

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní

Czech Technical University in Prague
Faculty of Transportation Sciences

Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.

Obsluha území vysokorychlostními železničními systémy

Service of High Speed Railway Systems in Region

Summary

Nowadays passenger and freight railway transport has not possibility for fully using its advantages in the Czech Republic – it does not come up to sufficient commercial speed in comparison with other modes of transport in potential attractive relations and it has almost full capacity in the competitive routes. The solution consists in constructing of high-speed railway lines which comprise so-called high-speed railway system with some modernized existing lines and connecting lines to so-called conventional railway network. After the opening description of the development of high-speed railway transport in the Czech Republic this paper deals with the various attitudes towards operating and technical parameters of the high-speed railway system. This work presents author's own methodology that compares railway lines projects which consists in the calculation internal costs of the specific line section. Subsequently this methodology is applied for Praha – Brno high-speed railway line construction that is being prepared. Evaluated projects are studies “VRT Praha – Brno” from SUDOP PRAHA company and this study modified by this paper author. The modified study keeps the directional layout of the original project and modifies the vertical alignment of the railway line and traffic conception.

Souhrn

Osobní i nákladní železniční doprava nemá v současnosti v České republice možnost naplno využívat svých výhod – na potenciálně atraktivních relacích nedosahuje v porovnání s ostatními druhy dopravy dostatečné cestovní rychlosti a na trasách, na nichž je konkurenceschopná, má již téměř naplněnou kapacitu. Řešení spočívá mimo jiné v budování vysokorychlostních železničních tratí, které spolu s některými modernizovanými úseky stávajících tratí a spojovacími tratěmi s tzv. konvenční železniční sítí tvoří tzv. vysokorychlostní železniční systém. Po úvodním popisu vývoje vysokorychlostní železniční dopravy v České republice se tato přednáška věnuje různým přístupům k provozním i technickým parametrům vysokorychlostního železničního systému. Tato práce dále představuje vlastní autorovu metodiku porovnávání projektů železničních tratí, jež spočívá v kalkulaci interních nákladů určitého trat'ového úseku. Tato metodika je následně aplikována na připravovanou stavbu vysokorychlostní trati Praha – Brno. Posuzovanými projekty jsou studie „VRT Praha – Brno“ od firmy SUDOP PRAHA a.s. z roku 2010 a upravená verze této studie autorem této přednášky, která z původního projektu zachovává směrové řešení a upravuje průběh nivelety trati a provozní koncepci.

Klíčová slova: dopravní obsluha území; veřejná hromadná doprava; vysokorychlostní železniční doprava; finanční náklady

Keywords: traffic service in region; public mass transport; high speed railway system; financial costs

Obsah

1 Úvod	6
2 Vysokorychlostní železniční doprava a Česká republika	7
2.1 Historický vývoj	8
2.2 Současnost	8
3 Vztah mezi konvenčním a vysokorychlostním železničním systémem	9
3.1 Typologie vztahu mezi konvenčním a vysokorychlostním železničním systémem	9
3.2 Nákladní vlaky na vysokorychlostní trati	11
3.3 Komplikace při provozu konvenčních vlaků po vysokorychlostní síti	11
4 Metodika porovnávání projektů	12
4.1 Tabulka I. „provoz“	13
4.2 Tabulka II. „soupravy“	14
4.3 Tabulka III. „jednotkové investiční náklady na infrastrukturu“	14
4.4 Tabulka IV. „infrastruktura a provoz na ní“	14
4.5 Tabulka V. „úseky s konstantním provozem“	15
4.6 Tabulka VI. „rekapitulace“	16
5 Vysokorychlostní železniční spojení Praha – Brno	16
5.1 Popis klíčových projektů a jejich parametrů	16
5.1.1 Studie 1995	16
5.1.2 Studie 2010	17
5.1.3 LT 2012	19
5.2 Aplikace metodiky na projekty „Studie 2010 – varianta H4“ a „LT 2012“	20
5.2.1 Tabulka I. „provoz“	20
5.2.2 Tabulka II. „soupravy“	21
5.2.3 Tabulka III. „jednotkové investiční náklady na infrastrukturu“	22
5.2.4 Tabulka IV. „infrastruktura a provoz na ní“	23
5.2.5 Tabulka V. „úseky s konstantním provozem“	24
5.2.6 Tabulka VI. „rekapitulace“	27
5.3 Srovnání projektů „Studie 2010 – varianta H4“ a „LT 2012“	27
5.3.1 Vstupní data a vybrané dílčí výstupy	27
5.3.2 Výsledné porovnání projektů	27
6 Závěr	30
7 Literatura	31
8 Seznam zkratk	33
9 Ing. LUKÁŠ TÝFA, Ph.D.	34
9.1 Životopis	34
9.2 Řešení výzkumných a grantových projektů	35
9.3 Publikace	35
9.4 Pedagogická praxe	37

1 Úvod

Každý druh dopravy, resp. dopravní systém, je charakterizován svými výhodami a nevýhodami. Při uspokojování určité přepravní poptávky tedy vždy existuje za daných podmínek a požadavků přepravce nebo cestujícího druh dopravy, resp. jejich kombinace, který vychází jako optimální¹. Železniční doprava se obecně jeví jako optimální dopravní systém pro osobní páteřní příměstskou, regionální a případně městskou dopravu a dálkovou kontinentální dopravu; v nákladní dopravě pak jako součást kombinované přepravy, pro pravidelnou přepravu z vlečky na vlečku a pro přepravu hromadných substrátů. V současnosti na území České republiky nemůže železniční doprava plnit svoji úlohu optimálně z následujících důvodů:

- hlavní železniční tahy standardních parametrů z hlediska ČR (tj. vícekolejné elektrizované tratě s traťovou rychlostí 120–160 km/h bez pomalých jízd) se v mnoha úsecích nachází na hranici své propustnosti (kapacity), resp. požadavky dopravců na přidělení tras vlaků do grafikonu vlakové dopravy (GVD) nejsou na mnoha úsecích uspokojeny podle jejich ideálních představ
- traťové úseky, které svojí trasou skýtají dostatečný potenciál přepravního využití, nejsou pro dopravce atraktivní (kvůli nezájmu přepravců nebo cestujících) v důsledku svých technicko-provozních parametrů (nízká propustnost, nízká třída zatížení, časté pomalé jízdy, nízká traťová rychlost atd.)
- na leckterých relacích není přepravní poptávka uspokojena vůbec nebo je uspokojena jiným druhem dopravy než železniční, ačkoli podmínky jsou ideální právě pro železniční dopravu
- mnohé relace, které jsou předurčeny právě pro železniční dopravu, nedisponují kolejovým propojením žádným
- naopak existují traťové úseky, u nichž důvod jejich existence již pozbyl a zároveň pro něž ani výhled nedává naději, že by se na nich přepravní potenciál v dohledné době naskytl

Důkazem výše uvedených tvrzení je například situace v dálkové osobní dopravě v České republice, tedy nejen při spojení významných center v našem státě, ale rovněž v mezinárodních relacích především se sousedními státy a regiony. Kupříkladu vnitrostátní spojení vlakem mezi hlavním městem a Brnem nebo Karlovými Vary je časově nekonkurenceschopné vzhledem k silniční dopravě, při spojení s Ostravou se nachází na hranici saturace kapacity. Z mezinárodního pohledu se pak jeví aktuálně jako kritické spojení Berlin – Praha – Brno – Wien/Bratislava – Budapest, které začíná být nahrazováno spojením Berlin – Leipzig/Halle – Nürnberg – Linz – Wien – Budapest vedeném po německých a rakouských nových a modernizovaných vysokorychlostních tratích (VRT), a výhledově se tato obava týká rovněž relace Katowice – Ostrava – Wien/Bratislava, jež by mohla být nahrazena trasou přes slovenskou Žilinu.

Z výše uvedeného výčtu je patrné, že téma této přednášky, které je zaměřeno na vysokorychlostní železniční dopravu, je vysoce aktuální. Aby byl rámeček přednášky přesně vymezen, je potřeba definovat vysokorychlostní železniční systém. K tomu se jako nejlepší jeví využití směrnice EU o interoperabilitě železničního systému [11]. Ta dělí železniční tratě z hlediska nejvyšší rychlosti, kterou umožňují vlakům dosáhnout, na tzv. konvenční a vysokorychlostní. Vysokorychlostní tratě zahrnují speciálně vybudované VRT pro rychlosti 250 km/h a vyšší, speciálně modernizované tratě pro rychlosti v řádu 200 km/h a speciálně modernizované tratě se zvláštními vlastnostmi danými topografickými, terénními nebo

¹Za optimalizační kritérium by měla být (bohužel v praxi tomu tak je zřídka) považována minimalizace všech nákladů na přepravu, tj. interních i externích.

urbanistickými omezeními (vč. spojovacích tratí, průjezdů uzlů, napojení terminálů apod.), jimž musí být rychlost v každém jednotlivém případě přizpůsobena. Za novou vysokorychlostní železniční trať je tedy považována taková adhezní železniční trať (obvykle s rozchodem kolejí 1 435 mm), jejíž trať ová rychlost na dostatečně dlouhé využitelné vzdálenosti dosahuje nejméně 250 km/h; spolu s modernizovanými úseky zpravidla na rychlost 200 km/h pak tyto tratě vytváří vysokorychlostní železniční síť.

Pro kolejovou dopravu obecně a pro železniční zvláště platí, že všechny její části jsou spolu vzájemně velmi úzce provázány. Pokud se označí železniční doprava jako systém, tak ji lze rozdělit na několik podsystémů se vzájemnými přesahy, ovlivňujícími se parametry a charakteristikami. Lze tak hovořit o tzv. magickém železničním čtyřúhelníku [20] složeném z následujících vrcholů²:

- železniční dopravní cesta (tedy vč. případných pevných trakčních zařízení)
- vozidla, resp. vozový park
- systém zabezpečovacího a sdělovacího zařízení a řízení železničního provozu
- provozní koncepce osobní i nákladní železniční dopravy, vč. sestavy GVD

Komplikovanost systému železniční dopravy (a z toho také plynoucí větší těžkopádnost železniční dopravy v porovnání s ostatními druhy dopravy při reakcích na změny vně i uvnitř systému) je kromě silné propojenosti výše uvedených čtyř subsystémů dána také jejich výrazně rozdílnou životností a dobou potřebnou pro uvedení do rutinního provozu od zahájení projektu. Zatímco změnu provozní koncepce lze připravit v řádu dnů a životnost činí obvykle rok (příp. několik let), u železničních vozidel trvá příprava na jejich komerční provoz několik let a životnost dosahuje dvacet až třicet let, tak výstavba železniční infrastruktury včetně všech projekčních a administrativních prací trvá u velkých akcí také deset až dvacet let a životnost dosahuje (při kvalitní údržbě) běžně osmdesát až sta let. U vysokorychlostního železničního systému je situace obdobná – vzhledem k vyšším rychlostem jízdy vlaků proti konvenčním tratím je vazba železničních subsystémů ještě větší; navíc, propojení mezi vysokorychlostní a konvenční sítí klade na soulad subsystémů ještě vyšší nároky.

Hlavní cílem této práce je představení obecné metodiky výběru optimální trasy železniční trati a její konkrétní aplikace na vysokorychlostní železniční spojení Praha – Brno.

2 Vysokorychlostní železniční doprava a Česká republika

Tato kapitola stručně popisuje historický vývoj a současný stav (k červnu 2012) v oblasti vysokorychlostní železniční dopravy na území České republiky. Pojednání o situaci v zahraničí by vydalo i v krátké podobě na mnohastránkový text a navíc jsou tyto informace snadno dostupné, tak si autor této přednášky dovolí zájemce odkázat kupříkladu na několik svých publikací na toto téma v časopise *Silnice a železnice*³, příp. na monografii o vysokorychlostní železnici ve světě i o její situaci v ČR⁴, na níž se autorsky podílel.

²Rozdělení železničního systému na podsystémy v tzv. magickém železničním čtyřúhelníku nesouvisí s členěním na strukturální a funkční subsystémy podle směrnice EU o interoperabilitě železničního systému [11].

³Společné citační údaje: autor: TÝFA, Lukáš. časopis: *Silnice a železnice*. ISSN 1801-822X.

Jednotlivé články: 1) Síť vysokorychlostních železničních tratí (I). 2007, roč. 2., č. 2, s. 61–63.

2) Síť vysokorychlostních železničních tratí (II). 2007, roč. 2., č. 4, s. 6–9.

3) Síť vysokorychlostních železničních tratí (III). 2008, roč. 3., č. 2, s. 80–82.

4) Vysokorychlostní železniční tratě ve světě v posledních letech (I.). 2011, roč. 6, č. 5, s. P1-II–P1-V.

5) Vysokorychlostní železniční tratě ve světě v posledních letech (II.). 2012, roč. 7, č. 2, s. 17–20.

⁴ŠLEGR, Petr et al. *Rychlá železnice i v České republice*. Praha: Centrum pro efektivní dopravu, 2012, 246 s. ISBN 978-80-905005-0-1.

2.1 Historický vývoj

První studie vedení vysokorychlostních tratí v tehdejší socialistickém Československu byly zpracovány na počátku sedmdesátých let minulého století, ale jejich výsledky se nikdo vážně nezabýval. Na konci 80. let 20. století se předpokládalo ve směrech hlavních přepravních proudů vybudování technických zařízení (dalších traťových kolejí, dálkového reléového zabezpečovacího zařízení), která měla zajistit zvýšení propustnosti železniční infrastruktury. Tuto strategii přijala začátkem roku 1989 vláda ČSSR a následně začaly práce jednak na koncepční studii VRT v Československu, a jednak na studii modernizace stávajících železničních tratí zařazených do Evropské dohody o mezinárodních železničních magistralách (AGC)⁵. Studie o modernizaci předpokládala její provedení až po uvolnění kapacity tratí převedením dálkové osobní a nákladní dopravy na nově vybudované VRT. [5]

Na základě usnesení vlády ČSFR č. 765/89 zadalo tehdejší ministerstvo dopravy a spojů zpracování studie, která měla řešit všechny oblasti vybudování a provozu vysokorychlostní železnice, a to včetně výstavby experimentálního úseku Plzeň – Rozvadov (měl být zprovozněn v roce 1996), přičemž po skončení zkušebního provozu měla být trať prodloužena do Prahy. V rámci studie, kterou koordinovala Československá akademie věd, byl v letech 1990 až 1992 vypracován projekt vysokorychlostního vlaku tovární značky ŠKODA s konstrukční rychlostí 300 km/h pro tehdejší Československé státní dráhy. Byla rovněž založena Asociace vysokorychlostní železniční dopravy a v roce 1993 akciová společnost Vysokorychlostní a modernizované železnice, která po vzoru Eurotunelu hodlala vybudovat první VRT v ČR. [5]

Pokračovaly však politické a hospodářské změny tehdy už v České republice i v okolních státech a komplikovala se mezinárodní jednání o koordinaci VRT. Tato situace vedla k zadání nové studie s názvem „Koordinace VRT s modernizací stávajících tratí“. Výsledkem tohoto dokumentu, jehož hlavním rozhodovacím kritériem byla ekonomická náročnost vybraného řešení, a dalších jednání bylo rozhodnutí o upřednostnění modernizace stávajících tratí, které byly zařazeny do čtyř tzv. tranzitních železničních koridorů Českých drah. Zahájení výstavby VRT bylo tehdy odsunuto přibližně na rok 2005.

Na konci roku 1995 byla vypracována koncepční studie „Územně-technické podklady – Koridory VRT v ČR“ [2]. Ta vycházela z předpokladu napojení českých VRT na západoevropskou vysokorychlostní železniční síť a z požadavku na co nejkratší propojení Prahy, Brna a Ostravy. Výsledkem této studie byl návrh tras, sloužící pro zabezpečení územní ochrany těchto koridorů a stanovující podmínky, za kterých bude výstavba VRT rentabilní. Tato studie předpokládala na VRT v ČR smíšený provoz a traťovou rychlost až 300 km/h. V roce 2004 byla odevzdána aktualizace studie tras koridorů VRT v ČR, jejímž cílem bylo snížení počtu variant tras VRT mezi jednotlivými aglomeracemi, které měly být poté zpracovány do dokumentů územního plánování.

2.2 Současnost

V roce 2006 vyplynul z projednávání Politiky územního rozvoje ve Vládě ČR úkol pro ministerstvo dopravy, aby nechalo prověřit reálnost a účelnost územní ochrany koridorů VRT a analyzovat a posoudit výhledovou koncepci vysokorychlostní železniční dopravy v koordinaci se sousedními státy a s ohledem na výhledové potřeby a možnosti našeho státu. Proto bylo rozhodnuto o zadání „Aktualizace koncepce vysokorychlostní železniční dopravy na území České republiky“. V únoru 2007 byla odevzdána první část této koncepce „Studie VRT – Analýza přepravních vztahů a výhledové možnosti dopravních systémů ve vybraných směrech“⁶ a v roce 2008 byla odevzdána druhá část studie „Prognóza přepravních proudů v osobní a nákladní dopravě“. Po zhruba dvouleté přestávce, způsobené organizačními

⁵Dohoda AGC byla v Ženevě sjednána 31. 5. 1985, ale Československo k ní přistoupilo až v únoru 1990.

⁶Na uvedené části studie se autor této přednášky dodavatelsky podílel.

a politickými změnami na ministerstvu dopravy, byly vyhlášeny soutěže na zpracování trasovacích studií jednotlivých nových železničních tratí, které byly dokončeny v roce 2011. Následovat by měla ještě poslední fáze tvorby strategické dokumentace připravující VRT v ČR, kterou je celkový model přepravní poptávky po dokončení všech naprojektovaných staveb a ekonomické posouzení celého projektu. Poté by měly být zpracovávány projektové dokumentace na úrovni studií proveditelnosti pro ty traťové úseky, jejichž realizace, resp. koordinace s jinými významnými stavbami nebo územně-plánovacími dokumentacemi, bude aktuální. Na základě existujících strategických dokumentů nových tras VRT je pro ně totiž v územně-plánovacích dokumentech vyhrazen pás šířky 600 m, ačkoliv průměrná šířka dvoukolejné VRT včetně odvodnění a svahů dosahuje cca 20 m – to přináší komplikace při plánování reálného využití území, a tak je potřeba vedení tras VRT v území upřesnit.

Železniční trasy určené na území ČR pro jízdu vlaků vysokou rychlostí, které vyplynuly z poslední celkové studie nových železničních tratí, jsou kombinacemi úseků modernizovaných stávajících tratí na rychlost zhruba 160–230 km/h a novostaveb, které by měly umožnit traťovou rychlost zhruba 200–350 km/h. Parametry jednotlivých spojení jsou podřízeny především požadavkům na zkapacitnění těch existujících železničních relací, jejichž propustnost je nebo brzy bude vyčerpána, a na dosažení tzv. systémových cestovních dob, jež podmiňují zavedení tzv. integrálního taktového jízdního řádu. Z tohoto důvodu a dále kvůli tomu, že výše zmiňovaná studie řeší nejen oblast trasování tratí a infrastruktury, ale rovněž organizaci provozu (provozní koncepci), začalo v roce 2011 prosazovat ministerstvo dopravy místo termínů „vysokorychlostní tratě“, resp. „vysokorychlostní železniční doprava“ označení „rychlá spojení“ (RS) [6]. Trasy RS by se měly stát součástí evropské dopravní sítě TEN-T, jejíž aktualizace právě probíhá, a rovněž jsou koordinovány s trasami tzv. evropských nákladních železničních koridorů⁷.

Sledované trasy tzv. rychlých spojení [6]:

RS 1: Praha – Brno – Ostrava – Katowice – Warszawa/ – Žilina – Košice

RS 2: Brno – Břeclav – Wien – Graz/ – Bratislava – Budapest

RS 3: Praha – Plzeň – Regensburg – München/Nürnberg

RS 4: Praha – Ústí nad Labem – Dresden – Berlin – Hamburg/ – Leipzig – Frankfurt a. M.

RS 5: Praha – Wrocław – Warszawa

3 Vztah mezi konvenčním a vysokorychlostním železničním systémem

3.1 Typologie vztahu mezi konvenčním a vysokorychlostním železničním systémem

Podle míry nezávislosti nebo naopak provázanosti konvenčního a vysokorychlostního železničního systému na daném území lze rozlišit následující čtyři základní přístupy:

Zcela segregované železniční systémy Sítě vysokorychlostních tratí a konvenčních tratí jsou v tomto případě zcela oddělené a na sobě nezávislé. Z toho také plyne, že konvenční vlaky se pohybují výhradně po konvenční síti a vlaky vysokorychlostní po vysokorychlostní síti. Výhodou tohoto řešení je možnost přizpůsobení návrhových parametrů vysokorychlostních tratí

⁷podle nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 913/2010, o evropské železniční síti pro konkurenceschopnou nákladní dopravu

vlakům, které jsou navrženy pouze pro tyto tratě. To znamená obvykle zmenšení poloměrů směrových oblouků a zvýšení podélných sklonů v porovnání s tratěmi se současným provozem konvenčních a vysokorychlostních vlaků, což mnohdy vede ke snížení investičních nákladů. Nevýhodou tohoto přístupu je nevyužití synergického efektu z propojení obou železničních sítí, tedy vyloučení vedení trasy vlaku současně po obou sítích, a nutnost dostatečně silných dopravních (a tudíž i přepravních) proudů na obou sítích tak, aby se vyplatila jejich samostatná existence. Příkladem tohoto přístupu jsou japonské železnice, na nichž je jeho hlavním důvodem odlišný rozchod kolejí na obou sítích.

Konvenční vlaky přejíždějí na vysokorychlostní železniční síť V tomto případě jsou konvenční a vysokorychlostní železniční síť kolejově propojené, ale mezi oběma sítěmi přejíždějí v běžném provozu pouze konvenční vlaky – může se obecně jednat jak o vlaky osobní, tak nákladní. Výhodou tohoto řešení je možnost objetí kapacitně úzkého hrdla na konvenční síti, zrychlení jízdy konvenčního vlaku v části jeho trasy pohybem po VRT nebo zvýšení využití kapacity VRT. Nevýhodou tohoto přístupu je přizpůsobení parametrů VRT konvenčním vlakům, jež mají většinou nižší výkon a konstrukční rychlost než vlaky vysokorychlostní. To vede ke zvýšení poloměrů směrových oblouků a nižším podélným sklonům na VRT oproti trati s provozem výhradně vysokorychlostních vlaků, což se obvykle projeví zvýšením investičních nákladů na výstavbu VRT. Čím je větší rozdíl v rychlostech nejrychlejšího a nejpomalejšího vlaku, tím se také za provozu zvětšuje opotřebení železničního svršku, zejm. kolejnic. Současně se snižuje propustnost VRT a komplikuje se sestava GVD pro VRT, neboť v důsledku rozdílných rychlostí a výkonů konvenčních a vysokorychlostních vlaků nelze konstruovat rovnoběžný grafikon. Důsledkem toho je také mnohdy nutnost budovat na VRT výhybny, které umožní vzájemné předjíždění různě rychle jedoucích vlaků. Příkladem tohoto přístupu jsou španělské železnice, kde sice mají konvenční a vysokorychlostní síť rozdílný rozchod kolejí, ale jsou zde provozovány vlaky a speciální zařízení železničního svršku, které společně umožňují plynulou změnu délky rozkolí dvojkolí železničního vozidla bez jeho zastavení.

Vysokorychlostní vlaky přejíždějí na konvenční železniční síť V tomto případě jsou konvenční a vysokorychlostní železniční síť kolejově propojené, ale mezi oběma sítěmi přejíždějí v běžném provozu pouze vysokorychlostní osobní vlaky, které obvykle pro většinu trasy linky, kterou obsluhují, využívají VRT. Výhodou je synergický efekt vzniklý propojením obou železničních systémů, kdy vysokorychlostní vlak se může dostat blíže místu přepravní poptávky, i když tam nevede VRT. Nevýhodou tohoto přístupu je fakt, že vysokorychlostní elektrické jednotky jsou dražší (zejména z pohledu investičního) než konvenční vlaky stejného stáří, a tak vychází na provoz vysokorychlostních vlaků po konvenční síti vyšší náklady než při provozu vlaku konvenčního. Tento finanční rozdíl není v současné době už tolik výrazný, ale přesto existuje – je to především kvůli vyššímu instalovanému výkonu, vyšším požadavkům na bezpečnost a spolehlivost, vyšší mechanické odolnosti skříně jednotky vůči tlaku vzduchu (kvůli průjezdu tunelem a míjení souprav), tlakotěsnosti, zvukotěsnosti atd. Další nevýhodou může být pravděpodobnější vznik mimořádností na konvenční síti, z níž vysokorychlostní jednotka přejíždí na VRT, a tudíž nebezpečí přenášení nepravidelností z konvenční sítě i na VRT. Příkladem tohoto přístupu jsou francouzské železnice, na nichž vysokorychlostní vlaky sjíždějí z VRT na konvenční tratě proto, aby obsloužily centra měst nebo aby mohly pokračovat v relacích, v nichž VRT ještě nejsou vybudovány.

Vysokorychlostní vlaky se pohybují také po konvenční síti a zároveň konvenční vlaky jsou provozovány také po vysokorychlostních tratích V tomto případě jsou konvenční a vysokorychlostní železniční síť kolejově propojené a mezi oběma sítěmi přejíždějí v běžném provozu jak konvenční, tak vysokorychlostní vlaky. Z toho plyne hlavní výhoda, kterou je fakt, že je nejvyšší možnou měrou využíváno synergického efektu propojení obou železničních sítí, a

tak je například také možné uvádět VRT do provozu po etapách. Lze tak nejdříve budovat úseky i na sebe přímo nenavazující, které vyřeší nejpalčivější problémy na konvenční síti. Nevýhodou však jsou z hlediska infrastruktury a provozu možné přenášení nepravidelností z konvenční sítě na vysokorychlostní, náročná konstrukce GVD na VRT a přísné návrhové parametry VRT. Z pohledu vozidel pak dochází k méně efektivnímu využívání vysokorychlostních vozidel, která jsou dopravována po konvenční síti, na níž nemohou zcela využít všech svých předností. Příkladem tohoto přístupu je většina nových nebo modernizovaných vysokorychlostních tratí v Německu, kde kromě současného provozu vysokorychlostních vlakových jednotek a regionálních vlaků osobní dopavy rovněž dochází na několika tratích ke smíšenému provozu osobních a nákladních vlaků (osobní vlaky jezdí přes den a nákladní v noci) – viz kap. 3.2.

3.2 Nákladní vlaky na vysokorychlostní trati

Zvláštní stav nastane při provozu nákladních vlaků po VRT – v tom případě mohou nastat dvě situace podle toho, jak se liší parametry nákladních vlaků od osobních (zejm. délka, celková hmotnost, hmotnost na nápravu, trakční charakteristika – měrný výkon): buď se nákladní vlak od vlaků osobní dopavy (ať už konvenčních nebo vysokorychlostních) liší jen přepravovaným substrátem a jinak mají stejné dopravní charakteristiky (jde tedy o přepravu pošty, zboží na paletách, speciálních malých kontejnerů či krabic apod.), nebo jde o klasické vlaky nákladní dopavy (obvykle s jedním typem vozů – pro kombinovanou přepravu). V prvním případě se k těmto vlakům přistupuje jako k vlakům osobní dopavy stejných parametrů, v druhém případě jsou nutná zvláštní bezpečnostní opatření pro možnost koexistence vlaků osobní a nákladní dopavy na jedné trati, která většinou spočívají ve vyhrazení určitého časového intervalu určeného na VRT pouze pro osobní a jen pro nákladní vlaky (většinou pro osobní vlaky přes den a pro nákladní v noci).

3.3 Komplikace při provozu konvenčních vlaků po vysokorychlostní síti

Vysokorychlostní vozidla podle technických specifikací pro interoperabilitu (TSI) pro vozidla na vysokorychlostním žel. systému [14] mohou být provozována na VRT podle TSI pro infrastrukturu vysokorychlostního žel. systému [12] i na konvenčních tratích podle TSI pro infrastrukturu konvenčního systému, což je zásadní výhoda VRT proti nekolejovým dopravním systémům. Naproti tomu konvenční vozidla podle TSI pro vozidla na konvenčním žel. systému mohou být bez dodatečných úprav provozována jen na konvenčních tratích podle TSI pro infrastrukturu konvenčního žel. systému. Konvenční vozidla podle TSI pro vozidla na konvenčním žel. systému mohou být provozována na VRT jen v případě, že jsou tyto tratě nad rámec požadavků TSI pro infrastrukturu vysokorychlostního žel. systému [12] přizpůsobeny k souběžnému provozu konvenčních vozidel. Přijatá opatření (například zvětšení osové vzdálenosti kolejí) však nesmí omezit provoz vysokorychlostních vozidel podle [14] (potřebná opatření nejsou v [12] specifikována). [7]

Současný provoz konvenčních a vysokorychlostních vlaků po VRT přináší následující problémy [7]:

- Na univerzálních VRT je dosaženo malých podélných sklonů (do cca 20 ‰ proti 35 ‰ u speciálních VRT jen pro VRV – viz [12]), což vede k rozsáhlým umělým stavbám, zejm. dlouhým a drahým mostům a tunelům.
- Na univerzálních VRT je využíváno v obloucích menší převýšení a vozidla je mohou projíždět s menším nedostatkem převýšení než na VRT jen pro VRV (převýšení až 180 mm, nedostatek převýšení až 150 mm – viz [12]). Zároveň pomalé konvenční vlaky projíždějí oblouky na VRT s přebytkem převýšení, jehož velikost souvisí s opotřebením

žel. svršku, zejm. kolejnic, jež se eliminuje použitím větších poloměrů oblouků pro jízdu stejnou rychlostí, což opět vede k rozsáhlým umělým stavbám, zejm. mostů a tunelů.

- Smíšený provoz různě rychlých vlaků vede k poklesu propustnosti VRT.
- Požadavek na schopnost konvenčních vozidel odolávat účinku tlakových vln, provázejících jízdu rychle jedoucích vysokorychlostních vozidel po souběžných kolejích v širé trati, by způsobil nárůst hmotnosti a ceny konvenčních vozidel, a tak se místo toho zvětšuje osová vzdálenost traťových a hlavních kolejí a průřezy tunelů, což vede k nárůstu investičních nákladů na výstavbu VRT.

Snaha minimalizovat rozsáhlé umělé stavby na VRT, zejména mosty a tunely, je dána nejen snahou snížit náklady na výstavbu nových tratí a zvýšit její tempo, ale též z důvodů bezpečnostních a provozních. Jakákoliv mimořádná situace, obzvláště požár, dostává v tunelu mnohem závažnější podobu než na povrchu. Neméně významný efekt je vysoký aerodynamický odpor za jízdy rychlého vlaku tunelem, který zvyšuje spotřebu energie vlaku na zhruba dvojnásobek (v závislosti na průřezu tunelu) nebo vede k poklesu jízdní rychlosti. S ohledem na zajištění bezpečnosti provozu a ochranu zdraví zavádí [13] dvě kategorie tunelů podle jejich délky (kategorie A: do 5 km, kategorie B: 5–20 km). U vozidel způsobilých k provozu v tunelech kategorie B jsou předepisovány kromě materiálových vlastností a protipožárních prepážek s garantovanou dobou odolnosti proti prohoření též požadavky na zachování základních funkcí vozidla po dobu 15 min i při jeho požáru, což vede (podobně jako u letadel) k požadavkům na redundanci (zálohování) trakčního pohonu i pomocných zařízení, příp. zabudování aktivního hasicího systému do celé soupravy. [7]

Průjezd vozidla tunelem je provázen tlakovými vlnami, které kmitají rychlostí zvuku mezi oběma jeho portály a s vlakem se několikrát potkají, tudíž takto vzniklé náhlé změny tlaku způsobují cestujícím nepříjemné zaléhání v uších. Ve snaze chránit cestující jsou vozidla pro vysoké rychlosti řešena jako tlakotěsná a hermeticky uzavřená. To však jednak vyvolává značné namáhání vozových skříní, oken i dveří (a tedy zvyšuje nároky na konstrukci vozidel), a jednak je hermetičnost v protikladu s požadavkem na větrání vnitřních prostor vozidel. U krátkých tunelů je možné používat pasivní tlakovou ochranu klimatizace (přechod ventilačního systému do režimu 100% recirkulace), čímž však dochází uvnitř vozů k růstu koncentrace oxidu uhličitého, který cestující vydechují. U dlouhých tunelů proto musí fungovat systémy aktivní tlakové ochrany, které zajišťují nepřerušovanou ventilaci vozidel i při průjezdu tunelem a které vedou k dalšímu zvýšení složitosti a ceny vozidel. [7]

4 Metodika porovnávání projektů

Metodika výběru optimální trasy železniční trati předpokládá existenci několika návrhů tratí, které se liší v jednom nebo více následujících faktorech: vedení trasy, rozsah provozu, linkové vedení, vozidla nasazovaná na jednotlivé linky. Za optimální variantu metodika pokládá variantu s nejnižšími jednotkovými náklady na den provozu trati v cenové úrovni (CÚ) určitého roku a v dané měně, přičemž náklady zahrnují náklady jak na infrastrukturu, tak vozový park a náklady jak investiční, tak provozní. Metodika nezohledňuje rozdělení železniční dopravy mezi jednotlivé subjekty, ale posuzuje železniční dopravu jako celek – tedy zahrnuje jak provozování dráhy, tak drážní dopravy.

Metodika je založena na následujících zjednodušujících předpokladech:

- nezahrnuje daň z přidané hodnoty
- nezahrnuje poplatek za užití železniční dopravní cesty, protože je nákladem pro dopravce, ale výnosem pro provozovatele dráhy, tudíž zůstává v systému železniční dopravy (metodiku však lze snadno o stanovení tohoto nákladu rozšířit)

- nepracuje s výnosy z jízdného a přepravného, dotacemi ani kompenzacemi ze strany samospráv nebo státu za závazek veřejné služby, neboť předpokládá, že atraktivita spojení, a tedy i využití spojů, bude ve všech variantách totožná
- předpokládá nasazení homogenního vozového parku na každou linku
- předpokládá stejný rozsah provozu každý den v roce (v rámci dne však umožňuje rozlišit dopravní špičku a sedlo), totožné výchozí a konečné zastávky u všech spojů dané linky a stejné cestovní doby pro oba směry jízdy na dané lince
- nezahrnuje externí náklady (ale i o ně lze metodiku rozšířit)
- neuvažuje se spotřebou energie navíc na rozjezdy vlaků ani s rekuperačním brzděním vlaků
- nezahrnuje náklady na řízení provozu a servisní náklady na odbavení cestujících
- nezahrnuje náklady na napájení infrastrukturní části zabezpečovacího a sdělovacího zařízení

Názorná podoba metodiky je provedena ve formě šesti vzájemně provázaných tabulek, které budou následně obecně popsány⁸. Nedílnou součástí tabulek jsou i konstanty, které je možné také měnit. Do tabulek se jednak přímo zadávají vstupní data, a jednak poskytují dílčí i závěrečné výstupy.

4.1 Tabulka I. „provoz“

V první tabulce reprezentují záznamy jednotlivé linky provozované na dané trati, resp. traťovém úseku. Metodika počítá s tím, že linky mohou vést také po navazujících traťových úsecích. Vstupními údaji jsou v této tabulce pro každou vlakovou linku kromě označení a trasy linky její interval a denní doba provozu s možností odlišných hodnot pro dopravní špičku a sedlo v rámci dne. Dalšími vstupy jsou pro jednotlivé linky jejich cestovní doby na celé trase, rozdělené na úsek před posuzovaným traťovým úsekem, na něm a za ním. Následně se v tabulce vypočte počet souprav, které musí dopravce nasadit současně do provozu, aby pokryl zadaný linkový interval v dopravním sedle i špičce. Pro určení počtu souprav v provozu je cestovní doba linky navýšena o dobu obratu na výchozí i koncové zastávce linky – doba obratu je zadávána jako funkce cestovní doby celé linky. Počet souprav v evidenci pro danou linku představuje navýšení souprav v provozu o zálohu na vykrytí případů, kdy soupravy nemohou být pro poruchu nebo údržbu nasazeny do provozu – velikost této zálohy je dána koeficientem disponibility. Dále následuje stanovení teoretického podílu souprav v evidenci podle cestovní doby na vymezeném traťovém úseku vzhledem k celé lince – tento údaj je využit v následující tabulce pro stanovení pořizovacích nákladů na vozový park. Po spočtení denních časových výkonů souprav jsou jejich vynásobením jednotkovými časovými náklady na provoz souprav (konstantou, zahrnující zejména osobní náklady na doprovod vlaku) zjištěny denní časové náklady na provoz vlaků po sledovaném traťovém úseku. Počet párů spojů za den, zjištěných z linkového intervalu a denní doby provozu zvláště pro špičku a sedlo, je důležitým vstupem pro výpočty v dalších tabulkách. Počty souprav a párů spojů jsou vždy zaokrouhleny na celé číslo nahoru, počty souprav v evidenci podle podílu cestovní doby na vymezeném traťovém úseku jsou ponechány bez zaokrouhlení, neboť se jedná jen o teoretickou hodnotu, která je vstupem do dalšího výpočtu.

⁸Vlastní tabulky nejsou kvůli omezenému rozsahu tohoto dokumentu jeho součástí.

4.2 Tabulka II. „soupravy“

Tabulka II. se týká souprav nasazovaných na zkoumaný traťový úsek – každý záznam odpovídá jednomu typu soupravy (o stejném složení vozidel). Hmotnost obsazené soupravy je jejím parametrem pro navazující výpočty. Počty souprav v evidenci podle podílu cestovní doby na vymezeném traťovém úseku jsou převzaty z tabulky I. a jsou sumarizovány pro totožné typy souprav. Cena souprav podle podílu cestovní doby na vymezeném traťovém úseku je vypočtena jako součin počtu souprav v evidenci podle podílu cestovní doby, pořizovací ceny jedné soupravy (součet pořizovacích nákladů na všechna vozidla řazená v soupravě) a navýšení o náklady na půjčku, resp. leasing, na pořízení souprav. Denní náklady na pořízení souprav představují rovnoměrné rozpočítání pořizovacích nákladů souprav na jeden den jejich předpokládané životnosti (doby odpisu) – pro všechny typy souprav to obecně může, ale nemusí být konstanta.

4.3 Tabulka III. „jednotkové investiční náklady na infrastrukturu“

V tabulce III. jsou uvedeny agregované položky investičních nákladů na železniční infrastrukturu pro sestavení rozpočtu. Většina jednotkových položek se předpokládá na jednotku délky trati (je tedy nutno rozlišovat počet kolejí v širé trati), ale je možné vložit do tabulky i položky s investičními náklady na určitý objekt (tedy za „kus“).

Jednotlivé položky lze ještě upřesnit – počítá se s tím především u zemních prací, u nichž lze například rozlišit hloubku zářezu nebo výšku náspu. U každé nákladové položky je důležitým vstupním parametrem životnost daného objektu, která je dále využita pro rovnoměrné rozpočítání jednotkových investičních nákladů na jednotku času. Po dobu životnosti se předpokládá pravidelná údržba, tedy zajištění plné provozuschopnosti (náklady na údržbu infrastruktury jsou zahrnuty v následujících tabulkách).

V posledním sloupci této tabulky se u položek zahrnujících těleso nebo stavby žel. spodku uvádí šířka potřebného území, které je nutné zabrat pro vybudování žel. tratě. U objektů, které rozšiřují plochu oproti širé trati (např. stanice), se vyplňuje šířka, která je nutná pro vybudování žel. infrastruktury oproti širé trati navíc.

4.4 Tabulka IV. „infrastruktura a provoz na ní“

Tabulka IV. je určena pro stanovení investičních nákladů na infrastrukturu a současně provozních nákladů na provoz vlaků z hlediska jejich spotřeby energie. V této tabulce odpovídá každý záznam traťovému úseku, který je z hlediska trasy (směrové a výškové vedení) a zároveň z hlediska konstrukce trati (hloubka zářezu, výška náspu, tunel, most) homogenní.

Každému záznamu traťového úseku je přiřazeno označení (např. písmeno), které odpovídá úseku s konstantní úrovní provozu (počtem spojů za den), čehož se využívá při zpracování hodnot v tabulce V. Každý záznam – traťový úsek – je charakterizován staničením začátku a konce úseku. Pro požadované výstupy z této tabulky je potřeba – kromě staničení a označení úseku – zadat charakteristiky trasy trati, tj. podélný sklon v jednom (zvoleném) směru⁹, poloměr směrového oblouku (není-li trasa v přímé)¹⁰, druh konstrukce železničního spodku trati (most, tunel, hloubka zářezu, výška náspu), zda a případně jaká dopravná (respektive jiná stavba nebo konstrukce počítána na „počty/kusy“) se v daném úseku nachází a traťovou rychlost. Pro každý typ soupravy je dále doplněna konstrukční (resp. stanovená) rychlost soupravy, resp. vlaku. Zjednodušeně se při výpočtech předpokládá rychlost jízdy vlaku v každém úseku rovnoměrně a je stanovena jako menší hodnota z traťové a stanovené rychlosti.

⁹Podélný sklon se zadává v rozsahu reálných čísel – stoupání odpovídají čísla kladná, klesání záporná.

¹⁰Přechodnice se zanedbávají.

V dalších sloupcích tabulky probíhá stanovení jednotlivých měrných odporů (traťových i jízdnicích) působících proti jízdě vlaku. Jednotkový odpor jízdy tunelem je zadán jako funkce rychlosti. Specifický odpor ze stoupání v promile je přímo roven podélnému sklonu v promile, pro určení hodnoty specifického odporu je možné zvolit kromě přímé rovnosti podélnému sklonu také obecnou funkci podélného sklonu. Měrný traťový odpor z průjezdu oblouku je zadán jako funkce poloměru oblouku, jejímž výsledkem je v případě přímého úseku nula. Jednotkové jízdnicí odpory z tření v ložiscích a mezi koly a kolejnicemi jsou zadány funkcí v závislosti na rychlosti. Specifický odpor prostředí je počítán buď z Newtonova zákona odporu prostředí, jehož výsledkem je odporová síla, děleného tíhou vlaku, nebo jako kvadratická funkce rychlosti, která může zahrnovat i všechny ostatní jízdnicí odpory. Jelikož jízdnicí odpory (a případně také odpor z tunelu) jsou závislé na rychlosti, liší se konkrétní hodnoty měrných odporů pro jednotlivé typy souprav, respektive vlaků.

V následujících sloupcích jsou spočteny spotřeba energie a náklady na ni pro průjezd každého typu vlaku každým úsekem. Spotřeba je stanovena jsou součin celkového odporu působícího na pohybující se vlak a délky úseku. K výsledku součinu je přidána průměrná spotřeba tzv. vedlejších zdrojů (pomocné pohony na hnacím vozidle, spotřeba elektrické energie vozů řazených na vlaku) jako pevně daný podíl z trakční energie. K celkové spotřebě energie jsou připočteny ztráty energie mezi místem odběru elektrické energie z veřejné energetické sítě a trakčním motorem na hnacím vozidle, resp. koly hnaných náprav. Náklady na elektrickou energii na průjezd jednoho vlaku každým úsekem jsou spočteny vynásobením jednotkové ceny za elektrickou energii z veřejné energetické sítě spotřebovanou energií.

Na základě charakteristik trasy trati a tabulky III. jsou v dalších sloupcích tabulky IV. zobrazeny jednotkové denní investiční náklady za infrastrukturu v daném úseku, tedy vztažené na jednotku délky nebo na „kus“. Následuje sloupec tabulky, v němž jsou spočteny celkové denní náklady na infrastrukturu každého úseku v závislosti na jeho délce. Poslední dva sloupce tabulky IV. uvádějí podle parametrů žel. spodku trati (most, tunel, hloubka zářezu, výška náspu) a případně zřizované dopravní šířky území, které je pro vybudování železniční infrastruktury v daném úseku nezbytné. Po přenásobením délkou úseku je v posledním sloupci spočtena plocha záboru.

4.5 Tabulka V. „úseky s konstantním provozem“

Předposlední tabulka slouží ke stanovení investičních nákladů na infrastrukturu a provozních nákladů na infrastrukturu i vlaky. Každý záznam v této tabulce odpovídá jednomu úseku s konstantním rozsahem provozu – rozdělení celé trati na úseky odpovídá přiřazení symbolů úseků (např. písmeno) z předchozí tabulky IV.

Z tabulky IV. je pro každý úsek převzato staničení začátku a konce úseku a jeho délka. Rovněž jsou v tabulce IV. sečteny pro každý úsek s konstantním rozsahem provozu jeho denní investiční náklady na infrastrukturu a zábor území. V dalším sloupci tabulky V. jsou zadány jednotkové ceny zabraných a vykoupených pozemků pro jednotlivé úseky. Z údajů o výměře pozemků, jejich průměrné jednotkové ceně a době, která je zadána pro rozpočítání jejich pořizovacích nákladů na jednotku času, jsou spočteny denní investiční náklady na výkup pozemků.

Dále tabulka V. obsahuje tolik sloupců, kolik je na trati provozováno linek (viz tabulka I.). Tyto sloupce mají vyplněnou buď jedničku, nebo nulu – podle toho, zda je nebo není v daném úseku linka vedena. Z počtu párů spojů za den z tabulky I. jsou pak v dalších sloupcích, jejichž počet odpovídá počtu typů souprav v tabulce II., vypočteny počty párů spojů jednotlivých typů souprav za den. Každému typu soupravy jsou přiřazeny jednotkové náklady na údržbu souprav a případně také na údržbu trati, pokud jsou náklady na údržbu trati počítány podle intenzity provozu vlaků.

V tabulce V. poté následuje tolik sloupců, kolik je nadefinováno typů souprav v tabulce II., neboť v každém sloupci jsou pro příslušné sloupce spočteny náklady na elektrickou energii na průjezd jednoho vlaku podle tabulky IV. Pronásobením těchto nákladů a počtu párů spojů za den se dospěje k celkovým denním nákladům na elektrickou trakci pro všechny vlaky. Jestliže jsou náklady na údržbu infrastruktury počítány z provozního zatížení trat'ových kolejí, je tento parametr spočten v dalším sloupci z počtu párů spojů za den a hmotností obsazených souprav. Následně je buď podle provozního zatížení, nebo podle intenzity dopravního proudu stanovena jednotková denní cena za údržbu trati (na jednotku délky trati). Vynásobením této hodnoty délkou každého úseku jsou získány celkové denní náklady na údržbu infrastruktury.

V dalším sloupci jsou nejprve vynásobeny jednotkové náklady na údržbu soupravy denními dopravními proudy příslušného typu soupravy a následně jsou pro všechny typy souprav sečteny. Jelikož se předpokládají stejné jednotkové náklady na úklid souprav a provozní režii, je nejprve v následujícím sloupci spočten denní dopravní výkon na jednotlivých úsecích bez rozlišení typů souprav a v posledním sloupci tabulky V. jsou vynásobením jednotkovou cenou na úklid a provozní režii souprav spočteny denní náklady na úklid souprav a provozní režii.

4.6 Tabulka VI. „rekapitulace“

V závěrečné tabulce jsou přehledně rozpracovány jednotkové denní náklady v předchozích tabulkách. Dále tabulka obsahuje rozpočítání denních nákladů mezi jednotlivé subjekty figurující na železnici: majitele dráhy, provozovatele dráhy a dopravce. Následuje přehled absolutní hodnoty (tedy v p.j.) investičních nákladů na infrastrukturu, tj. na výstavbu infrastruktury a výkup pozemků. Důležitými charakteristikami pro srovnání různých variant jsou denní náklady pro provozovatele dráhy na jednotku délky trati a náklady pro dopravce na jednotku dopravního výkonu, které jsou uvedeny na závěr rekapitulace.

5 Vysokorychlostní železniční spojení Praha – Brno

Další část přednášky se soustředí na připravované vysokorychlostní železniční spojení mezi dvěma největšími městy, resp. aglomeracemi, v České republice, tedy na VRT Praha – Brno, která se jeví také jako nejdůležitější (a tedy i nejzatíženější) úsek tzv. rychlých spojení v ČR.

5.1 Popis klíčových projektů a jejich parametrů

Následně budou porovnány přístupy a parametry připravovaného spojení Praha – Brno po VRT podle koncepční studie „Územně-technické podklady – Koridory VRT v ČR“ z roku 1995 [2] (dále jen „Studie 1995“), podle aktuální trasovací studie „VRT Praha – Brno“ z roku 2010 [3] (dále jen „Studie 2010“) s vlastním návrhem autora této přednášky (dále jen „LT 2012“).

5.1.1 Studie 1995

Zpracování Studie 1995 [2] si objednala česká ministerstva dopravy a hospodářství u firmy SUDOP PRAHA a.s. Tato studie reprezentuje obecný německý model využití VRT, tj. vysokorychlostní vlaky se pohybují také po konvenční síti a zároveň konvenční vlaky jsou provozovány také po vysokorychlostních tratích (varianta čtvrtá podle kap. 3.1). Studie totiž předpokládá provoz elektrických vysokorychlostních jednotek rychlostí až 300 km/h, klasických souprav složených z lokomotivy a samostatných osobních vozů rychlostí 120–160 km/h a z lehkých nákladních vlaků s provozními parametry stejnými jako klasické soupravy osobních vlaků. Přepravní poptávku studie odhaduje na základě klasického gravitačního modelu, který jako vstupy využívá počet obyvatel zón a generalizované náklady na cestu mezi zónami.

Z hlediska provozu počítá Studie 1995 s převedením všech mezinárodních vlaků osobní dopravy a většiny vnitrostátních vlaků kategorie expres a rychlík z GVD 1994/1995 na VRT Praha – Brno – tedy ty vlaky z uvedeného výčtu, které spojují Prahu s Brnem a Ostravou. Tyto vlaky mají tvořit základní síť vysokorychlostních vlaků spojující významné střeoevropské aglomerace (Berlin, Praha, München, Wien, Bratislava, Budapest, Warszawa, Nürnberg, Plzeň, Brno, Ostrava, Katowice), která je doplněna mezistátními nočními spoji a dálkovými vnitrostátními spoji, vedenými klasickými soupravami. Klasické soupravy osobních vlaků měly využívat propojení mezi konvenční a vysokorychlostní železniční sítí.

Spojení Praha – Brno bylo ve Studii 1995 zpracováno ve dvou variantách: „K“ (Kolín) a „HB“ (Havlíčkův Brod). Varianta „K“ vychází z železničního uzlu Praha ze žst. Praha-Libeň, resp. Praha-Běchovice, prochází jižně od Kolína, za nímž je propojena s konvenční sítí, severně od Havlíčkova Brodu a přes další propojení s konvenční sítí za Velkým Meziříčím je zaústěna do železničního uzlu Brno ze severu nebo z jihu s tím, že se v Brně počítá s novým hlavním osobním nádražím. Varianta „HB“ vychází z železničního uzlu Praha ze žst. Praha-Vršovice s vlastním napojením do žst. Praha-Malešice pro nákladní vlaky, západně od Havlíčkova Brodu dochází k propojení konvenční a vysokorychlostní sítě, VRT prochází jižně od Havlíčkova Brodu a pro zaústění do žel. uzlu Brno je opět uvažováno se směry jak ze severu, tak z jihu. Obě varianty jsou si velmi blízké z hlediska investičních nákladů a sklonových poměrů, varianta „K“ je charakteristická většími poloměry směrových oblouků a lepší etapizací, resp. návazností na konvenční síť. Obě varianty dosahují rovněž stejné délky (209 km) a přibližně stejné cestovní doby pro vysokorychlostní jednotku (55–57 min).

Návrhové parametry VRT stanovené ve Studii 1995 odpovídají tehdejšími zahraničními zkušenostem a obecným mezinárodním dokumentům. Základní parametry (např. max. podélný sklon) vychází z dohody AGC a další hodnoty návrhových veličin (např. nedostatek a přebytek převýšení) pocházejí z doporučení UIC, vzniklých podle dosavadních zkušeností provozovatelů VRT v jednotlivých státech (viz např. [15, 16]). Klíčové návrhové parametry jsou uvedeny v tab. 1 – sl. 1 a 2.

5.1.2 Studie 2010

Studii 2010 si stejně jako předchozí etapy „Aktualizace koncepce vysokorychlostní železniční dopravy na území České republiky“ nechalo zpracovat Ministerstvo dopravy ČR. Trasovací studie jednotlivých nových železničních tratí byly soutěženy zvláště, přičemž spojení Praha – Brno vyhrála firma SUDOP PRAHA a.s. Studie 2010 reprezentuje model přístupu „Konvenční vlaky přejíždějí na vysokorychlostní železniční síť“ (varianta druhá podle kap. 3.1) s prvky přístupu, který předpokládá, že se vysokorychlostní vlaky pohybují také po konvenční sítí (varianta čtvrtá podle kap. 3.1). Počítá totiž s tím, že vysokorychlostní železniční síť v ČR (tj. nejen nové VRT, ale i výrazně modernizované stávající tratě) bude pojížděna VRJ, které budou na konvenční síť zajíždět dočasně v relacích nedostavěných nových nebo modernizovaných traťových úseků (trvale jen výjimečně), a klasickými soupravami konvenčních osobních vlaků, které budou využívat propojení vysokorychlostní a konvenční sítě k tomu, aby pro část své jízdy využily vysokorychlostní železniční síť. Studie 2010 primárně nepočítá s provozem nákladních vlaků po vysokorychlostní železniční sítí, ale ani ho nevyklučuje. Protože Studie 2010 požaduje dosažení systémové cestovní doby mezi Prahou a Brnem pro VRJ 60 min, počítá s traťovou rychlostí na velké části trasy 350 km/h; pro konvenční vlaky uvažuje s max. rychlostí 160 km/h nebo 200 km/h podle sledované varianty. Přepravní poptávka je pro Studii 2010 zpracována kompletním dopravním modelem pro celou ČR s vazbami do zahraničí v softwaru firmy PTV VISEM-VISUM.

Studie 2010 předpokládá v úseku Praha – Brno po nové VRT provoz čtyř mezinárodních linek VRV (Berlin – Praha – Brno – Wien/Bratislava – Budapest a Praha – Brno – Ostrava – Krakow/Žilina – Košice) a jedné vnitrostátní (Plzeň – Praha – Brno – Ostrava), které

studie / varianta	SUDOP 1995					SUDOP 2010					LT 2012	
	sl. 1	sl. 2	sl. 3	sl. 4	sl. 5	sl. 6	sl. 7	sl. 8	sl. 9	sl. 10		
parametr				var. V7		var. H4						
traťová rychlost	300	300	300	330	350	350	350	350	300	350		
rychlost nejpomalejších vlaků	120	160	140	160	160	200	200	200	300	200		
nejvyšší převýšení	150	150	180	173	163	157	65	150	180	170		
nejvyšší nedostatek převýšení	70	54	150	100	100	80	80	130	150	80		
nejvyšší přebytek převýšení	58	65	109	109	109	80	18	80	-**	-**		
nejmenší poloměr směr. oblouku	7000	6500	3220	4720	5500	6100	10000	5170	3220	5790		
druh vzetupnice a přechodnice	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.	nelin.		
nejvyšší podélný sklon (výjimečný)	12,5 (18,0)	12,5 (18,0)	20	20	20	20	20	20	35	35		
konstrukce koleje	klasická	klasická	PJD	PJD	PJD	klasická	klasická	PJD	PJD	PJD		
max. délka tunelu dle TSI [13]	-*	-*	5	5	5	5	5	5	20	20		

* V době vzniku studie „SUDOP 1995“ ještě TSI o bezpečnosti v tunelech neexistovaly.

** Posouzení geometrických parametrů koleje VRT na přebytek převýšení přichází v úvahu pouze při jízdě vysokorychlostního vlaku do vysokého stoupání, v němž nedosáhne traťové rychlosti.

Tabulka 1: Základní návrhové parametry VRT Praha – Brno

využívají VRT Praha – Brno v celé své délce a mezi Prahou a Brnem nikde nezastavují. Další segment osobní dopravy představují linky vedené klasickými soupravami (linka Praha – Brno s nácestnými zastávkami, propojení Prahy a Brna s Českými Budějovicemi, spojení Praha – Znojmo a Praha – Zlín). V nejzatíženějším úseku VRT Praha – Brno Studie 2010 uvažuje s provozem více než sta párů vlaků denně v obou směrech.

Trasu VRT spojující Prahu a Brno sleduje Studie 2010 ve dvou podrobně rozpracovaných variantách, označených „V7“ a „H4“. Obě vychází z Prahy-Vršovic, vedou jihozápadně od stávající konvenční tratě Praha – Benešov u Prahy – České Budějovice, kterou kříží u Bystřice u Benešova, dále směřují na Havlíčkův Brod, kde se varianty liší v poloze vůči Havl. Brodu a napojení na konvenční síť, resp. zřízení stanice přímo na VRT. Trasy pokračují na Jihlavu, kde se nachází propojení s konvenční sítí a jsou z jihu napojeny do železničního uzlu Brno.

Základní návrhové parametry VRT použité ve Studii 2010 jsou uvedeny v tab. 1 – sl. 3–7. Parametry železničních tratí pro rychlosti nad 300 km/h upravují pouze TSI pro infrastrukturu na VRT [12], které jako horní mezní i maximální hodnotu nedostatku převýšení udávají pro rychlosti nad 300 km/h hodnotu 80 mm. Projektant však navrhl u varianty „V7“ Studie 2010 u rychlostí 330 km/h a 350 km/h (tab. 1 – sl. 4 a 5) max. velikost nedostatku převýšení 100 mm s tím, že předpokládá progresivní vývoj v této oblasti. Zároveň podle zásad návrhu geometrických parametrů železniční koleje (v souladu s normami [17, 18]) obecně platí, že se nemají současně využívat hodnoty návrhových parametrů překračující mezní hodnotu (X_{lim}), což je případ parametrů převýšení a jeho nedostatku a přebytku pro traťovou rychlost 300 km/h ve variantě „V7“ Studie 2010 (tab. 1 – sl. 3), což bývá na základě zahraničních zkušeností připuštěno, ale pouze u tratí, na nichž jsou provozovány vlaky, resp. soupravy, u nichž je to experimentálně ověřeno.

Z důvodu různého vývojového stádia jednotlivých variant Studie 2010 se u varianty „V7“ předpokládá užití tzv. pevné jízdní dráhy, zatímco ve variantě „H4“ s klasickou konstrukcí, tj. s kolejovým ložem, ačkoli u obou variant se počítá s traťovou rychlostí až 350 km/h. To neumožňuje plnohodnotné porovnání variant „H4“ a „V7“. Protože Studie 2010 počítá po VRT s provozem také konvenčních vlaků tvořených klasickou soupravou s lokomotivou a vozy, u nichž se předpokládá se zařazením do kategorie A požární odolnosti podle TSI o bezpečnosti v tunelech [13], mohou tunely dosahovat nejvýše délky 5 km¹¹. Kvůli provozu konvenčních vlaků po VRT je rovněž omezen maximální podélný sklon trati na 20 ‰ a i ten je pro konvenční vlaky poměrně hodně vysoký – autor přednášky předpokládá, že ve stoupáních nad 15 ‰ bude u konvenčních vlaků docházet k významnému snížení jízdní rychlosti proti rychlosti traťové, a tedy i vzhledem k rychlostem VRJ, a tak bude docházet k prodloužení obsazení traťového úseku.

5.1.3 LT 2012

Autor této přednášky ve svém návrhu VRT mezi Prahou a Brnem navrhuje rozdělení této trati na dvě části s odlišným provozním režimem, který se následně projeví i v parametrech trati. Pro úsek Praha – Buková Lhota uvažuje přístup „Konvenční vlaky přejíždějí na vysokorychlostní železniční síť“ (varianta druhá podle kap. 3.1), protože v odbočné stanici Buková Lhota budou konvenční vlaky linky Praha – Č. Budějovice sjíždět na konvenční síť (do Benešova). Pro tyto vlaky však autor uvažuje sice s konvenčními soupravami, ale takovými elektrickými jednotkami, které budou splňovat pravidla interoperability na VRT při souběhu s VRJ jedoucími rychlostí až 350 km/h. Pro zbývající úsek Buková Lhota – Brno autor této přednášky uvažuje s koncepcí „Vysokorychlostní vlaky přejíždějí na konvenční železniční síť“ (varianta třetí podle kap. 3.1), tento úsek tudíž bude pojížděn pouze VRJ, a tak bude možné využít bez dalších

¹¹Ve variantě „H4“ je cca v km 192–198 navržen tunel délky 6 128 m – komentář návrhu trasy předpokládá řešení tohoto problému v dalším stupni projektové dokumentace.

kompromisů všechny výhody moderních elektrických VRJ. Je tedy možné (při dodržení dalších dvou podmínek) v tomto úseku uvažovat podélný sklon až 35 ‰.

Parametry jsou v tab. 1 zpracovány zvlášť pro úsek Praha – Buková Lhota (sl. 8) a pro úsek Buková Lhota – Brno, pro něž jsou uvedeny parametry pro dvě varianty traťových rychlostí (300 km/h – sl. 9, 350 km/h – sl. 10). Na celé VRT se počítá s použitím pevné jízdní dráhy, což kromě dalších pozitiv umožní použít (v souladu s TSI pro infrastrukturu na VRT [12] a zahraničními zkušenostmi) hodnotu nedostatku převýšení až 150 mm. Rovněž i velikost vlastního převýšení může dosahovat nejvyšších přípustných hodnot, když je trať využívána pouze VRJ. Protože všechny vlaky by úsek Buková Lhota – Brno projížděly přibližně stejnou rychlostí, není třeba uvažovat omezení přebytkem převýšení. Výsledné nejmenší poloměry směrového oblouku korespondují se Studií 2010¹², takže pro případnou další jednoduchou analýzu projektů VRT mezi Prahou a Brnem není nezbytné zpracovávat novou situaci trati (byť by se i v ní našly úseky, jejichž vedení by se využitím parametrů varianty LT 2012 dalo zlepšit), ale postačí úprava podélného profilu. Provoz výhradně VRJ, které spadají do kategorie B požární bezpečnosti, umožňuje navrhovat v nezbytně nutných případech tunely délky až 20 km.

5.2 Aplikace metodiky na projekty „Studie 2010 – varianta H4“ a „LT 2012“

Pro demonstraci fungování metodiky budou posuzovány pouze dvě varianty VRT Praha – Brno popsané v kap. 5.1: „Studie 2010“ ve své variantě H4 a „LT 2012“. Jako podklady pro data o „Studii 2010“ vstupující do dále popsané metodiky byly autorovi této práce k dispozici pouze výtah z technické zprávy (základní návrhové parametry trati, rozsah provozu – linkové vedení, místa zastavení, intervaly a počet spojů) a souhrnný podélný řez v měřítku 1:200 000/5 000 ve variantě H4. Projekt „LT 2012“ byl autorem tohoto dokumentu zjednodušeně vytvořen tak, že navrhl vlastní linkové vedení a rozsah provozu vlaků na VRT a z hlediska trasování trati předpokládal totožné směrové vedení trati jako ve „Studii 2010“ a změnil pouze průběh nivelety trati, resp. obou traťových kolejí, s ohledem na odlišné podmínky pro výškové vedení koleje (viz kap. 5.1).

Veškeré náklady byly vztaženy k CÚ 2010 a k měně česká koruna (Kč, CZK). Jednotlivé dále popsané tabulky nejsou z důvodu omezeného rozsahu tohoto dokumentu jeho součástí v kompletní podobě – výtahy z nich představují tabulky 2–8.

5.2.1 Tabulka I. „provoz“

V první tabulce byl pro všechny typy souprav, a tedy i linek, použit koeficient disponibility ve výši 95 ‰, což v současnosti odpovídá běžnému standardu nových, moderních kolejových vozidel. Pro výpočet doby obratu byla použita lineární funkce (1) s vysvětlující proměnnou cestovní doba na celé lince. Tato funkce a její parametry byly odvozeny autorem práce jako nejvhodněji reprezentující reálný provoz na železniční síti. Doba obratu totiž slouží nejen k přípravě soupravy na jízdu na dalším spoji (úklid, výměna doprovodu vlaku, zbrojení vozů, jednoduchá technická kontrola a servis), ale také k eliminaci případného zpoždění, se kterým spoj přijede do své konečné stanice. Pravděpodobnost vzniku a délka zpoždění roste s cestovní dobou, resp. délkou, celého spoje, zatímco příprava soupravy je téměř konstantní, a tak se jako

¹²V tab. 1: Sloupec 10 (LT 2012) se nachází v rozmezí hodnot ve sl. 5 a 6 (Studie 2010 – var. V7 a H4). Poloměr ve sl. 9 je totožný s velikostí poloměru ve sl. 3 (studie 2010 – var. V7). Jen poloměr ve sl. 8 vychází o cca 1 000 m menší než ve sl. 6 (Studie 2010 – var. H4), a tak je nutné úsek Praha – Buková Lhota prověřit. Ve variantě H4 Studie 2010 je v tomto úseku navržen nejmenší poloměr 6 500 m, takže směrové řešení je vyhovující i pro projekt LT 2012.

nejvhodnější jeví právě lineární funkce. Hodnoty parametrů funkce (1) odpovídají době obratu např. 13 min pro cestovní dobu linky 30 min a 30 min pro cest. dobu 4 h.

$$t_o = a \cdot t_{cest} + b = 0,08 \cdot t_{cest} + 10,50 \quad (1)$$

kde: t_o – doba obratu linky [min]
 t_{cest} – cestovní doba na celé lince [min]
 a – lineární člen funkce doby obratu linky [-]
 b – absolutní člen funkce doby obratu linky [min]

Jednotkové časové náklady na provoz souprav v sobě zahrnují zejména osobní náklady na doprovod vlaku. Pro výpočty v této práci bylo uvažováno s obsazením vlaku po jednom strojvedoucím, vlakvedoucím a průvodčím. Pro vlakovou četou se počítá s osobními náklady ve výši 350 Kč/h, pro strojvedoucího 400 Kč/h. Tyto náklady představují hrubou mzdu plus povinné odvody zaměstnavatele na zdravotní a sociální pojištění, obsahují příplatky za nerovnoměrnou pracovní dobu, náklady na školení a zkoušky a povinnou výstroj. Při stanovení těchto jednotkových hodnot autor mj. vyšel ze statistických ročenek SŽDC, v nichž byly uvedeny v letech, kdy SŽDC provozovala tzv. mrtvou dopravní cestu a tzv. operátora dráhy prováděly ČD, náklady na řízení provozu na síti SŽDC od ČD, a to jak v celkové finanční výši, tak výše účtovaných hodin práce pracovníků (tzv. osobohodin). Z těchto údajů byla spočtena sazba zhruba 300 Kč/h. I když se v tomto případě jedná o odlišné profese, lze z tohoto údaje vyjít s ohledem na podobné požadované vzdělání, směnnost provozu, výstroj atd.

Pro projekt „Studie 2010“ byla pro každou linku zadána jedna trasa, i když v získaných podkladech je uveden pásmový provoz nebo větvení linky – vložena do tabulky byla vždy možnost, která byla z nabízených variant nejvýhodnější z hlediska oběhu souprav.

5.2.2 Tabulka II. „soupravy“

Pro obě srovnávané varianty bylo uvažováno s následujícími třemi typy souprav: elektrická vysokorychlostní jednotka (VRJ), elektrická konvenční jednotka (EKJ) a elektrická konvenční souprava (EKS). Konvenční soupravy EKJ a EKS jsou přiřazeny vlakovým linkám kategorie expres a rychlík – EKJ v projektu LT 2012 a EKS ve Studii 2010. Pořizovací ceny souprav i jejich technické a provozní parametry (hmotnost, obsaditelnost) byly stanoveny jako hodnoty reprezentativních typů vozidel několika továrních značek, přičemž bylo zásadně uvažováno s novými vozidly. Pro VRJ byly využity veřejně dostupné údaje o jednotkách AGV výrobce Alstom a Velaro od firmy Siemens, pro EKJ jako vzor posloužily dvoupodlažní jednotka KISS a jednopodlažní jednotka FLIRT od firmy Stadler. Pořizovací cena soupravy totožného typu se může výrazně lišit u jednotlivých zakázek – její velikost totiž výrazně závisí na počtu objednaných souprav v rámci jedné zakázky a případné opci na další kusy, rychlosti dodávání souprav, času od podpisu smlouvy k termínu dodání první soupravy, možnosti využití dodavatelem již vyráběných komponent nebo celých souprav, speciálních požadavcích zákazníka atd.

Pro VRJ byla pro účely této práce stanovena nákupní cena na 800 mil. Kč za jednu soupravu. I když parametry vlakových jednotek se liší podle počtu vozů soupravy, průměrně je možné uvažovat pro VRJ obsaditelnost 450–500 míst v soupravě a hmotnost 400–500 t¹³. Brožura UIC [19] uvádí cenu (CÚ 2008) VRJ 20–25 mil. eur (tj. cca 500–625 mil. Kč) pro jednotku kapacity 350 míst, což při přepočtu na jedno sedadlo odpovídá výše uvedeným hodnotám. Sedmivozové dvoupodlažní konvenční jednotce KISS s kapacitou 501 míst, konstrukční rychlostí 200 km/h a hmotností 296 t odpovídá pořizovací cena 110 mil. eur za sedm souprav (CÚ 2009), tj. téměř

¹³Předpokládá se hmotnost soupravy i s cestujícími. Ta se určí tak, že k hmotnosti prázdné soupravy se připočte hmotnost provozních hmot (u osobních souprav vedených v elektrické trakci v podstatě jen voda pro hygienická zařízení pro cestující) a hmotnost cestujících a jejich zavazadel (počítá se 80 kg na každé místo v soupravě).

400 mil. Kč za jednotku. Pětivozová jednotka FLIRT LEO Express dosahuje obsaditelnosti 237 míst, max. rychlosti 160 km/h a hmotnosti 150 t při ceně cca 300 mil. Kč za soupravu. A tak byly stanoveny následující parametry pro EKJ: konstrukční rychlost 200 km/h, obsaditelnost 322 sedadel, hmotnost 366 t a cena 345 mil. Kč za jednotku. Pro EKS bylo uvažováno složení: jedna elektrická vícesystémová lokomotiva (např. ŠKODA 109E), jeden vůz první vozové třídy (např. ř. Ampz) a čtyři vozy druhé vozové třídy (např. ř. Bmz). Dopravní hmotnost takovéto soupravy vychází 366 t a kapacita 322 míst. Při uvažované ceně 120 mil. Kč za lokomotivu a 45 mil. Kč za osobní vůz se dojde k celkové pořizovací ceně 345 mil. Kč.

Doba životnosti všech železničních vozidel se předpokládá jednotně 25 let. Pro způsob zaplacení nákupu souprav se počítá s využitím úvěru nebo leasingu, které zvýší pořizovací cenu jejím vynásobením koeficientem navýšení dlužné částky. Jeho velikost vychází z výpočtu předem daného počtu stále stejně vysokých ročních splátek při neměnné roční úrokové míře podle (2).

$$k_{poř} = \frac{T_{spl} \cdot \alpha}{C_{poř}} = \frac{T_{spl}}{C_{poř}} \cdot \frac{C_{poř} \cdot i \cdot (1+i)^{T_{spl}}}{(1+i)^{T_{spl}} - 1} = \frac{T_{spl} \cdot i}{1 - (1+i)^{-T_{spl}}} \quad (2)$$

- kde: $k_{poř}$ – koeficient navýšení dlužné částky [-]
 T_{spl} – počet splátek hrazených pravidelně na konci roku [-]
 α – roční splátka úvěru [p.j.]
 $C_{poř}$ – výše úvěru, tj. pořizovací cena [p.j.]
 i – roční úroková míra [-]

Pro tuto práci bylo počítáno s dobou splácení 10 let a s úrokovou mírou 5 % p.a. ($i=0,05$). Za těchto předpokladů dosahuje koeficient navýšení dlužné částky hodnoty přibližně 1,3.

5.2.3 Tabulka III. „jednotkové investiční náklady na infrastrukturu“

Jednotkové investiční náklady na výstavbu železničního spodku a pevných trakčních zařízení dvoukolejných železničních tratí byly pro vědecké a pedagogické účely poskytnuty Ústavu dopravních systémů v roce 2009 Ing. Martinem Vachtlem ze společnosti SUDOP PRAHA a.s. Vzhledem k vývoji indexu cen stavebních prací v ČR, zjištěvaného Českým statistickým úřadem, jehož hodnota se od r. 2009 pohybuje kolem jedné¹⁴, lze získané hodnoty uvažovat i pro rok 2010 bez úpravy. Ceny jednotkových investičních nákladů na zřízení železničního svršku a zabezpečovacího a sdělovacího zařízení byly převzaty ze studie [2] a upraveny inflačním koeficientem (CÚ 1994 → CÚ 2010)¹⁵ ve výši 1,941. Pro variantu „LT 2012“, kde se předpokládá použití pevné jízdní dráhy místo klasické konstrukce koleje s kolejovým ložem, byla jednotková cena za zřízení žel. svršku zvýšena o 50 % a zároveň prodloužena jeho životnost.

Zatímco v předchozím odstavci uvedené jednotkové investiční náklady jsou vztaženy na jednotku délky (1 km), součástí tabulky III. je rovněž navýšení investičních nákladů na jednu zřízenou dopravnu – odbočku, výhybnu a stanici. V odbočce je uvažováno pouze se zvýšením ceny v důsledku položení dvou výhybek (každá do jedné traťové koleje). Ve výhybně je uvažováno s vybudováním dvou předjízdných kolejí o celkové délce zhruba 1 km, které jsou na hlavní koleje napojeny čtyřmi výhybkami, a dvou jednoduchých kolejových spojek; tomu odpovídá i rozšíření pláň tělesa žel. spodku o 2×6 m ve Studii 2010 a 2×5 m v projektu LT 2012. Ve stanici se počítá s osovou vzdáleností mezi hlavní a předjízdnou kolejí 6,5 m

¹⁴viz např.: ÚRS PRAHA, a.s.: *Indexy cen stavebních prací*, dostupné z: www.mpostav.cz/insprac.htm [cit. 01.08.2012]

¹⁵podle údajů o roční míře inflace v ČR v letech 1989–2010 – viz: Český statistický úřad: *Česká republika od roku 1989 v číslech*, dostupné z: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/cr_od_roku_1989 [cit. 09.08.2012]

položka		cena na jednotku délky	životnost	denní investiční náklady	šířka záboru území
základní	hloubka / výška				
	[m]	[10 ⁶ .Kč/km]	[let]	[Kč/km·d]	[m]
<i>III-A</i>	<i>III-B</i>	<i>III-C</i>	<i>III-D</i>	<i>III-E</i>	<i>III-F</i>
žel. svršek (klas.)		24	40	1 644	x
násep	8	186	100	5 096	41
násep	6	161	100	4 411	32
násep	4	141	100	3 863	25
násep	2	121	100	3 315	18
na terénu	0	101	100	2 767	19
zářez	-2	121	100	3 315	26
zářez	-4	141	100	3 863	33
zářez	-6	161	100	4 411	45
zářez	-8	186	100	5 096	52
tunel		1 200	100	32 877	0
most		800	100	21 918	15
elektrizace		20	40	1 370	x
zab.+ sděl. zař.		5	30	457	x
odbočka	ks	15	50	822	0
výhybna	ks	86	50	4 712	12
stanice	ks	93	50	5 107	23

Tabulka 2: Tabulka III. „jednotkové investiční náklady na infrastrukturu” pro Studii 2010

(shodně pro oba porovnávané projekty) a oproti výhybně navíc se dvěma vnějšími nástupišti, každé o délce 300 m, a s rozšířením o nástupiště (2×3 m) a výtahem se schodištěm (2×2 m).

Šířka záboru území pro určitý tvar zemního tělesa, resp. stavbu žel. spodku, byla stanovena ze vzorových příčných řezů s výchozím sklonem svahů 1:1,75 a s nezpevněnými příkopy (pro trať vedoucí v náspu byl uvažován jen jeden příkop u paty náspu). U dopraven jsou hodnoty šířky záboru území brány jako rozšíření proti širé trati. Počítá se s osovou vzdáleností traťových a hlavních kolejí 5,00 m pro Studii 2010 a 4,5 m pro LT 2012.

Tabulka III. je představena v tomto textu jako tab. 2 – údaje v ní obsažené jsou totožné pro oba porovnávané projekty vyjma žel. svršku a šířky záboru území (viz výše).

5.2.4 Tabulka IV. „infrastruktura a provoz na ní“

V tabulce IV. jsou vloženy dvě konstanty lišící se pro jednotlivé typy vlaků, resp. souprav na ně nasazované. Jsou jimi jednak konstrukční rychlost vlaku, jež se uvažuje 350 km/h pro VRJ a 200 km/h pro EKJ i EKS, a jednak součinitel odporu vzduchu vlaku, odvíjející se zejm. od tvaru čela soupravy a od kapotování bočnic a podvozků, jehož hodnota se předpokládá 1,0 pro VRJ, 1,3 pro EKJ a 1,5 pro EKS. Shodně pro všechny typy souprav je uvažováno s plochou průřezu vlaku 12 m², hustotou vzduchu 1,3 kg/m³ a rychlostí protivětru 5 m/s.

Pro hodnotu měrného odporu z jízdy v tunelu nebyla stanovena konstantní hodnota, jak to bývalo donedávna zvykem, ale s ohledem na aktuální výsledky testů i na české železniční síti byl tento parametr provázán s rychlostí vlaku. Pro všechny typy souprav byla použita stejná funkce o totožných parametrech, a to kvadratická (3), která podle názoru autora této práce nejlépe odráží průběh specifického odporu z jízdy vlaku tunelem v závislosti na jeho rychlosti (např. pro rychlost 80 km/h vychází 2 ‰, pro 200 km/h dosahuje 4 ‰ a při 350 km/h se zvyšuje až na 13 ‰ – tyto hodnoty odpovídají údajům kupř. v [4]).

$$o_T = a_T \cdot V^2 + b_T \cdot V + c_T = 2 \cdot 10^{-4} \cdot V^2 - 0,0283 \cdot V + 3,2346 \quad (3)$$

- kde: o_T – měrný odpor vlaku z jízdy tunelem [%o]
 V – rychlost jízdy vlaku [km/h]
 a_T – kvadratický člen funkce měrného odporu z jízdy v tunelu [%o·h²·km⁻²]
 b_T – lineární člen funkce měrného odporu z jízdy v tunelu [%o·h·km⁻¹]
 c_T – absolutní člen funkce měrného odporu z jízdy v tunelu [%o]

Výše vozidlových odporů byla stanovena jen pro směr jízdy z Prahy do Brna a hodnota měrného odporu z podélného sklonu byla do odporů započítávána pouze při stoupání (při klesání je tedy ve výpočtech její velikost rovna nule), nepředpokládá se tudíž s přínosem rekuperace elektrické energie. Pro měrný odpor z jízdy směrovým obloukem byl použit empirický vztah (4) (viz např. [18]) – specifický odpor v tomto vzorci závisí pouze na parametrech koleje.

$$o_R = \frac{600}{R} \quad (4)$$

- kde: o_R – měrný odpor vlaku z jízdy směrovým obloukem [%o]
 R – poloměr směrového oblouku [m]

Měrný odpor z tření v ložiscích náprav a při kontaktu kola a kolejnice se uvažuje v této práci jednotně 0,6 ‰ (valivé tření mezi kolem a hlavou kolejnice se předpokládá v intervalu 0,3–0,5 ‰, tření čepů náprav ve valivých ložiscích 0,1–0,3 ‰¹⁶).

Z hlediska spotřeby trakční elektrické energie při jízdě vlaku se předpokládá účinnost přenosu elektrické energie (neuvažuje se jalový výkon) mezi rozvodnou energetickou sítí a hnacími nápravami vlaku ve výši 70 % a počítá se s jednotkovou cenou el. energie z rozvodné energetické sítě ve výši 2,6 Kč/kWh. Ke spotřebě el. energie na trakční pohon vlaku se připočítává tzv. vedlejší energetická spotřeba vlaku (kompresory, ventilace, klimatizace, vytápění, osvětlení atd.), jejíž jednotková hodnota se obvykle vztahuje buď na jednotku hmotnosti, nebo jako podíl ze spotřeby na trakční pohon vlaku a jejíž velikost se samozřejmě odvíjí od druhu soupravy. Pro osobní vlaky se většinou počítá s 3–5 % z hlavní trakční spotřeby vlaku, a tak byla pro tuto práci stanovena jednotná velikost 3 %, jelikož se předpokládá vzhledem k vysoké rychlosti jízdy vlaků a náročným sklonovým poměrům velký příkon vlaků.¹⁷

5.2.5 Tabulka V. „úseky s konstantním provozem“

Celá VRT Praha – Brno je pro účely této práce rozdělena do šesti úseků, ohraničených dopravními, v nichž se VRT propojuje s konvenční žel. sítí a z nichž sjíždějí vlaky z VRT na konvenční síť, resp. v nichž vjíždějí vlaky z konvenční sítě na VRT; jedná se tedy o úseky s konstantním rozsahem plánovaného vlakového provozu – viz tab. 3.

Při stanovování jednotkových cen za výkup pozemků, potřebných pro stavbu nové VRT, a staveb na nich autor této práce vycházel z tržních cen zemědělské a lesní půdy, jež se pohybují řádově v jednotkách až desítkách (zcela výjimečně stovkách) korun za metr čtvereční¹⁸, a

¹⁶viz např. vysokoškolská skripta: Kubát, Bohumil a Lukáš Týfa. *Železniční tratě a stanice*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 208 s. ISBN 80-01-02782-1.

¹⁷Problematika elektrické trakce byla konzultována s Ing. Jindřichem Sadilem, Ph.D., z ČVUT v Praze Fakulty dopravní, Ústavu řídicí techniky a telematiky.

¹⁸viz vyhláška č. 3/2008 Sb., o provedení některých ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, v platném znění a např. databáze inzerátů na internetové stránce www.bioreality.cz

ozn. úseku	traťový úsek	délka [km]
A	žst. Praha–Zahradní Město – odb. Otice	16,5
B	odb. Otice – žst. Buková Lhota	15,1
C	žst. Buková Lhota – odb. Dobříčkov	12,9
D	odb. Dobříčkov – odb. Hlávkov	66,6
E	odb. Hlávkov – žst. Velký Beranov	14,0
F	žst. Velký Beranov – odb. Brno–Vídeňská	74,5

Tabulka 3: Úseky s konstantním provozem na VRT Praha – Brno

z cen stavebních parcel, jejichž jednotková cena se pohybuje v širokém intervalu zhruba 300–3 000 Kč/m² ¹⁹. K ceně lesního pozemku je třeba přičíst tržní hodnotu lesního porostu a ke stavebnímu pozemku cenu budov na nich stojících a náklady na jejich demolici. Jednotkovou cenu jakéhokoli pozemku ovlivňuje především jeho poloha, tvar, výměra, svažitost a přístup k němu; u zemědělské a lesní parcely především kvalita půdy. V praxi je tak potřeba stanovit jednotkovou cenu každého pozemku zvlášť znalcem v oboru nemovitostí a je běžné, že tato cena se výrazně liší u dvou sousedních parcel. Stanovení jednotkových cen za metr čtvereční pozemku, lesních porostů a budov je tedy velmi přibližné a autor této práce ho provedl paušálně pro jednotlivé úseky zejména s ohledem na polohu – atraktivitu území, jimž má VRT procházet. Pro úsek „A“, procházející katastrálním územím Prahy a v její blízkosti, byla stanovena cena 200 Kč/m², pro úseky „B“ (Středočeský kraj) a „F“ (Brno a okolí) cena 100 Kč/m² a pro zbývající úseky do 100 Kč/m². Jelikož jsou v této práci všechny náklady přepočítávány na jednotku času (den) a pozemky se podle účetních pravidel neodepisují, byla doba rozpočítávání nákladů na pořízení pozemků stanovena na 100 let – podle uvažované max. životnosti staveb žel. spodku.

Pro stanovení dále vyčíslených jednotkových nákladů na údržbu tratě a vozového parku byly použity informační zdroje s cenami v různých měnách (USD, EUR, ECU²⁰, CZK) a v cenových úrovních rozličných let. Všechny ceny v zahraničních měnách byly proto nejprve přepočítány průměrným ročním kurzem v CÚ daného roku na českou korunu²¹ a následně upraveny inflačním koeficientem²² na CÚ 2010. Pro EKS a EKJ byly kvůli zjednodušení uvažovány stejné náklady na údržbu vozového parku i infrastruktury – souhrnně jsou údaje uváděny pro klasickou (konvenční) soupravu.

Jednotkové ceny za údržbu trati jsou v různých informačních zdrojích vztaženy buď na průjezd jednoho vlaku určitého druhu po jednom kilometru koleje jisté charakteristiky, nebo na jeden kilometr koleje nebo tratě při určité intenzitě provozu (provozním zatížení) a charakteristice koleje/tratě. Podle studie [10] činí v CÚ 1993 průměrné náklady na údržbu žel. infrastruktury 1,33 ECU/vl.km pro VRJ a pro pětivozovou klasickou soupravu 0,93 ECU/vl.km. Průměrný měnový kurz v roce 1993 činil 34,105 CZK/ECU, inflační koeficient (CÚ 1993 → CÚ 2010) dosahuje hodnoty 2,135. Přepočtené jednotkové náklady na údržbu trati pak dosahují velikosti 96,84 Kč/vl.km pro VRJ a 67,72 Kč/vl.km pro

¹⁹viz cenové mapy měst, do nichž se podle zákona zapisují tržní ceny (tj. ceny získané z kupních smluv), a internetový portál www.cenovamapa.eu

²⁰Virtuální měnová jednotka ECU (European Currency Unit), příp. XEU, byla používána v letech 1979–1998 pro přepočty měn se státy Evropských společenství (ES). Hodnota jejího kurzu byla dána váženým aritmetickým průměrem kurzů měn států ES. V první den platnosti eura (1. 1. 1999) byl kurz stanoven na: 1 EUR = 1 ECU.

²¹Česká národní banka: Kurzy devizového trhu – průměry, dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_form.jsp [cit. 09.08.2012]

²²podle údajů o roční míře inflace v ČR v letech 1989–2010 – viz: Český statistický úřad: Česká republika od roku 1989 v číslech, dostupné z: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/cr_od_roku_1989 [cit. 09.08.2012]

pětivozovou klasickou soupravu. Podle zkušeností z USA²³ dosahují pro kolej s provozním zatížením do 5 mil. hrt/rok, podílem vlaků osobní dopravy 80 %, málo oblouky, betonovými pražci a traťovou rychlostí 180 km/h průměrné náklady na údržbu infrastruktury bez pevných trakčních zařízení v CÚ 2003 velikosti 37 901–54 327 USD/míle/rok. Při použití průměrného kurzu 28,227 CZK/USD (v roce 2003) a inflačního nárůstu (CÚ 2003 → CÚ 2010) 1,203 a převodu délky na kilometr²⁴ a jedné koleje na dvě se dojde k průměrné hodnotě 1,946 mil. Kč/km/rok. Porovnáním dat o průměrných nákladech na údržbu žel. tratí v různých zemích světa bylo zjištěno, že jsou nejnižší v USA a naopak nejvyšší ve východní Asii, což je způsobeno především různou traťovou rychlostí. Například²⁵ pro Evropu se uvádí v CÚ 1999 průměrné náklady na údržbu žel. koleje ve výši 33 EUR/m/rok, pro USA je to 7,9 EUR/m/rok a ve východní Asii (s převahou VRT) 78 EUR/m/rok. Při průměrném kurzu 36,882 CZK/EUR (rok 1999) a inflačním koeficientu (CÚ 1999 → CÚ 2010) 1,333 se získají hodnoty 3,245 mil. Kč/km/rok pro Evropu, 0,8 mil. Kč/km/rok pro USA a 7,670 mil. Kč/km/rok pro východní Asii. Podle brožury UIC [19] činí průměrné náklady na údržbu VRT v Evropě 70 000 EUR/km tratě/rok (CÚ 2008), tj. 1,75 mil. Kč km tratě/rok (CÚ 2010).

Ve studii [2] je pro podíl 10 % mostů a 20 % tunelů na délce VRT stanovena v CÚ 1994 výše nákladů na údržbu žel. infrastruktury VRT ve výši 1 626,6 tis. Kč/km tratě/rok. Úpravou inflací na CÚ 2010 (inflační koeficient 1,941) se dojde k částce 3,157 mil. Kč/km/rok. Pro tuto práci byly autorem jako nejrealnější vybrány hodnoty podle [10], které byly přisouzeny konstrukci koleje klasické (tj. uvažované ve studii [3] pro variantu H4), zatímco pro pevnou jízdní dráhu (uvažovanou ve studii „LT 2012“) se předpokládá jejich snížení o 40 %. Důvodem pro tuto zmenšenou hodnotu je skutečnost, že v případě použití pevné jízdní dráhy vykazuje geometrická poloha koleje této konstrukce vyšší stabilitu při stejném zatížení koleje a traťové rychlosti a není nutné udržovat kolejové lože (podbíjení, čištění).

Pro určení výše jednotkových nákladů na údržbu vozového parku byly zkoumány studie [2, 10] a brožura [19], v nichž jsou tyto náklady vztaženy podle druhu soupravy vždy na jednotku dopravního výkonu. Ve studii [10] (CÚ 1993) jsou tyto náklady vyčísleny pro VRJ na 1,90 ECU/vl·km a pro pětivozovou klasickou soupravu na 1,24 ECU/vl·km. Po přepočtu (princip viz výše) pak vychází tyto náklady pro VRJ na 138,35 Kč/vl·km a pro pětivozovou klasickou soupravu na 90,29 Kč/vl·km v CÚ 2010. Ve studii [2] je průměrná hodnota nákladů na údržbu souprav uvedena pouze pro klasickou pětivozovou soupravu, jejíž velikost dosahuje výše 42,70 Kč/vl·km v CÚ 1994, čemuž v CÚ 2010 odpovídá hodnota 81,88 Kč/vl·km (inflační koeficient 1,941). V dokumentu UIC [19] jsou prezentovány průměrné náklady na údržbu VRJ v Evropě ve výši 2 EUR/vl·km, tj. cca 50 Kč/vl·km.

K provozním nákladům na jízdu vlaku je nutné ještě připočítat provozní režii a náklady na jeho úklid. Výše provozní režie byla převzata ze studie [10], kde je její výše stanovena na 0,012 ECU/vl·km. Převodem na tuzemskou měnu a CÚ 2010 (viz výše) se dosáhne hodnoty 0,874 Kč/vl·km. Pro stanovení výše nákladů na úklid soupravy vyšel autor této práce z úvahy, že po ujetí přibližně každých 400 km bude proveden běžný úklid (manuálně), což při odhadu 1 100 Kč za jedno umytí soupravy vychází 2,75 Kč/vl·km. Dále po ujetí soupravy přibližně 1 000 km musí dojít k vyprázdnění fekálií z WC, doplnění užitkovou vodou a umytí soupravy průjezdem myčkou. Pokud se uvažuje cena jedné takovéto operace 2 000 Kč, vychází její jednotková cena 2,00 Kč/vl·km. Dohromady tedy činí náklady na úklid a na provozní režii 5,624 Kč/vl·km.

²³dle příspěvku: ZAREMBSKI, Allan M. and Pradeep PATEL. Estimating Maintenance Costs for Mixed Higher Speed Passenger and Freight Rail Corridors. In: *Proceedings of the 2010 Joint Rail Conference (JRC2010)*. Urbana (Illinois), USA: ASME, 2010.

²⁴1 míle = 1 609,344 m – dle např.: BUREŠ, Jiří. *Jednotky délky*, dostupné z: <http://www.converter.cz/prevody/delka.htm> [cit. 10.08.2012]

²⁵viz monografie: LICHTBERGER, Bernhard. *Track Compendium: Formation, Permanent Way, Maintenance, Economics*. 1st ed. Hamburk: Eurailpress, 2005. 634 pp. ISBN 3-7771-0320-9.

ozn. linky	trasa linky	linkový interval		počet párů spojů za den		
		špička	sedlo	špička	sedlo	celkem
		[min]	[min]	[2-vl/d]	[2-vl/d]	[2-vl/d]
<i>I-A</i>	<i>I-B</i>	<i>I-C</i>	<i>I-D</i>	<i>I-U</i>	<i>I-V</i>	<i>I-W</i>
VRV1	Berlín - Praha - Brno - Vídeň	120	120	4	5	9
VRV2	Berlín - Praha - Brno - Bratislava - Budapešť	120	120	4	5	9
VRV3	Praha - Brno - Ostrava - Varšava	120	120	4	5	9
VRV4	Praha - Brno - Ostrava - Žilina - Košice	120	120	4	4	8
VRV5	Plzeň - Praha - Brno - Ostrava	60	120	10	5	15
Ex1	Karl. Vary - Most - Praha - Brno - Zlín	120	120	4	5	9
Ex2	Praha - Jihlava - Znojmo	120	120	3	2	5
R1	Č. Budějovice - Jihlava - Brno - Olomouc	120	120	4	5	9
Ex3	Praha - Jihlava - Havl. Brod - Žďár n.S. - Brno	60	120	8	4	12
Ex4	Praha - Benešov - Č. Budějovice - Linec	60	120	10	5	15
R2	Praha - Čerčany - Č. Budějovice	60	120	11	6	17

Tabulka 4: Tabulka I. „provoz” pro Studii 2010

5.2.6 Tabulka VI. „rekapitulace“

Pro rozdělení podílů denních nákladů mezi jednotlivé subjekty působící na železnici se pro majitele dráhy započítávají pouze investiční náklady na výkup pozemků, pro provozovatele dráhy investiční náklady na vybudování infrastruktury žel. tratě a náklady na údržbu infrastruktury a pro dopravce zbývající položky.

5.3 Srovnání projektů „Studie 2010 – varianta H4“ a „LT 2012“

5.3.1 Vstupní data a vybrané dílčí výstupy

Výřezy z tabulky I., popisující zejména linkové vedení v obou srovnávaných projektech, jsou prezentovány v této práci v podobě tab. 4 (projekt „Studie 2010 – varianta H4“) a tab. 5 (projekt „LT 2012“). Následují výtahy z tabulky V., jež uvádí především intenzitu provozu v jednotlivých projektech, jsou zobrazeny v této práci jako tab. 6 (projekt „Studie 2010 – varianta H4“) a tab. 7 (projekt „LT 2012“).

5.3.2 Výsledné porovnání projektů

Sestavení hodnot jednotlivých denních nákladů a dalších srovnávacích parametrů z obou posuzovaných projektů k sobě je představeno v tab. 8.

Ze souhrnného srovnání projektů Studie 2010 a LT 2012 vyplývá, že denní náklady se liší o jeden milion korun v neprospěch Studie 2010. Denní náklady na pořízení souprav jsou o 3 % větší u projektu LT 2012, protože se počítá s provozem výhradně elektrických jednotek splňujících pravidla interoperability pro VRT. Investiční náklady na infrastrukturu jsou

ozn. linky	trasa linky	linkový interval		počet párů spojů za den		
		špička	sedlo	špička	sedlo	celkem
		[min]	[min]	[2-vl/d]	[2-vl/d]	[2-vl/d]
<i>I-A</i>	<i>I-B</i>	<i>I-C</i>	<i>I-D</i>	<i>I-U</i>	<i>I-V</i>	<i>I-W</i>
VRV1	Praha - Brno	30	60	24	8	32
VRV2	Praha - Benešov - Jihlava - Brno	30	60	24	8	32
R1	Praha - Benešov - Č. Budějovice	30	60	22	9	31

Tabulka 5: Tabulka I. „provoz” pro projekt LT 2012

úsek	staničení		délka úseku	provoz linek v jednotlivých úsecích											počet párů spojů za den	počet párů spojů za den
	ZÚ	KÚ		VRV1	VRV2	VRV3	VRV4	VRV5	Ex1	Ex2	R1	Ex3	Ex4	R2		
	[km]	[km]	[km]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[2-vl/d]	[2-vl/d]
<i>V-A</i>	<i>V-B</i>	<i>V-C</i>	<i>V-D</i>	<i>V-I</i>	<i>V-J</i>	<i>V-K</i>	<i>V-L</i>	<i>V-M</i>	<i>V-N</i>	<i>V-O</i>	<i>V-P</i>	<i>V-Q</i>	<i>V-R</i>	<i>V-S</i>	<i>V-T</i>	<i>V-U</i>
A	6,8	23,3	16,5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	50	58
B	23,3	38,4	15,1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	50	41
C	38,4	51,3	12,9	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	50	0
D	51,3	117,9	66,6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	50	26
E	117,9	131,9	14,0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	35	0
F	131,9	206,4	74,5	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	50	18

Tabulka 6: Tabulka V. „úseky s konstantním provozem” pro Studii 2010

úsek	staničení		délka úseku	provoz linek			počet párů spojů za den	počet párů spojů za den
	ZÚ	KÚ		VRV1	VRV2	R1		
	[km]	[km]	[km]	[0/1]	[0/1]	[0/1]	[2-vl/d]	[2-vl/d]
<i>V-A</i>	<i>V-B</i>	<i>V-C</i>	<i>V-D</i>	<i>V-I</i>	<i>V-J</i>	<i>V-K</i>	<i>V-L</i>	<i>V-M</i>
A	6,8	23,3	16,5	1	1	1	64	31
B	23,3	38,4	15,1	1	1	1	64	31
C	38,4	51,3	12,9	1	0	0	32	0
D	51,3	117,9	66,6	1	1	0	64	0
E	117,9	131,9	14,0	1	0	0	32	0
F	131,9	206,4	74,5	1	1	0	64	0

Tabulka 7: Tabulka V. „úseky s konstantním provozem” pro projekt LT 2012

projekt - varianta:	SUDOP 2010 - var. H4		LT 2012	
položka	denní náklady	podíl	denní náklady	podíl
	[Kč/d]	[%]	[Kč/d]	[%]
denní čas. náklady na provoz vlaků po VRT	263 571	2 %	258 844	2 %
denní náklady na pořízení souprav	1 365 766	10 %	1 713 718	13 %
denní invest. náklady na infr. úseku	3 086 366	22 %	2 933 059	22 %
denní invest. náklady pozemků	11 707	0 %	11 798	0 %
denní náklady na elektr. energii pro vlaky	3 238 855	23 %	3 176 694	24 %
denní náklady na údržbu infrastr. VRT	2 521 874	18 %	1 464 062	11 %
denní náklady na údržbu souprav na VRT	3 542 821	25 %	3 473 389	26 %
denní náklady na úklid souprav a režii	162 182	1 %	145 023	1 %
součet	14 193 142		13 176 587	

Podíl denních nákladů pro jednotlivé subjekty železniční dopravy:

provozovatel dráhy	40 %		33 %
doprovci	60 %		67 %
majitel dráhy	0 %		0 %

Investiční náklady na infrastrukturu:

celkové investiční náklady na výstavbu infrastruktury	96 348	mil. Kč	93 162
celkové náklady na výkup pozemků	427	mil. Kč	431

Přepočtené charakteristiky:

denní náklady pro provozovatele dráhy na jednotku délky trati	28 097	Kč/km-d	22 030
náklady pro dopravce na jednotku dopravního výkonu	297	Kč/ml-km	340

Tabulka 8: Porovnání nákladů projektů Studie 2010 a LT 2012

u obou projektů přibližně stejné, i když se počítá v projektu LT 2012 se zřízením investičně nákladnější pevné jízdní dráhy. Je to způsobeno úsporami na stavbách žel. spodku (mosty, tunely), které nebylo nutné budovat v projektu LT 2012 v takové míře jako ve Studii 2010 v důsledku návrhu podélného sklonu trati až 35 ‰ (proti maximálním 20 ‰ ve Studii 2010). Předpokládaná konstrukce koleje v podobě pevné jízdní dráhy, jež vyžaduje menší náklady na údržbu, v projektu LT 2012 způsobila zmenšení denních nákladů na údržbu infrastruktury o 7 %. Zanedbatelnou roli v celkové struktuře denních nákladů tvoří u obou projektů náklady na výkup pozemků (pořizovací cena parcel se totiž rozpočítává do dlouhého období) a náklady na úklid souprav a režii.

Výše popsáním rozdílům v jednotlivých položkách denních nákladů na VRT Praha – Brno odpovídá i odlišná výše podílu na nákladech mezi provozovatelem dráhy a dopravci: zatímco ve Studii 2010 činí poměr nákladů 2:3 (60 % připadá na dopravce), v projektu LT 2012 se podíl dopravců na nákladech zvyšuje na 67 %. Tomuto rozdělení nákladů mezi jednotlivé subjekty odpovídají hodnoty denních nákladů pro provozovatele dráhy na jednotku délky trati, která je u projektu LT 2012 nižší o téměř 22 %, a velikost nákladů dopravce na jednotku dopravního výkonu, jež je naopak u projektu LT 2012 o 14 % vyšší. V investičních nákladech na infrastrukturu, spočtených podle stejné metodiky a stejných jednotkových cen, se oba projekty od sebe liší o zhruba tři miliardy korun²⁶ (přepočet na jednotku délky trati není více vypovídající, protože oba projekty mají totožné směrové řešení, a tudíž i délku trasy).

²⁶Oficiální projektová dokumentace Studie 2010 uvádí pro variantu H4 investiční náklady ve výši 199 mld. Kč (CÚ 2010), což je dvojnásobek proti 96 mld. Kč spočteným v této přednášce – viz tab. 8. Autor této přednášky se domnívá s ohledem na zahraniční zkušenosti a zároveň na zjednodušení v jím navržené metodice, že výše investičních nákladů se v dané cenové úrovni reálně pohybuje kolem 120 mld. Kč.

6 Závěr

Není pochyb o tom, že budování a provozování vysokorychlostního železničního systému je jedním z klíčových kroků pro zlepšení fungování železniční dopravy jako celku – jako jednoho ze subsystému dopravy. O tom se lze přesvědčit nejen ve státech západní Evropy nebo v Japonsku, ale také například v Maroku nebo v Brazílii. Podle typologie a parametrů stávající konvenční železniční sítě, struktury sídel, konfigurace terénu a cílů železničního systému lze přistoupit různě ke vztahu mezi vysokorychlostním a konvenčním železničním systémem, což se projevuje odlišně silnou vazbou především mezi parametry infrastruktury a provozovanými vlaky, resp. soupravami. Typové případy uvedeného přístupu byly popsány v první části této přednášky a následně byly aplikovány na plánovanou vysokorychlostní železniční trať Praha – Brno, která by měla vytvořit nejlepší dopravní nabídku nejdůležitější a nejintenzivnější přepravní poptávce v České republice. Rozhodnutí o tom, která varianta je nejlepší, bylo učiněno na základě celkových interních nákladů – a to jak investičních, tak provozních a nákladů jak na infrastrukturu, tak na vozový park. Při kalkulaci byly použity jednotkové ceny, o jejichž velikostech je možné vést rozsáhlé diskuze a jejichž hodnoty se leckdy výrazně liší i v dostupných informačních pramenech, ale podle mínění autora jde o reprezentativní a řádově správné údaje. Pro výslednou kalkulaci nákladů byl sestaven nejen teoretický, ale i prakticky fungující model, v němž lze snadno jednotlivé údaje editovat.

Výsledky modelu potvrdily předpoklad, že VRT určená jen pro vysokorychlostní jednotky je v porovnání s tratí určenou současně pro konvenční vlaky z hlediska investičních nákladů na infrastrukturu přibližně stejně nákladná nebo levnější (vyšší náklady na pevnou jízdní dráhu kompenzují menší náklady na stavby železničního spodku), méně finančně náročná je na údržbu infrastruktury, ale větší náklady se očekávají na pořízení výhradně vysokorychlostních jednotek. V absolutních číslech vychází náklady na specializovanou trať menší než pro VRT určenou i pro konvenční vlaky. Rozhodnutí o výběru optimální varianty se tak zdá být jasné, ale v praxi nemusí být optimalizačním kritériem minimalizace celkových interních nákladů, ale například jen investičních nákladů pro provozovatele dráhy, který může být současně investorem stavby trati. A tak se ukazuje úzká provázanost mezi jednotlivými subsystémy v železniční dopravě a zároveň velký význam kvalitního kontinuálního koordinovaného plánování a projektování celého železničního systému. Po překonání zmíněných komplikací, které jsou u železniční dopravy největší ze všech druhů dopravy, se železniční dopravní systém odmění celé společnosti svojí vysokou bezpečností, velkou přepravní kapacitou, šetrností k životnímu prostředí a silným urbanistickým vlivem. Proto je potřeba před zadáním trasovacích studií železničních tratí prověřit všechny v úvahu přicházející kombinace návrhových parametrů tratě, provozních koncepcí, způsobů zabezpečení a řízení provozu a typů souprav a vybrat nejlepší variantu také s ohledem na rychlost zprovoznění jednotlivých složek a jejich životnost.

Z výše uvedeného lze dojít k závěru, že vysokorychlostní železniční systém v České republice by měl být složen z několika typů tratí (resp. traťových úseků) z hlediska toho, jakými typy vlaků budou moci být dané úseky pojížďeny. Některé úseky by tedy měly být určeny pro konvenční i vysokorychlostní vlaky, jiné jen pro vlaky vysokorychlostní; jednotlivé typy VRT by se tak měly lišit i svými návrhovými parametry. Rozhodnutí o typu jednotlivých úseků VRT tak výrazně ovlivňuje i výhledový stav konvenční železniční sítě, což opět ukazuje na úzkou provázanost veškerých součástí železničního systému.

7 Literatura

- [1] TÝFA, Lukáš. Nejnovější trendy v oblasti infrastruktury vysokorychlostních tratí. In: *Odborná konference Vysokorychlostní železniční doprava ve světě a v České republice* [CD-ROM]. Praha: SUDOP PRAHA a.s., 2007.
- [2] SUDOP PRAHA, a.s. Územně-technické podklady – Koridory VRT v ČR. A – Souhrnná část. Textová část. Praha, 1995.
- [3] SUDOP PRAHA, a.s. Vysokorychlostní trať Praha – Brno. Praha, 2010.
- [4] TVRDÍK, Jaromír. Podmienky pre výstavbu VRT Praha – Brno. In: *7. Fórum koľajovej dopravy*. Bratislava: Spoločnosť PSKD – Prevádzka a stavby koľajovej dopravy, 2011, s. 35–39. ISBN 978-80-88973-68-3.
- [5] TÝFA, Lukáš. Vysokorychlostní železniční tratě a Česká republika. *Nová železniční technika*. Brno: KPM CONSULT, 2009, roč. 17., č. 5, s. 4–7. ISSN 1210-3942.
- [6] ILÍK, J., J. KUŠNÍR a R. ČECH. Budoucnost české železnice v dokumentech evropské dopravní politiky. *Železniční magazín*. Praha: M-Press plus, 2012, roč. 18, č. 1, s. 26–28. ISSN 1212-1851.
- [7] POHL, Jiří. Vzájemný soulad vozidel a infrastruktury v dálkové a regionální dopravě. In: *Budoucnost železniční osobní dopravy v ČR: Czech Raildays 2010* [CD-ROM]. Ostrava: M-Press plus, 2010.
- [8] POHL, Jiří. Rychlá železniční osobní doprava: díl dvacátý: náklady a výnosy poprvé. *Železniční magazín*. Praha: M-Press plus, 2010, roč. 16, č. 1, s. 24–27. ISSN 1212-1851.
- [9] POHL, Jiří. Rychlá železniční osobní doprava: díl dvacátý první: náklady a výnosy podruhé. *Železniční magazín*. Praha: M-Press plus, 2010, roč. 16, č. 2, s. 24–27. ISSN 1212-1851.
- [10] INTRAPLAN Consult GmbH, INRETS. *Traffic and profitability for a western European high speed train network*. Paris: International Union of Railways (UIC), 1994.
- [11] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/57/ES ze dne 17. června 2008 o interoperabilitě železničního systému ve Společenství ve znění Směrnice Komise č. 2009/131/ES ze dne 16. října 2009.
- [12] Rozhodnutí Komise č. 2008/217/ES ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Infrastruktura“ transevropského vysokorychlostního železničního systému.
- [13] Rozhodnutí Komise č. 2008/163/ES ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Bezpečnost v železničních tunelech“ v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému.
- [14] Rozhodnutí Komise č. 2008/232/ES ze dne 21. února 2008 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Kolejová vozidla“ transevropského vysokorychlostního železničního systému.
- [15] Leaflet UIC 703. *Layout characteristics for lines used by fast passenger trains*. 2nd edition of 1.1.1989 and 1 Amendment. Paris: UIC, 1989.

- [16] UIC. *Design of New Lines for Speeds of 300–350 km/h. State of the Art. First Report.* 25.10.2001.
- [17] ČSN EN 13803-1:2010. *Railway applications – Track – Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider – Part 1: Plain line.* Praha: ÚNMZ, 2010.
- [18] ČSN 73 6360-1:2008. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování.* Praha: ÚNMZ, 2008.
- [19] UIC. *High speed rail: Fast track to sustainable mobility.* Paris: UIC, High Speed Department, 2nd edition updated. ISBN 2-7461-1452-6.
- [20] TÝFA, Lukáš. Informace především pro studenty: Projektování kolejové dopravy (K612PKD) – přednášky: Kolejová doprava. ČVUT V PRAZE FAKULTA DOPRAVNÍ. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D. – ČVUT v Praze Fakulta dopravní: osobní stránka zaměstnance [online]. Praha [cit. 01-08-2012]. Dostupné z: <http://www.fd.cvut.cz/personal/tyfal/str/predmety/pkd-pr/pkd1.pdf>
- [21] TÝFA, Lukáš. Informace především pro studenty: Volitelný předmět Vysokorychlostní tratě: Vysokorychlostní železniční doprava. ČVUT V PRAZE FAKULTA DOPRAVNÍ. *Vysokorychlostní tratě* [online]. Praha [cit. 01-08-2012]. Dostupné z: <http://vrt.fd.cvut.cz/data/prednasky/yvt1.pdf>

8 Seznam zkratek

2·vl	pár vlaků
AGC	Evropská dohoda o mezinárodních železničních magistrálách (<i>Accord Européen sur les Grandes lignes internationales des Chemin de fer</i>)
CÚ	cenová úroveň
ČD	České dráhy, akciová společnost
EKJ	elektrická konvenční jednotka
EKS	elektrická konvenční souprava
Ex	expres (kategorie vlaku)
GVD	grafikon vlakové dopravy
hrt	hrubá tuna
mst	místo
p.j.	peněžní jednotka
R	rychlík (kategorie vlaku)
RS	rychlé spojení
spr	souprava
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TEN-T	transevropská dopravní síť (<i>Trans-European Networks – Transport</i>)
TSI	technické specifikace pro interoperabilitu
UIC	Mezinárodní železniční unie (<i>Union Internationale des Chemins de fer</i>)
vl	vlak
vl·km	vlakový kilometr
VRJ	vysokorychlostní jednotka
VRT	vysokorychlostní trať
VRV	vysokorychlostní vlak
žst.	železniční stanice

9 Ing. LUKÁŠ TÝFA, Ph.D.

9.1 Životopis

Vzdělání

- 2007–2008 manažerský kurz – certifikát managementu
České vysoké učení technické v Praze Masarykův ústav vyšších studií
- závěrečný projekt: Strategické řízení Ústavu dopravních systémů
- 2002–2006 prezenční doktorské studium
České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní
- studijní obor: Dopravní systémy a technika
- disertační práce: Dopravní obsluha území (se zaměřením na metodiku návrhu sítě vysokorychlostních tratí ve střední a východní Evropě)
- 1996–2002 prezenční magisterské studium
České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní
- studijní obor: Dopravní infrastruktura v území
- diplomová práce: Studie vysokorychlostní železniční tratě Plzeň – státní hranice se SRN pro rychlost 300 km/h
- 1992–1996 čtyřleté denní studium se zaměřením na matematiku a fyziku
Gymnázium Trutnov

Zaměstnání

- od 2011** České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů
manažer projektů Ústavu dopravních systémů
- 2006 Česká republika, Ministerstvo dopravy
ministrský rada odboru veřejné dopravy
- 2004 Národní technické muzeum v Praze
přednášející (přednášky o železniční dopravě pro základní a střední školy)
- od 2002** České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní, Ústav (dříve katedra)
dopravních systémů
odborný asistent
- 2000–2003 GJW Praha, spol. s r. o. (*stavba a rekonstrukce železničních tratí*)
technik a inženýr obchodního oddělení
- 1998–1999 Stavby silnic a železnic, a. s., odštěpný závod 4
asistent stavbyvedoucích, asistent vedoucího provozní jednotky

Členství a práce v radách a komisích

- člen Technicko-normalizační komise č. 141, skupina 1 „Železnice – Kolej“ Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
- člen Knihovny rady Ústřední knihovny ČVUT v Praze
- člen komisí pro státní doktorské zkoušky a obhajoby disertačních prací na ČVUT v Praze Fakultě dopravní pro obor Dopravní systémy a technika

9.2 Řešení výzkumných a grantových projektů

- Projekt Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS12/161/OHK2/2T/16 „Maximalizace efektivity regionální kolejové dopravy“. Řešitel: Týfa, L. Členové řešitelského týmu: Javořík, T., Vaněk, M., Novotný, V. 2012–2013.
- **Projekt programu ALFA Technologické agentury České republiky č. TA01030087 „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků“.** Řešitel: Týfa, L. Členové řešitelského týmu: **Jacura, M., Javořík, T., Kočárková, D., Neubergová, K., Příbyl, P.** Další účastník projektu: **EKOLA group, spol. s r.o. 2011–2013.**
- Projekt Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS10/215/OHK2/2T/16 „Optimalizace uspořádání zařízení pro přepravu osob v přestupních uzlech veřejné hromadné dopravy“. Řešitel: Jacura, M. Členové řešitelského týmu: Havlena, O., Javořík, T., Svetlík, M., Týfa, L., Vaněk, M. 2010–2011.
- Projekt Fondu rozvoje vysokých škol na inovaci společenskovedních a ekonomických studijních předmětů č. 1429/2009 „Elektronický jazykový slovník dopravních pojmů“. Řešitel: Čarská, Z. Spoluřešitelé: Bala, V., First, J., Kusák, A., Michlová, S., Týfa, L. 2009.
- **Projekt výzkumu a vývoje Ministerstva dopravy č. 1F82A-029-190 „Návrh standardů uspořádání železničních stanic, zastávek a přestupních terminálů na tratích mimo evropský železniční systém“.** **Odpovědný řešitel: Týfa, L.** **Řešitelé: Jacura, M., Kohutka, R., Vachtl, M. 2008–2009.**
- Výzkumný záměr MSM 6840770043 „Rozvoj metod návrhu a provozu dopravních sítí z hlediska jejich optimalizace“. Odpovědný řešitel: Jíra, J. Člen řešitelského týmu: mj. Týfa, L. ČVUT v Praze Fakulta dopravní. 2006–2013.
- Projekt Fondu rozvoje vysokých škol na inovaci technických studijních předmětů č. 805/2006 „Železniční software – inovace předmětu pro magisterské studium“. Řešitel: Týfa, L. Spoluřešitel: Fliegel, T. 2006.
- Grant Interní grantové soutěže ČVUT na podporu doktorského projektu č. CTU0411816 „Analýza interakce dopravních sítí a obsluhovaného regionu“. Řešitel: Týfa, L. Člen řešitelského týmu: Vachtl, M. 2004.
- Výzkumný záměr MSM 212600025 „Modely dopravy a řízení dopravních procesů v území“. Odpovědný řešitel: Jíra, J. Člen řešitelského týmu: mj. Týfa, L. ČVUT v Praze Fakulta dopravní. 1999–2004.

9.3 Publikace

Seznam významných publikací

- JACURA, Martin and Lukáš TÝFA. Utilisation of Decision Tables for Proposal of Transfer Node Conception. *PROMET – Traffic&Transportation*. 2012, vol. 24, no. 5, pp. 425–431. ISSN 0353-5320.
(impaktovaný časopis: $IF(2011) = 0,177$)
- JACURA, M., O. HAVLENA, T. JAVOŘÍK, D. PÖSCHL, M. SVETLÍK, L. TÝFA a M. VANĚK. *Optimální podoba přestupních uzlů veřejné hromadné dopravy*. Praha: Vydalo České vysoké učení technické v Praze (zpracovala Fakulta dopravní), 2012. viii+72 stran,

2 přílohy. ISBN 978-80-01-05053-8.

(certifikovaná metodika)

- HAVLENA, O., M. JACURA, T. JAVOŘÍK a L. TÝFA. Kategorizace přestupních uzlů se zapojením železniční dopravy. *Silnice železnice*. 2011, roč. 6, č. 5, s. P1-IX–P1-XI. ISSN 1801-822X.
- PÖSCHL, David a Lukáš TÝFA. Simulační modely pěších proudů. *Perner's Contacts*. 2011, roč. 6., č. 1, s. 249–255. ISSN 1801-674X. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/21_2011/Poschl.pdf
- JACURA, M., M. SVETLÍK, L. TÝFA and M. VACHTL. Acceptance of train delays by passengers. *Transactions on Transport Sciences* [online]. 2010, vol. 3, no. 2, pp. 83–92. ISSN 1802-9876.
- JACURA, M., R. KOHUTKA, L. TÝFA a M. VACHTL. *Moderní trendy v dispozičních a provozních úpravách regionálních dopravních uzlů*. Vydání 1. Vydalo České vysoké učení technické v Praze (zpracovala Fakulta dopravní), Praha 2010. 341 stran, 4 přílohy. ISBN 978-80-01-04520-6.
(certifikovaná metodika)
- TÝFA, Lukáš. Vysokorychlostní železniční tratě a Česká republika. *Nová železniční technika*. 2009, roč. 17., č. 5, s. 4–7. ISSN 1210-3942.
- TÝFA, Lukáš. Key Attributes of the High Speed Rail System Project. *Transactions on Transport Sciences*. 2008, vol. 1, no. 2, pp. 87–94. ISSN 1802-9876.
- TÝFA, Lukáš. Characteristics of High Speed Railway Lines Based on Foreign Experience. In: *The Present and Future of Modern Transport*. Praha: ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2008. pp. 315–318. ISBN 978-80-01-04056-0.
- TÝFA, Lukáš. Návrh dopravní sítě úpravou algoritmu teorie grafů. In: *Od koněspřežné železnice k vysokorychlostním dopravním systémům*. Praha: ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2007. S. 273–276. ISBN 978-80-01-03699-0.
- TÝFA, Lukáš. Určení délky traťových úseků bez znalosti jejich projektu. *Vědeckotechnický sborník Českých drah* [online]. 2006, č. 22. ISSN 1214-9047. Dostupné z: <http://www.cdtrail.cz/vts/CLANKY/vts22/2213.pdf>
- KUBÁT, Bohumil a Lukáš TÝFA. *Železniční tratě a stanice*. Vydání 2. přepracované – dotisk. Vydavatelství ČVUT, Praha 2005. 209 s. ISBN 80-01-02782-1.
(vysokoškolská skripta)
- TÝFA, Lukáš and Martin VACHTL. Analysis of Traffic Networks and Attended Region Interaction. In: *CTU Reports: Proceedings of Workshop 2005*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005. S. 1042–1043. ISBN 80-01-03201-9.

Statistický přehled publikační činnosti (2002 – 2012)

Autor nebo spoluautor následujících typů publikací:

- 1 článek v impaktovaném časopise
- 2 články v mezinárodním recenzovaném časopise
- 16 článků v českých recenzovaných neimpaktovaných časopisech
- 2 certifikované metodiky
- 1 kapitola v české monografii
- 1 online překladový terminologický slovník
- 1 online software
- 26 příspěvků na mezinárodních konferencích
- 9 příspěvků na českých konferencích
- 2 vysokoškolská skripta

Citace:

- 1 v mezinárodním recenzovaném časopise
- 2 v českých monografiích
- 2 v českých recenzovaných neimpaktovaných časopisech

9.4 Pedagogická praxe

- školitel doktorandů na ČVUT v Praze Fakultě dopravní (dva doktorandi po úspěšném absolvování státní doktorské zkoušky)
- zavedení, garantování a výuka přednášek a cvičení povinných předmětů na ČVUT v Praze Fakultě dopravní:
 - Projektování kolejové dopravy (povinný předmět bakalářského studia pro všechny obory)
 - Infrastruktura kolejové dopravy (povinný předmět navazujícího magisterského studia oboru Dopravní systémy a technika)
- garant a přednášející povinně volitelného předmětu navazujícího magisterského studia Vysokorychlostní tratě
- zavedení a garantování studentského projektu Železniční síť České republiky a Evropy
- vedoucí 13 obhájených diplomových prací a 11 obhájených bakalářských prací