dopravní špičky ($k = 1,4$).

Tabulka 13 – Výsledky separátní simulace zjišťování kapacity kuřimského zhlaví žst. Tišnov

druh vlaku	W_{OPT}	W	$Q_{w OPT}$
------------	-----------	-----	-------------

Ex	0,350	0,199	57%
R	0,420	0,181	43%
Os	0,840	0,397	47%
Nex	1,960	0,332	17%
Pn	2,520	0,304	12%
průměr	1,064	0,325	31%

Zdroj: autor

Podle simulací získaných hodnot čekání v provozu pro jednotlivé druhy vlaků i pro všechny vlaky dle váženého průměru nedošlo k dosažení limitních hodnot čekání v provozu. Hodnoty u vlaků dálkové osobní dopravy by bylo možné snížit opět za cenu celkového zvýšení čekání v provozu tím, že by jejich jízdy byly organizovány s vyšší prioritou. U osobních vlaků by bylo možné zamezit některým konfliktům na zhlaví větším podílem vjezdů do sudé kolejové skupiny a odjezdů z liché kolejové skupiny. Celkem však lze říci, že ani kuřimské zhlaví v Tišnově není dopravně exponované natolik, že by na něm vznikající čekání v provozu způsobovalo nevyhovující nebo rizikovou kvalitu provozu. Naopak je možné ještě uvažovat o zvýšení počtu vlaků, neboť dle získaných ukazatelů existují ještě kapacitní rezervy.

Bylo dále ověřeno, že příjezd osobních vlaků dle referenčního času ve stejný čas jako odjezd vlaků opačného směru čekání v provozu nezpůsobuje. Jde o častou situaci vzájemně kolizních vlakových cest, totiž vjezdu na 3.SK a odjezdu ze 4.SK, kde je limitujícím zejména prvek LX, který se promítá do 57 % ze sumy čekání v provozu (ať již sám nebo spolu s ostatními prvky). Ostatní prvky se promítají: SX v 48 %, LV v 26 %, SV v 19 % a sled vlaků při jízdě na hlavní staniční nebo na traťovou kolej v 23 %.

Vzhledem k velmi přijatelným hodnotám čekání v provozu na kuřimském zhlaví v Tišnově je zřejmé, že není nutné uvažovat o změně jeho stavebního uspořádání nebo zásadní změně organizace provozu na něm.

3.2 Možnosti zavedení taktu 12' a 10'

V této kapitole bude zjišťováno, do jaké míry by bylo realizovatelné snížení intervalu osobních vlaků v dopravní špičce, kdy je současný interval 15 minut, jeho násobky potom v ostatních denních dobách. Z hlediska návaznosti a uživatelské přívětivosti ITJŘ se zpravidla využívá intervalů, které jsou děliteli čísla 60, příp. 120. V případě analyzovaného traťového úseku přicházejí proto v úvahu intervaly o délce 12 a 10 minut.

Limitujícím vstupem zahuštění intervalu stran propustnosti traťových kolejí je následné mezidobí, které mezi osobními zastávkovými vlaky činí 4,5 min. Na okraj lze uvést, že na analyzovaném traťovém úseku v případě segregovaného provozu pouze příměstských osobních vlaků by bylo reálné zkrátit interval jejich jízdy až na 6 minut ve špičce. Stupeň obsazení by byl potom roven své optimální hodnotě pro daný charakter provozu: $S = S_{OPT} = 0,75$. O segregovaném provozu by bylo možné uvažovat v případě realizace úseku vysokorychlostní trati VRT-04 mezi Brnem a Osovou Bítýškou, na kterou by mohly být převedeny dálkové vlaky osobní a nákladní dopravy.

Při zachování smíšeného provozu je třeba uvažovat, že osobní vlaky jedoucí podle ITJŘ tvoří jakousi nehybnou kostru NJŘ a ostatní vlaky jsou plánovány s ohledem na ně. Je třeba uvažovat o možnostech předjíždění osobních vlaků nebo akceptovat omezení rychlosti jízdy ostatních vlaků jízdou v těsném sledu za vlaky osobními. První způsob řešení vzbuzuje nelibost u cestující veřejnosti, druhý u železničních dopravců. U smíšeného provozu je třeba interval stanovit tak, aby mezi dvojicí osobních vlaků mohl být provezen alespoň jeden vlak jiného druhu a zároveň nepřekročena kritická hodnota stupně obsazení traťových kolejí.

Zavedením kratšího taktu (10 nebo 12 minut) by došlo ke kompresi mezery mezi osobními vlaky. Ovšem i při taktu 10 minut by mohla být zachována následná mezidobí mezi vlaky. Kostra jízdního řádu tvořená osobními vlaky by doznala odchylky pouze při předjíždění ve stanicích Brno-Královo Pole a Kuřim. Při pohledu na jízdní doby vlaků je patrné, že by nebylo nutné plánovat, aby byl osobní vlak předjížděn rychlíkem nebo expresem na celém analyzovaném traťovém úseku více nežli jednou. Nákladní vlaky by potom byly vedeny ve sledu za osobními. Nebylo by ovšem možné využít všechny mezery mezi osobními vlaky pro jízdu jiných druhů vlaků, poněvadž při vyšším počtu vlaků by již byla přesažena kritická hodnota stupně obsazení traťových kolejí. Příklad vedení vlaků v hodinovém období ukazuje společně se stupněm obsazení tabulka 14. Následná mezidobí pro výpočet stupně obsazení byla užita dle 1. TK Tišnov – Kuřim, platí limitní hodnoty stupně obsazení pro dopravní špičku: $S_{OPT} = 0,62$, $S_{KRIT} = 0,75$.

Tabulka 14 – Příklad vedení vlaků v dopravní špičce v hodinovém období

Interval Os vlaků	Seznam vlaků	stupeň obsazení
10'	6x Os, 1x Ex, 1x R, 1x Nex, 1x Pn	0,725
	6x Os, 1x Ex, 1x R, 1x Nex	0,650
12'	5x Os, 1x Ex, 1x R, 2x Nex, 1x Pn	0,717
	5x Os, 1x Ex, 1x R, 1x Nex, 1x Pn	0,650

Zdroj: autor s využitím (1), (13)

Při provázení 10 vlaků za hodinu by ovšem kvalita provozu byla takřka nevyhovující, při provázení 9 vlaků za hodinu by se pohybovala na hranici vyhovujícího a rizikového pásma. Z dosavadních analytických výpočtů a úvah a s přihlédnutím k návrhu části GVD v příloze X je možné uzavřít, že takt 10 minut na zkoumaném traťovém úseku by bylo možné zavést. Je ovšem třeba vzít v potaz i další okolnosti, kterými je obrat souprav ve stanici Tišnov a způsob pokračování linky S3 za stanicí Brno hl. n, kdy by bylo žádoucí navázat změněný interval na další spoje IDS JMK. Nabízí se možnost vést z Tišnova osobní vlaky do tří různých koncových stanic. V současnosti jsou to zejména Hustopeče u Brna a Židlochovice. Při dalším slibném rozvoji železniční infrastruktury by mohlo být třetí rameno linky S3 směřováno například do Pohořelic (při vybudování bezúvratového spojení namísto dosavadní nevyužívané úvratě z Vranovic). Mimo špičku by mohl být interval z Tišnova prodloužen z 10 na 20 nebo 40 minut a na každém ze tří ramen by potom byl prodloužen z 30 na 60 nebo 120 minut. V případě intervalu 12 minut by podobné dělení intervalu bylo nerovnoměrné a uživatelsky hůře zapamatovatelné.

V úseku Brno Maloměřice St.3 – Brno Královo Pole by kratší interval osobních vlaků byl méně limitující vzhledem k nižší traťové rychlosti a tím i menší heterogenitě rychlostí vlaků různých druhů, v tomto případě by mohl být na daném úseku ponechán pár vlaků linky R8 k obratu ve stanici Brno Královo Pole, jak je uvedeno též v příloze X.

Nabízí se ovšem i možnost při zachování intervalu 15 minut vést některé spoje navíc jako zrychlené s nižším počtem zastávek. Takto by mohly být vedeny ty vlaky, které počínají svou jízdu ještě před stanicí Tišnov. Cestujícím ze vzdálenějších míst by se tak zkrátila cestovní doba do Brna. Podobně lze zavést spěšné vlaky Tišnov – Brno jako proklad ke dvouhodinovému taktu linky R9, jak ilustruje příloha Y. Tyto spoje by mohly být přes Brno i tranzitní. Navíc by při zavedených spěšných vlacích mohly být některé osobní vlaky z Brna ukončeny v Kuřimi, neboť cestující do Tišnova a dále by využili spěšného vlaku. Obratem souprav v Kuřimi by byla zároveň zkrácena doba obsazení staničních kolejí v Tišnově.

Lze říci, že zkrácení intervalu osobních vlaků až na 10' v dopravní špičce je na analyzovaném traťovém úseku realizovatelné s ohledem na kapacitu dráhy a na jízdu ostatních vlaků. Případně je realizovatelné zavedení spěšného vlaku jako prokladu k lince R9, aby mezi Brnem a Tišnovem v dopravní špičce bylo možné využít 5 vlaků osobní dopravy za hodinu (4x Os, 1x Sp/R).

3.3 Propustnost při kolejové výluce jedné z traťových kolejí

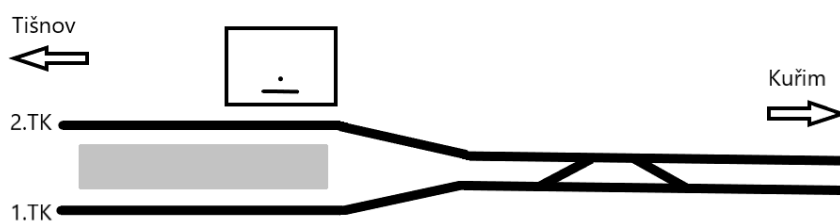
Zatímco na jednokolejně trati znamená kolejová výluka zastavení provozu, na vícekolejných tratích je to jeho výrazné omezení. Taková výluka může být plánovaná ve smyslu větších rekonstrukčních prací nebo ve smyslu pravidelné údržby (práce na železničním svršku, výřez dřevin v okolí trati, údržba TV). Mohou se však vyskytnout též neplánovaně (uváznutí vlaku, lom kolejnice, překážky v jízdním profilu). Pro plánované výluky je možné sestavit výlukový jízdní řád, který řeší vybrané konflikty v pořadí vlaků.

Pro úsek Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Královo Pole a Kuřim – Tišnov je pro výluku dle ROV 33009 (VNJŘ 2021/2022) sestaven výlukový nákresný jízdní řád (VNJŘ). Níže bude věnována pozornost kolejové výluce v úseku Kuřim – Tišnov dle etapy F ROV 33009 (VNJŘ dostupný z (1)). Oproti běžnému jízdnímu řádu je při jízdě protisměrných vlaků paušálně počítáno s časem 1 min představujícím provozní interval postupného vjezdu a odjezdu (PIPVO). Je ovšem třeba hodnotit jako nedostatek tohoto VNJŘ, že pro jízdu vlaků pravidelně projíždějících není evidentně proveden přepočítání jízdních dob, když musejí mimořádně (dle VNJŘ) v žst. Kuřim nebo Tišnov z dopravních důvodů zastavit. Je zachován pravidelný víkendový interval osobních vlaků 60 minut. Je zřejmé, že s ohledem na další vlaky dálkové osobní a nákladní dopravy by kratší interval nebyl reálný. To by o víkendech pochopitelně nevadilo, ale při podobném nepředpokládaném omezení provozu v pracovní dny by se jednalo o vážnou redukci dopravní obslužnosti regionu. Aby mohl být zachován pravidelný provoz osobních vlaků, je uvažováno s čekáním vlaků Ex dopravce RegioJet v žst. Kuřim i Tišnov s trváním 13 min, což je v případě expresního vlaku znatelné zpoždění, to je však do určité míry ospravedlnitelné při srovnání s pravidelným zpožděním těchto vlaků.

Podle VNJŘ je po dobu výluky (9:30-16:25) provedeno po jedné koleji 53 vlaků (z toho 29 v sudém směru a 24 v lichém směru). Mezery mezi vlaky jsou minimální, a proto by nebylo účelné zjišťovat stupeň obsazení provozované TK analytickou metodou. Vzhledem k tomu, že jednokolejný provoz představuje vážnou hrozbu pro propustnost mezistaničního úseku, bude nyní věnována pozornost možnostem zmírnění následků kolejové výluky. Při správné funkci TZZ (tj. autobloku) je možné využívat svazkování pro zvýšení propustnosti a organizovat jízdu více vlaků ve sledu za sebou a poté povolit jízdu opět více protivlaků. Změna směru jízdy však s sebou nese časovou ztrátu rostoucí s délkou omezujícího úseku (zpravidla mezistaničního).

Zkrácení omezujícího úseku lze realizovat vytvořením odbočky nebo výhybny. (5) V případě úseku Kuřim – Tišnov lze vybudovat novou dopravnu v místě zastávky Čebín ležící přibližně v polovině mezistaničního úseku. Poloha zastávky souvisí s její dřívější funkcí hlásky, kdy bylo rovněž vhodné vytvořit dva podobně dlouhé prostorové oddíly.

Odbočka Čebín by byla tvořena dvojitou kolejových spojek mezi traťovými kolejemi. Předpokládá se DOZ (např. z JOP Kuřim). Bylo by vhodné umožnit i místní obsluhu (alespoň nouzovou) ze služební místnosti bývalé hlásky, kde by také mohlo být umístěno též sdělovací a zabezpečovací zařízení. Rovněž by bylo vhodné užít výhybek pro rychlost vyšší než $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. V pravidelném provozu by vlaky zřejmě byly vedeny po správných traťových kolejích a význam odbočky by byl zejména pro kolejové výluky. Je však důležité poznamenat, že oproti stávajícím dvěma úsekům traťových kolejí by v novém stavu byly čtyři, případná lokální překážka by zastavila provoz pouze na jednom z nich, zatímco ostatní tři by zůstaly provozované, tedy by nebyl mezistaniční úsek jednokolejný cele, ale pouze z jedné poloviny. Možnost využití jízdy proti správnému směru v pravidelném provozu by záviselo na domluvě výpravčích žst. Tišnov a Kuřim. Pouze je třeba připomenout, že jízda osobních vlaků v úseku Čebín – Tišnov proti správnému směru by nebyla žádoucí s ohledem na cestující na zastávce Hradčany očekávající jízdu osobního vlaku po správné koleji. Avšak v úseku odb. Čebín – Kuřim by bylo možné vést operativně i osobní vlaky proti správnému směru a umožnit tak jejich letmé předjetí.



Obrázek 6 – Situační schéma navrhované odb. Čebín

Zdroj: autor

Výhybna či spíše stanice s DOZ Čebín by byla tvořena kolejovými spojkami mezi traťovými kolejemi na tišnovském i kuřimském zhlaví, kromě toho by byla zřízena nejméně jedna průjezdná odbočná dopravní kolej. S ohledem na topologii zast. Čebín by bylo vhodné vybudovat odbočnou kolej v sudé skupině v místě bývalé koleje u nákladíště. Kolej by mohla být též snadno vybavena vnějším nástupištěm přístupným přímo od staniční budovy. Při budování staničních kolejí je třeba zohlednit co možná největší délku vlaků. Tato kolej by mohla být využívána jako předjízdna zejména v sudém směru. Vyvarovalo by se tím předjíždění nákladních vlaků v Tišnově a jejich rozjezdu do

prudkého stoupání k Řikonínu. Třetí nástupištní hrana by umožňovala též předjíždění osobních vlaků.

Ještě je třeba na okraj uvést jeden „smělý“ návrh, totiž obnovení úseku původní jednokolejné trati mezi Kuřimí a Tišnovem, kdy by tento úsek vedoucí nikoliv přes Čebín, ale přes Drásov, mohl tvořit jakoby třetí traťovou kolej mezi Kuřimí a Tišnovem. Usnadněním by bylo využití starého drážního tělesa, nevýhodou však pravděpodobně nutnost zřízení úrovnových přejezdů a nízká traťová rychlost v původní stopě. Podle analytických výpočtů kapacity traťového úseku Kuřim – Tišnov se však nezdá žádoucí třetí traťovou kolej zřizovat, nicméně pro zřízení by byla jakýmsi argumentem možnost dopravní obslužnosti Drásova prostřednictvím železnice.

Pokud by na dvoukolejném mezistaničním úseku Kuřim – Tišnov byla jedna z traťových kolejí vyloučena, bylo by při současném provozu s expresními vlaky a zvýšeným počtem vlaků nákladních zbytečné zabývat se analytickými propočty kapacity. Jiná je ovšem situace při uvážení původního provozu označeného výše písmenem „a“ dle GVD 2020/2021. Při uvážení protisměrných jízd by nebylo počítáno pouze s tabulkou následných mezidobí, ale též s možným pořadím vlaků opačných směrů zahrnutých do tabulky dob obsazení. V režimu TP bylo dosaženo při provozu „a“ hodnoty stupně obsazení $S = 1,20$. Je zřejmé, že taková hodnota ukazuje, že provézt daný počet vlaků po jedné traťové koleji je zcela nereálné. Pokud by byl odbočkou zkrácen traťový úsek na polovinu, s jistou mírou zjednodušení by se i dynamické složky doby obsazení pro jízdy protisměrných vlaků blížily k poloviční hodnotě (při zachování technologických časů), čímž by bylo dosaženo stupně obsazení $S = 0,73$. Tato hodnota se již přibližuje shora kritické hodnotě $S_{KRIT} = 0,60$. Při další úpravě provozu vynecháním 16 párů osobních vlaků v dopravní špičce, čímž by došlo k prodloužení taktu osobní dopravy na ½ hodiny, by ovšem bylo dosaženo již hodnoty stupně obsazení $S = 0,59$. Tato hodnota je již přijatelná i v celodenním režimu a na jejím základě lze usuzovat, že při vybudování odbočky v Čebíně by bylo možné při redukci provozu osobních vlaků alespoň na základě analytických propočtů kapacity realizovat zbytek provozu „a“, ač ve velmi rizikové kvalitě. Je třeba dodat, že pouhým vynecháním zmíněných 16 párů vlaků Os při nezřízení odbočky by došlo k redukci stupně obsazení pouze na hodnotu $S = 0,99$, což je ovšem hodnota značně nad kritickou hodnotu stupně obsazení.

Obdobné zřízení odbočky by bylo na analyzovaném úseku vhodné zvážit i ve zbývajících mezistaničních úsecích, neboť by to značně usnadnilo řízení provozu při kolejových výlukách. Místo vhodné pro zřízení takové odbočky by se nacházelo v polovině mezistaničního úseku a korespondovalo by s polohou bývalých hlásek, které rovněž

dělily mezistaniční úseky přibližně na dva stejně dlouhé prostorové oddíly. Tedy mezi žst. Brno-Maloměřice a Brno-Královo Pole by to bylo v blízkosti zast. Brno-Lesná, kde dříve byla hláska Fučíkova čtvrť. Je ovšem důležité uvážit polohu odbočky s ohledem na nástupiště zastávky, neutrální pole a na Husovický tunel. Mezi stanicemi Brno-Královo Pole a Kuřim by se odbočka nacházela v místech bývalé hlásky a zastávky Jehnice.

Jako prostředek ke zmírnění zpoždění při kolejových výlukách a v operativním řízení provozu je tedy navrženo zřízení odbočky Čebín s DOZ sestávající se ze dvojice kolejových spojů mezi traťovými kolejemi.

3.4 Propustnost při výluce traťového zabezpečovacího zařízení

Při poruše automatického bloku v traťovém úseku dochází k nutnosti zavést dopravní opatření v podobě telefonických odhlášek a zpravení vlaku rozkazem Z o jízdě v mezistaničním oddílu a o neplatnosti oddílových návěstidel autobloku. Zároveň je třeba zajistit odjezd vlaku na přivolávací návěst nebo jej vypravit jiným způsobem po zpravení písemným rozkazem o neobsluhování odjezdového návěstidla. Tato opatření vyžadují zastavení každého vlaku před omezujícím úsekem a jízdu na odjezdovém zhlaví nejvýše rychlostí $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, čímž dochází k výraznému snížení propustnosti mezistaničního úseku. S ohledem na rozdíly ve stylu jízdy jednotlivých strojvedoucích je obtížné určit dobu jízdy vlaků. Lze však ji alespoň aproximovat jízdními dobami uvedenými v pomůckách pro výkon dopravní služby v tabulce následných mezidobí. K jízdními dobám, které zde budou uvažovány jako dynamická složka je třeba přičíst technologické doby obsluhy vlaků a zabezpečovacího zařízení s ohledem na (16).

Ve vhodné vlakové přestávce bude sepsán a doručen strojvedoucímu rozkaz Z a bude ohlášen předvídaný odjezd vlaku výpravčímu přední stanice. Do technologických dob souvisejících s vlakovou cestou bude počítáno jen s následujícími úkony:

- 1) Zjištění (a ohlášení), že první vlak vjel celý:
 - a) v žst. Tišnov – výpravčí II nebo staniční dozorce radiostanicí – 0,2 min,
 - b) v žst. Kuřim – výpravčí před DK osobně pohledem, návrat do DK – 0,1 min,
- 2) Telefonická odhláška za prvním vlakem výpravčímu zadní stanice – 0,2 min,
- 3) Příprava vlakové cesty pro druhý vlak:
 - a) na RZZ Tišnov – přestavení výhybek a zajištění řadičů upamatovacími pomůckami – 0,2 min, 2x tlačítko pro obsluhu PN – 0,1 min, celkem 0,3 min,
 - b) na JOP Kuřim – postavení nouzové vlakové cesty (PN cestovým způsobem) – 0,1 min, potvrzovací sekvence – 0,05 min, celkem 0,15 min.

- 4) Výprava druhého vlaku (zaměstnanci dopravce) – 0,2-0,4 min u vlaků osobní dopravy, 1 min u nákladních vlaků.

Při zohlednění rezervy je možné uzavřít, že technologické doby spojené s odjezdem vlaku budou zaokrouhleny na 1,5 min (2 min u nákl. vlaků), v případě vjezdu vlaku na 1 min. Tedy k jízdě vlaků budou jako představitel těchto technologických dob připočteny 2 min (2,5 min u nákl. vlaků) pro oba směry jízdy. Jízdní doba bude počítána celá u vlaků zastavujících i projíždějících v přední dopravně, neboť po jejím uplynutí by již mělo být uvolněno i s ohledem na délku vlaku vjezdové zhlaví a mělo by být zjizitelné, že vlak vjel celý při poloze dopravní kanceláře v žst. Kuřim a Tišnov.

Bude zkoumána možnost využití kapacity v období jedné hodiny dopravní špičky. Pro oba směry (obě TK ve správném směru) jsou jízdní doby obdobné. Pro první traťovou kolej Tišnov – Kuřim jsou počty vlaků, jízdní doby a jejich složky uvedeny v tabulce 15:

Tabulka 15 – Jízdní doby v případě výluky TZZ Tišnov-Kuřim

druh vlaku	$N \cdot h^{-1}$ (-)	dynamická složka jízdní doby (min)	technologické doby (min)	jízdní doba celkem (min)
Ex, R	2	8,0	2,0	10,0
Os	4	12,0	2,0	14,0
Nex, Pn	2	13,0	2,5	15,5

Zdroj: autor s využitím (1)

Pro provedení všech vlaků, které by za hodinu v jednom směru bylo třeba provézt, by bylo nutné uvažovat s dobou 107 minut a je zřejmé, že takový počet vlaků by omezujícím úsekem za daných okolností provezen být nemohl, neboť kapacita úseku je přibližně poloviční. Bylo by ovšem realizovatelné v omezujícím úseku provézt přibližně 4 vlaky za hodinu, a to i s jakousi minimální rezervou. V současném grafikonu by zřejmě během hodiny byl realizován provoz 2 vlaků druhu Ex nebo R, 1 vlaku Os a 1 vlaku nákladního. Pokud by na analyzované trati již nebyly prováženy vlaky druhu Ex, nabízí se jiný provozní scénář, totiž 1 vlak R, 2 vlaky Os a jeden vlak nákladní, čímž by mohl být zachován takt osobních vlaků alespoň ½ hodiny, což by mělo pro dopravní obsluhu severozápadní části brněnské aglomerace velký význam v porovnání s taktem pouze hodinovým. Pro zlepšení dopravní obslužnosti lze také zavést mimořádné zastavení vlaku R ve všech stanicích a zastávkách dotčených výlukou nebo alespoň v žst. Kuřim.

Dále je potřeba uvážit, jaký by v případě výluky TZZ měla význam případná odbočka nebo stanice s DOZ Čebín. Jednalo-li by se o nepředpokládanou poruchu, nebylo by zřejmě snadné obsadit pracoviště pohotovostním výpravčím. S ohledem na nutnost zastavování vlaků a zpravování písemným rozkazem Z a další dopravní opatření

a omezení by byl význam obsazení pracoviště diskutabilní. Jiná by ovšem byla situace, pokud by se jednalo o plánovanou výluku, kdy by podle výlukového rozkazu byly vlaky zpraveny o neobsluhování oddílových návěstidel a jízdě v prostorovém oddílu již z dispozičních stanic. Nebylo by potom nutné zastavení pravidelně projíždějících vlaků, pouze snížení rychlosti při odjezdu na přivolávací návěst. Odjezdy na PN by byly organizovány i v dopravě Čebín obsluhované pohotovostním výpravčím, který by také dával za vlaky telefonickou odhlášku do zadní stanice. Technologické doby v odb. Čebín by byly srovnatelné s žst. Kuřim. Pokud by se jednalo o dlouhodobější opatření, bylo by vhodné uvažovat o právě zmíněném opatření a obsazení dopravní Čebín alespoň v denní době pro zvýšení propustnosti úseku Kuřim – Tišnov. Poněvadž není známá přesná poloha případných budoucích návěstidel a výhybek dopravní Čebín, byla provedena aproximace jízdních dob Tišnov – Čebín na základě NJŘ a jízdních vlastností zastoupených druhů vlaků a údaje jsou uvedeny v tabulce 16. Podobná následná mezidobí by byla uvažována i v případě výluky TZZ v úseku Čebín – Kuřim.

Tabulka 16 – Následná mezidobí v případě výluky TZZ Tišnov-Kuřim při zřízení odb. Čebín

druh vlaku	$N \cdot h^{-1}$ (h^{-1})	dynamická složka jízdní doby (min)	technologické doby (min)	následné mezidobí (min)
Ex, R	3	5,0	2,0	7,0
Os	4	7,0	2,0	9,0
Nex, Pn	2	8,0	2,5	10,5

Zdroj: autor s využitím (1)

Podle jízdních dob v tabulce 16 by pro provedení potřebného počtu vlaků v případě existence dopravní Čebín bylo třeba 78 minut. Je tedy zřejmé, že ani v tomto případě zřízení dopravní by celý rozsah provozu realizován být nemohl. Bylo by ovšem možné opět též s určitou rezervou provézt během hodiny 6 vlaků (např. 2x Ex/R, 3x Os, 1x nákladní). Pokud by nebyly provozovány vlaky druhu Ex, bylo by možné provézt téměř celý rozsah dopravy, případně v době osobní dopravní špičky pozdržet nákladní dopravu a realizovat osobní dopravu v plném rozsahu a následně nákladní se zpožděním.

Lze uzavřít, že vybudování odbočky Čebín (v případě příznivé finanční situace i stanice s DOZ Čebín) s možností místní obsluhy pohotovostním výpravčím by v případě plánované výluky TZZ mělo opodstatnění z hlediska zvýšení kapacity mezistaničního úseku Kuřim-Tišnov a zachování dopravní obslužnosti regionu při mimořádnostech.

Závěr

Dle názoru autora byl cíl diplomové práce uvedený v části Úvod splněn. Nejprve byl po úvodních charakteristikách podroben analýze traťový úsek Brno Maloměřice St.3 – Tišnov z hlediska jeho kapacity a kvality provozu. Bylo vybráno na základě informací od provozních zaměstnanců a z ISOŘ několik pravděpodobně limitujících míst: propustnost TK, obsazení kolejí v žst. Tišnov, kapacita zhlaví (kuřimské zhlaví v Tišnově a zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St.3), možnost zkrácení intervalu linky IDS JMK S3 a kapacita mezistaničního úseku při výluce jedné z TK a v případě výluky TZZ.

Při analýze skutečného počtu vlaků v ISOŘ v současném provozu bylo zjištěno, že přibližně odpovídá NJŘ, pouze je značně vyšší zastoupení lokomotivních vlaků (6 %) na úkor ostatních nákladních vlaků. Stupeň obsazení traťových kolejí při provozu podle NJŘ 2021/2022 ve všech mezistaničních úsecích ukazuje na rizikovou kvalitu provozu, nejvíce však v úsecích Brno-Maloměřice St.3 – Brno-Královo Pole (2.TK), kde dochází k rozjezdu nákladních vlaků, a Tišnov – Kuřim (1.TK), kde k tranzitním vlakům přistupují výchozí osobní vlaky z Tišnova zpravidla z odbočných kolejí.

Při současné konfiguraci žst. Tišnov se čtyřmi nástupištními hranami nelze smysluplně s ohledem na JŘ sestavit plán obsazení kolejí bez nutnosti vjezdů osobních vlaků na obsazenou kolej. Bylo navrženo vybudování páté nástupištní hrany (u 8. SK u staniční budovy), aby k nutnosti pravidelného vjezdu na obsazenou kolej nedocházelo a vyvarovalo se přestavování souprav z hlavních kolejí a zkrátila se doba přístupu cestujících k tomuto nástupišti.

Kuřimské zhlaví v Tišnově ani zhlaví v obvodu Brno-Maloměřice St.3 se neukázalo jako nadlimitní původce čekání v provozu ani po přezkoumání separátní simulací v režimu jízdního řádu.

Z hlediska kapacity traťových kolejí byla prezentována realizovatelnost snížení intervalu linky S3 až na 10 minut, případně zavedení spěšných vlaků Tišnov – Brno v trase rychlíků linky R9.

V mezistaničním úseku Kuřim – Tišnov při lokálně způsobené výluce jedné z traťových kolejí i při plánované výluce TZZ se jako vhodný prostředek ke zmírnění důsledků kapacitních omezení způsobených výlukou ukázalo zřízení odbočky Čebín situované v polovině tohoto úseku a obsaditelné v případě potřeby provozním zaměstnancem.

Použitá literatura

- [1] SPRÁVA ŽELEZNIC, S. O. *Portál provozování dráhy* [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/Portal/>.
- [2] SPRÁVA ŽELEZNIC, S. O. *Správa železnic* [online]. 2022 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/>.
- [3] AVIZER Z, S.R.O. *Zdopravy.cz* [online]. 2022 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/>.
- [4] *Osobní rozhovory s provozními a udržujícími zaměstnanci Správy železnic, s. o. pracujícími v žst. Brno-Královo Pole, Kuřim a Tišnov, vícekrát v průběhu roku 2021.*
- [5] MOLKOVÁ, Tatiana a kol. *Kapacita železničních tratí*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2010. ISBN 978-80-7395-317-1.
- [6] *Integrovaný dopravní systém Jihomoravského kraje* [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.idsjmk.cz/index>.
- [7] ROLNÍK, Tomáš. *Kvalita dopravního provozu severního zhlaví a jeho přilehlých úseku ŽUB v odsunuté poloze*. Pardubice, 2014. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ivo Hruban.
- [8] BERNÁT, Jan. *Organizace vlakové dopravy po změně traťového zabezpečovacího zařízení v úseku Brno-Maloměřice - Brno-Královo Pole*. Pardubice, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Jaromír Široký.
- [9] BLAŽEK, Jan. *Prověření propustnosti železniční trati č. 250 s ohledem na možnost vložení tras vlaků vysokorychlostní dopravy v úseku Česká – Brno*. Pardubice, 2008. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Vlastislav Mojžíš.
- [10] VYKA, Miroslav a kol. *Role regionální železnice ve 21. století*. Ostrava: Svaz cestujících ve veřejné dopravě, 2017. ISBN 978-80-906622-0-9.
- [11] ŽESNAD: *Sdružení železničních nákladních dopravců České republiky* [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.zesnad.cz/>.
- [12] *Český statistický úřad: Nákladní doprava - časové řady* [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/nakladni_doprava_casove_rady.

- [13] *Správa železnic (SŽDC) SM124. Zjišťování kapacity dráhy.* Schváleno 7. 6. 2019.
- [14] *SŽDC (ČSD) D24. Předpisy pro zjišťování propustnosti železničních tratí.* Schváleno 1. 10. 1965.
- [15] *Web ISORŽ* [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z:
<https://isor.spravazeleznic.cz/>.
- [16] *Správa železnic (SŽDC) Směrnice č. 104. Provozní intervaly a následná mezidobí.* Schváleno 27. 8. 2013.
- [17] VANĚK, Miroslav. *Továrna Diana a historie trati Brno–Havlíčkův Brod.* Tišnov: Miroslav Klepáček – Sursum, 2020. ISBN 978-80-7323-348-8.
- [18] VAŠÍČEK, Milan, ed. *120 let trati Brno – Tišnov, 100 let trati Tišnov – Žďár nad Sázavou.* Brno: České dráhy, a. s. a Obec Nedvědice, 2017. ISBN nemá.

Přílohy

Příloha A – Stručné dějiny železničního spojení Brna a Tišnova	75
Příloha B – Přehled prvků infrastruktury na traťovém úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov..	85
Příloha C – Počty vlaků dle druhů v NJŘ 2020/2021 (před změnou k 6. 4. 2021)	89
Příloha D – Počty vlaků dle druhů v NJŘ 2021/2022	90
Příloha E – Počty vlaků březen 2021, přepočten dle druhů a úseků	91
Příloha F – Počty vlaků říjen 2021, přepočten dle druhů vlaků a mezistaničních úseků	92
Příloha G – Následná mezidobí a stupeň obsazení Brno-Královo Pole – Kuřim, 2.TK.....	93
Příloha H – Následná mezidobí a stupeň obsazení Kuřim – Tišnov, 2.TK.....	94
Příloha I – Následná mezidobí a stupeň obsazení Tišnov – Kuřim, 1.TK	95
Příloha J – Následná mezidobí a stupeň obsazení Kuřim – Brno-Královo Pole, 1.TK.....	96
Příloha K – Následná mezidobí a stupeň obsazení Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole, 2.TK	97
Příloha L – Následná mezidobí a stupeň obsazení Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice, 1.TK	98
Příloha M – Následná mezidobí a stupeň obsazení Kuřim – Tišnov, 2.TK (v dopravní špičce 6-8h, 15-17h)	99
Příloha N – Následná mezidobí a stupeň obsazení Tišnov – Kuřim, 1.TK (v dopravní špičce 6-8h, 15-17h)	100
Příloha O – Vlaky v žst. Tišnov v ranní dopravní špičce (pracovní den 6-8h)	101
Příloha P – Vlaky v žst. Tišnov v odpolední dopravní špičce (pracovní den 15-17h)	102
Příloha Q – Doby obsazení staničních kolejí žst. Tišnov dle typů jízdy vlaků	103
Příloha R – Obsazení staničních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov v ranní dopravní špičce 6-8h.....	104
Příloha S – Obsazení staničních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov v odp. dopravní špičce 15-17h.....	105
Příloha T – Alternativní obsazení staničních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov v odp. dopravní špičce 15-17h (5 nástupištních hran).....	106
Příloha U – Výpočet koeficientu koliznosti zhlaví při Brno-Maloměřice St.3	107
Příloha V – Výpočet koeficientu koliznosti kuřimského zhlaví v žst. Tišnov	108
Příloha W – Ukázka simulačního modelu zjišťování kapacity zhlaví (kuřimské zhlaví žst. Tišnov, 4. replikace).....	109
Příloha X – GVD takt 10'	110
Příloha Y – GVD proklad R9	111

Příloha A – Stručné dějiny železničního spojení Brna a Tišnova

O železničním spojení Brna a Tišnova se uvažovalo již v polovině 19. století i v souvislosti s napojením města Brna na trať od Vídně roku 1839. Nejprve bude popsána původní trať z Brna do Tišnova známá též jako „Stará Tišnovka“. S obdobím německé okupace a následně druhé světové války souvisí její další zkapacitnění i budování nové dvoukolejné trati, jejíž kapacita byla dále navýšena zavedením novější sdělovací a zabezpečovací techniky.

Charakter dopravního spojení Brno – Tišnov

Před započítáním stavby železniční trati je třeba jednoznačně určit, jakému účelu má daná trať sloužit. Od toho se odvíjí stavební parametry jako nejvyšší přípustné sklonové poměry, poloměry oblouků, třída zatížení, délka dopravních a manipulačních kolejí železničních stanic a výhyben nebo délka nástupišť ve stanicích a zastávkách. Pro tratě významnější se snáze obstará financování umožňující i budování mostů a tunelů, zatímco regionální tratě spíše kopírují terén.

První návrhy na železniční spojení Brna s Tišnovem z roku 1840 uvažují o dráze mezi Brnem a Prahou vedoucí právě přes Tišnov. Po vybudování dráhy Brno – Česká Třebová však ztratily na významu. Pro města bylo nesmírnou výhodou, pokud se přes ně podařilo trasovat železnici, neboť získala moderní spojení se světem a možnost dalšího svého rozvoje. Příkladem mohou být Pardubice, Česká Třebová nebo Havlíčkův Brod, ale i mnoho daleko menších měst.

Železnice mezi Brnem a Tišnovem byla nakonec vybudována jako regionální dráha a otevřena roku 1885. Význam této trati byl v osobní dopravě pro spojení Tišnova s Brnem jakožto nejdůležitějším městem regionu. Nedá se však říci jako dnes, že by tato dráha měla tehdy charakter dráhy příměstské. Ovšem ještě větší význam byl již od počátku v nákladní dopravě, neboť v Předklášteří u Tišnova bylo více významných přepravců a nejinak tomu bylo v Tišnově či Kuřimi.

Po propojení tratí Brno – Tišnov a Žďár nad Sázavou – Německý Brod přes Nové Město na Moravě roku 1905 již existoval potenciál využít tuto dráhu jako celostátní. Je však třeba říci, že provoz na ní i nadále měl spíše charakter regionální. Problémem mohly být příliš náročné sklonové poměry, které neumožňovaly snadné provážení delších a těžších vlaků.

Za druhé světové války bylo mnoho tratí přetrženo hranicemi mezi Německou říší a Protektorátem Čechy a Morava, což vyvolávalo prodloužení doby přepravy celními prohlídkami i nebezpečí nevpuštění nákladu či osob za hranici. Proto byly na zbývajících vnitrostátních železničních spojnicích východní a západní části Protektorátu provedeny úpravy pro zvýšení kapacity. Jednalo se o spojení Brno – Tišnov – Německý Brod, Brno – Okříšky – Jihlava – Německý Brod a Německý Brod – Kolín. Byly prodlouženy dopravní koleje a vybudovány výhybny a hlásky na existujícím spojení, tím se staly tyto

tratě ve válečných podmínkách strategicky významnými a byly na nich zavedeny některé dálkové vlaky osobní i nákladní dopravy.

Zejména však bylo přikročeno k vybudování nové dvoukolejné trati mezi Brnem a Německým Brodem. Do konce druhé světové války byl ovšem osud nové trati nejasný, poněvadž již vybudované tunely byly zabrány pro leteckou a zbrojní výrobu. Nově vybudovaná trať byla v omezeném rozsahu otevřena roku 1953 a v následujících letech byla dobudována v celé délce i druhá traťová kolej. Tak vzniklo tehdy nejvýznamnější a nejkapacitnější spojení Prahy a Brna (resp. Bratislavy) a trať má od té doby jednoznačně charakter celostátní dráhy mezinárodního významu. (17)

Další změny nastaly po vybudování I. tranzitního koridoru v 90. letech 20. století, kdy expresní vlaky mezi Prahou a Brnem byly převedeny na něj. Tím se ovšem umožnilo větší využití pro příměstskou dopravu, kdy Tišnov se pomalu stává součástí brněnské aglomerace. Rovněž se chvályhodně podařilo integrovat železniční spojení mezi Brnem a Tišnovem jako linku S3, jednu z páteřních linek IDS JMK.

Od roku 2021 vlivem výlukových prací, kdy dochází k významným omezením kapacity infrastruktury I. tranzitního koridoru opět dvojkolejná trať přes Tišnov nabyla na významu, neboť na ni byla odkloněna dálková osobní doprava a tranzitní nákladní doprava z I. tranzitního koridoru.

Stará Tišnovka

Pod pojmem „Stará Tišnovka“ se myslí původní železniční trať mezi Brnem a Tišnovem. K 15. lednu 1884 byla získána koncese pro stavbu trati z Brna do Tišnova Společností státní dráhy (StEG). Bylo využito úlev pro parametry dráhy v dílci tzv. lokálního zákona, kdy se uvažovalo o nejvyšší dovolené rychlosti $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a stoupání 35 % a výjimečně až 50 %. Drážní těleso mělo co nejvíce kopírovat terén, aby bylo třeba co nejméně zářezů a náspů. Dráha s takovými parametry ovšem při dalším rozvoji může být jen stěží konkurenceschopná. Na povolení stavby trati nesl velkou zásluhu tišnovský advokát JUDr. Václav Šílený, který se i jiným způsobem zasadil o regionální rozvoj Tišnovska. Význam železnice v tehdejší době snad dobře dokládá následující citát z místního tisku roku 1885:

Valem se blíží den, kdy zlatým písmem bude zapsán do historie našeho města, neboť již tuto neděli přijede do Tišnova první parostroj. V nenávratnu zmizí časy, ve kterých jediný spoj s Brnem byl dostavník. Vy všichni, kteří jste byli nuceni pro jedinou chvíli v Brně strávenou, sedět osm hodin v dostavníku, si snad ani nedovedete představit chvíli, až pohodlně v budoucnu pojedete parostrojem neboli cestovodem z Tišnova do Brna závratnou rychlostí až desítky kilometrů za hodinu. Jet tak rychle a přitom se kochati krásou našeho kraje – je možné si přát více? (18)

Slavnostní předání trati veřejnosti proběhlo 2. července 1885 a první vlak do Tišnova z Brna přijel v neděli 5. července 1885. Již tehdy byla snaha propojit též Tišnov s Německým Brodem, avšak konkurenční chování železničních společností to

nedovolilo. Společnost státní dráhy (StEG) nechtěla vybudovat po boku svého spojení z Brna do Prahy přes Českou Třebovou konkurenční spojnici, neboť železnice v Německém Brodě byly ve správě Rakouské severozápadní dráhy (ÖNWB).

Stará Tišnovka vycházela z brněnského hlavního nádraží (tzv. „horního nádraží“) a u bývalého St.8 v km 156,748 odbočovala z první traťové koleje vedoucí do Židenic. Po svažujícím se náspu dodnes mírně patrném se dráha stáčela podél řeky Svitavy k severu do stanice Zábrdovice. (Některé dopravní v průběhu let své existence měnily status, takže jednu dobu se mohlo jednat o železniční stanice, jindy výhybny nebo nákladiště se zastávkou a případně hláskou. To se týká Zábrdovic i dalších dopraven.) V Zábrdovicích bylo vybudováno několik vleček jako napojení na výrobní podniky a skladiště. Ve stanici se nacházel úroňový přejezd na ulici Cejl a byla po něm vedena i tramvajová trať. Vzhledem k provozu na trati a manipulacím ve stanici byl tento přejezd značným omezením přetínané radiály. Ze Zábrdovic stoupala trať strmě k Černým Polím. Dodnes jsou zachovány opěry bývalého železničního mostu přes Vranovskou ulici. Nedaleko za mostem začínalo kolejové rozvětvení výhybny Cacovice (později i zastávka, někdy uváděno jako Brno-Husovice). Tato výhybna byla zbudována dodatečně z důvodu zvýšení kapacity traťového úseku. Technologickou zvláštností této výhybny vzhledem k nepříznivým sklonovým poměrům byla nutnost zajistit průjezd vlakům od Zábrdovic do Králova Pole. Odjezdové návěstidlo této výhybny bylo totiž pouze ve směru na Zábrdovice.

U Černých Polí procházela trať v nejvyšších místech zářezem, stáčela se k západu a pokračovala prudkým klesáním až 20 ‰. Zajímavostí je, že v těchto místech se nacházel klenutý oblouk akvaduktu (tzv. březovského vodovodu z r. 1913 a zachovalého do r. 1997), který byl budován již s ohledem na budoucí možné zdvojkolejnění tratě. (18)

Původní nádraží v Králově Poli je poněkud blíže centru než současné a je dosud zachováno jeho kolejiště jako vlečka, která je napojena na současné nádraží. Z původního nádraží vycházelo několik dalších vleček. Jednalo se zejména o napojení Královopolské strojírny a o 1,5 km dlouhou vlečku do skladu vojenského materiálu v místě současného Krajského vojenského velitelství na ulici Palackého. Na křižovatce ulic Palackého a Kartouzská byla spojovací kolej mezi touto vlečkou a tramvajovou tratí, také je v těchto místech dodnes zalito v povrchu silnice pár metrů kolejnic tehdejší vlečky.

Nabízí se otázka trasování uvedené části trati přes nepříznivé stoupání v Černých Polích a ne příměji přes Lužánky. Nejpravděpodobnější odpovědí je hydrologická situace v oblasti potoka Ponávky, kdy záplavové území a celkově podmáčený terén by nebyly vhodným podložím pro vedení železnice.

Mezi Královým Polem, Řečkoviciemi a Českou vedla Stará Tišnovka dále v údolí Ponávky, kudy vede i trasa nové trati a vzájemně se několikrát kříží, neboť původní trasování využívalo oblouky o menším poloměru.

V Řečkovících byla původně železniční stanice. Její výpravní budova dosud stojí a je využívána jako rodinný dům. Mezi Řečkovícemi a Českou se nacházela zastávka Jehnice, která byla v průběhu druhé světové války i hláskou. Tato zastávka byla i na nové trati, byla však v šedesátých letech zrušena, protože se nacházela daleko od vlastní obce a dopravní obslužnost bylo možné snáze zajistit autobusy. Budova bývalé zastávky je rovněž zachována a využívána k obytným účelům. Nákladíště a zastávka Česká se stala od 15. února 1939 stanicí z důvodu zvýšení kapacity trati. (17)

Nadjezd nad trati v blízkosti původní stanice Česká spojující Českou s Lelekovicemi byl budován nad původní trati již s parametry pro dvoukolejnou trať. Tento nadjezd byl využit i pro trať novou, pouze je z umístění jeho podpěr patrná drobná směrová odchylna původní a nové trati. Mezi Českou a Kuřimi ještě železnici úrovněově překonávala státní silnici Brno – Svitavy (dnes I/43, E461). Toto úrovněově křížení bylo na nové trati eliminováno silničním nadjezdem.

Železniční stanice Kuřim se nacházela na místě současné stanice, pouze v nižší nivelitě. Na současnou ulici Legionářská tehdy navazovalo úrovněově křížení, dnes je tato ulice vedena podjezdem. Stanice Kuřim byla v letech 1911-1936 rovněž odbočnou stanicí pro 8,4 km dlouhou trať do Veverské Bítýšky. Ta byla zrušena z důvodu dlouhodobé nerentability v důsledcích světové hospodářské krize. (18)

Významnější byla železniční vlečka do kuřimského provozu Zbrojovky Brno, která si lokalitu již ve 30. letech 20. století vyhlédla a místní samosprávou byla stavba nového závodu s radostí přijata, neboť měla přinést množství nových pracovních míst. Menší nadšení však vyvolalo, když byla zbrojovka budována až za německé okupace a otevřena roku 1942. V posledních letech války to potom znamenalo, že Kuřim byla terčem leteckých náletů. Byla bombardována Američany v roce 1944 i Rusy v roce 1945. Železniční vlečka z nádraží do zbrojovky (později TOS Kuřim) byla nejprve úzkorozchodná pro stavební účely, od r. 1943 byla otevřena normálněrozchodná vlečka zaústěná výhybkou do širé trati ve směru na Tišnov. Po prodloužení staničních kolejí v Kuřimi v říjnu téhož roku se napojovala vlečka již přímo do stanice. Za zhlavím vlečka stoupala ve sklonu až 20 %. Zvýšením nivelity stanice na nové trati bylo toto stoupání z části sníženo. Vlečka byla využívána pro nákladní a v prvních dvou desetiletích i osobní dopravu. Roku 1966 byla elektrifikována a rekonstruována pro vyšší nápravové tlaky. Po roce 1989 docházelo k postupnému poklesu výroby v TOS Kuřim a vlečka byla roku 2015 zcela zrušena.

Z Kuřimi trať pokračovala táhlým stoupáním přes sedlo mezi vrchem Čebínkou a Malhostovickou Peckou do Drásova, kde byla další mezilehlá stanice. K vrchu Čebínka však směřovala vlečka do místní vápenky, která byla významným přepravcem i po převedení provozu na novou trať. Úsek od Tišnova až po čebínskou vápenku totiž zůstal zachován i nadále jako vlečka až do roku 1999. Další vlečka byla zaústěna do trati již v těsné blízkosti Drásova, a to pro firmu Brown – Boveri, později MEZ Drásov, dnes součást koncernu Siemens. (18)

Ve stanici Drásov probíhaly v letech 1938 a 1939 stavební práce na prodloužení staničních kolejí. Nová trať však přes Drásov vedena vůbec nebyla, kolejiště je sneseno a typová stavba tehdejší staniční budovy slouží dnes k obytným účelům.

Mezi Drásovem a Tišnovem trať opět klesala se sklonem 20 %. Dodnes je zachována železniční vlečka z Tišnova na tělese původní trati k rozvodně vysokého napětí Čebín. V místech přemostění potoka Lubě se nacházelo čtyřkolejné předávkové kolejiště dříve významného vlečkového komplexu.

Stanice Tišnov byla vybudována jako obrátová stanice a byla vybavena výtopnou, točnou, vodárnou i odpopelovací jámou. Historická staniční budova z roku 1885 slouží cestující veřejnosti dodnes.

Zájem o vybudování dráhy měli i významní potenciální přepravci z Předklášteří u Tišnova, kteří volali po napojení dráhy až do Předklášteří pro snazší možnost napojení jejich vleček, jak uvádí i zástupce brněnské Obchodní a živnostenské komory:

Nechceme podceňovat množství nákladů, které souvisí s městem Tišnovem a jeho významnými obilnými trhy, avšak hlavní zdroj přepravy bude poskytovat především velký cukrovar v Předklášteří, jeden z největších v zemi, dvě papírny, pivovar a bohaté ložisko měděné rudy, doposud nevyužité v důsledku nedostatečného dopravního spojení. Vzdálenost 3 km, stav silničního spojení a skutečnost, že se jedná téměř výhradně o nakládku hromadného zboží, dávají prostor obavám, že pro uvedené podniky nebude dráha nic nabízet, neboť se bude muset zachovat doprava po silnici k nádraží v Tišnově; zejména cukrovar musí z tohoto důvodu držet velké množství tažných volů a koní, takže aby odpadlo překládání, vyplatí se zřejmě doprava po silnici až do Brna. Proto se jeví výhodné tuto tříkilometrovou vzdálenost překonat vlečkou, buď soukromou anebo jako prodloužení místní dráhy. (18)

Pro realizaci tohoto prodloužení do Předklášteří bylo nutné zbudovat most přes řeku Svratku přibližně v místech současného mostu dvoukolejné trati. Bylo snahou přepravců, aby to byla kategorie regionální trati a nikoliv vlečka, neboť od toho se odvíjelo také financování zmíněného mostu. Most byl nakonec zbudován a poslední úsek trati hojně využíván. Ve 30. letech 20. století však byla statika mostu narušena a provoz zastaven a později oficiálně zrušen. Most byl na počátku roku 1938 řízeně odstřelen. (17)

Se Starou Tišnovkou souvisí úzce i její pokračování do severovýchodní části Českomoravské vrchoviny neboli na Horácko. Odtud bývá pojmenování pokračování této trati nazýváno též „Horka“. Podobně jako Tišnov měla i další města na Vysočině jako Žďár nad Sázavou, Nové Město na Moravě či Bystřice nad Pernštejnem zájem o železniční spojení se světem. Byla proto založena akciová společnost „Místní dráha Německý Brod – Žďár“, která napojila roku 1898 Žďár nad Sázavou na železniční síť prostřednictvím místní dráhy v údolí řeky Sázavy. Záhy byla získána koncese pro pokračování trati a podle toho byla přejmenována i zmíněná společnost jako „Místní dráha Německý Brod – Tišnov“. Železniční trať mezi Žďárem nad Sázavou a Tišnovem

byla uvedena do provozu roku 1905. Staničení Horky je dodnes počítáno z Havlíčkova Brodu.

V letech protektorátu byly na trati Žďár nad Sázavou – Tišnov provedeny některé stavební úpravy pro zvýšení kapacity. Jednalo se o prodloužení vždy dvou dopravních kolejí ve stanicích Žďár nad Sázavou, Nové Město na Moravě, Bystřice nad Pernštejnem, Rožná a Nedvědice. Kromě toho byla vybudována stanice Slavkovice (dnes Veselíčko) a výhybny Rovné a Borač. (18)

V rámci redukce infrastruktury na železnici v 90. letech byly některé zmíněné koleje umožňující křižování delších vlaků opět zkráceny (Nové Město n. M., Rožná), některé dopravní koleje nahrazeny ostrovními nástupišti (Nové Město n. M., Bystřice n. P., Rožná), výhybny Rovné a Borač zrušeny a stanice Veselíčko přeměněna na nákladíště se zastávkou, než byla později obnovena opět jako stanice (s DOZ), avšak se zkrácenou užitečnou délkou kolejí, ač stavební délka zůstala zachována. Tím se takřka zamezilo využití trati Tišnov – Nové Město na Moravě – Žďár nad Sázavou jako objízdné trasy pro dvoukolejný úsek Tišnov – Křižanov – Žďár nad Sázavou v případě zvláště závažných mimořádností. Tyto redukce dopravní infrastruktury byly dle názoru autora velmi nepromyšlené a zejména bezohledné vzhledem k možnému budoucímu rozvoji provozu.

Plány nové trati

Již v prvním desetiletí 20. století se ukazovala trať mezi Českou Třebovou a Prahou jako přetížená, neboť spojovala Prahu takřka s celou Moravou. Tišnovka prodloužená až do Čech nebyla však schopná být alternativou tomuto spojení a nejinak tomu bylo i u trati mezi Brnem a Jihlavou. Problémem byly nepříznivé sklonové poměry, malý poloměr oblouků a celkově nízká cestovní rychlost. Pouze v průběhu 1. světové války byla zbudována výhybna Cacovice (Husovice) pro zkapacitnění úseku trati do Králova Pole pro obsluhu vleček Královopolské strojírny a „Mundurdepa“ (skladu vojenské výstroje).

Ve 30. letech se již uvažovalo o vybudování druhé traťové koleje a vznikly k tomu i různé konkrétnější podklady. Zpravidla se však mělo jednat pouze o zdvojkolejnění stávající trati a napřímení některých oblouků. Podle usnesení ministerské rady z 20. července 1935 měla být nová dvoukolejná trať mezi Brnem a Německým Brodem (spolu s na ni napojenou jednokolejnou spojovací tratí Křižanov – Velké Meziříčí) figurovat jako zvýhodněná stavba se lhůtou dokončení ke konci roku 1949. V souvislosti s budováním jiných tratí zejména na samém východě ČSR potom nebyly finanční, personální a technické prostředky pro realizaci tohoto usnesení a k tomu přišly navíc události zabránění Sudet a druhé světové války. (17)

Právě mnichovská dohoda z 29. září 1938 byla přes svůj tragický obsah vzhledem k integritě území Československé republiky jistou vzpruhou pro budování nové trati. ČSD přišly vlivem zabránění Sudet o 3397 km tratí z celkové délky 13297 km. Novými hranicemi byly přetnuty i významné železniční tratě, zejména připadl Německé říši i uzel Česká Třebová. To vyvolalo přednostní zájem o vybudování nového kapacitního spojení

Čech a Moravy. Byly podniknuty výše uvedené práce na zkapacitnění trati Brno – Německý Brod. Také byly podobné práce provedeny na trati Brno – Okříšky (prodloužení dopravních kolejí v Tetčicích, vybudování výhyben Vysoké Popovice a Smrk). Tato trať však také neposkytovala vhodné sklonové poměry. Od 11. října 1938 byl zaveden přímý osobní vlak Praha-Masarykovo nádraží – Německý Brod – Tišnov – Brno.

V rámci zvyšování kapacity tratí bylo dokončeno a 12. 10. 1939 předána do provozu již dříve započatá stavba 2. traťové koleje v úseku Německý Brod – Čáslav v km 227,511-277,405. V úseku Brno – Německý Brod však dlouho nebylo jasné přesné trasování, také nebylo jasné, zda v úseku Brno – Tišnov a Žďár nad Sázavou – Německý Brod dojde pouze ke zdvojkolejnění stávající tratě nebo k novostavbě dvojkolejky. Po zabrání pohraničí se ovšem uvolnily personální a technické kapacity stavebních firem, které budovaly systém československého opevnění a železnice na Slovensku a na Podkarpatské Rusi. Zábor území také pozastavil plán na vybudování seřaďovací stanice v České Třebové. Zřejmě i proto bylo rozhodnuto o stavbě její alternativy v Brně-Maloměřicích, která již byla ještě před válkou výhledově v plánu.

Pro stavbu dvoukolejně trati z Brna do Německého Brodu existovalo vícero variant, z nichž některé nákladné projekty uvažovaly až o dvaceti tunelech a mnoha mostech. Na konci roku 1938 již začínalo probíhat vyměřování a vyvlastňování od Brna do Tišnova. Definitivní podoba trati byla však známa až léte 1939 a v roce 1940 se již prováděly stavební práce takřka na celé nové trati. S ohledem na tehdy platné německé normy bylo uvažováno s plánovanou traťovou rychlostí $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, průjezdným průřezem umožňujícím budoucí elektrifikaci a mimoúrovňovými kříženími pozemních komunikací, což bylo vše až na výjimky dodrženo. (17)

Stavba trati a její okolí za druhé světové války

Ačkoliv byla po záboru Sudet započata několika firmami stavba seřaďovacího nádraží v Brně-Maloměřicích, byla tato stavba přerušena a místo toho byla výhybna Židenice provizorně rozšířena na pětikolejnou stanici. Od rozestavěné stanice Brno-Maloměřice ke Královu Poli se budovalo na nové trati několik tunelů. Nedostavěný Cacovický a Husovický tunel byly za války využity jako skladiště. Před současnou stanicí Královo Pole byl vybudován Královopolský tunel, který byl Královopolskou strojírnu využíván během války jako kryt a sklad materiálu. Tento tunel byl budován povrchovou metodou, kdy po vyhloubení zářezu byla tunelová roura opět zasypána. Nevýhodou tohoto tunelu bylo, že neměl zcela vhodný průjezdný průřez pro budoucí trakční vedení, čímž byl právě výjimkou oproti výše uvedeným zásadám. (17)

Práce na budování druhé traťové koleje byly zahájeny hned v roce 1938 v blízkosti zastávky Jehnice, kde došlo k dosypání náspu ke stávající traťové koleji. Jednalo se o využití pracovní síly železničních dělníků, kteří se stáhli ze Sudet. Tyto práce však přišly vniveč, poněvadž se nová trať nakonec vedla jinou stopou. Nasazení na stavbu dráhy byli také někteří demobilizovaní vojáci československé armády. V Řečovicích a Kuřimi byla roku 1943 zbudována další dopravní kolej. V Kuřimi také došlo

k prodloužení staničních kolejí a tím i k již zmíněnému zaústění vlečky zbrojovky přímo do stanice.

Mezi Kuřimí, Čebínem a Drásovem se měly křížit dvě významné protektorátní liniové dopravní stavby. Jednalo se o námi sledovanou dvojkolejnou trať a dálnici Vídeň – Vratislav (Wien – Breslau). Pod tak ostrým úhlem, který by svírala původní trať s dálnicí, by bylo náročné budovat přemostění. Bylo tedy rozhodnuto o vedení nové trati jižně od vrchu Čebínka přes Čebín a nikoliv přes Drásov, aby nová trať s dálnicí svírala kolmější úhel. Trasováním přes Čebín se dosáhlo taktéž příznivějších sklonových poměrů. (17)

V tunelech nově budované dráhy u Dolních Louček a mezi Řikonínem a Níhovem byl roku 1943 zřízen provoz podzemní továrny Diana, která vyráběla stíhací letadla Messerschmitt Bf 109 G-14 a Bf 109 G-10. Jednalo se o přesun výroby ze zničených závodů v Rakousku (Wiener Neustädter Flugzeugwerke). Loučský tunel, který se začal razit 30. 8. 1939 byl tehdy již dokončen a s délkou 633 metrů vhodným a bezpečným prostorem pro montážní linku trupů letadel. Před dokončením byl i Lubenský tunel o délce 213 m, kde byla umístěna výroba hydraulických částí a drobné mechaniky, a Níhovský tunel o délce 531 metrů, kde se vyráběla křídla letadel. Továrna také zabrala a rozšířila tehdejší ubytovací prostory stavebních firem Kruliš a Hlava podílejících se na stavbě trati.

Pro přísun materiálu, komponentů a zásobování továrny Diana byla z tišnovského nádraží postavena úzkorozchodná železnice v údolí řek Loučky a Libochovky. Do Dolních Louček byla vybudována tato dráha ještě před válkou firmou Kruliš a ve stanici Tišnov instalovala tato firma i mechanizační prostředky pro překládku.

Stupeň sestavení letadel by bylo možné označit dnes užívaným termínem pro automobilový průmysl „semi-knocked-out“, tedy výrobu, která z důvodu úspory místa při přepravě není zcela dokončena, ale jsou sestaveny části tak, aby mohly být prostorově co nejúsporněji dopraveny na místo finální kompletace. Doprava probíhala do Tišnova nákladními automobily a po úzkokolejce. V Tišnově potom byla letadla naložena na normálněrozchodné vozy a expedována. Nejvýhodnější byly kryté vozy s čelními dveřmi. Přeprava na otevřených vozech pod plachtou byla z důvodu možného leteckého útoku na vlak příliš nápadná.

Železniční stanice Tišnov zaznamenala proto v letech stavby nové trati a v letech fungování továrny Diana značný nárůst intenzity železniční dopravy a osobních a nákladních přepravních proudů. Nejednalo se pouze dovoz materiálu a zboží a odesílání finálních produktů, ale také o větší počet přepravených osob. K tomu je třeba počítat i poměrně častou organizovanou výměnu zaměstnanců továrny, kteří tam byli nadirigováni nebo totálně nasazeni. Z hlediska kapacity Staré Tišnovky a Horky to znamenalo, jak bylo uvedeno, budování nových stanic a výhyben či hlásek a prodlužování a zvyšování počtu dopravních kolejí.

Otázkou však v době druhé světové války bylo, kudy vlastně povede nová železniční trať mezi Brnem a Německým Brodem, když tunely pro ni budované byly využity k jinému účelu. (17)

Nová Tišnovka

Označením „Nová Tišnovka“ je myšlena dvoukolejná železniční trať mezi Brnem a Tišnovem budovaná v polovině 20. století. Jedná se o součást trati odb. Brno-Židenice – Havlíčkův Brod (dle NJŘ trať č. 324) jakožto druhého kapacitního spojení Čech a Moravy. V knižním jízdním řádu se jedná o trať č. 250 (dříve 25b).

Po ukončení druhé světové války byla od roku 1948 obnovena stavba trati z Brna do Německého Brodu (od r. 1945 Havlíčkův Brod). Setkání stavebních čet pokládajících koleje z obou konců trati proběhlo 2. 6. 1953 u Ostrova nad Oslavou. Zahájení provozu v celé délce trati proběhlo k 20. 12. 1953, tehdy byla však dokončena pouze první traťová kolej. Druhá traťová kolej byla uvedena do provozu roku 1958. Zahájení elektrického provozu proběhlo k 7. 10. 1966. (18)

Otevření trati

Nová Tišnovka začíná v odbočce Brno-Židenice a probíhá po kolejích 1K a 2K podél seřaďovací stanice Brno-Maloměřice, kde kolej 2K mimoúrovňově kříží trať do České Třebové. Stanicí Brno-Maloměřice prochází trať pouze jedním zhlavím, a to v obvodu St.3. Nejedná se o stavědlo obsluhované signalistou, ale o část stanice obsluhovanou z ústředního stavědla traťovým výpravčím v Brně-Maloměřicích. V tomto obvodu se setkává osobní doprava od Židenic a nákladní od Maloměřic a pokračuje společně směrem ke stanici Brno-Královo Pole.

Trať překonává řeku Svratku přes Maloměřický most a směřuje do Obřanského tunelu. Stáčí se ve stoupání postupně až k jihu, prochází Cacovickým tunelem a následně k západu, kdy v oblouku vede Husovickým tunelem. Za ním byla zřízena hláska Fučíkova čtvrt'. Dlouho se diskutovalo i o zřízení železniční zastávky v těchto místech (dnes označené Brno-Lesná), k čemuž došlo až v roce 2006. Dále pokračuje přímým úsekem a klesá až ke Královopolskému tunelu. Za ním se stáčí k severozápadu a vchází do stanice Brno-Královo Pole. Úsek mezi Maloměřicemi a Královým Polem lze s nadsázkou považovat za trať horského charakteru pro počet tunelů a sklonové poměry. (8)

Do maloměřického zhlaví v Králově Poli je zaústěna trať (dnes vlečka) ze starého královopolského nádraží. Tato vlečka i další na ni napojené mají dosud dopravní význam. Rovněž je do stanice zaústěna vlečka Dopravního podniku města Brna, která navazuje na tramvajovou síť. Součástí stanice je i rozsáhlý vlečkový areál Správy tratí. Stanice Brno-Královo Pole má dvě ostrovní nástupiště a jedno boční. Všechna jsou přístupná podchodem z prostorného vestibulu. Mimoúrovňový přístup na nástupiště je na celé nové trati zachován jako standard.

Brno-Řečkovice byla původně hláska s nákladištěm a zastávkou. Je vybavena jedním ostrovním nástupištěm mezi 1. a 2. traťovou kolejí. Ze strany od Kuřimi byla původně kolejová spojka mezi traťovými kolejemi. Později při elektrifikaci trati bylo nákladiště i spojka zrušeny. Podobný osud měla i ostatní nákladiště na trati. Místo po nakládkové koleji však může být případnou územní rezervou budoucího rozvoje kolejiště. Z Králova Pole až do Řečkovic byl v květnu 1952 nejdříve převeden provoz na novou trať, a to hned po obou traťových kolejích.

V České byly rovněž jako v Řečkovicích zřízeny hláska, nákladiště a zastávka. Nástupiště jsou vnější a přístup na ně je umožněn po silničním mostě, který byl vybudován, jak již bylo uvedeno, ještě pro starou trať. Nákladiště bylo později zrušeno.

Stanice Kuřim byla vybavena pěti dopravními kolejemi a několika koleji manipulačními a byla do ní zaústěna vlečka TOS Kuřim. Ke dvěma ostrovním nástupišťům byl přístup zajištěn podchodem. V úseku mezi Kuřimí a Čebínem okolo 21. km trati bylo problematické místo s jílovým podložím a spodní vodou. Dlouhodobě tam byla rychlost omezena na $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, než bylo místo řádně sanováno a zpevněno.

V žst. Tišnov byla nejprve zprovozněna lichá kolejová skupina a v blízkosti zastávky Hradčany bylo vybudováno provizorní propojení ze staré na novou trať, poté bylo sneseno staré kolejiště v Tišnově a na jeho místě dobudována sudá kolejová skupina nové stanice. (18)

Příloha B – Přehled prvků infrastruktury na traťovém úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov

Seznam dopravních bodů se staničením, dopravních kolejí ve stanicích a jejich délek, oddílových návěstidel autobloku, vjezdových návěstidel a odjezdových návěstidel v hlavních staničních kolejích na traťovém úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov

Dopravní body a staničení

Název dopravního bodu	staničení
Brno-Maloměřice St. 3	2,412
zast. Brno-Lesná	6,025
žst. Brno-Královo Pole	8,535
zast. Brno-Řečkovice	10,913
zast. Česká	15,495
žst. Kuřim	18,655
zast. Čebín	25,172
zast. Hradčany	27,808
žst. Tišnov	30,041

Zdroj: autor dle (1)

Žst. Brno-Královo Pole – dopravní koleje a jejich délka

Dopravní koleje	Užitečná délka
1	691 m
2	700 m
5 + 5a	595 m
6	572 m
7	445 m
9 + 9a	396 m
10	436 m
12	411 m

Zdroj: autor dle (1)

Žst. Kuřim – dopravní koleje a jejich délka

Dopravní koleje	Užitečná délka
1	714 m
2	714 m
3	642 m
4	674 m
6	850 m

Zdroj: autor dle (1)

Žst. Tišnov – dopravní koleje a jejich délka

Dopravní koleje	Užitečná délka
1	799 m
2	797 m
3	701 m
4 + 4a	703 m
5 + 5b	640 m
6 + 6a	662 m
7	527 m
8 + 8a	599 m

Zdroj: autor dle (1)

Návěstidla zapojená do autobloku v sudém směru:

Žst.	Druh návěstidla	Označení návěstidla	Staničení (km)
Brno-Maloměřice	Odj	L5b	1,907 (přepočteno)
Brno-Maloměřice	Vj	2KL	2,434
	AB	2-41	4,124
	AB	2-51	5,195
	AB	2-67	6,665
Brno-Královo Pole	Vj	2L	7,892
Brno-Královo Pole	Odj	L2	9,113
	AB	2-101	10,157
	AB	2-113	11,300
	AB	2-127	12,733
	AB	2-143	14,341
	AB	2,159	15,944
Kuřim	Vj	2L	17,627
Kuřim	Odj	L2	18,830
	AB	2-203	20,330
	AB	2-217	21,687
	AB	2-231	23,230
	AB	2-249	24,863
	AB	2-265	26,661
	AB	2-281	28,222
Tišnov	Vj	L	29,238

Zdroj: autor dle (1)

Návěstidla zapojená do autobloku v lichém směru:

Žst.	Druh návěstidla	Označení návěstidla	Staničení (km)
Tišnov	Odj	S1	29,649
	AB	1-282	28,222
	AB	1-272	27,159
	AB	1-258	25,789
	AB	1-242	24,112
	AB	1-226	22,568
	AB	1-208	20,766
Kuřim	Vj	1S	19,439
Kuřim	Odj	S1	18,116
	AB	1-172	17,057
	AB	1-154	15,315
	AB	1-142	14,188
	AB	1-124	12,410
	AB	1-108	10,670
Brno-Královo Pole	Vj	S	9,600
Brno-Královo Pole	Odj	S1	8,437
	AB	1-72	7,244
	AB	1-58	5,870
	AB	1-46	4,519
Brno-Maloměřice	Vj	1S	3,172

Zdroj: autor dle (1)

**Příloha C – Počty vlaků dle druhů v NJŘ 2020/2021
(před změnou k 6. 4. 2021)**

Sudý směr (Brno – Tišnov)									
Druh vlaku	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Lv	suma
Traťový úsek									
Brno-Maloměřice – Brno-Maloměřice St. 3	0	0	0	5	12	9	1	1	25
Brno-Židenice – Brno-Maloměřice St. 3	22	2	52	0	0	0	0	0	78
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Královo Pole	22	2	52	5	12	9	1	1	104
Brno-Královo Pole – Kuřim	11	1	52	4	12	9	1	1	91
Kuřim – Tišnov	11	1	52	4	12	9	1	1	91
Tišnov – Říkonín	11	0	13	0	12	9	1	1	47
Lichý směr (Tišnov – Brno)									
Druh vlaku	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Lv	suma
Traťový úsek									
Říkonín – Tišnov	11	0	13	0	12	9	1	5	51
Tišnov – Kuřim	11	1	52	4	12	9	1	5	95
Kuřim – Brno-Královo Pole	11	1	52	4	12	9	1	5	95
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice St. 3	22	2	52	5	12	9	1	5	108
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Židenice	22	2	52	0	0	0	0	0	76
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Maloměřice	0	0	0	5	12	9	1	5	32

Zdroj: autor dle NJŘ 2020/2021 v (1)

Zkratky druhů vlaků jsou uvedeny dle předpisu Správy železnic D1 čl. 2207-2208. K uvedeným počtům vlaků je třeba uvést, že rušící vlaky nebyly započítány, nebylo též zohledněno omezení dle dnů jízdy ať již v části trasy nebo v celé trase (např. osobní vlaky o víkendu končící v Kuřimi).

Příloha D – Počty vlaků dle druhů v NJŘ 2021/2022

Sudý směr (Brno – Tišnov)											
Druh vlaku	Ex	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Lv	suma	
Traťový úsek											
Brno-Maloměřice – Brno-Maloměřice St. 3	0	0	0	0	3	36	17	1	1	58	
Brno-Židenice – Brno-Maloměřice St. 3	28	22	1	52	1	0	0	0	0	104	
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Královo Pole	28	22	1	52	4	36	17	1	1	162	
Brno-Královo Pole – Kuřim	28	11	1	52	1	36	17	1	1	148	
Kuřim – Tišnov	28	11	1	52	1	36	17	1	1	148	
Tišnov – Říkonín	28	11	0	13	0	36	17	1	1	107	
Lichý směr (Tišnov – Brno)											
Druh vlaku	Ex	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Lv	suma	
Traťový úsek											
Říkonín – Tišnov	28	11	0	13	1	36	17	1	4	111	
Tišnov – Kuřim	28	11	1	52	3	36	17	1	4	153	
Kuřim – Brno-Královo Pole	28	11	1	52	3	36	17	1	4	153	
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice St. 3	28	22	2	52	4	36	17	1	4	166	
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Židenice	28	22	1	52	0	0	0	0	0	103	
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Maloměřice	0	0	1	0	4	36	17	1	4	63	

Zdroj: autor dle NJŘ 2021/2022 v (1)

Příloha E – Počty vlaků března 2021, přepočít dle druhů a úseků

Sudý směr (Brno – Tišnov)									
Druh vlaku	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Lv	suma
Traťový úsek									
Brno-Maloměřice – Brno-Maloměřice St. 3	0	0	0	5	7	4	0	2	18
Brno-Židenice – Brno-Maloměřice St. 3	22	0	51	0	0	0	0	0	73
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Královo Pole	22	0	51	5	7	4	0	2	91
Brno-Královo Pole – Kuřim	11	0	51	4	7	4	0	2	79
Kuřim – Tišnov	11	0	51	4	7	4	0	2	79
Tišnov – Říkonín	11	0	13	0	7	4	0	2	37
Lichý směr (Tišnov – Brno)									
Druh vlaku	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Lv	suma
Traťový úsek									
Říkonín – Tišnov	11	0	13	0	9	5	0	3	41
Tišnov – Kuřim	11	0	51	4	9	5	0	3	83
Kuřim – Brno-Královo Pole	11	0	51	4	9	5	0	3	83
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice St. 3	22	0	51	5	9	5	0	3	95
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Židenice	22	0	51	0	0	0	0	0	73
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Maloměřice	0	0	0	5	9	5	0	3	22

Zdroj: autor dle (12)

Příloha F – Počty vlaků říjen 2021, přepočít dle druhů vlaků a mezistaničních úseků

Sudý směr (Brno – Tišnov)											
Druh vlaku	Ex	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Služ	Lv	suma
Traťový úsek											
Brno-Maloměřice – Brno-Maloměřice St. 3	0	0	0	0	3	28	14	1	1	11	58
Brno-Židenice – Brno-Maloměřice St. 3	28	22	0	51	3	0	0	0	0	0	104
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Královo Pole	28	22	0	51	4	28	14	1	1	11	160
Brno-Královo Pole – Kuřim	28	11	0	51	1	28	14	1	1	11	146
Kuřim – Tišnov	28	11	0	51	1	28	14	1	1	11	146
Tišnov – Říkonín	28	11	0	13	0	28	14	1	1	11	107
Lichý směr (Tišnov – Brno)											
Druh vlaku	Ex	R	Sp	Os	Sv	Nex	Pn	Mn	Služ	Lv	suma
Traťový úsek											
Říkonín – Tišnov	28	11	0	13	1	29	15	1	1	12	111
Tišnov – Kuřim	28	11	0	51	3	29	15	1	1	12	151
Kuřim – Brno-Královo Pole	28	11	0	51	3	29	15	1	1	12	151
Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice St. 3	28	22	0	51	4	29	15	1	1	12	163
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Židenice	28	22	0	51	0	0	0	0	0	0	101
Brno-Maloměřice St. 3 – Brno-Maloměřice	0	0	0	0	4	29	15	1	1	15	65

Zdroj: autor dle (12)

Příloha H – Následná mezidobí a stupeň obsazení Kuřim – Tišnov, 2.TK

Následná mezidobí a počty vlaků		Kuřim - Tišnov												
traťová kolej: 2				jede jako druhý										
druh (rychlost) vlaku	zast./proj.			jízdni doba			nákladní rychlý		nákladní střední		n. pomalý	Lv	celkem	
počet vlaků		a)	b)	PP	PZ	Os ZZ	PP	ZP	PP	ZP	ZZ	PP		
				0	11	53	12	0	9	0	1	5	91	
jede jako první				28	11	53	35	1	13	4	1	2	148	
	R	PP	0	28	7	2,5	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	3
		PZ	11	11	7	2,5	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	3
		Os	53	53	11,5	6	6	4	5,5	4	4	2,5	3	5
	n. rychlý	PP	12	35	7,5	3,5	3,5	3	3	2,5	3,5	2,5	2,5	3
		ZP	0	1	10	5,5	5,5	4,5	5	4	4,5	4	4	4,5
	n. střední	PP	9	13	10	5,5	5,5	5	5	3,5	4	3,5	3,5	4,5
		ZP	0	4	12	7,5	7,5	7	7	5,5	6	5,5	5,5	6,5
	n. pomalý	ZZ	1	1	16	10,5	10,5	8,5	10	8	8	6,5	6,5	9
	Lv	PP	5	2	9	4	4	3	3,5	2,5	3	2,5	2,5	3
tabulka sum dob obsazení				a)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						0,00	3,32	12,81	3,63	0,00	2,72	0,00	0,30	1,81
						0,00	38,44	123,47	38,44	0,00	20,97	0,00	1,75	14,56
						0,00	5,08	20,97	4,75	0,00	4,15	0,00	0,33	1,98
						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						0,00	5,98	26,21	5,93	0,00	3,56	0,00	0,35	2,23
						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						0,00	1,27	4,95	1,32	0,00	0,79	0,00	0,07	0,49
						0,00	2,42	8,74	2,31	0,00	1,48	0,00	0,14	0,82
				B (a) =	386,97				S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60		
				S (a) =	0,27				K (opt) =	0,67	K (krit) =	0,45		
				b)		13,24	5,20	20,05	16,55	0,38	6,15	1,51	0,47	1,14
						5,20	2,04	7,88	6,50	0,15	2,42	0,59	0,19	0,45
						60,16	23,64	75,92	68,94	1,43	18,62	3,58	1,07	3,58
						23,18	9,10	37,60	24,83	0,59	10,76	2,36	0,59	1,42
						1,04	0,41	1,61	1,18	0,03	0,40	0,11	0,03	0,06
						13,53	5,31	23,28	15,37	0,31	4,57	1,23	0,31	0,79
						5,68	2,23	10,03	6,62	0,15	2,11	0,59	0,15	0,35
						1,99	0,78	3,04	2,36	0,05	0,70	0,18	0,04	0,12
						1,51	0,59	2,15	1,66	0,03	0,53	0,14	0,03	0,08
				B (b) =	599,51				S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60		
				S (b) =	0,42				K (opt) =	1,04	K (krit) =	0,69		

Zdroj: autor dle (1)

Příloha I – Následná mezidobí a stupeň obsazení Tišnov – Kuřim, 1.TK

Následná mezidobí a počty vlaků		Tišnov - Kuřim												
traťová kolej: 1		jede jako druhý												
druh (rychlost) vlaku		jízdni dob			Os	nákladní rychlý		nákladní střední		n. pomalý	Lv	celkem		
zast./proj.		PP	ZP	ZZ	PP	PZ	PP	PZ	ZZ	PP				
počet vlaků		a)			0	11	53	12	0	9	0	1	9	
			b)		19	20	53	34	2	16	1	1	7	
jede jako první	R	PP		0	19	7	3	2	1,5	2,5	2,5	3,5	3,5	
		ZP		11	20	8	4	3	2,5	3,5	3,5	4,5	2,5	
	Os	ZZ		53	53	12	7,5	6,5	4,5	7	7	6,5	6,5	
	n. rychlý	PP		12	34	8	4	3	1,5	3,5	3	3,5	2	
		PZ		0	2	10,5	5	4	1,5	4	4	3,5	2	
	n. střední	PP		9	16	10	6	5	2,5	5	5	4,5	2,5	
		PZ		0	1	12,5	7,5	6,5	2,5	6,5	7	5,5	2,5	
	n. pomalý	ZZ		1	1	22,5	17,5	16,5	12,5	16,5	17	15,5	10,5	
	Lv	PP		9	7	9	4,5	3,5	2	3,5	3,5	3,5	2	
tabulka sum dob obsazení			a)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
					0,00	3,82	15,34	4,86	0,00	4,69	0,00	0,29	3,65	
					0,00	39,89	133,06	46,86	0,00	32,64	0,00	2,51	32,64	
					0,00	4,17	10,04	5,31	0,00	3,98	0,00	0,25	3,41	
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
					0,00	5,21	12,55	5,68	0,00	3,84	0,00	0,24	3,84	
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
					0,00	1,91	6,97	2,08	0,00	1,47	0,00	0,11	1,52	
					0,00	3,65	10,04	3,98	0,00	2,98	0,00	0,19	2,56	
				B (a) =	437,04			S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60			
				S (a) =	0,30			K (opt) =	0,76	K (krit) =	0,51			
				b)	7,08	4,97	9,87	10,56	0,62	6,95	0,43	0,19	2,61	
					9,93	7,84	17,32	15,56	0,92	9,41	0,59	0,33	3,20	
					49,36	45,03	82,62	82,44	4,85	36,03	2,25	1,56	15,76	
					16,89	13,33	17,67	26,44	1,33	12,44	0,78	0,44	4,67	
					1,24	1,05	1,04	1,78	0,10	0,73	0,05	0,03	0,32	
					11,92	10,46	13,86	17,78	1,05	7,53	0,47	0,26	3,29	
					0,93	0,85	0,87	1,44	0,09	0,58	0,04	0,02	0,27	
					2,17	2,16	4,33	3,67	0,22	1,62	0,10	0,07	0,73	
					3,91	3,20	4,85	5,44	0,32	2,56	0,16	0,09	0,96	
				B (b) =	668,73			S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60			
				S (b) =	0,46			K (opt) =	1,16	K (krit) =	0,77			

Zdroj: autor dle (1)

Příloha J – Následná mezidobí a stupeň obsazení Kuřim – Brno-Královo Pole, 1.TK

Následná mezidobí a počty vlaků		Kuřim - Brno-Královo Pole														
traťová kolej: 1		jede jako druhý														
druh (rychlost) vlaku		jízdní dob			Os	nákladní rychlý			nákladní střední			n. pomalý	Lv	celkem		
zast./proj.		PP	PZ	ZZ	PP	PZ	ZP	PP	PZ	ZP	PP	PZ	ZZ	PP		
počet vlaků	a)	b)														
jede jako první	R	PP	0	19	6	3	3	1,5	2,5	2,5	2	3	3	2	2	2,5
		PZ	11	20	6,5	3	3	1,5	2,5	2,5	2	3	3	2	2	2,5
	Os	ZZ	53	53	10,5	7	7	4,5	6	6	4,5	5,5	5,5	4	4,5	6
	n. rychlý	PP	12	33	7,5	4,5	4,5	2	3,5	3,5	2,5	3	3	2,5	2,5	3,5
		PZ	0	1	9	4,5	4,5	2	4	4	2,5	3	3	2,5	2,5	4
		ZP	0	2	9,5	6,5	6,5	4	5,5	5,5	4,5	5	5	4,5	4,5	5,5
	n. střední	PP	9	15	9,5	6	6	3,5	5,5	5,5	3,5	5	5	3,5	3,5	5,5
		PZ	0	1	11	7	7	4	6	6	4	5	5	3,5	3,5	6
		ZP	0	1	13	9,5	9,5	7	9	9	7	8,5	8,5	7	7	9
	n. pomalý	ZZ	1	1	16,5	12,5	12,5	9,5	11,5	11,5	9,5	10,5	10,5	7,5	7,5	11,5
	Lv	PP	9	7	7,5	4	4	2	3	3	2,5	2,5	3	2	2,5	3
tabulka sum dob obsazení	a)	b)														
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,00	3,82	9,21	3,47	0,00	0,00	3,13	0,00	0,00	0,00	0,23	2,61		
			0,00	42,96	133,06	40,17	0,00	0,00	27,62	0,00	0,00	0,25	30,13			
			0,00	6,25	13,39	5,31	0,00	0,00	3,41	0,00	0,00	0,32	3,98			
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,00	6,25	17,57	6,25	0,00	0,00	4,26	0,00	0,00	0,33	4,69			
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,00	1,45	5,30	1,45	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,08	1,09			
			0,00	4,17	10,04	3,41	0,00	0,00	2,13	0,00	0,00	0,24	2,56			
	B (a) =		424,02			S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60							
	S (a) =		0,29			K (opt) =	0,74	K (krit) =	0,49							
	b)		7,08	7,45	9,87	10,25	0,31	0,50	5,59	0,37	0,25	0,25	2,17			
			7,45	7,84	10,39	10,78	0,33	0,52	5,88	0,39	0,26	0,26	2,29			
			46,07	48,50	82,62	68,59	2,08	3,12	28,58	1,91	1,39	1,56	14,55			
			18,44	19,41	22,86	24,91	0,75	1,08	9,71	0,65	0,54	0,54	5,28			
			0,56	0,59	0,69	0,86	0,03	0,03	0,29	0,02	0,02	0,02	0,18			
			1,61	1,70	2,77	2,37	0,07	0,12	0,98	0,07	0,06	0,06	0,50			
			11,18	11,76	18,19	17,79	0,54	0,69	7,35	0,49	0,34	0,34	3,77			
			0,87	0,92	1,39	1,29	0,04	0,05	0,49	0,03	0,02	0,02	0,27			
			1,18	1,24	2,42	1,94	0,06	0,09	0,83	0,06	0,05	0,05	0,41			
			1,55	1,63	3,29	2,48	0,08	0,12	1,03	0,07	0,05	0,05	0,53			
			3,48	3,66	4,85	4,53	0,14	0,23	1,72	0,14	0,09	0,11	0,96			
	B (b) =		655,39			S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60							
	S (b) =		0,46			K (opt) =	1,14	K (krit) =	0,76							

Zdroj: autor dle (1)

Příloha K – Následná mezidobí a stupeň obsazení Brno-Maloměřice – Brno-Královo Pole, 2.TK

Následná mezidobí a počty vlaků		Brno-Maloměřice - Brno-Královo Pole											
traťová kolej: 2		jede jako druhý											
druh (rychlost) vlaku	zast./proj.	jízdni dob		R	PP	PZ	PZ(9.SK)	Os	n. rychlý	n. střední	n. pomalý	Lv	celkem
počet vlaků		a)	b)	PP	PZ	PZ(9.SK)	ZZ	ZP	ZP	ZZ	PP		
jede jako první				0	11	11	54	12	9	1	6	104	
				9	30	11	53	35	17	2	8	165	
	R	PP	0	9	5	3	3	3	3	3	3	3	
		PZ	11	30	5,5	4,5	4,5	3	3	3	3	3	
		PZ(9.SK)	11	11	6	3	3	3	3	3	3	3	
	Os	ZZ	54	53	6,5	5,5	5,5	3,5	4,5	4,5	3,5	3,5	5
	n. rychlý	ZP	12	35	6,5	4	4	4	4	4	4	4	4
	n. střední	ZP	9	17	7,5	5	5	5	5	5	5	5	5
	n. pomalý	ZZ(8.SK)	1	2	8,5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Lv	ZP	6	8	6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
tabulka sum dob obsazení				a)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					0,00	5,24	3,49	17,13	3,81	2,86	0,32	1,90	
					0,00	3,49	3,49	17,13	3,81	2,86	0,32	1,90	
					0,00	31,41	19,99	126,17	28,04	16,36	1,82	15,58	
					0,00	5,08	5,08	24,92	5,54	4,15	0,46	2,77	
					0,00	4,76	4,76	23,37	5,19	3,89	0,43	2,60	
					0,00	0,53	0,53	2,60	0,58	0,43	0,05	0,29	
					0,00	2,22	2,22	10,90	2,42	1,82	0,20	1,21	
				B (a) =	447,42			S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60		
				S (a) =	0,31			K (opt) =	0,78	K (krit) =	0,52		
				b)	1,47	4,91	1,80	8,67	5,73	2,78	0,33	1,31	
					7,36	24,55	6,00	28,91	19,09	9,27	1,09	4,36	
					1,80	6,00	2,20	10,60	7,00	3,40	0,40	1,60	
					15,90	53,00	12,37	76,61	50,59	19,11	2,25	12,85	
					7,64	25,45	9,33	44,97	29,70	14,42	1,70	6,79	
					4,64	15,45	5,67	27,30	18,03	8,76	1,03	4,12	
					0,55	1,82	0,67	3,21	2,12	1,03	0,12	0,48	
					1,53	5,09	1,87	8,99	5,94	2,88	0,34	1,36	
				B (b) =	699,63			S (opt) =	0,40	S (krit) =	0,60		
				S (b) =	0,49			K (opt) =	1,21	K (krit) =	0,81		

Pozn.: Shodné výsledné hodnoty následných mezidobí v některých řádcích vznikly zaokrouhlením maximálních následných mezidobí.

Zdroj: autor dle (1), (16)

Příloha L – Následná mezidobí a stupeň obsazení Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice, 1.TK

Následná mezidobí a počty vlaků		Brno-Královo Pole - Brno-Maloměřice									
traťová kolej: 1		jede jako druhý									
druh (rychlost) vlaku	zast./proj.	jízdni dob		R	Os	n. rychlý	n. střední	n. pomalý	Lv	celkem	
počet vlaků		PP	ZP	ZP(z 9.SK)	ZZ	PP	PP	ZZ	PP		
	a)	0	11	11	54	12	9	1	10	108	
	b)	9	30	11	54	35	16	3	8	166	
jede jako první	R	PP	0	9	4,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
		ZP	11	30	5	3	3	3	3	3	
		ZP(z 9.SK)	11	11	5,5	4	4	4	4	4	
		Os	54	54	6,5	4	4	4	4	4	
		n. rychlý PZ	12	35	6	3	3	3	3	3	
		n. střední PP	9	16	5,5	3	3	3	3	3	
		n. pomalý ZZ(z 7.SK)	1	3	7,5	5	5	5	5	5	
		Lv PP	10	8	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
tabulka sum dob obsazení		a)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
				0,00	3,36	3,36	16,50	3,67	2,75	0,31	
				0,00	4,48	4,48	22,00	4,89	3,67	0,41	
				0,00	22,00	22,00	108,00	24,00	18,00	2,00	
				0,00	3,67	3,67	18,00	4,00	3,00	0,33	
				0,00	2,75	2,75	13,50	3,00	2,25	0,25	
				0,00	0,51	0,51	2,50	0,56	0,42	0,05	
				0,00	2,55	2,55	12,50	2,78	2,08	0,23	
			B (a) =	405,30				S (opt) =	0,40		
			S (a) =	0,28				K (opt) =	0,70		
			b)	1,22	4,07	1,49	7,32	4,74	2,17	0,41	
				4,88	16,27	5,96	29,28	18,98	8,67	1,63	
				2,39	7,95	2,92	14,31	9,28	4,24	0,80	
				11,71	39,04	14,31	70,27	45,54	20,82	3,90	
				5,69	18,98	6,96	34,16	22,14	10,12	1,90	
				2,60	8,67	3,18	15,61	10,12	4,63	0,87	
				0,81	2,71	0,99	4,88	3,16	1,45	0,27	
				1,08	3,61	1,33	6,51	4,22	1,93	0,36	
			B (b) =	588,53				S (opt) =	0,60		
			S (b) =	0,41				K (opt) =	0,68		

Pozn.: Shodné výsledné hodnoty následných mezidobí v některých řádcích vznikly zaokrouhlením maximálních následných mezidobí. Hodnoty následných mezidobí vycházejí optimističtěji nežli u Bernáta (8) před rekonstrukcí a změnou poloh oddílových návštěvnic, nicméně ani při dosažení jím vypočítaných hodnot nedochází k přesazení kritické hodnoty stupně obsazení.

Zdroj: autor dle (1), (16)

Příloha N – Následná mezidobí a stupeň obsazení Tišnov – Kuřim, 1.TK (v dopravní špičce 6-8h, 15-17h)

Následná mezidobí a počty vlaků		Tišnov - Kuřim													
traťová kolej: 1		jede jako druhý													
druh (rychlost) vlaku	zast./proj.	jízdni dob		R	Os	nákladní rychlý		nákladní střední		n. pomalý	Lv	celkem			
počet vlaků		6-8h	15-17h	PP	ZP	PP	PZ	PP	PZ	ZZ	PP				
				2	2	8	2	0	1	0	0	1			
jede jako první				3	1	8	3	1	1	0	0	17			
	R	PP	2	3	7	3	2	1,5	2,5	2,5	3,5	3,5	1,5	3	
		ZP	2	1	8	4	3	2,5	3,5	3,5	4,5	4,5	2,5	3,5	
		Os	8	8	12	7,5	6,5	4,5	7	7	6,5	6,5	4,5	6,5	
	n. rychlý	PP	2	3	8	4	3	1,5	3,5	3	3,5	3,5	2	3	
		PZ	0	1	10,5	5	4	1,5	4	4	3,5	3,5	2	3,5	
	n. střední	PP	1	1	10	6	5	2,5	5	5	4,5	4,5	2,5	4,5	
		PZ	0	0	12,5	7,5	6,5	2,5	6,5	7	5,5	5,5	2,5	6	
	n. pomalý	ZZ	0	0	22,5	17,5	16,5	12,5	16,5	17	15,5	15,5	10,5	16	
	Lv	PP	1	0	9	4,5	3,5	2	3,5	3,5	3,5	3,5	2	3	
tabulka sum dob obsazení				6-8h		0,75	0,50	1,50	0,63	0	0,44	0	0	0,38	
						1,00	0,75	2,50	0,88	0	0,56	0	0	0,44	
						7,50	6,50	18,00	7,00	0	3,25	0	0	3,25	
						1,00	0,75	1,50	0,88	0	0,44	0	0	0,38	
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	
						0,75	0,63	1,25	0,63	0	0,28	0	0	0,28	
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	
						0,56	0,44	1,00	0,44	0	0,22	0	0	0,19	
						B (6-8) =	70,78		S (opt) =	0,62	S (krit) =	0,75			
						S (6-8) =	0,59		K (opt) =	0,95	K (krit) =	0,79			
						15-17h		1,59	0,35	2,12	1,32	0,44	0,62	0	0
								0,71	0,18	1,18	0,62	0,21	0,26	0	0
								10,59	3,06	16,94	9,88	3,29	3,06	0	0
								2,12	0,53	2,12	1,85	0,53	0,62	0	0
								0,88	0,24	0,71	0,71	0,24	0,21	0	0
								1,06	0,29	1,18	0,88	0,29	0,26	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0	0
						B (15-17) =	74,67		S (opt) =	0,62	S (krit) =	0,75			
						S (15-17) =	0,62		K (opt) =	1,00	K (krit) =	0,83			

Zdroj: autor dle (1)

Příloha O – Vlaky v žst. Tišnov v ranní dopravní špičce (pracovní den 6-8h)

vlak na příjezdu / průjezdu	vlak na odjezdu	příjezd	odjezd
4630	4635	5:59	6:59
574		pr	6:05
-	4909		6:14
4902	4911	6:14	6:46
971		6:06	6:08
47710		pr	6:22
4605		6:27	6:29
4602		6:29	6:30
14901	14944	6:25	6:33
1042		pr	6:35
4904	4913	6:46	7:14
988		6:49	6:50
71		pr	6:53
4632	4637	6:59	8:32
284		pr	7:05
973		7:06	7:08
4906	4915	7:16	7:43
45306		pr	7:20
47767		pr	7:21
4607		7:27	7:29
4634	4951	7:29	8:14
14945	14902	7:25	7:33
1044		pr	7:35
4908	4917	7:46	7:59
40738		pr	7:49
4636	4639	7:59	8:57
47741		pr	7:39
62145		pr	6:39
71		pr	6:52

pr = průjezd

Zdroj: autor dle NJŘ 2021/2022 (1)

Příloha P – Vlaky v žst. Tišnov v odpolední dopravní špičce (pracovní den 15-17h)

vlak na příjezdu / průjezdu	vlak na odjezdu	příjezd	odjezd
4928	4937	14:58	15:14
256		pr	15:05
981		15:06	15:08
4930	4939	15:15	15:42
48138		pr	15:18
1035		pr	15:20
14953	14910	15:25	15:33
4617		15:27	15:29
4614		15:29	15:30
48370		pr	15:35
62123		pr	15:37
4932	4941	15:44	16:14
978		15:47	15:48
287		pr	15:52
69506		pr	15:53
4656	4619	15:59	16:29
4654	4655	14:45	15:59
276		pr	16:05
41751		pr	16:10
4934	4943	16:14	16:42
60207		pr	16:18
14911	14954	16:25	16:33
48327		pr	16:25
4616		16:29	16:30
14631	4657	16:34	16:59
1034		pr	16:35
49801		pr	16:38
4936	4945	16:45	17:14
976		16:47	16:48
371		pr	16:52
4658		16:59	odst.

pr = průjezd; odst. = odstavení soupravy

Zdroj: autor dle NJŘ 2021/2022 (1)

Příloha Q – Doby obsazení staničních kolejí žst. Tišnov dle typů jízdy vlaků

Druh vlaku	příjezd	pobyt	odjezd	celkem	kolej
Ex S průjezd	1,63		0,12	1,75	2
Ex L průjezd	1,97		0,12	2,09	1
R S příj/odj	1,85	2,00	0,84	4,69	2
R L příj/odj	2,27	2,00	0,46	4,73	1
R L příj/odj	3,18	1,50	0,72	5,40	3
Os S příj/odj	1,79	1,00	0,84	3,63	2
Os L příj/odj	2,27	1,50	0,65	4,42	1
Os S příj	2,38			2,38	3,4
Os L příj	3,18			3,18	3,4
Os L odj			0,95	0,95	3,4
Os Nedv. příj	2,47			2,47	4
Os Nedv. odj			1,13	1,13	4
Nex S průjezd	1,63		0,30	1,93	2
Nex L průjezd	1,97		0,30	2,27	1
Pn S průjezd	1,97		0,45	2,42	2
Pn L průjezd	2,39		0,45	2,84	1

Zdroj: autor dle (1), (13), (16)

Pozn.: S = sudý, L = lichý

Pro příjezd je doba obsazení před referenčním časem příjezdu, tj. před zastavením vlaku. Pro odjezd následuje ještě doba obsazení po referenčním čase odjezdu, tj. kdy se vlak dá do naposledy v dopravně do pohybu. Pro průjezd je doba obsazení příjezdu do referenčního času průjezdu (minutí odjezdového návěsidla), doba obsazení pro odjezd je zbývající doba do uvolnění staniční koleje.

Příloha R – Obsazení staničních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov v ranní dopravní špičce 6-8h

kolej	skupina jízd	vlak příj.	vlak odj.	příj.	odj.	vjezd	pobyt	odjezd	celkem	
3	1	4630	4635	(6:00)	6:59	0,00	59	0,95	59,95	
		4902	4911	6:14	6:46	vj.obs.				
	2	973		7:06	7:08			0,72	5,90	
		3	4906	4915	7:16	7:43	2,38	27	0,95	30,33
		4	4636	odst.	7:59	(8:00)	2,38	1	0,00	3,38
							Σ	99,55		
4	1	přist.	4909	6:04	6:14	0,00	10	0,95	10,95	
		2	14901	14944	6:25	6:33	2,47	8	1,13	11,59
	3	4904	4913	6:46	7:14	2,38	28	0,95	31,33	
		4	14945	14902	7:25	7:33	2,47	8	0,00	37,47
			4634	4951	7:29	(8:00)	vj.obs.	27	0,00	
							Σ	91,33		
1	1	971		6:06	6:08	2,27	2	0,46	4,73	
		2	4605		6:27	6:29	2,27	1,5	0,65	4,42
	3	62145		pr	6:39	2,39	0	0,45	2,84	
		4	71		pr	6:52	1,97	0	0,12	2,09
		5	4632	přest.6.SK	6:59	7:09	2,27	2	0,46	4,73
	6	47767		pr	7:21	1,97	0	0,30	2,27	
		7	4607		7:27	7:29	2,27	1,5	0,65	4,42
	8	47741		pr	7:39	1,97	0	0,30	2,27	
		9	4908	4917	7:46	7:59	2,38	13	0,65	16,03
							Σ	43,80		
2	1	574		pr	6:05	1,63	0	0,12	1,75	
		2	47710		pr	6:22	1,63	0	0,30	1,93
	3	4602		6:29	6:30	1,79	1	0,84	3,63	
		4	1042		pr	6:35	1,63	0	0,12	1,75
		5	988		6:49	6:50	1,85	1	0,84	3,69
	7	284		pr	7:05	1,63	0	0,12	1,75	
		8	45306		pr	7:20	1,63	0	0,30	1,93
	9	1044		pr	7:35	1,63	0	0,12	1,75	
		10	40738		pr	7:49	1,63	0	0,30	1,93
								Σ	20,15	
							Σ Σ	254,83		

Pozn.: Hodnoty v závorkách označují obsazení koleje i před/po analyzovaném období.

Zdroj: autor dle příloh O, Q

Příloha S – Obsazení staničních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov v odp. dopravní špičce 15-17h

kolej	skupina jízd	vlak příj.	vlak odj.	příj.	odj.	vjezd	pobyt	odjezd	celkem
3	1	4654	4655	(15:00)	15:59	0,00	59	0,95	59,95
		4930	4939	15:15	15:42	vj.obs.			
	2	přist z 1.SK	4619	16:06	16:29		23	0,95	23,95
	3	14631	4657	16:34	16:59	3,18	25	0,95	29,12
								Σ	113,02
4	1	4928	4937	15:00	15:14	2,38	14	0,95	17,33
	2	14953	14910	15:25	15:33	2,47	8	1,13	11,59
	3	4932	4941	15:44	16:14	2,38	30	0,95	33,33
	4	14911	14954	16:25	16:33	2,47	1	0,00	20,41
		přist z 2.SK	4943	16:26	16:42	0,00	16	0,95	
	5			16:45	(17:00)	2,38	15	0,95	18,33
								Σ	100,98
1	1	981		15:06	15:08	2,27	2	0,46	4,73
	2	1035		pr	15:20	1,97	0	0,12	2,09
	3	4617		15:27	15:29	2,27	1,5	0,65	4,42
	4	62123			15:37	2,39	0	0,45	2,84
	5	287		pr	15:52	1,97	0	0,12	2,09
	6	4656	4619	15:59	16:06	2,27	7	přest.3.SK	9,27
	7	41751			16:10	1,97		0,30	2,27
	8	60207			16:18	1,97	0	0,30	2,27
	9	48327			16:25	1,97	0	0,30	2,27
	10	49801			16:38	1,97	0	0,30	2,27
	11	371		pr	16:52	1,97	0	0,12	2,09
	12	4658	odst.		(17:00)	1,79	1	0,00	2,79
								Σ	39,41
2	1	48138		pr	15:18	1,63	0	0,30	1,93
	2	4614		15:29	15:30	1,79	1	0,84	3,63
	3	48370			15:35	1,63	0	0,30	1,93
	4	978		15:47	15:48	1,85	1	0,84	3,69
	5	69506		pr	15:53	1,63	0	0,30	1,93
	6	276		pr	16:05	1,63	0	0,12	1,75
	7	4934	4943	16:14	16:24	1,79	10	přest.4.SK	11,79
	8	4616		16:29	16:30	1,79	1	0,84	3,63
	9	1034			16:35	1,63	0	0,12	1,75
	10	976		16:47	16:48	1,85	1	0,84	3,69
								Σ	35,76
								Σ Σ	289,17

Pozn.: Hodnoty v závorkách označují obsazení koleje i před/po analyzovaném období.

Zdroj: autor dle příloh P, Q

Příloha T – Alternativní obsazení staničních kolejí s nástupištní hranou v žst. Tišnov v odp. dopravní špičce 15-17h (5 nástupištních hran)

kolej	skupina jízdy	vlak příj.	vlak odj.	příj.	odj.	vjezd	pobyt	odjezd	celkem
3	1	4654	4655	(15:00)	15:59	2,38	59,00	0,95	62,33
	2	4934	4943	16:14	16:42	2,38	28,00	0,95	31,33
								Σ	93,65
4	1	4930	4939	15:15	15:42	2,38	27,00	0,95	30,33
	2	4656	4619	15:59	16:29	2,38	30,00	0,95	33,33
	3	14631	4657	16:34	16:59	3,18	25,00	0,95	29,12
								Σ	92,77
1	1	981		15:06	15:08	2,27	2,00	0,46	4,73
	2	1035		pr	15:20	1,97		0,12	2,09
	3	4617		15:27	15:29	2,27	1,50	0,65	4,42
	4	62123		pr	15:37	2,39		0,45	2,84
	5	287		pr	15:52	1,97		0,12	2,09
	6	41751		pr	16:10	1,97		0,30	2,27
	7	60207		pr	16:18	1,97		0,30	2,27
	8	48327		pr	16:25	1,97		0,30	2,27
	9	49801		pr	16:38	1,97		0,30	2,27
	10	371		pr	16:52	1,97		0,12	2,09
								Σ	27,35
2	1	48138		pr	15:18	1,63		0,30	1,93
	2	4614		15:29	15:30	1,79	1,00	0,84	3,63
	3	48370		pr	15:35	1,63		0,30	1,93
	4	978		15:47	15:48	1,85	1,00	0,84	4,69
	5	69506		pr	15:53	1,63		0,30	1,93
	6	276		pr	16:05	1,63		0,12	1,75
	7	4616		16:29	16:30	1,79	1,00	0,84	3,63
	8	1034		pr	16:35	1,63		0,12	1,75
	9	976		16:47	16:48	1,85	1,00	0,84	4,69
	10	4658	odst.	16:59	(17:00)	1,79	1,00		2,79
								Σ	28,76
8	1	4928	4937	(15:00)	15:14		14,00	0,95	14,95
	2	14953	14910	15:25	15:33	2,47	8,00	1,13	11,59
	3	4932	4941	15:44	16:14	2,38	30,00	0,95	33,33
	4	14911	14954	16:25	16:33	2,47	8,00	1,13	11,59
	5	4936	4945	16:45	(17:00)	2,38	15,00		17,38
								Σ	88,84
								Σ Σ	331,38

Zdroj: autor dle příloh P, Q

Příloha U – Výpočet koeficientu koliznosti zhlaví při Brno-Maloměřice St.3

a) V případě nekoliznosti vjezdových a odjezdových cest z žst. Brno-Maloměřice

Matice koliznosti					
popis JC		2K-2	1-1K	Malo-2	1-Malo
	počet	104	103	58	63
2K-2	104	1	0	1	1
1-1K	103	0	1	0	1
Malo-2	58	1	0	1	0
1-Malo	63	1	1	0	1
Počty vzájemně kolizních dvojic jízd					
popis JC		2K-2	1-1K	Malo-2	1-Malo
	počet	104	103	58	63
2K-2	104	10816	0	6032	6552
1-1K	103	0	10609	0	6489
Malo-2	58	6032	0	3364	0
1-Malo	63	6552	6489	0	3969
Σ jízd	328			φ	0,621877
				s	1,608035

b) V případě koliznosti vjezdových a odjezdových cest z žst. Brno-Maloměřice

Matice koliznosti					
popis JC		2K-2	1-1K	Malo-2	1-Malo
	počet	104	103	58	63
2K-2	104	1	0	1	1
1-1K	103	0	1	0	1
Malo-2	58	1	0	1	1
1-Malo	63	1	1	1	1
Počty vzájemně kolizních dvojic jízd					
popis JC		2K-2	1-1K	Malo-2	1-Malo
	počet	104	103	58	63
2K-2	104	10816	0	6032	6552
1-1K	103	0	10609	0	6489
Malo-2	58	6032	0	3364	3654
1-Malo	63	6552	6489	3654	3969
Σ jízd	328			φ	0,689805
				s	1,449685

Zdroj: autor dle (1)

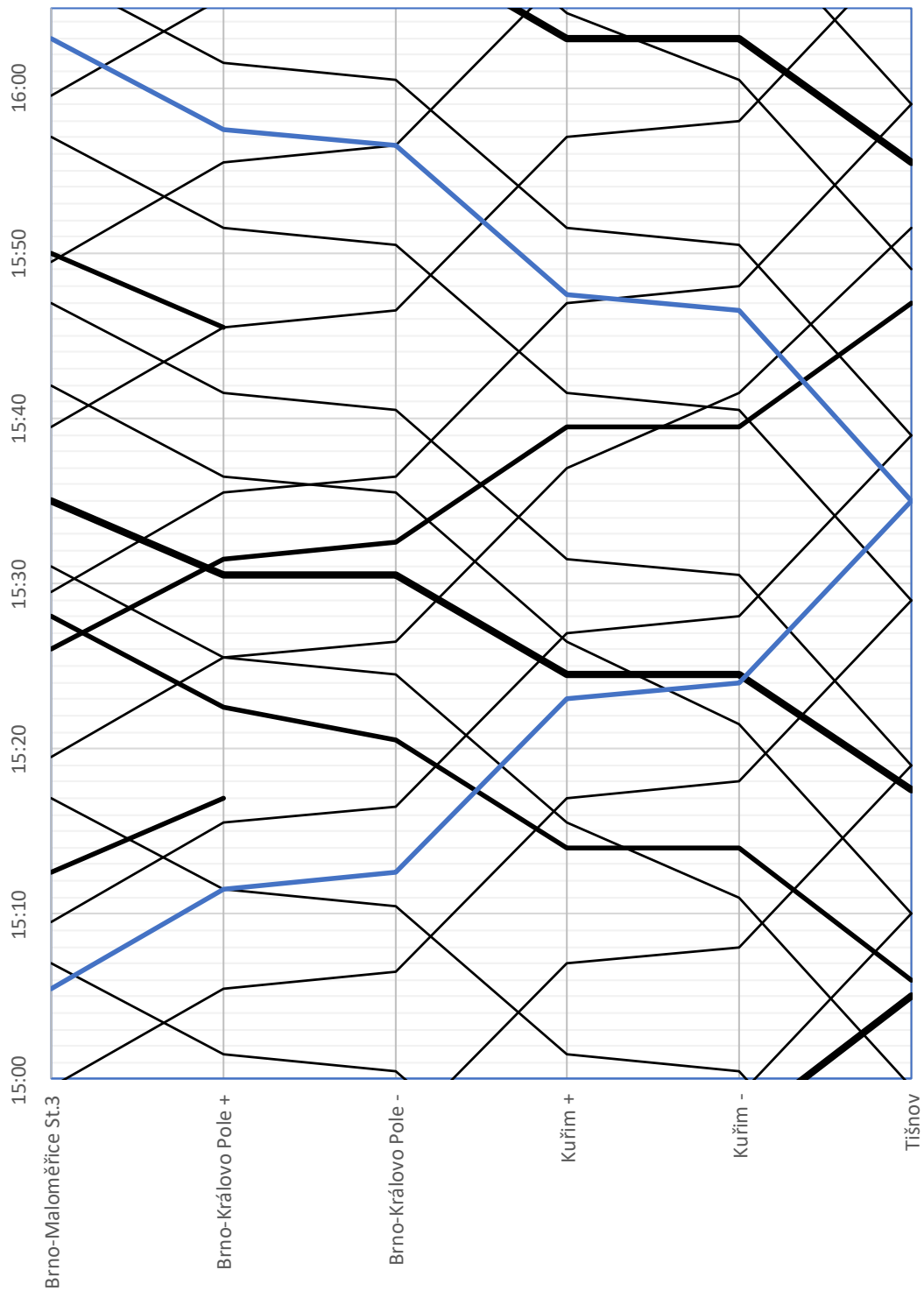
Příloha V – Výpočet koeficientu koliznosti kuřimského zhlaví v žst. Tišnov

Matrice koliznosti							
popis JC		2.TK-2.SK	2.TK-4.SK	1.SK-1.TK	2.SK-1.TK	3.SK-1.TK	4.SK-1.TK
	počet	12	2	4	12	7	2
2.TK-2.SK	12	1	1	0	1	0	1
2.TK-1.SK	2	1	1	1	1	1	1
2.TK-4.SK	4	1	1	0	1	0	1
1.SK-1.TK	12	0	0	1	1	1	1
3.SK-1.TK	7	0	0	1	1	1	1
4.SK-1.TK	2	1	1	1	1	1	1
Počty vzájemně kolizních dvojic jízd							
popis JC		2.TK-2.SK	2.TK-4.SK	1.SK-1.TK	2.SK-1.TK	3.SK-1.TK	4.SK-1.TK
	počet	12	2	4	12	7	2
2.TK-2.SK	12	144	24	0	144	0	24
2.TK-1.SK	2	24	4	8	24	14	4
2.TK-4.SK	4	48	8	0	48	0	8
1.SK-1.TK	12	0	0	48	144	84	24
3.SK-1.TK	7	0	0	28	84	49	14
4.SK-1.TK	2	24	4	8	24	14	4
Σ jízd	39					φ	0,71
						s	1,41

Zdroj: autor dle (13) a přílohy S

Příloha X – GVD takt 10'

Návrh GVD v úseku Brno-Maloměřice St.3 – Tišnov s taktem vlaků Os 10 minut

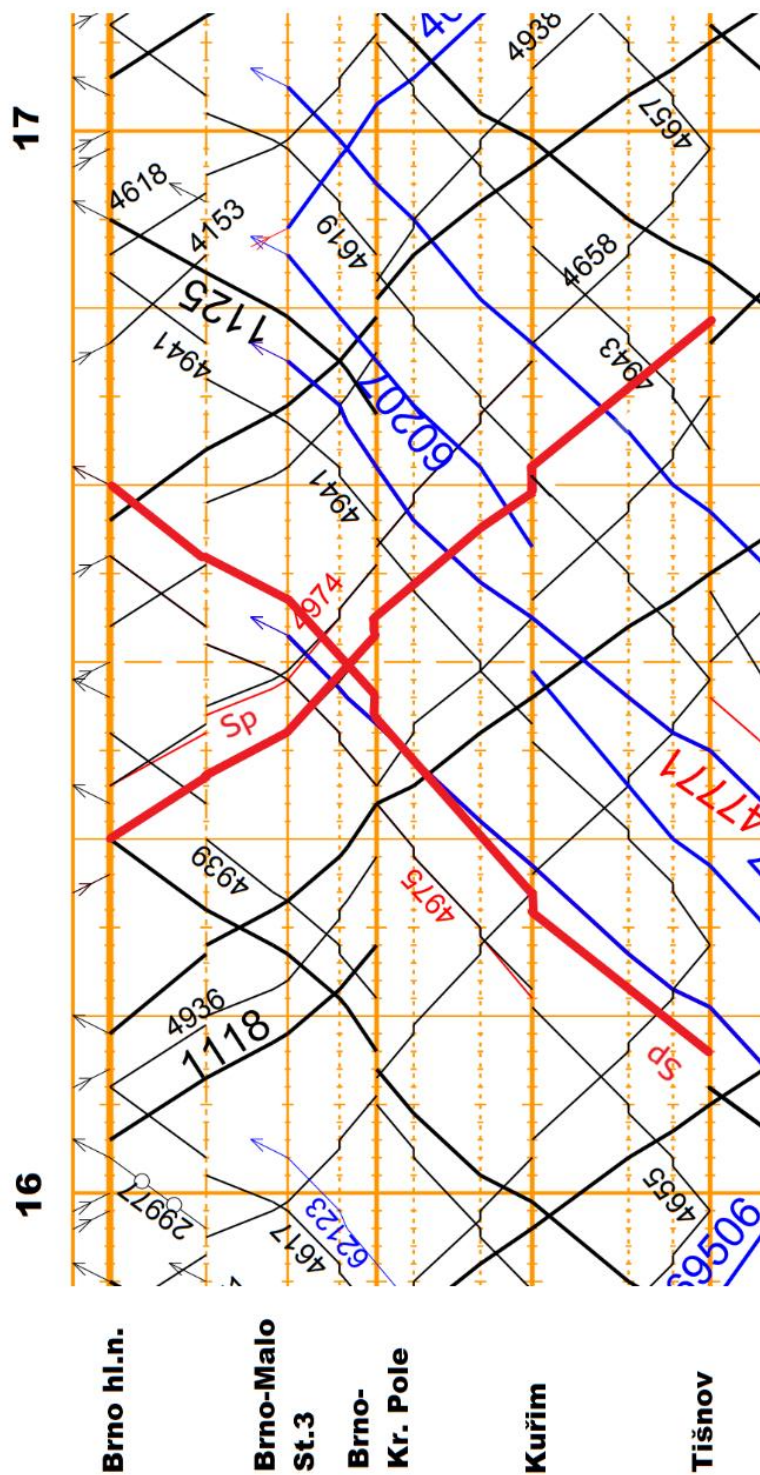


Os ———
 R ———
 Ex ———
 Nex ———

Zdroj: autor

Příloha Y – GVD proklad R9

Úprava GVD v úseku Brno hl. n. – Tišnov s prokladem linky R9 spěšným vlakem



Zdroj: NJŘ 2021/2022 (1), úprava autor