

DISERTACE

Zvýšení efektivity železniční dopravy: nižší náklady pro zhuštění a zkvalitnění příměstské a regionální dopravy v Jihomoravském kraji

SHRNUTÍ

s těžišti varianty jízdního řádu a provozu

zpracována za účelem dosažení akademické hodnosti doktora technických věd

Vedoucí:

Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Georg Hauger

a

Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bardo Hörl

Katedra územního rozvoje a plánování infrastruktury a životního prostředí

předložena na Technické Univerzitě ve Vídni

Fakulta architektury a územního plánování

Autor:

Harald Buschbacher

Bürgerspitalgasse 21, 1060 Wien

harald.buschbacher@reflex.at

Vídeň, březen 2008

Definice úkolu

Zjištění potenciálu zefektivnění cestou srovnávání variant

Prvním tématem práce jsou možnosti zvýšení efektivity příměstské a regionální železniční osobní dopravy pro Jihomoravský kraj v časovém horizontu cca. roků 2015-2018. Možnosti zvýšení efektivity jsou přitom posouzeny tím, že jsou tvořeny a hodnoceny různé varianty jízdních řádů a železničního provozu. Kvůli značným očekavatelným změnám rámcových předpokladů sice netvoří současný provoz žádnou variantu, existuje ale podoba „nulových variant“ ve smyslu variant, které jsou nejpodobnější dnešnímu provozu s modernějšími vozidly a hustějším jízdním řádem.

Varianty jízdního řádu a provozu i obsahují varianty se zavedením vlakotramvají, které mají vztah k druhému tématu: Návrh, posouzení proveditelnosti a předběžné hodnocení varianty zjednodušené přestavby železničního uzlu Brno se zavedením vlakotramvají ve srovnání s dosud uvažovanými variantami.

Vymezení tématu

- § **Prostorově:** Příklad regionu je Jihomoravský kraj jako jednotka NUTS-III a vyšší samosprávný celek s hlavním městem Brnem. Z dopravního hlediska to znamená v první řadě příměstská doprava Brna (každodenní dojíždění za zaměstnáním a vzděláváním), dále regionální a příměstská doprava v jižních a východních částech regionu, které jsou vzdálenější od Brna. Přeshraniční (mezikrajské) dopravní vazby jsou stejně zohledněny jako požadavky integrovaného taktového jízdního řádu, náklady jsou však mezi kraji rozděleny tak, že výsledky se vztahují na území Jihomoravského kraje.
- § **Časově:** Tvořené a srovnávané varianty mají za předpoklad obnovu vozidlového parku a realizace některých výstaveb infrastruktury, zejména řešení kolizních bodů a kapacitních omezení železničního uzlu Brno. Časový horizont, do kterého jsou tyto předpoklady dány, je odhadován zhruba na období 2015-2018.
- § **Věcně – druhy vlaků:** Do kategorie regionální a příměstská doprava jsou zařazeny všechny osobní a spěšné vlaky, variantně se počítá i s integrací rychlíků do regionální dopravy. Nejsou zohledněny vlaky IC, EC (nedotovaná doprava), ani nákladní doprava.
- § **Věcně – náklady a přínosy:** Těžištěm práce jsou interní náklady dopravce resp. objednavatele dopravy, to znamená až na výjimky veškeré náklady železniční dopravy plus periodizované investiční náklady variantně specifických výstaveb infrastruktury. Rozdíly v rozsahu a kvalitě dopravní nabídky nejsou finančně kvantifikované (například prognózami tržeb nebo externích nákladů automobilové dopravy). Náklady jsou však vyjádřeny i v poměru ku provoznímu výkonu (vlakokilometry za týden), přičemž provozní výkon musí být v realistických mezích podle záměru kraje o budoucím rozsahu jízdních řádů. Rozdíly v kvalitě mezi variantami jsou ve srovnání výsledků i kvalitativně okomentovány.

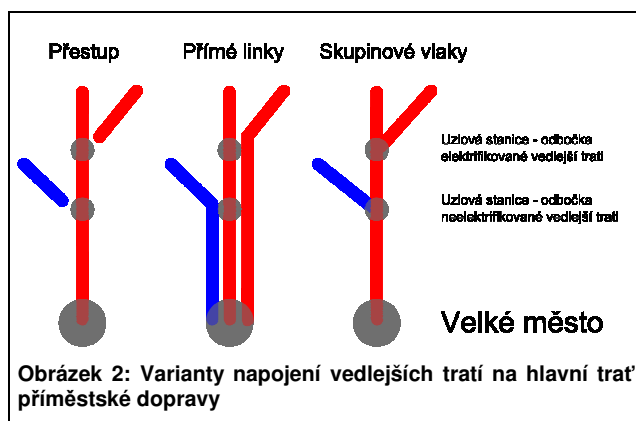


Variety jízdního řádu a provozu

Srovnávané variety jízdního řádu a provozu se liší dle čtyř kritérií:

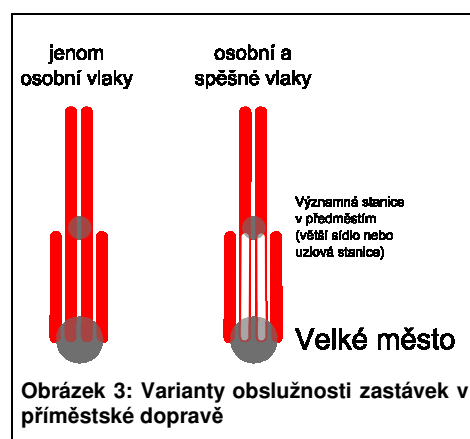
1. Napojení vedlejších tratí na hlavní trať příměstské dopravy:

Klasická varianta je přestup na uzlové stanici, bezpřestupní spojení ze stanic a zástavek na vedlejší trati až do velkého města mohou být přímé linky nebo skupinové vlaky.



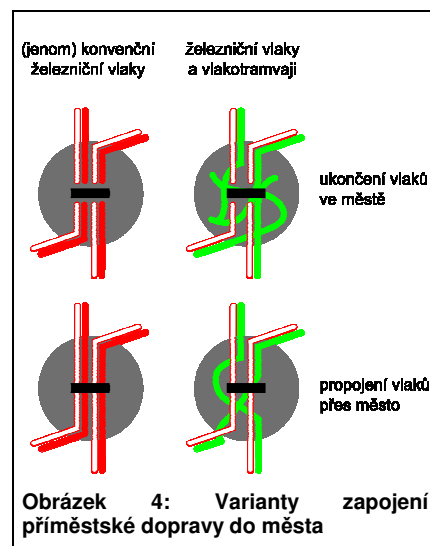
2. Obslužnost zastávek v příměstské dopravě:

Na nejzatíženějších úsecích v předměstí, kde jsou odůvodněné nejkratší intervaly (zpravidla v řádu 15 minut) může být část vlaků vedena jako spěšné vlaky, které zastavují jen ve vybraných stanicích.



3. Zapojení příměstské dopravy do města:

Brno může být konečná stanice všech vlaků regionální a příměstské dopravy, linky mohou však být i vzájemně propojeny na průjezd vlaků přes Brno. Kromě toho mohou vlaky zapojené do města výhradně přes konvenční železniční tratě, nebo částečně s použitím tram-train-souprav i jako vlakotramvaj přes tramvajovou síť.



4. Časové přizpůsobení přepravní kapacity:

V regionální a příměstské dopravě se vyskytují výrazné špičky zatížení, způsobené periodicitou cest za zaměstnáním a vzděláváním. Z hlediska přizpůsobení přepravní kapacity na tyto špičky jsou myslitelné následující variety:

- § Žádné přizpůsobení: stálá přepravní kapacita přes celý den
- § Přizpůsobení intervalů: ve špičce kratší intervaly, než mimo špičku

- § Dělení a zesílení souprav na konečných stanicích: Soupravy jsou na začátku špičky zesíleny a na konci špičky děleny, příslušná vozidla jsou přes poledne odstavena ve městě, večer a v noci na venkovním konci linky.
- § Dělení a posilování souprav i na mezilehlých stanicích: Zesílené soupravy pojíždějí ne celou trasu vlaku, avšak pouze zatíženější, předměstský úsek, což vyžaduje rychlé dělení a zesílení v průběhu zastavení v mezilehlé stanici.

Metodický postup

Rozdělení železniční sítě do svazků tratí

Variety jízdního řádu a provozu byly nejdříve vytvořeny a zhodnoceny pro celkem šest vzájemně nezávislých svazků tratí:

- § Sever (oblast kolem hlavní trati 260 Brno – Letovice)
- § Severovýchod (hlavní tratě 300 Brno – Nezamyslice a 340 Brno – Veselí nad Moravou)
- § Jihovýchod (hlavní trať 250 Brno – Břeclav)
- § Jihozápad (hlavní tratě 240/244 Brno – Náměšť nad Oslavou / Hrušovany nad Jevišovkou)
- § Severozápad (hlavní trať 250 Brno – Křižanov)
- § Břeclav – Hodonín (hlavní trať 330 Břeclav – Moravský Písek)

Na podkladě výsledků těchto vzájemně nezávislých svazků byly navrženy a zhodnoceny varianty s propojením linek více svazků.

Zkoumání výchozích předpokladů

Jako podklady pro návrh variant jízdního řádu a provozu byly nejdříve zkoumány následující rámcové podmínky:

- § **Frekvence cestujících**
 - Současné denní počty cestujících pro všechny úseky byly jako výsledky sledování cestujících obdrženy přímo od dopravce České Dráhy a.s.
 - Předpokládaný nárůst frekvence cestujících na jednotlivých úsecích do časového horizontu práce byl posouzen v první řadě dle Generelu dopravy Jihomoravského kraje.
 - Denní variace frekvencí cestujících byla zjištěna vlastními sčítáními cestujících na třech stanicích (pokrývajících 10 traťových úseků) a pak extrapolována na celý Jihomoravský kraj.
- § **Současný stav a očekávatelné výstavby železniční infrastruktury** byli předpokládány dle návrhové částí Generelu dopravy Jihomoravského kraje.
- § **Záměrný rozsah vlakové dopravy** byl také převzat z Generelu dopravy Jihomoravského kraje, rozpětí „realistického“ provozního výkonu bylo stanoveno na 75 – 125% rozsahu dle představ kraje.
- § **Podmínky pro integrovaný taktový jízdní řád**
 - Z aktuálního jízdního řádu byly vypsány časové polohy vlaků na uzlových stanicích kolem Jihomoravského kraje, též bylo posouzeno, jaké stanice plní do jaké míry a dokonalosti funkce taktových uzlů.
 - Bylo vytvořeno schéma nadregionálních a celokrajských prvků integrovaného taktu, jehož proveditelnost byla ověřována simulacemi jízdních dob na některých kritických traťových úsecích.

Odhad nákladových sazeb (jednotkových cen)

Za účelem výpočtu nákladů jednotlivých variant jízdního řádu a provozu byly nejdříve odhadnuty obecné nákladové sazby:

- § **Náklady vozidel**
 - Náklady na pořízení vozidel, vyjádřené v jednotce Kč/místo k sezení, byly odhadnuty dle cca. 30 příkladů zveřejněných informací o kontraktech o nákupu vozidel různými dopravci či regiony. Dále byla odhadnuta funkce životnosti vozidel v souvislosti s ročním proběhem, čímž byl umožněn variantní výpočet ročních amortizačních nákladů pro každý nasazený druh vozidel.
 - Náklady na údržbu, vyjádřené v jednotce Kč / místokm byly odhadnuty dle výroků výrobců

- § **Náklady na koncovou energii** v jednotce Kč/MJ na obvodu kola byly vypočítány podle ceny nositele energie (nafta nebo elektřina z trolejového vedení), podělené na účinnost přeměny energie dle nositele.
- § **Náklady strojvedoucích** (úplné náklady práce v jednotce Kč/h v oběhu) byly odhadovány dle nejrozličnějších zdrojů (pracovní inzerce, statistika mezd, údaje z kalkulací dopravců nebo výrobců vozidel)
- § **Náklady infrastruktury**
 - Náklady na údržbu stávající infrastruktury a řízení provozu byly zohledněny v podobě poplatků za použití železniční dopravní cesty, jak jsou skutečně účtované dopravci podle ujetých vlkm a hrtkm.
 - Náklady na variantně specifické výstavby infrastruktury byly odhadnuty dle metodické studie „Orientační investiční náklady dopravních staveb“ a dle předpokládaných nákladů podobných projektů
- § **Kompenzační úspory vlakotramvaj:** Snížení nákladů tramvajového provozu díky synergickým efektům s provozem vlakotramvaj bylo odhadnuto dle následujících ukazatelů:
 - Odpadající amortizační náklady díky menší potřebě vozidel (podobný výpočet jako pro železniční vozidla, avšak s fixní životností vozidel)
 - Odpadající hypotetické poplatky za použití tramvajové infrastruktury
 - Odpadající náklady na trakční elektřinu, řidiče a údržbu vozidel dle kalkulace dopravního podniku Brno pro elektrickou dráhu

Pro **indexování nákladů** na časový horizont práce byl použit pro mzdové náklady index růstu mezd v odvětví dopravy, ostatní náklady byly prognózovány indexem spotřebitelských cen. Pro výpočet anuit nákupu vozidel či výstavby infrastruktury byla odhadnuta úroková sazba dle údajů české národní banky a českého statistického úřadu.

Definice variant jízdního řádu a provozu

Nejdříve byly navrženy hlavní varianty jízdního řádu, charakterizované časovými polohami vlaků, vedením linek, případně přestupy nebo tvorbou skupinových vlaků.

Podvarianty spočívají v různých způsobech přizpůsobení přepravní kapacity na časové kolísání poptávky a v případě přímých linek občas i v použité trakci (elektrizace vedlejších tratí, nasazení hybridních souprav nebo motorových souprav i pod trolejí).

Jednotlivé varianty byly definovány pomocí několika oběhů, pro každý byly určeny potřebné vlastnosti vozidel, a sice jejich kapacita (místa k sezení), pohon a zda se jedná o konvenční železniční vozidlo anebo o tram-train-soupravu pro vlakotramvaj.

Celkem bylo vytvořeno a zhodnoceno zhruba 200 variant na šesti svazcích tratí.

Výpočet množstevních ukazatelů

Z údajů z definic variant a z vlastností jednotlivých ujetých úseků byly pro jednotlivé varianty vypočteny množstevní ukazatele:

- § Počet potřebných vozidel včetně záložních dle druhů vozidel (kapacita/pohon)
- § Roční proběh těchto vozidel dle druhů
- § Spotřeba koncové energie dle trakce (Výpočet dle vzorce jízdního odporu s ohledem na hmotnost vlaku, traťovou rychlost, četnost zastavení, podélné sklony, délku vlaku a případně rekuperaci)
- § Pracovní hodiny strojvedoucích (jak strojvedoucích v oběhu, tak těch, kteří v případě pravidelného dělení a zesilování souprav přepravují vozidla mezi nástupišti i místem odstavení)
- § Poplatky za použití železniční dopravní cesty
- § Variantně specificky potřebné výstavby infrastruktury (konkrétní projekty jako například elektrizace určitého úseku nebo přechodová trať pro vlakotramvaj)
- § Kompenzační efekty vlakotramvaj (redukce počtu potřebných tramvajových vozidel, redukce výkonu ve vozokm a místokm resp. hrtkm)

Výpočet výsledků

Konečné výsledky v podobě celkových (zohledněných) nákladů byly vypočítány dle principu:

$$\text{celkové náklady} = \sum (\text{množstevní ukazatele} * \text{sazby nákladů})$$

To znamená, že nebyly použity žádné generalizované ukazatele (například náklady na ujetý místokm), které by mohly zapříčinit vznik systematických chyb kvůli tvorbě průměrů nákladů podstatně odlišných provozních koncepcí.

Kromě absolutních nákladů byly vypočítány specifické náklady v jednotce Kč/vlkm jako přibližný ukazatel efektivity ve smyslu poměru nákladů k rozsahu veřejné služby.

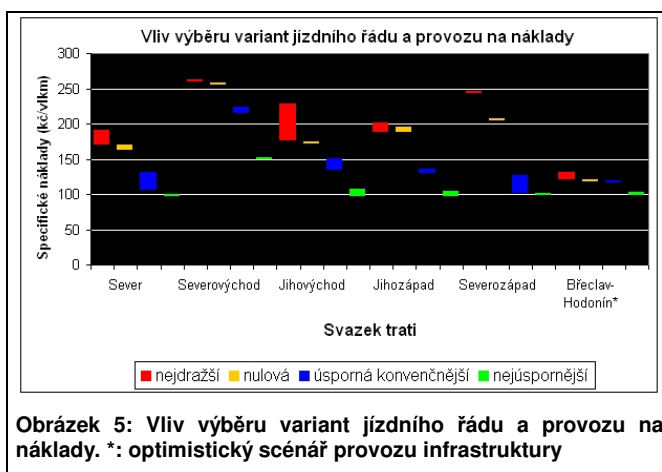
Dále byly vypočítány následující nefinanční ukazatele a byl posouzen jejich vliv na náklady variant:

- § Vytížení přepravních kapacit
- § Spotřeba primární trakční energie
- § Oběhová rychlost a využití vozových kapacit

Výsledky – náklady variant jízdního řádu a provozu

Vliv variant jízdního řádu a provozu na náklady (obecně)

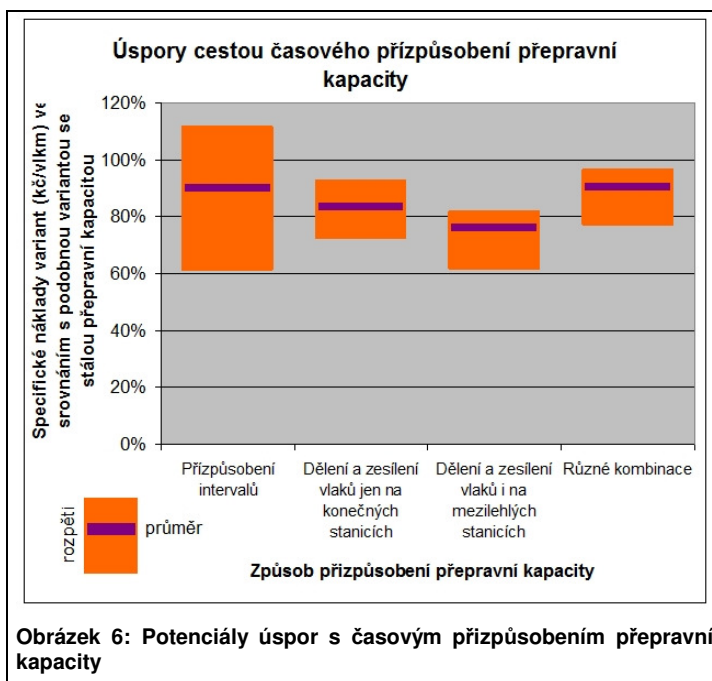
Vliv variant jízdního řádu a provozu na náklady je každopádně značný: oproti „nulovým“ variantám jednoduchého provozu podobný dnešnímu, bez časového přizpůsobení přepravní kapacity, mají efektivnější, ale zcela realistické varianty zpravidla o 20-25% nižší náklady. Provozně složitější varianty, například se skupinovými vlaky, s dělením a zesilováním vlaků i na mezilehlých stanicích nebo s nasazením neobvykle malých souprav, ušetří 30-40%, nejdražší hodnocené varianty mají dokonce až více než dvojnásobné náklady nejuhodněnějších.



Obrázek 5: Vliv výběru variant jízdního řádu a provozu na náklady. *: optimistický scénář provozu infrastruktury

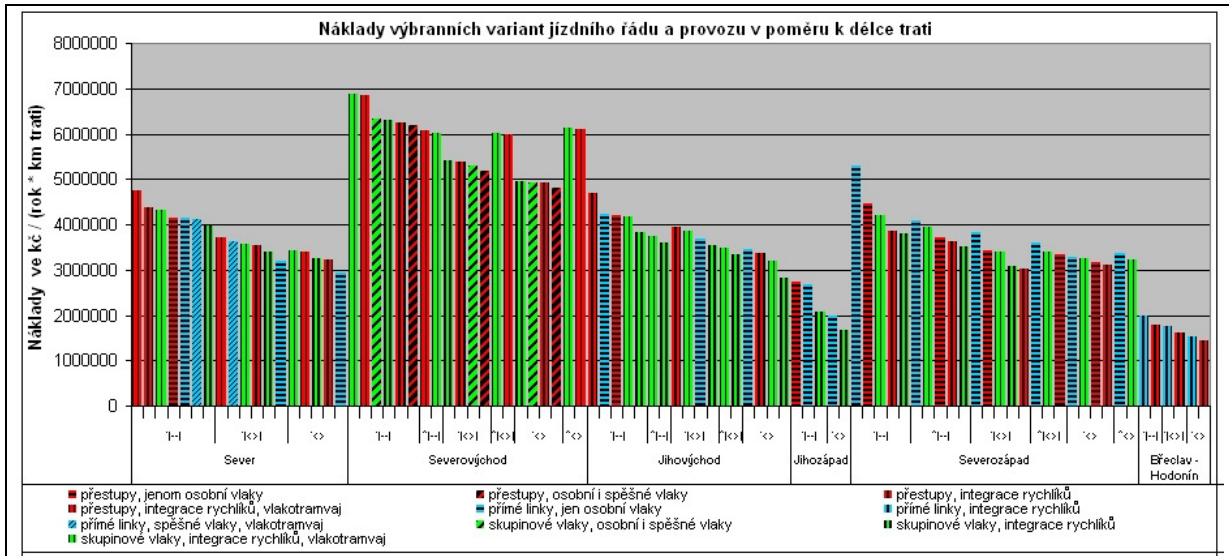
Význam časového přizpůsobení přepravní kapacity

Nejvýraznější výsledek je velký potenciál zefektivnění díky časovému přizpůsobení přepravní kapacity: s výjimkou ojedinělých variant s přizpůsobením intervalů dokážou všechny varianty s přizpůsobením přepravní kapacity oproti podobné variantě se stálými přepravními kapacitami celkově náklady snížit. S dělením a zesilováním souprav na konečných stanicích lze náklady snížit řádově na 80-85% nákladů jinak podobných variant, s přizpůsobením kapacit jednotlivých vlaků i na mezilehlých stanicích zpravidla pod 80%.



Obrázek 6: Potenciály úspor s časovým přizpůsobením přepravní kapacity

Náklady dle hlavních variant jízdního řádu



Obrázek 7: Náklady vybraných variant jízdního řádu a provozu

Legenda:

°: stejné intervaly po celý den

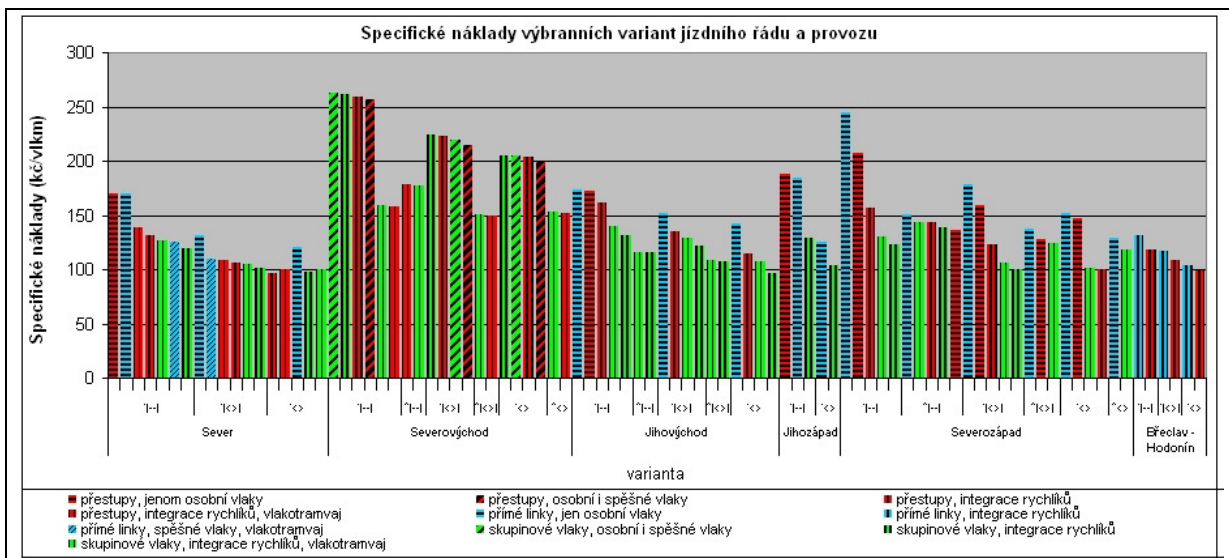
^: přizpůsobení intervalů

|-|: stálé kapacity souprav po celý den

|<>: dělení a zesilování souprav na konečných stanicích

<>: dělení a zesilování souprav i na mezilehlých stanicích

V absolutních číslech není žádná varianta jízdního řádu jednoznačně nejlepší pro všechny svazky: Na jednom svazku mají nejnižší náklady varianty s přímými linkami a jen s osobními vlaky, na jiném však varianty s integrací rychlíků a skupinovými vlaky. Varianty s integrací rychlíků mají však většinou větší provozní výkon, proto je ve specifických číslech (náklady na jeden vlkm) vidět tendence, že tyto varianty mají lepší poměr nákladů k výkonu, než varianty s přímými linkami nebo přestupem a jenom s osobními vlaky:



Obrázek 8: Specifické náklady vybraných variant jízdního řádu a provozu

Legenda:

°: stejné intervaly po celý den

^: přizpůsobení intervalů

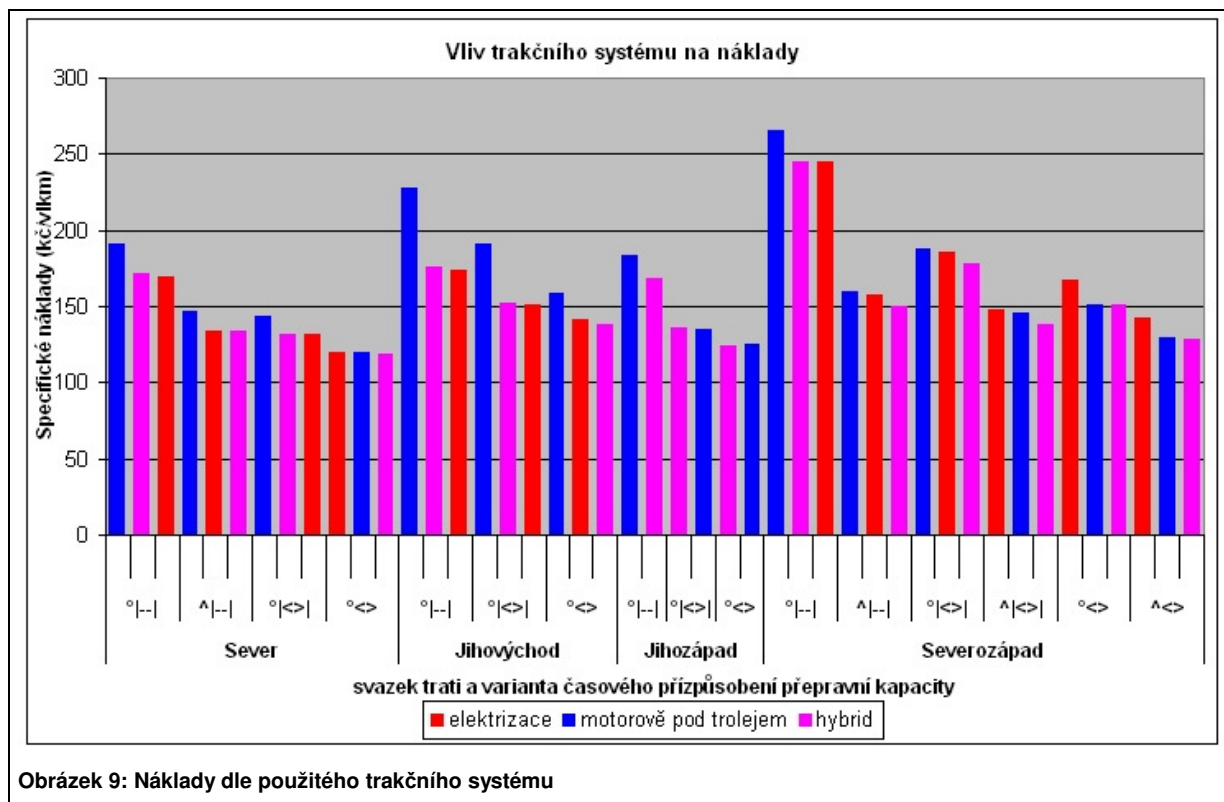
|-|: stálé kapacity souprav po celý den

|<>: dělení a zesilování souprav na konečných stanicích

<>: dělení a zesilování souprav i na mezilehlých stanicích

Varianty se vlakotramvaji jsou na všech svazcích očekávatelně nevýhodnější, než jiné varianty jízdních řádů a provozu. Jejich úkol je však umožnění investiční výhodnější zjednodušenou přestavbu železničního uzlu a hlavního nádraží v Brně.

Náklady dle trakčního systému



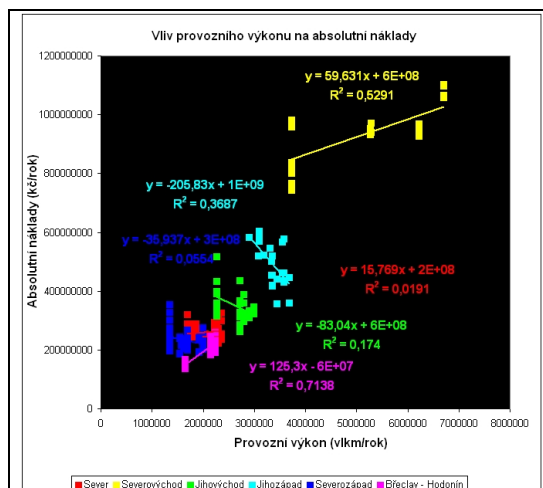
Obrázek 9: Náklady dle použitého trakčního systému

Postavení variant, které se odlišují jen v použité trakci, souvisí úzce se stupněm časového přizpůsobení přepravní kapacity: Nejdražší jsou varianty s motorovým pohonem i pod trolejí bez časového přizpůsobení, protože mají i největší spotřebu trakční energie. Čím je časové přizpůsobení přepravní kapacity dokonalejší, tím se zmenší užitek elektrizace vedlejší tratě.

Při stanoveném předpokladu, že hybridní vozidla mají o 13% vyšší pořizovací cenu, než jinak stejná motorová nebo elektrická vozidla, má hybridní trakce signifikantně nižší náklady pouze na svazku tratí Jihozápad v případě, že přepravní kapacita není časově přizpůsobena vůbec nebo na svazku tratí Severozápad v případě přizpůsobení intervalů či dělení a zesilování souprav na konečných stanicích. V ostatních případech mají hybridní vozidla buď vyšší, nebo v rámci přesnosti výpočtů nerozlišitelné náklady vůči jedné z konvenčních variant. Nejvíce opodstatněná je elektrizace tratě Skalice n.S. – Boskovice, neboť na tomto svazku je – i když jen v absolutních číslech – nejvýhodnější varianta s přímými linkami, kromě varianty s nejdokonalejším časovým přizpůsobením přepravní kapacity je v tomto případě elektrizace výhodnější, než motorová trakce na celé lince. Na tratích Hrušovany u Brna – Židlochovice a Šakvice – Hustopeče má elektrizace smysl jen, když nebude realizována podstatně výhodnější varianta s trakčně smíšenými skupinovými vlaky (například kvůli její provozní složitosti). I pro trať Tišnov – Bystřice nad Pernštejnem platí, že elektrizace se vyplatí jen v obecně spíše neefektivních variantách: Bez integrace rychlíků a bez časového přizpůsobení přepravní kapacity.

Vliv provozního výkonu na náklady

Jak lze očekávat, mají obecně rozsáhlejší svazky tratí větší absolutní náklady a na dvou svazcích, kde jsou dvě podstatně odlišné koncepce s různým provozním výkonem je i značná korelace, že varianty s větším provozním výkonem jsou absolutně dražší. Na ostatních svazcích však není žádná korelace, anebo rozsáhlejší varianty jsou dokonce tendenčně výhodnější. Důvodem pro tento překvapivý výsledek může být, že v některých případech mají varianty s hustějším jízdním řádem efektivnější vyřízení přepravní kapacity: Například kvůli zkrácení intervalů jen na zatíženějším předměstském úseku. Naopak se může stát, že při dvouhodinovém taktu na venkovní polovině tratě veze stejná souprava jednou plný vlak s dlouhou trasou a jednou poloprázdný vlak s krátkou trasou a je proto neefektivně vyčíslená. Každopádně se může zcela reálně stát, že změna provozní koncepce přinese nejen cestujícím kratší intervaly, ale i dopravci nižší náklady. Naopak nemusí každé škrknutí vlaku přinést očekávané snížení nákladů.



Obrázek 10: Korelace mezi provozním výkonem a absolutními náklady různých variant jízdního řádu a provozu na jednotlivých svazcích tratí

Možné úspory díky propojení dvou nebo více svazků tratí

Propojením dvou linek z různých svazků tratí v jednu delší linku, mohou být v případě dlouhých úvratňových dob na stanici styku těchto svazků ušetřeny soupravy a pracovní hodiny strojvedoucích. Kvůli neměnnému celkovému provoznímu výkonu se však zároveň zvýší roční proběh ostatních vozidel. Faktický potenciál úspor díky propojení vlaků je však mnohem menší, než rozdíly mezi variantami uvnitř jednotlivých svazků: Ve srovnání s jinak podobnými variantami bez propojení činí úspory jen 0,6 – 3,8% celkových zohledněných nákladů dotčených svazků. Z těchto hodnot však může být zhruba třetina realizována i přestupem strojvedoucích mezi soupravami, čekající na úvratňové stanici.

Kromě malého potenciálu úspor mluví proti propojení linek i to, že zkomplikuje časové přizpůsobení přepravní kapacity: Zejména v případě trakčně smíšených skupinových vlaků by došlo ve stanici propojení (zpravidla Brno hl.n.) k velmi komplikovaným manipulacím s připojením a odpojením části souprav během pobytu ve stanici.

Z hlediska cestujících představují nejužitečnější propojení přímé spoje Hodonín – Břeclav – Brno a dálkové spoje přes Brno.

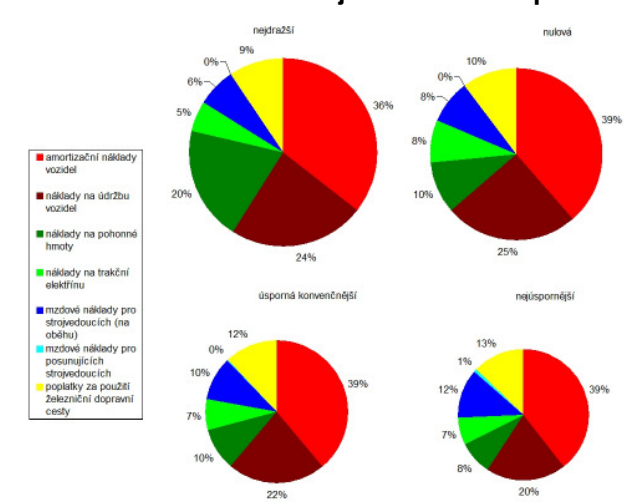
Určitá alternativa k propojení linek je překrývání linek tak, že aspoň část vlaků z jihu jede až do Židenic a vlaky ze severu až do Horních Heršpic resp. k nové zastávce v oblasti odstavného nádraží. Takové překrývání linek by také přineslo možnost přestupu na MHD i na jiných stanicích než Brno hl.n. a zredukovalo by dobu pobytu vlaků a manipulace v Brně hl.n.

Struktura nákladů

Ve struktuře nákladů mají převahu náklady vozidel (z toho 60-70% amortizační náklady), zbytek se dělí přibližně rovnoměrně na trakční energii, mzdové náklady strojvedoucích a poplatky za infrastrukturu.

V průměru nejdražších variant mají náklady na trakční energii, konkrétně na naftu, výrazně zvýšený podíl, jinak se od nulových k nejušpornějším variantám snižuje zejména podíl nákladů na údržbu a trakční energii. Podíl amortizačních nákladů vozidel se nemění, podíl infrastrukturních poplatků se zvýší přesto, že jejich absolutní výše klesne. Nejvýrazněji roste podíl mzdových nákladů strojvedoucích, jedná se o jediný prvek, který o něco roste i absolutně.

Struktura nákladů variant jízdního řádu a provozu



Obrázek 11: Průměrné struktury nákladů dle skupin variant

Nefinanční ukazatele

Kromě absolutních i specifických nákladů byli vypočítány i následující nefinanční ukazatele:

- § **Vytížení přepravní kapacity:** V rámci srovnávaných variant činí poměr ujetých osobokm na nabízené místokm (k sezení) 18 až 46%. Přitom je vidět úzká souvislost mezi vytížením a absolutními náklady, rozhodující jsou různé velikosti souprav, nikoliv počty cestujících na vlak.
- § **Spotřeba primární trakční energie:** Primární energie, spotřebovaná pro 100 osobokm odpovídá 1,5 až 3,5 l nafty. I tento ukazatel se dělí paralelně s absolutními náklady, rozhodující pro spotřebu energie je především vytížení přepravní kapacity, spotřeba za nabízený místokm má menší význam.
- § **Vytížení vozových kapacit:** Každé místo k sezení ve vozovém parku je denně použité pro 106 až 220 osobokm, je vidět mírná souvislost s absolutními náklady.
- § **Oběhová rychlost:** Vztaženo na strojvedoucí činí oběhová rychlost 30 až 55 km/h a je zcela nezávislá na absolutních nákladech.

Doporučení

Doporučení pro dopravce

- § Časové přizpůsobení přepravní kapacity: Nejuniverzálnější výsledek je, že v příměstské a regionální dopravě je velký potenciál zefektivnění cestou časového přizpůsobení přepravní kapacity. Vzhledem k požadavkům taktové dopravy jsou spíše větší možnosti přizpůsobení kapacit jednotlivých vlaků, než intervalů.

Doporučení pro výrobce železničních vozidel

- § Vhodnost vozidel pro přizpůsobení kapacit: Nejdůležitější je vybavení vozidel automatickými spřáhly, bez kterých nelze kapacitu jednotlivých vlaků změnit ani v průběhu krátké úvratové doby na konečné stanici, ani na mezilehlé stanici. Na některých svazcích tratí mají nejnižší náklady varianty s nasazením menších souprav, než jsou současně vyrobené (dvounápravové motorové, čtyřnápravové elektrické). Přejechy mezi soupravami i nad automatickým spřáhlem by mohly řešit problémy nerovnoměrného rozdělení cestujících uvnitř vlaku nebo nástupu do nesprávné části skupinového vlaku.
- § Kompatibilita mezi dálkovou a regionální dopravou: Tvorba skupinových vlaků z rychlíků a osobních vlaků, které byly na některých svazcích hodnoceny jako nejefektivnější řešení, vyžaduje sjednocení automatických spřáhel. Kromě toho musí být možné tvořit trakčně smíšené soupravy, to znamená, že motorová vozidla musí mít buď neobvykle vysokou maximální rychlost (až 160 km/h), nebo možnost tažení elektrickým vozidlem takovou rychlostí.
- § Hybridní vozidla: Z výsledků práce nelze potvrdit ani vyvracet smysluplnost vývoje hybridních vozidel. Pro takové rozhodnutí by bylo potřeba přesněji zjistit náklady na výrobu hybridních vozidel nebo srovnávání trakčních variant i na dalších příkladných tratích.

Doporučení pro objednavatele dopravy

- § Konkurence dopravců v dotované železniční dopravě: Výsledky ukazují, že existují velké potenciály úspor nákladů i bez redukce rozsahu a kvality jízdních řádů. Nejefektivnější ze srovnávaných variant mají zároveň nejmenší spotřebu energie a největší zaměstnanost (aspoň strojvedoucích). Aby mohl být tento potenciál vyčerpán, je nutné, aby výběrová řízení byla formulována tak, aby umožnila různé varianty jízdního řádu a provozu. Účastníci soutěže musí mít i kompetenci výběru vozidel.
- § Koordinace mezi dálkovou a regionální dopravou: Aby bylo možné vedení skupinových vlaků z rychlíků a osobních vlaků musí se objednavatelé těchto druhů vlaků nejen dohodnout na kompatibilních spřáhlech, ale i na přiměřeném poplatek za přepravu přímých vozů.
- § Nadkrajové integrované dopravní systémy: Sídelní struktura Jihomoravského kraje vyžaduje lepší přizpůsobení vymezení IDS na skutečné přepravní potřeby i přes hranice kraje. Značné přeshraniční proudy se vyskytují zejména na hranicích ke kraji Vysočina a Zlínskému kraji.

Doporučení pro Jihomoravský kraj

- § Plánování výstavby infrastruktury dle potřeb integrálního taktového grafikonu: Obecně je žádoucí, aby sestavením priorit výstavby infrastruktury předcházeli konkrétní a podrobné představy o jízdním řádu, zejména ve smyslu přípojů s cílovým stavem integrálního taktového grafikonu. Měla by být zohledněna nejen žádoucí zvýšení propustnosti tratí anebo zkrácení

jízdních dob, ale i kritické jízdní doby mezi taktovými uzly, jejichž dodržení může výrazně zkrátit cestovní doby v případě přestupu.

- § Přehodnocení záměrů elektrizace: Simulace jízdních dob ukázaly, že při traťové rychlosti 60-100 km/h, i v případě značných sklonů, nepřinese elektrizace značné zkrácení jízdních dob oproti provozu moderními motorovými soupravami s dostatečným měrným výkonem. Z hlediska investičních a energetických nákladů může být elektrizace opodstatněná na tratích Skalice nad Svitavou – Boskovice, Hrušovany u Brna – Židlochovice, Šakvice – Hustopeče a Tišnov – Bystřice nad Pernštejnem. Aspoň ve specifických nákladech (za vlkm) jsou ale i na těchto tratích efektivnější varianty s trakčně smíšenými skupinovými vlaky, kde motorová vozidla jsou na hlavní trati tažena elektrickou jednotkou a používají motorový pohon jen na krátkém neelektrifikovaném úseku.
- § Dopravní obslužnost Hodonínska: Spojení Hodonín – Brno rychlíky a spěšnými vlaky přes Břeclav je značně rychlejší, než dosud autobusem. Tím by částečně odpadla i souběžná autobusová doprava k trati 255 v úseku Hodonín – Čejč. Je proto třeba přehodnotit záměr zastavení osobní dopravy na této trati. Za náklady cca. 45 mil. Kč/rok (včetně amortizace investic do infrastruktury) by byla možná obnova osobní dopravy na trati Mutěnice – Kyjov včetně přeložky trati přes město Dubňany a obsluha Holíče a Skalice na Slovensku linkou Hodonín – Holíč – Veselí nad Moravou.
- § Provoz na trati Moravský Krumlov – Hrušovany nad Jevišovkou, obnova přechodu Hevlín – Laa/Thaya: Doporučuje se ponechání osobní dopravy na celé trati Moravský Krumlov – Hrušovany nad Jevišovkou proto, že ze simulace jízdních dob vyplývá, že i nasazením moderních motorových souprav je možné značné zrychlení a dodržení kritické jízdní doby Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou kratší než hodinu. Obnova hraničního přechodu Hevlín – Laa/Thaya je doporučena z hlediska efektů celistvosti železniční sítě, to znamená potenciálními zisky cestujících nejen na obnoveném úseku, ale i díky značně delším cestám. Obnova přechodu by umožnila jako synergický efekt obsluhu úseku Laa/Thaya – Laa Stadt jinak čekajícím motorovým vozem z ramena Hrušovany nad Jevišovkou – Laa/Thaya.