



Územně technická studie VRT Benešov – Brno		
Název akce	Územně technická studie VRT Benešov – Brno	
Druh dokumentace	Územně technická studie	
Část	A.5 – Provozní řešení	11 / 2014
Objednatel	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 – Nové Město	 <small>Správa železniční dopravní cesty</small>
Zhotovitel	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a 130 80 Praha 3 – Žižkov	
Číslo smlouvy	Objednatele: E618-S-0657/2013/Ma	Zhotovitele: 13-163.205
Odpovědný zpracovatel projektu	Ing. Martin Vachtl	Podpis
Zpracovali		
	Ing. Martin Vachtl Ing. Vladislav Černý Ing. David Fuksa Ing. Pavla Kopecká Ing. Jan Novák	Koncepce řešení, provozní řešení Provozní řešení Rozsah dopravy Provozní řešení Konstruktérské práce
Kontroloval	Ing. Pavel Tikman	Podpis

## O B S A H

<b>1</b>	<b>DOPRAVNĚ TECHNOLOGICKÉ UKAZATELE.....</b>	<b>4</b>
1.1	ROZSAH DOPRAVY .....	4
1.2	VÝPOČET JÍZDNÍCH A CESTOVNÍCH DOB .....	7
1.3	ZABEZPEČENÍ JÍZD VLAKŮ, KAPACITA TRATĚ .....	10
<b>2</b>	<b>PROVOZNÍ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>14</b>
2.1	SCHÉMA PROVÁZENÍ VLAKŮ .....	14
2.2	DOPRAVNY NA VYSOKORYCHLOSTNÍ TRATI .....	15
2.3	OBSLUHA ŽELEZNIČNÍHO UZLU JIHLAVA .....	18
<b>3</b>	<b>ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>21</b>

### Seznam tabulek

TABULKA 1.1 – SOUHRN CESTOVNÍCH DOB .....	9
TABULKA 1.2 – VÝPOČET TEORETICKÉ VELIKOSTI NÁSLEDNÉHO MEZIDOBÍ.....	12
TABULKA 1.3 – DÉLKY ODDÍLŮ VE VZTAHU K TRAŤOVÉ RYCHLOSTI.....	13
TABULKA 2.1 – SEZNAM DOPRAVEN, VARIANTA N13 .....	16
TABULKA 2.2 – SEZNAM DOPRAVEN, VARIANTA N14 .....	16
TABULKA 2.3 – SEZNAM DOPRAVEN, VARIANTA N15 .....	17
TABULKA 2.4 – SEZNAM DOPRAVEN, VARIANTA N16 .....	17
TABULKA 2.5 – SEZNAM DOPRAVEN, VARIANTA N17 .....	17
TABULKA 2.6 – CESTOVNÍ DOBY V UZLU JIHLAVA .....	18

### Seznam obrázků

OBRÁZEK 1.1 – VÝCHOZÍ SCHÉMA LINKOVÉHO VEDENÍ A ROZSAHU DOPRAVY .....	5
OBRÁZEK 1.2 – TRAKČNÍ CHARAKTERISTIKA VYSOKORYCHLOSTNÍ JEDNOTKY .....	8
OBRÁZEK 1.3 – PŘÍKLADY NÁVĚSTÍ ETCS .....	11
OBRÁZEK 2.1 – OBSLUHA ŽU JIHLAVA, VAR. N13, N14, N15, N17 – PRŮJEZD PŘES MĚSTO.....	19
OBRÁZEK 2.2 – OBSLUHA ŽU JIHLAVA, VAR. N16 – PRŮJEZD PŘES MĚSTO.....	19

**Seznam zkratek**

CDP	Centrální dispečerské pracoviště
CIN	Celkové investiční náklady
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DK	Dopravní kancelář
DKV	Depo kolejových vozidel
DOZ	Dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení
DÚ	Drážní úřad
EC	EuroCity
EPS	Elektrická požární signalizace
Ex	Expres
GVD	Grafikon vlakové dopravy
HST	High Speed Trains (vysokorychlostní vlaky)
IC	InterCity
IDS	Integrovaný dopravní systém
ITG/ITJŘ	Integrovaný taktový grafikon / Integrovaný taktový jízdní řád
KDZ	Kolejnicový dilatační závěr
MD	Ministerstvo dopravy České republiky
NRE	Náklady realizace
Odb.	Odbočka nebo kolejové propojení
PD	Přípravná dokumentace
PJD	Pevná jízdní dráha
PIN	Pořizovací investiční náklady
PN	Počítače náprav
R	Rychlík
SC	SuperCity
So	Stupeň obsazení
SOKP	Silniční okruh kolem Prahy
Sp	Spěšný vlak
SpS	Spínací stanice
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TNS	Trakční napájecí stanice
TV	Trakční vedení
TZZ	Traťové zabezpečovací zařízení
TŽK	Tranzitní železniční koridor
RS	Rychlé spojení
VB	Výpravní budova
Výh.	Výhybna
VRT	Vysokorychlostní trať
ÚP	Územní plán
ÚPD	územně plánovací dokumentace
Zast.	Železniční zastávka
ZÚR	Zásady územního rozvoje
ŽU	Železniční uzel
Žst.	Železniční stanice

# 1 Dopravně technologické ukazatele

## 1.1 Rozsah dopravy

### 1.1.1 Vstupní rozsah dopravy

Tato územně technická studie VRT Benešov – Brno neobsahuje přepravní prognózu. Možný rozsah výhledové dopravy vychází z představ zadavatele (v době zadání) a objednatelů osobní dopravy, případně názoru dalších. Výchozí rozsah dopravy byl formulován na poradě dne 17. 4. 2013 na MD ČR při projednávání územně technické studie VRT Praha – Benešov. Obrázek č. 1.1 obsahuje návrh linkového vedení, který z jednání vzešel, včetně rozsahu dopravy u jednotlivých linek. Úplný rozsah dopravy je uveden pouze za úsek Praha hl. n. – Benešov u Prahy, v okolní síti jsou zaneseny pouze linky přímo přecházející na tento úsek.

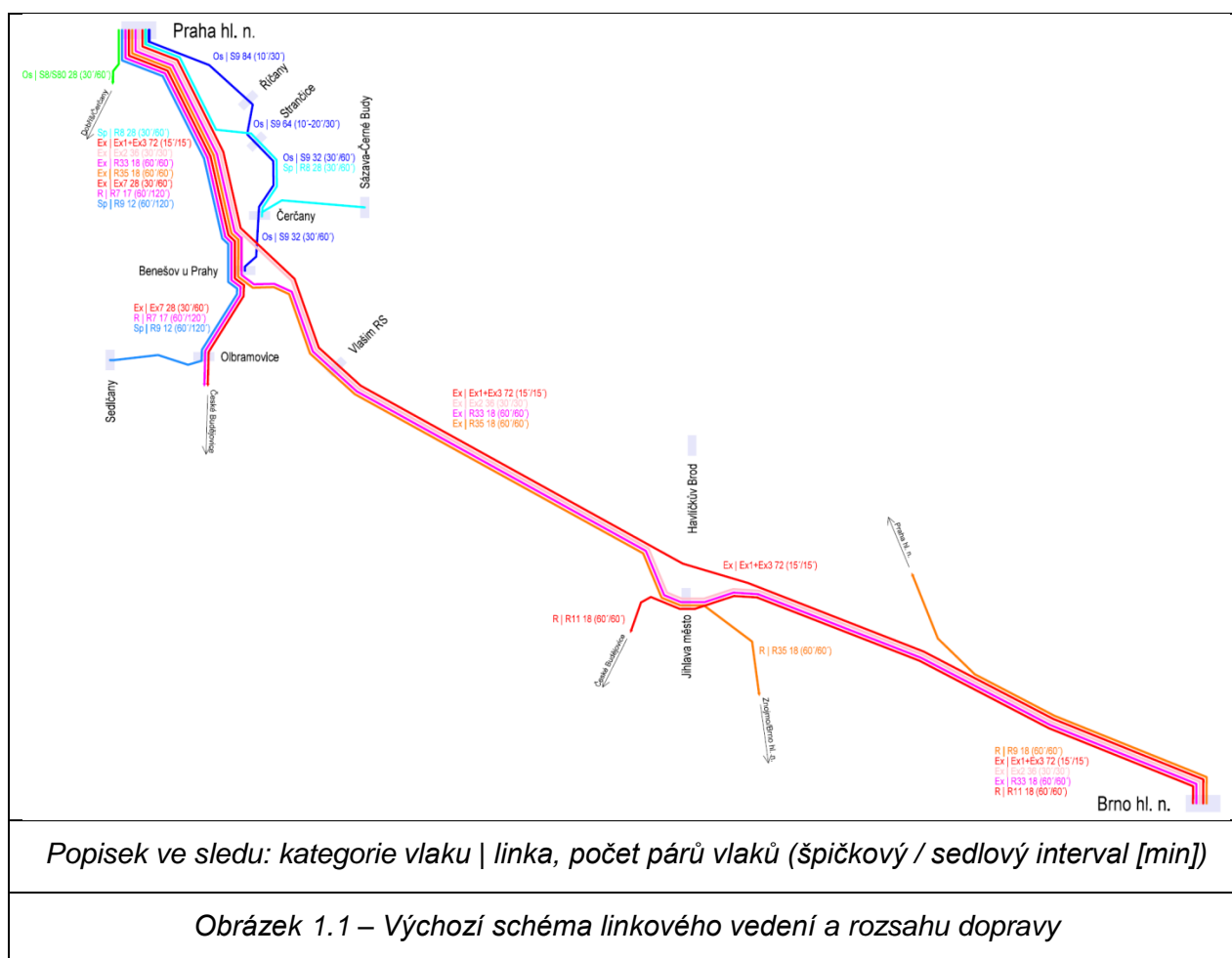
Pro úsek Benešov – Brno se jmenovitě jedná o následující linky a intervaly (intervaly uváděny v pořadí špička/sedlo, rozsah zastavování pouze v předmětném úseku Benešov – Brno):

- Ex (linka Ex1) Praha hl. n. – Brno hl. n. – Ostrava (–Krakow/Žilina), interval 30/30 minut, 36 párů vlaků (proklad s Ex3), zřejmě zastavující pouze ve stanici Brno hl. n., vysokorychlostní vozba;
- Ex (linka Ex2) Praha hl. n. – Jihlava město – Brno hl. n. – Zlín střed/Olomouc, interval 30/30 minut, 36 párů vlaků, zastavující ve stanici Brno hl. n., vysokorychlostní vozba;
- Ex (linka Ex3) (Berlin –) Praha hl. n. – Brno hl. n. – Budapest/Wien, interval 30/30 minut, 36 párů vlaků, zřejmě zastavující pouze ve stanici, vysokorychlostní vozba;
- Ex (linka R33) Praha hl. n. – Jihlava město – Brno hl. n., interval 60/60 minut, 18 párů vlaků, zastavující ve stanici zastavuje ve všech stanicích na RS, klasická vozba s maximální rychlostí do 200/230 km/h;
- Ex (linka R35) Praha hl. n. – Jihlava město – Znojmo/Třebíč, interval 60/60 minut, 18 párů vlaků, zastavující ve stanici zastavuje ve všech stanicích na RS, klasická vozba s maximální rychlostí do 200/230 km/h;

Kromě toho je částí dotčeného úseku vedena linka:

- R (linka R11) Brno – Jihlava – Jindřichův Hradec – České Budějovice, interval 60/60 minut, 18 párů vlaků, po VRT veden pouze v úseku Brno – Jihlava, zastavuje ve stanicích VRT (žst. Velké Meziříčí VRT), klasická vozba s maximální rychlostí do 200/230 km/h;
- a případně R (linka R9) Praha hl. n. – Kolín – Havlíčkův Brod – Křižanov – Brno, interval 60/60 minut, 18 párů vlaků, po VRT veden pouze v úseku Velké Meziříčí VRT – Brno, zastavuje ve stanicích VRT (žst. Velké Meziříčí VRT), klasická vozba s maximální rychlostí do 200/230 km/h.

Výše uvedený rozsah dopravy je uvažován jako návrhový, tedy takový, na který je dimenzována infrastruktura. V dalším textu je též označována jako „vyšší scénář“.



Z uvedeného rozsahu dopravy je ve vysokorychlostní vozbě prováděn úsekem Benešov – Brno pouze nejvyšší segment vlaků zahrnutých pod druh Ex v linkách Ex1, Ex2 a Ex3, přičemž linky Ex1 a Ex3 jsou vůči sobě proloženy na výsledný špičkový interval 15 minut. V prokladu na výsledný interval 30/30 minut jsou navrženy linky R33 a R35 na společném úseku Praha – Jihlava město.

Z přehledu vyplývá, že ve špičkové hodině se předpokládá provoz **8 (resp. až 9) párů vlaků**. Tento počet může být ještě navýšen o vlaky dalších operátorů, které by byly provozovány nikoliv na základě objednávky, nýbrž jako komerční produkt, tzv. na podnikatelské riziko. Na druhou stranu výše uvedený rozsah provozu, který představuje spíše maximální možný rozsah, není nijak garantován a ve skutečnosti může být nižší.

### 1.1.2 Upravený rozsah dopravy

Jako alternativa k výchozímu rozsahu dopravy byl proto zpracován „nižší scénář“, a to v reakci na možnosti provázení vlaků (konstrukci grafikonu vlakové dopravy). U nižšího scénáře je redukován rozsah vysokorychlostní dopravy ze 6 párů vlaků ve špičkové hodině na 3 páry.

Uvolněná kapacita je částečně využita pro trasování linky R9, obsluhující severní část kraje Vysočina (Havlíčkův Brod, Žďár nad Sázavou), která může využít VRT ve směru na Brno i na Prahu:

- R (linka R9) Praha hl. n. – Havlíčkův Brod – Křižanov – Brno, interval 60/60 minut, 18 párů vlaků, zastavuje ve stanicích VRT (žst. Velké Meziříčí VRT), klasická vozba s maximální rychlostí do 200/230 km/h.

### 1.1.3 Schémata linkového vedení

Pro jednotlivé výsledné varianty (N13 až N17) bylo zpracováno schéma linkového vedení, které je doloženo v přílohové části této zprávy (přílohy P.2.1, P.3.1 a P.4.1). Schéma linkového vedení je doloženo pro:

- variantu N13
- variantu N14 (platné i pro var. N16)
- variantu N17 (bez zast. Humpolec VRT platné i pro var. N15)

Základním rozdílem je vedení linek v oblasti kraje Vysočina, resp. existence a využití jednotlivých odboček či železničních stanic. Uvedená tři schémata se liší trasováním linky Praha – Havlíčkův Brod – Brno v nižším scénáři. Ve variantě N13 je využita spojka ze žst. Březinka do žst. Havlíčkův Brod, ve variantách N14 a N16 je využita modernizovaná trať Humpolec – Havlíčkův Brod (viz část C této dokumentace). Ve variantách N15 a N17 není Havlíčkův Brod ve směru na Prahu na VRT napojen, obsluhu regionu Humpolecka částečně řeší varianta N17 díky železniční stanici Humpolec VRT.

Další odlišnosti mohou být v oblasti železničního uzlu Jihlava (popsáno v samostatné kapitole této zprávy) a v oblasti železničního uzlu Brno (varianta jižního povrchového / severního tunelového zaústění). Uspořádání železničního uzlu Brno je řešeno v jiných dokumentacích, v této ÚTS jsou zpracovány jízdní doby pro obě uvažované varianty zaústění VRT.

## 1.2 Výpočet jízdních a cestovních dob

### 1.2.1 Vysokorychlostní jednotka a její vlastnosti

Pro výpočet je použita fiktivní vysokorychlostní jednotka s následujícími vlastnostmi: délka 200 m, 8 vozů – typově odpovídá jednotkám Zefiro, Velaro E nebo Frecciarossa 1000. V případě kloubové jednotky s Jacobiho podvozky by se jednalo o soupravu s 10 vozy – typově odpovídá jednotkám TGV, KTX Rotem, ale v tomto případě není distribuovaný pohon. Hmotnost plně obsazené a vyzbrojené jednotky 485 t, nápravový tlak  $\leq 17$  t. Maximální rychlost 350 km/h, jmenovitý trakční výkon 9,0 MW (= měrný výkon 20 kN / 1 t plně vyzbrojené neobsazené jednotky), distribuovaný pohon – 50 % náprav je hnacích, adhezní hmotnost je 225 t. Ke jmenovitému trakčnímu výkonu je potřeba přičíst ztráty na trakčních motorech, měničích, transformátorech, na sběrači a příkony pro vedlejší spotřebu, tzn. vozidlo celkem odebírá z troleje cca 11,0 MW. Součinitel rotujících hmot je uvažován v hodnotě 0,05. Pro výpočet součinitele adheze byl použit vzorec podle Curtius – Knifflera, součinitel využití adheze je uvažován v hodnotě 0,9. V případě vysokorychlostních jednotek však není adhezní omezení rozhodující, rozhodující je výrobcem uvedená maximální tažná síla. Ta např. činí 328 kN (Velaro pro RŽD), 370 kN (V300 Zefiro), 210 kN (KTX Rotem). V našem případě je uvažována hodnota 280 kN, což odpovídá jednotce Velaro E.

Pro výpočet vozidlového odporu jsou uvažovány tyto hodnoty:

- konstantní složka  $a = 1,0$  a
- lineární koeficient  $b = 0,002$ .

Pro výpočet kvadratického koeficientu (aerodynamický odpor) byly uvažovány tyto hodnoty:

- tvarový součinitel  $C_x = 1,05$ ,
- plocha průřezu vozidla  $11,5 \text{ m}^2$ ,
- měrná hustota vzduchu  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ .

Vzorec pro vozidlový odpor je  $W_v = 1,0 + 0,002 \cdot V + 0,000119 \cdot V^2 \text{ [N / kN]}$ .

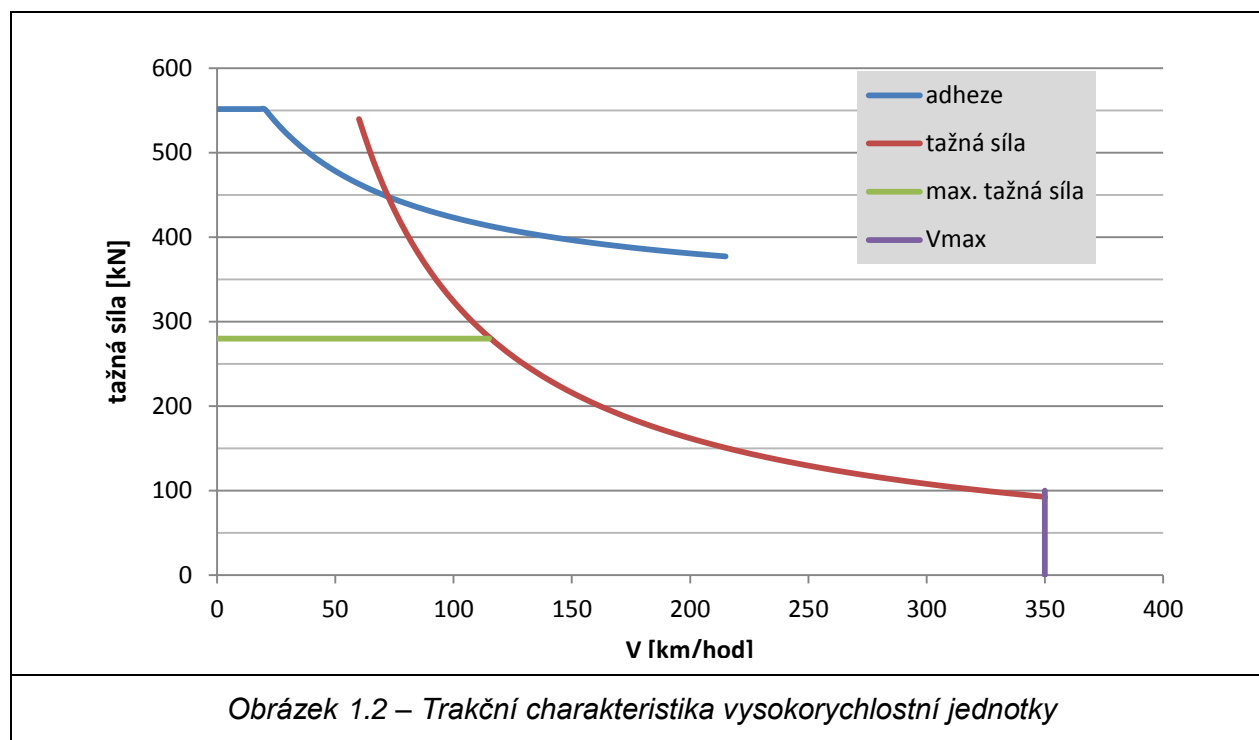
Dále jsou zohledněny následující požadavky TSI „Kolejová vozidla“ 2002/735/ES:

- pro zajištění řádné compatibility s ostatním vlakovým provozem musí být střední minimální zrychlení vypočítané v průběhu času na rovné trati  $0,48 \text{ m/s}^2$  pro rychlost 0 až 40 km/h,  $0,32 \text{ m/s}^2$  pro rychlost 0 – 120 km/h a  $0,17 \text{ m/s}^2$  pro rychlost 0 – 160 km/h;
- pro zajištění dostatečného trakčního výkonu, nesmí využití adheze překročit tyto hodnoty: při rozjezdu a dále až do rychlosti 100 km/h 25 %<sup>1</sup>, při 200 km/h 17,5 %.

---

<sup>1</sup> při tomto administrativním snížení hodnoty součinitele adheze již nebyl uplatněn součinitel využití adheze

Trakční charakteristika pro tento vlak má následující tvar:



### 1.2.2 Jízdní a cestovní doby

Kromě vysokorychlostní jednotky popsané v předchozí kapitole byly pro výpočet jízdních dob uvažovány tyto charakteristické vlaky:

- Ex/R –  $V_{\max} = 200$  km/h, lokomotiva řady 380, hmotnost plně obsazené soupravy 385 t odpovídá 7vozové soupravě, jízdní odpor  $R_k$  (zhruba odpovídá jednotce RailJet);
- Ex/R –  $V_{\max} = 230$  km/h, 7vozová jednotka řady 680 (Pendolino) – spíše jako vzorový vlak, v praxi mohou být nasazeny jiné jednotky a s jinou kapacitou, ale předpokládají se podobné dynamické vlastnosti.

Jízdní doby jsou počítány programem VlaDyka 1.12.3 se zohledněním odporů z tunelu v adekvátních hodnotách náležejících vysokým rychlostem, vozidlům atd. Takto získaná teoretická jízdní doba je opatřena lineární přírážkou ve výši 14 % pro vlaky využívající rychlostí nad 200 km/h (HST) a ve výši 9 % pro vlaky kategorie Ex atd. provozované do maximální rychlosti 200 km/h. V případě, že vlak projíždí souvisle delší úsek po konvenční síti a maximální rychlostí nepřekračuje 160 km/h, bylo užito přírážky ve výši 7 %. Výše přírážek, resp. metodika přírážkování teoretických jízdních dob běžná na síti SŽDC, s. o., je upravena ve shodě se závěry studie „Provozní řešení páteří železniční sítě s využitím vysokorychlostních tratí“ na hodnoty výše uvedené. Je tedy opuštěna aplikace standardní hodnoty 4 % (případně dalších hodnot dle UIC 451-1), běžně uplatňované na síti do maximální traťové rychlosti 160 km/h a související zaokrouhlování jízdních dob vzestupně na 0,5 minuty. Důvodem k úpravě, resp. doplnění metodiky přírážkování teoretických jízdních dob je předpoklad většího rizika



odchylek od pravidelné jízdní doby se zvyšujícími se provozními rychlostmi vlaků na trase s běžnými sklony do 20 ‰. Především vlivem sklonových poměrů dochází v mnoha úsecích k propadům rychlosti (ještě znatelnější při současném průjezdu tunely) a tyto propady jsou dle trakčních schopností následně vyrovnávány. Výše uvedené principy byly již uplatněny a odsouhlaseny ve studii VRT Praha – Brno, var. J (SUDOP PRAHA a.s., 06/2010).

Výsledky jsou podle jednotlivých variant tras a typů užití soupravy uvedeny v příloze P.1 této zprávy, následující tabulka shrnuje základní výsledky:

Var.	Relace	Délka	Jízdní doba [min]				
		[km]	VRJ (350)	VRJ (300)	Ex/R680 (230)	Ex/R680 (230) J	R (200) 380+385t
N13	Praha hl.n. - Brno hl.n.	214,626	58,8	62,8	75,9	81,0	95,3
	Brno hl.n. - Praha hl.n.		58,8	63,3	77,1	82,1	95,6
N14	Praha hl.n. - Brno hl.n.	208,474	57,3	61,5	74,8	79,8	89,6
	Brno hl.n. - Praha hl.n.		57,7	61,8	75,5	80,7	90,7
N15	Praha hl.n. - Brno hl.n.	209,168	57,5	61,8	74,6	79,6	89,8
	Brno hl.n. - Praha hl.n.		57,7	62,0	75,6	80,8	92,0
N16	Praha hl.n. - Brno hl.n.	208,901	57,1	61,7	74,3	79,3	89,6
	Brno hl.n. - Praha hl.n.		57,9	62,2	75,8	80,9	90,6
N17	Praha hl.n. - Brno hl.n.	206,639	60,6	63,8	75,1	80,3	96,8
	Brno hl.n. - Praha hl.n.		61,3	64,2	76,7	81,8	97,5
<ul style="list-style-type: none"><li>VRJ – vysokorychlostní jednotka, Ex/R680 – jednotka řady 680, R 380+385t lokomotiva řady 380 a 7 vozů, v závorce uvedena maximální rychlost</li><li>Uvedené cestovní doby jsou včetně pobytů v místech zastavení, ale bez zohlednění konstrukce GVD (pobyty uvažovány jednotně 2,0 min)</li><li>Pro žst. Brno hl.n. v podzemní poloze (severní, Petrov) je navíc úspora cestovní doby 1,8 až 2,6 min. (průměrně 2,25 min.); tato varianta zaústění VRT do ŽUB je zároveň o 3,475 km kratší</li><li>Všechny vlaky zastavují v žst. Praha-Zahradní Město</li><li>U Ex680 J a R 380+385t je z důvodu porovnání uvažováno se zastavením na hlavní trati (žst. Jihlava VRT)</li><li>U Ex680 J je uvažováno zastavení pouze v Jihlavě</li><li>U R 380+385t je navrženo zastavení dále v žst. Velké Meziříčí VRT a Humpolec (N17)/Březinka (N13)</li><li>Úsek Praha hl.n. – Praha-Zahradní Město byl převzat z jiných dokumentací</li></ul>							
Tabulka 1.1 – Souhrn cestovních dob							

Lze konstatovat, že symbolickou cestovní dobu Praha hl.n. – Brno hl.n. do 60 minut lze dosáhnout pouze ve variantách N13, N14, N15 a N16 s jednotkou o maximální rychlosti 350 km/h. Ve variantě N17 by to bylo možné za předpokladu severního zaústění do ŽUB nebo s vynecháním zastavení v žst. Praha-Zahradní Město. V případě využití jednotek s rychlostí 300 km/h je tato cestovní doba dosažitelná např. s vynecháním zastavení v žst. Praha-Zahradní Město (úspora cca 3,5 minuty cestovní doby).

### 1.3 Zabezpečení jízd vlaků, kapacita tratě

#### 1.3.1 Základní principy

Při aplikaci evropského vlakového zabezpečovače ETCS druhé úrovně (level 2) je trať rozdělena na prostorové oddíly. Odstup od předchozího vlaku je systémem automaticky udržován tak, aby vlak stihl bezpečně zastavit i v případě, kdyby předchozí vlak náhle zůstal stát, což by mohlo přicházet v úvahu zejména při neočekávané události. Zásadním rozdílem oproti běžným tratím nevybavených ETCS je to, že není definována zábrzdňá vzdálenost a prostorové oddíly mohou být podle potřeby i výrazně kratší než je běžné.

To umožňuje zkrátit odstup následných vlaků a tím zvýšit propustnost tratě. Informace o poloze vlaku spolu s jeho aktuální rychlostí a dalšími údaji jsou vysílány do radioblokové centrály (RBC), která vyhodnocuje situaci zejména s ohledem na polohu předchozího vlaku, připravenost vlakové cesty, plánovaná místa zastavení a dalších údajů a následně vlak dostává z RBC zpět takzvané oprávnění k jízdě do další části tratě. Kromě toho jsou údaje o okamžité rychlosti vysílány do RBS kontinuálně s polohou vlaku, která se vypočítává podle polohy poslední balízy a od ní ujeté vzdálenosti. V tomto případě je přijatelná nepřesnost nepřekračující hodnotu  $5\text{ m} + 5\%$  vzdálenosti od poslední balízy.

V případě potřeby dostává vlak pokyn ke snížení rychlosti, čili brzdňý systém se uvádí do činnosti. Právě kalkulace a stanovení brzdňých křivek je velmi důležitou součástí principu fungování ETCS. Ty se stanovují podle skutečných brzdících procent každého jednotlivého vlaku, jakmile je přihlášen do systému. Při potřebě snížit rychlost se přihlíží nejenom k brzdňé dynamice, ale také k charakteru vpředu ležícího úseku tratě (spád, stoupání).

Je potřeba zdůraznit, že zde nastává spolupráce a také dělba zodpovědnosti mezi provozovatelem vozidla, které je vybaveno vozidlovou částí ETCS (a je tedy jeho majetkem) a manažerem infrastruktury, v jehož správě je trať včetně pevných zařízení ETCS. Přitom vozidlo může přecházet i na síť jiných správců infrastruktury a vozidlová část ETCS musí spolehlivě spolupracovat i s pevnými zařízeními ETCS, jimiž jsou tratě jiných správců vybaveny, včetně možných odchylek v požadavcích na bezpečnostní zálohy (tzv. národní hodnoty ETCS). Proto hlavní podmínkou je, aby chování vlaku z pohledu dodržování brzdňých křivek bylo plně předvídatelné.

Zařízení na vozidle neustále zobrazuje na displeji dovolenou rychlost v následujícím úseku trati a strojvedoucí by měl tuto rychlost vlaku udržovat co nejtěsněji. Pokud strojvedoucí nereaguje na pokyn ke snížení rychlosti, je tento pokyn ještě jednou opakován za pomoci výraznější vizualizace a zvukové výstrahy a jestliže ani potom strojvedoucí nereaguje, zařízení přebírá vedení vlaku a brzdí podle křivky nouzového brzdění.




V běžném provozu se však brzdňá křivka, která je spolurozhodující pro odstup dvou následných vlaků, odvozuje od normálního provozního brzdění. Z tohoto principu vycházejí i výpočty v této studii. Existují i názory, že odstup následných vlaků lze zkrátit a využít křivku nouzového brzdění s podstatně vyšší hodnotou brzdňého zpomalení. V tomto případě se vychází z předpokladu, že odstup následného vlaku se může od předchozího zkrátit, protože i předchozí vlak brzdí provozním brzděním a není důvod, aby se odstup náhle snížil. Samozřejmě kromě

neočekávaných událostí, a právě v těchto situacích by následující vlak využil jako mimořádné řešení křivku nouzového brzdění.

Použití brzd využívajících ke zpomalení vířivých proudů je možnost, jak dobu, resp. dráhu nouzového brzdění zkrátit. U těchto brzd nedochází k mechanickému tření a jsou nezávislé na adhezi mezi kolejnicí a kolem, což je výhodné při vysokých rychlostech a špatných adhezních podmínkách. Navíc odpadá opotřebení brzdnych kotoučů. Nežádoucím účinkem těchto brzd jsou zahřívání kolejnic a tendence zvedat kolejnice.

### 1.3.2 Propustnost vysokorychlostní tratě, obecné podmínky

Tranzitní železniční koridory ČR budou postupně vybaveny zabezpečovačem ETCS 2, aby bylo dosaženo interoperability. Návěstní předpisy již na toto pamatují a definují například tyto návěsti:

		
vstup do oblasti ETCS úrovně 2	neproměnné návěstidlo ETCS, v podstatě označuje konec úseku, vozidlo ho nesmí projet v případech stanovenými provozními předpisy	výstupní hranice oblasti ETCS
Obrázek 1.3 – Příklad návěstí ETCS		

Tyto návěsti ovšem nejsou určeny pro tratě s provozem zabezpečeným pouze pomocí ETCS L2. Výpočet propustnosti na vysokorychlostních tratích není v podmínkách České republiky upraven žádným předpisem. Samozřejmě však lze vycházet z obvyklých zásad, že následné mezidobí bude nejmenší hodnota z odjezdového, příjezdového a dílčích traťových mezidobí. Odjezdové mezidobí bude typicky rozhodující pro sled rychlý / pomalý a příjezdové mezidobí pro sled pomalý / rychlý. Kromě důležité role brzdnych křivek přepočtených na délku a čas, které jsou potřebné k zastavení, je velmi důležité, jak dlouhé budou jednotlivé úseky. Podle zahraničních zkušeností činí obvyklá délka 1600 – 2000 m.

Teoretickou velikost následného mezidobí pro následné vysokorychlostní vlaky pak lze určit výpočtem<sup>2</sup>:

prvek, činnost	hodnota	čas [s]	poznámka
doba potřebná na projetí oddílu	2000 m	21	oddíl o délce 2000 m
uvolnění oddílu	200 m	2,1	délka vlaku
identifikace polohy vlaku na hranici oddílu	2 s	2	odeslání zprávy do RBC
zpracování informace v RBS, vytvoření „oprávnění k jízdě“	5 s	5	
přenos oprávnění na vlak	2 s	2	
příjem informace na vlaku	1 s	1	včetně aktualizace informací na zobrazovacích panelech (rozhraní pracoviště / strojvedoucí)
doba reakce brzdy	3 s	3	
doba reakce strojvedoucího	6 s	6	
bezpečnostní vzdálenost	300 m	3,1	rozdíl mezi bodem, kde končí oprávnění k jízdě a referenčním bodem
odchylka rychloměru	160 m	1,6	uvažována ± 2%, nejhorší možný případ
brzdná vzdálenost	7880 m	81	provozní brzdění, 0,6 m*s <sup>-2</sup>
součet		128	
teoretická hodinová kapacita	3600 : 128 =		28 tras
<b>praktická hodinová kapacita</b>	3600 * 0,75 : 128 =		<b>21 tras</b>
<i>Poznámka: pro tento způsob provozu nejsou dohodnuty exaktní české pojmy, výše použité pocházejí z překladů a nemusí být optimálně zvoleny.</i>			
<i>Tabulka 1.2 – Výpočet teoretické velikosti následného mezidobí</i>			

Spočtená hodinová kapacita platí pro rovnoběžný grafikon a nebere ohled na situaci v ohraničujících dopravních – zdali vlaky přijíždějí/odjíždějí na/z téže koleje nebo je pro stejný směr více nástupištních hran. A ani v praxi se tak vysoké využití tratě nevyskytuje. Jak ukazují zahraniční zkušenosti, nejvyšší využití vysokorychlostních tratí je v Japonsku. Tokaido Shinkansen provádí ve špičkových časech až 14 párů vlaků za hodinu, přičemž zastavovací schéma není u všech vlaků stejné.

Častěji zastavující vlaky jsou na trase několikrát předjížděny rychlejšími. Ve Francii je ve špičkových časech vedeno až 12 párů vlaků za hodinu, v Německu a Španělsku je četnost nižší. Řeč je pouze o vysokorychlostních jednotkách. Zahraniční zkušenosti a názory odborníků např. ze společnosti SYSTRA ukazují, že praktická kapacita vysokorychlostní tratě může maximálně činit 12 – 14 vlaků.

<sup>2</sup> zdroj: „Zkrácení následného mezidobí na vysokorychlostních tratích“ (Daniel Emery, příspěvek na 9. Swiss Transport Research Conference, září 2009)

Výpočet je přesný jen přibližně – o všech jednotlivých vstupech lze vést diskuse. Zejména o délce oddílu, hodnotě provozního brzdného zpomalení a o časech na zpracování a přenos dat. Hodnota provozního brzdění se v různých podkladech uvažuje od  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  do  $7\%g$  ( $=0,687 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ). Délka oddílu je dosti zásadní. V úsecích s traťovou rychlostí 300 – 350 km/h je délka 1600 -2000 m přiměřená, ovšem pokud bychom stejnou délku oddílů zachovávali i tam, kde se trať zaústí do městských aglomerací a traťová rychlost klesá a pak dále klesá při vjezdu do místa zastavení, tak to by mělo negativní dopady na následné mezidobí a propustnost.

Např. projetí oddílu o délce 1600 m rychlostí 70 km/h trvá 83 s, zatímco projetí téhož oddílu rychlostí 350 km/h trvá 17 s. Proto se kvůli dosažení co nejkratšího následného mezidobí doporučuje s klesající rychlostí úměrně zkracovat i prostorové oddíly. A sice tak, že doba potřebná na projetí oddílu je konstantní. V našem případě byla zkusmo zvolena hodnota 2000 m pro úseky s rychlostí 300 km/h a vyšší a u ostatních částí tratě hodnoty, které zhruba odpovídají době 15 s, potřebné na projetí jednoho oddílu:

traťová rychlost	délka oddílu ETCS	traťová rychlost	délka oddílu ETCS
60	250	160	700
80	350	180	750
100	450	200	850
120	500	250	1100
140	600	300 – 350	2000
<i>Tabulka 1.3 – Délky oddílů ve vztahu k traťové rychlosti</i>			

Ideálně by délky oddílů měly být vztaženy spíše k reálně dosažitelné než traťové rychlosti, ale takové podrobné dořešení této problematiky bude námětem pro další odborné práce v oblasti přípravy systému RS/VRT v České republice.

## 2 Provozní řešení

### 2.1 Schéma provázení vlaků

Provozní řešení vychází z předem stanovených počtů vlaků a jejich kategorií. V rámci územně technické studie nebyla zpracovávána přepravní prognóza a rozsah dopravy nebyl posouzen z hlediska potenciálního přepravního využití. Uvažovaný rozsah dopravy tak lze chápat jako návrhový – tedy takový, na který jsou navrhovány jednotlivé prvky železniční infrastruktury.

Vzhledem k variabilitě technického řešení je základní provozní koncept nastíněný v části kapitoly 1.1.1 mírně modifikován podle toho, jakým způsobem je trať zaústěna do žst. Jihlava a současně se tyto koncepty liší zapojením žst. Havlíčkův Brod. Bližší specifika jednotlivých odlišností jsou uvedena v části A.2 Technická zpráva. Z provozního hlediska si jsou tyto varianty blízké.

Varianta N17 se od varianty N13 a varianty N14 (pod N14 jsou vzaty i varianty N15 a N16, které si jsou vzájemně provozně blízké) liší absencí rychlíkové linky Praha – Havlíčkův Brod – Brno (pouze pro nižší scénář), jelikož zde není napojení z VRT. Současně ale varianta N17 vykazuje horší jízdní doby a provázení vlaků je zde o to složitější. Jsou zde nucená stání linky R České Budějovice – Jihlava – Brno v žst. Velké Meziříčí VRT z důvodu nutnosti předjetí rychlejšími vlaky ve směru Jihlava – Brno. Následně jsou zde nucená stání z téhož důvodu v žst. Buková Lhota (obousměrně) u vlaků linky R Praha – Jihlava – Znojmo/Třebíč. Tato potřeba nastává pouze u vyššího scénáře rozsahu dopravy. Zmíněnou skutečnost zobrazují přílohy se schématy provázení vlaků. Spolu s těmito schématy jsou přiložena linková vedení pro jednotlivé varianty a opět s rozlišením na nižší a vyšší scénář rozsahu dopravy.

U souboru variant sloučených pod označení N14 je umožněn průvoz všech vlaků bez nuceného stání pro předjetí. V několika případech je ovšem doba následných příjezdů hraniční. Pokud by linka pomalejšího vlaku byla po dotčení VRT delší, musely by být vlaky taktéž předjížděny ve vhodných žst. V tomto souboru u variant N14 a N16 je možnost napojení na novou trať Humpolec – Havlíčkův Brod, jež umožní přímé napojení do Havlíčkova Brodu a následně po stávající trati do Velkého Meziříčí (s obsluhou žst. Žďár nad Sázavou), následně se opět napojí na řešenou VRT po spojení Křižanov – Velké Meziříčí VRT.

Schéma provázení vlaků je doloženo v přílohové části této zprávy pro:

- variantu N13
- variantu N14 (přiměřeně platné i pro var. N16)
- variantu N17 (bez zast. Humpolec VRT přiměřeně platné i pro var. N15)

## 2.2 Dopravny na vysokorychlostní trati

Na navrhované vysokorychlostní trati se předpokládá rozmístění několika dopravních stanic různého účelu a rozsahu. V první řadě jsou to železniční stanice, umožňující předjíždění vlaků, případně i nástup a výstup cestujících (dopravní terminály) a nebo napojení areálu údržby. Dále jsou to odbočky

### 2.2.1 Železniční stanice

Železniční stanice jsou rozmístěny tak, aby jejich situování korespondovalo s možným využitím nejenom v případě mimořádných událostí, ale i v běžném provozu. Na navazujícím úseku tratě mezi Prahou a Benešovem je navržena žst. Buková Lhota (km 38,8). Ideální rozmístění po cca 40 km (km 80, km 120 – Jihlava, km 160 – Velké Meziříčí, km 200 – Brno) není v návrhu jednotlivých variant dodrženo právě v oblasti km 80 (odb. Studený), kde je navrženo pouze kolejové propojení, neboť okolní oblast je velmi řídko osídlena a pravidelné provozní využití by bylo zanedbatelné. Nicméně přesto přímý úsek (cca 2 km) ve sklonu 10 ‰ umožňuje umístění železniční stanice v případě, že se její nezbytnost v budoucnu ukáže.

Umístění železniční stanice s potenciálem pro obsluhu území v oblasti Havlíčkův Brod – Humpolec se ukázalo vzhledem k reliéfu terénu jako velmi obtížné. Železniční stanice, nahrazující km 80,0, jsou navrženy ve variantě N13 (žst. Březinka v km 111,9 v místě sjezdu do Havlíčkova Brodu) a N17 (žst. Humpolec VRT v km 103,0).

Zvláštním případem je oblast Jihlavy, kde jsou mezi odbočkami z vysokorychlostní tratě (pro oba směry do uzlu Jihlava) umístěny předjízdny koleje tak, aby odbočné výhybky neležely v hlavní trati, ale ve sjezdech. U těchto předjízdných kolejí lze umístit nástupiště pro zastavení mezinárodních vlaků Ex v oblasti Jihlavska (bez zajištění do uzlu).

### 2.2.2 Odbočky (napojení do konvenční sítě)

Odbočky jsou umístěny v místech, kde se předpokládá pravidelný (a smysluplný) přechod vlaků z vysokorychlostní tratě do konvenční sítě. Jedná se o obsluhu oblasti Benešovska, Humpolecka, Havlíčkobrodsko, Jihlavy a Žďáru nad Sázavou. Realizace odboček je závislá na zvolené variantě, provozním konceptu a v neposlední řadě na ekonomické efektivitě. Odbočky jsou navrhovány mimoúrovňově (vyjma odb. Brno-Vídeňská, která je ale prakticky již mimo technicky řešený úsek).

### 2.2.3 Kolejová propojení

Z důvodu zajištění provozu při rozsáhlejší údržbě či opravách nebo mimořádných událostech jsou na trati navržena kolejová propojení, a to zhruba po 20 km. Umístění kolejových propojení je limitováno možností návrhu přímého úseku trasy v přiměřeném sklonu (pokud možno do 10 ‰).

## 2.2.4 Seznam dopraven na vysokorychlostní trati Benešov – Brno

V následujících tabulkách je uveden seznam dopraven (železničních stanic, odboček a kolejových propojení) pro sledované varianty N13 až N17.

Staničení	Dopravna	Poznámka
49,995	odb. Dobříčkov	alternativa - mimoúrovňové odbočení směr Benešov
59,019	odb. Radošovice	kolejové propojení
80,841	odb. Studený	kolejové propojení
111,932	<b>žst. Březinka</b>	železniční stanice, možnost umístění nástupišť
130,343	odb. Dobronín	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
132,395	<b>žst. Jihlava VRT</b>	alternativa - předjízdne koleje s nástupišti
134,679	odb. Měšín	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
146,727	odb. Meziříčko	kolejové propojení
166,388	<b>žst. Velké Meziříčí VRT</b>	železniční stanice s nástupišti
177,500	odb. Velká Bíteš	kolejové propojení
192,700	odb. Veverské Knínice	kolejové propojení
211,764	odb. Brno – Vídeňská	kolejové propojení, pouze ve var. jižního napojení do ŽUB
<i>Tabulka 2.1 – Seznam dopraven, varianta N13</i>		

Staničení	Dopravna	Poznámka
49,995	odb. Dobříčkov	alternativa - mimoúrovňové odbočení směr Benešov
61,200	odb. Polánka	kolejové propojení
81,660	odb. Studený	kolejové propojení
102,537	odb. Vysrčkov	kolejové propojení
120,709	odb. Antonínův Důl	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
125,293	<b>žst. Jihlava VRT</b>	alternativa - předjízdne koleje s nástupišti
126,947	odb. Měšín	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
140,575	odb. Meziříčko	kolejové propojení
160,236	<b>žst. Velké Meziříčí VRT</b>	železniční stanice s nástupišti
171,348	odb. Velká Bíteš	kolejové propojení
186,548	odb. Veverské Knínice	kolejové propojení
205,612	odb. Brno – Vídeňská	kolejové propojení, pouze ve var. jižního napojení do ŽUB
<i>Tabulka 2.2 – Seznam dopraven, varianta N14</i>		



Staničení	Dopravna	Poznámka
49,995	odb. Dobříčkov	alternativa - mimoúrovňové odbočení směr Benešov
59,019	odb. Radošovice	kolejové propojení
80,841	odb. Studený	kolejové propojení
99,000	odb. Světlice	kolejové propojení
118,971	odb. Štoky	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
125,985	<b>žst. Jihlava VRT</b>	alternativa - předjízdne koleje s nástupišti
127,641	odb. Měšín	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
141,269	odb. Meziříčko	kolejové propojení
160,930	<b>žst. Velké Meziříčí VRT</b>	
172,042	odb. Velká Bíteš	kolejové propojení
187,242	odb. Veverské Knínice	kolejové propojení
206,306	odb. Brno – Vídeňská	kolejové propojení, pouze ve var. jižního napojení do ŽUB
<i>Tabulka 2.3 – Seznam dopraven, varianta N15</i>		

Staničení	Dopravna	Poznámka
49,995	odb. Dobříčkov	alternativa - mimoúrovňové odbočení směr Benešov
61,200	odb. Polánka	kolejové propojení
81,660	odb. Studený	kolejové propojení
118,059	odb. Smrčná	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
125,720	<b>žst. Jihlava VRT</b>	alternativa - předjízdne koleje s nástupišti
127,374	odb. Měšín	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
141,002	odb. Meziříčko	kolejové propojení
160,663	<b>žst. Velké Meziříčí VRT</b>	železniční stanice s nástupišti
171,775	odb. Velká Bíteš	kolejové propojení
186,975	odb. Veverské Knínice	kolejové propojení
206,039	odb. Brno – Vídeňská	kolejové propojení, pouze ve var. jižního napojení do ŽUB
<i>Tabulka 2.4 – Seznam dopraven, varianta N16</i>		

Staničení	Dopravna	Poznámka
49,995	odb. Dobříčkov	alternativa - mimoúrovňové odbočení směr Benešov
59,019	odb. Radošovice	kolejové propojení
80,841	odb. Studený	kolejové propojení
102,988	<b>žst. Humpolec VRT</b>	železniční stanice s nástupišti (alternativně zastávka)
104,785	odb. Černák	kolejové propojení
120,563	odb. Antonínův Důl	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
125,036	<b>žst. Jihlava VRT</b>	alternativa - předjízdne koleje s nástupišti
126,692	odb. Měšín	mimoúrovňové odbočení směr Jihlava
138,740	odb. Meziříčko	kolejové propojení
158,401	<b>žst. Velké Meziříčí VRT</b>	železniční stanice s nástupišti
169,513	odb. Velká Bíteš	kolejové propojení
184,713	odb. Veverské Knínice	kolejové propojení
203,777	odb. Brno – Vídeňská	kolejové propojení, pouze ve var. jižního napojení do ŽUB
<i>Tabulka 2.5 – Seznam dopraven, varianta N17</i>		

## 2.3 Obsluha železničního uzlu Jihlava

Železniční uzel Jihlava, respektive celá oblast Jihlavska, je velmi důležitým místem na celé trati. Z předchozích prací, kde byla posuzována přepravní poptávka ve vysokorychlostní dopravě, vyplývá, že tato oblast má potenciál cca 20 % cestujících. To je rozhodně důvodem k přímé obsluze města alespoň částí linek ve směru do Prahy a Brna. Na druhou stranu situování železničního uzlu mimo hlavní trasu by mohlo být omezujícím místem jak pro kapacitu (zdvojené jízdy oblastí Pávov – odb. Bedřichov), tak pro délku cestovních dob mezinárodních vlaků. Z tohoto pohledu tedy existují 2 problémové okruhy:

- Způsob přímé obsluhy Jihlavy na trasu VRT
- Způsob obsluhy oblasti mezinárodními vlaky

Nový způsob řešení obsluhy Jihlavska zároveň vyvolává potřebu zřízení nového dopravního terminálu, kde bude řešena nejen kolejová a nástupištní kapacita, ale i prostor pro návazné služby, parkování a podobně. Územně technické řešení jednotlivých variant vytváří určité limity pro řešení těchto problémových okruhů. Z tohoto pohledu lze vnímat dvě možnosti řešení:

### 2.3.1 Úvrat'ové napojení ŽU Jihlava

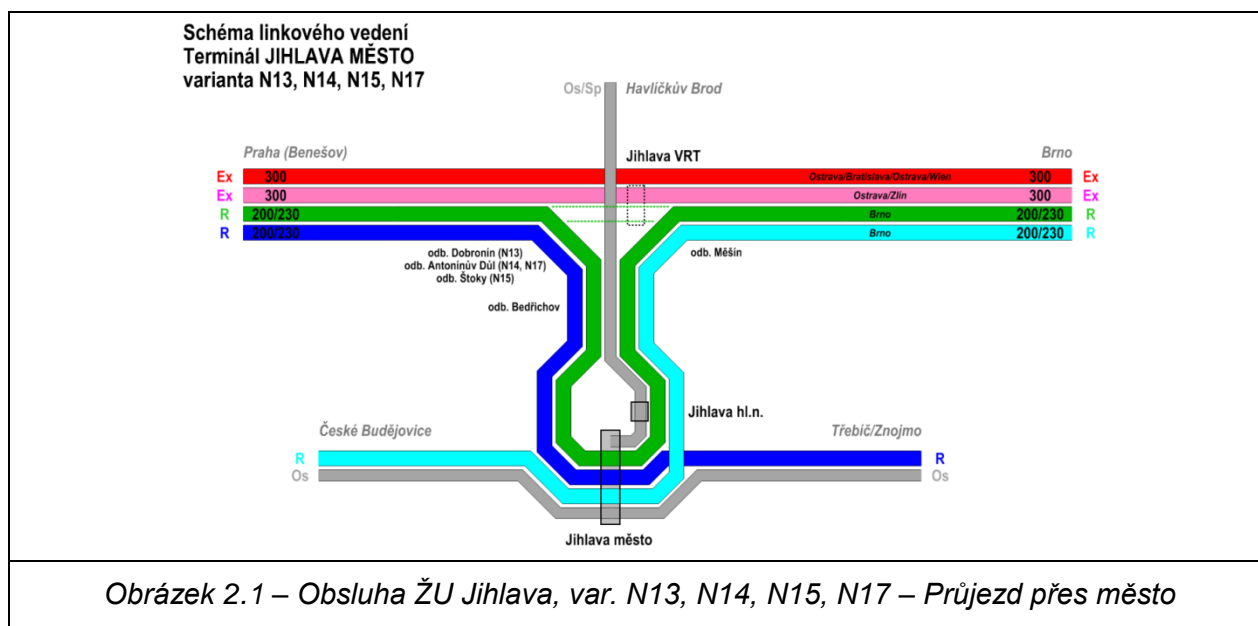
Systémově úvrat'ové napojení se severu platí pro varianty N13, N14, N15 a N17. ŽU Jihlava je na vysokorychlostní trať napojen jednou spojnici, která je vedena oblastí Pávov – Bedřichov v souběhu se silnicí I/38 zkapacitněným koridorem tratě 225 (zdvoukolejnění).

V tomto případě se nabízí několik možností způsobu řešení včetně umístění terminálu osobní dopravy, což dokumentuje následující tabulka:

Označení	Terminál	Orientační cestovní doba pro R
Zastavení na VRT	Žst. Jihlava VRT	6,7 min
Úvrat' hlavní nádraží	Žst. Jihlava hl.n.	16,7 min
Úvrat' město (HL)	Žst. Jihlava město (trasa přes hlavní nádraží)	20,5 min
Úvrat' město (NT)	Žst. Jihlava město (trasa po nové spojnici podél I/38)	18,7 min
Průjezd přes město	Žst. Jihlava město (oboustranné napojení)	16,5 min
Pozn.: 1) Cestovní doby jsou orientační, v jednotlivých variantách se mohou mírně lišit 2) Cestovní doby jsou uvažovány od odbočení sjezdu z trasy VRT (odb. Dobronín / odb. Antonínův Důl / odb. Štoky) po zpětné napojení (odb. Měšín) 3) Pro mezilehlé zastavení je uvažován pobyt 2,0 min, pro úvrat' 5,0 min		
Tabulka 2.6 – Cestovní doby v uzlu Jihlava		

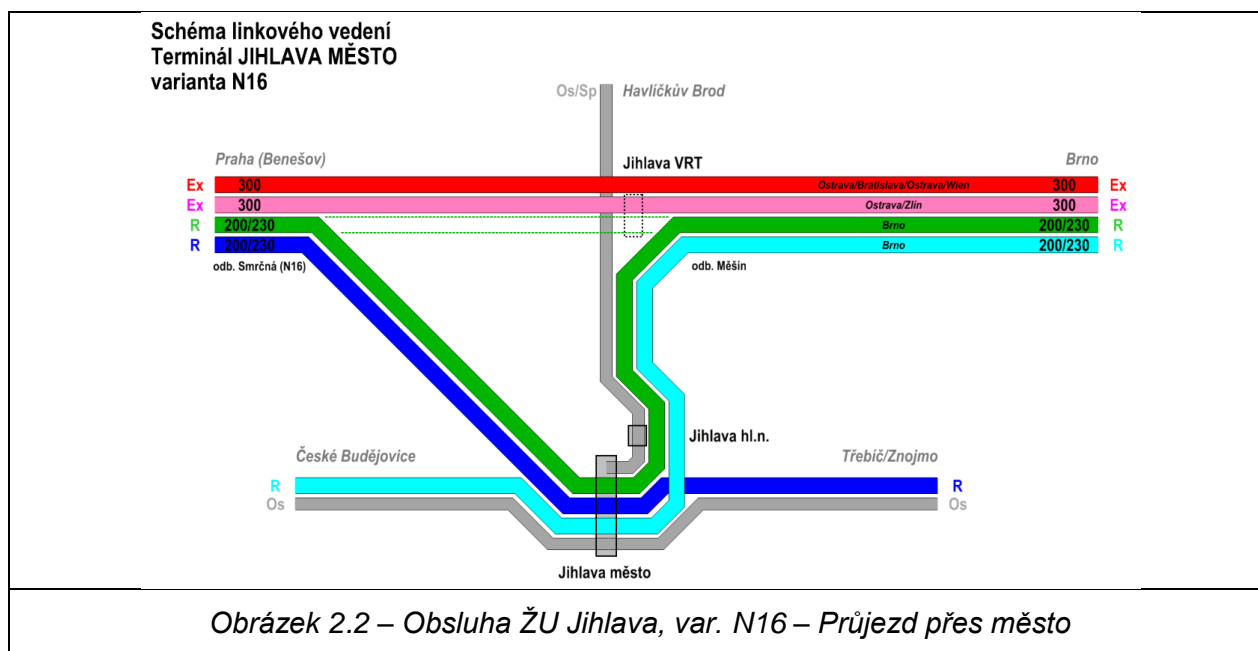
Lze konstatovat, že přímá obsluha města Jihlava průjezdnými vlaky Praha – Brno znamená zdržení cca 10 minut oproti zastavení na trase VRT mimo Jihlavu, a to jak pro případ terminálu žst. Jihlava hlavní nádraží, tak pro případ žst. Jihlava město. Bude-li terminál v žst. Jihlava město, bude pro plnohodnotnou obsluhu nutné nové propojení do tratě 240 ve směru na

Okříšky (Znojmo, Třebíč). Rozhodnutí bude tedy záviset jednak na ekonomickém posouzení a jednak na možnostech využitelnosti okolního území a koncepce města.



### 2.3.2 Částečně průjezdné napojení ŽU Jihlava

Částečně průjezdné uspořádání nabízí varianta N16 díky umístění odb. Smrčná, která umožňuje přímé napojení terminálu Jihlava město na VRT směr Praha.



V tomto případě je cestovní doba se zastavením mimo Jihlavu (v žst. Jihlava VRT) cca 6,6 min a při průjezdu městem pak cca 16,5 min, rozdíl (zdržení) tedy činí rovněž cca 10 min.

### 3 Závěrečné shrnutí

V rámci provozního řešení byly posouzeny všechny sledované varianty (N13, N14, N15, N16 a N17). Zatímco první čtyři jmenované představují trasu na 350 km/h, varianta N17 představuje jisté rychlostní i sklonové omezení ve střední části (odb. Studený – Jihlava), což se částečně negativně projevuje na cestovních dobách (což pro nejvyšší kategorii vlaků představuje prodloužení jízdní doby o cca 2,0 až 3,5 min oproti ostatním variantám).

Pro všechny varianty byly uvažovány dva scénáře rozsahu dopravy:

- vyšší scénář, dohodnutý jako vstupní a dále uvažovaný jako návrhový, který představuje 8 až 9 párů vlaků ve špičkové hodině
- nižší scénář, kde je redukován počet vlaků nejvyšších kategorií, ale naopak doplněn v segmentu vlaků R, který reprezentuje 5 až 6 párů vlaků ve špičkové hodině

Celkově lze konstatovat, že navrhovaná trasa je bez zásadních kapacitních omezení, neboť všechny pravidelně využívané odbočky jsou řešeny mimoúrovňově. Mohou ovšem vznikat omezení při konstrukci grafikonu vlakové dopravy díky tomu, že se předpokládá využití tratě vlaky různých charakteristik a rychlostí. Tato omezení závisí na konstrukčních požadavcích v navazujících železničních uzlech a lze je intenzivněji vnímat u vyššího scénáře (8 párů vlaků ve špičkové hodině), jsou však řešitelná například drobným zpomalením některých vlaků nebo předjetím v dopravnách, kde je uvažováno pravidelné zastavování.

Na základě provedeného stanovení cestovních dob lze konstatovat, že symbolickou cestovní dobu Praha hl.n. – Brno hl.n. do 60 minut lze dosáhnout pouze ve variantách N13, N14, N15 a N16 s jednotkou o maximální rychlosti 350 km/h. Ve variantě N17 by to bylo možné za předpokladu severního zaústění do ŽUB nebo s vynecháním zastavení v žst. Praha-Zahradní Město. V případě využití jednotek s rychlostí 300 km/h je tato cestovní doba dosažitelná např. s vynecháním zastavení v žst. Praha-Zahradní Město (úspora cca 3,5 minuty cestovní doby).

Kromě této zprávy a jejích příloh jsou výstupem provozního řešení i grafy rychlosti, zařazené do výkresové části této dokumentace.

## **4 Přílohy**

- P.1 Cestovní doby
- P.2.1 Schéma linkového vedení, varianta N13
- P.2.2 Schéma provázení vlaků, varianta N13, vyšší scénář
- P.2.3 Schéma provázení vlaků, varianta N13, nižší scénář
- P.3.1 Schéma linkového vedení, varianta N14
- P.3.2 Schéma provázení vlaků, varianta N14, vyšší scénář
- P.3.3 Schéma provázení vlaků, varianta N14, nižší scénář
- P.4.1 Schéma linkového vedení, varianta N17
- P.4.2 Schéma provázení vlaků, varianta N17, vyšší scénář
- P.4.3 Schéma provázení vlaků, varianta N17, nižší scénář