

T A
Č R

Program **Doprava 2020+**



Efektivní provozní koncept pro Rychlá spojení **M1** Metoda pro prioritizaci časových okrajových podmínek

Výsledek V11 projektu CK01000004 řešeného s finanční podporou TA ČR

Řešitelské pracoviště:

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní
K617 Ústav logistiky a managementu dopravy
Horská 3, 128 03 Praha 2, Nové Město



**FAKULTA
DOPRAVNÍ
ČVUT V PRAZE**

Řešitelský tým – autoři této části:

Ing. Michal Drábek, Ph.D. – odpovědný řešitel
Ing. Vít Janoš, Ph.D.
Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
Ing. Jan Růžička
Ing. Rostislav Vašíček

V Praze, dne 31. prosince 2021

Obsah

Obsah	1
1 Metodický úvod	2
2 Přepraveně podmíněné časové okrajové podmínky	3
2.1 Taktové uzly včetně variantních	3
2.2 Směrové přípojně vazby.....	3
2.3 Systémové jízdní doby	3
2.4 Proklady z důvodu nabídky spojení.....	4
3 Časové okrajové podmínky podmíněné kapacitou dráhy	5
3.1 Svazky tras	5
3.2 Proklady podmíněné kapacitou dráhy – okna pro nákladní a příměstskou dopravu na úsecích se smíšeným provozem	5
3.3 Systémové jízdní doby	6
4 Shrnutí souvislostí pro časovou koordinaci taktových tras dálkové dopravy	7
5 Návrh prioritizace časových okrajových podmínek	8
5.1 Krajské taktové uzly	8
5.2 Směrové přípojně vazby.....	8
5.3 Vliv jednokolejných tratí a úseků	8
5.4 Proklad kapacitní – příměstská osobní doprava	8
5.5 Proklad přepravní – integrální 30-(60-)min takt dálkové dopravy.....	9
5.6 Pořadí tras ve svazku – nejvýznamnější vnitrostátní spojení.....	9
5.7 Pořadí tras ve svazku – zajištění adekvátní doby pobytu linek pokračujících skrz nejvýznamnější uzly	9
5.8 Časové umístění trasy – mezinárodní dálková doprava	10
5.9 Časové umístění trasy – Open Access produkty	10
5.10 Pořadí tras ve svazku – přestupní vazby pro zahuštění nabídky dálkových spojení	10

1 Metodický úvod

Sestava taktového provozního konceptu a z něj vyplývající síťová konstrukce jízdního řádu je, za předpokladu, že provoz na VRT je plnohodnotně integrován do sítě dálkové železniční dopravy, procesem o značné komplexitě.

V případě VRT vzniká nová, hierarchicky nadřazená, vrstva železniční sítě. O dálkových železničních linkách provozovaných na VRT však toto tvrzení platí pouze do jisté míry, neboť prakticky všechny linky pokračují z VRT na konvenční síť, kde plní úlohu dálkových, případně dokonce rychlých regionálních linek. Naopak na VRT „druhého řádu“ (navrhované na rychlost do cca 230 km/h) mohou vstupovat nákladní vlaky, a je tedy v rámci sestavy provozního konceptu dálkové osobní dopravy žádoucí ponechat jim kapacitu, umožňující jízdu nákladních vlaků pokud možno bez zastavení.

Je tedy vhodné zformulovat alespoň rámcový postup, jak takovýto provozní koncept krok za krokem sestavovat. Protože síťová tvorba jízdního řádu vzhledem k míře komplexity a množství okrajových podmínek dosud nikde nebyla v praxi plně automatizována (i přes značně pokročilý výzkum a softwarovou podporu v této oblasti) je nutno i k níže popsanému postupu přistupovat s pokorou a ponechat si prostor pro určité odchylky, pokud jsou oprávněné svými jednoznačnými přínosy.

2 Převpravně podmíněné časové okrajové podmínky

2.1 Taktové uzly včetně variantních

Taktovým uzlem rozumíme periodicky se opakující skupinu přípojných vazeb v uzlové stanici (ideálně umožňující přestup mezi každými dvěma spoji ve skupině), která se odehrává v čase symetrie – typicky v minutu 00 či 30 u 60-min taktu a v minuty 00 a 30 či 15 a 45 u 30-min taktu, což vyplývá z poměrně jednoduchých matematických principů ITJŘ.

Specifikem provozního konceptu pro vzdálenější časové horizonty (zejména 2040 a 2050) je značná míra nejistoty skutečného roku realizace jednotlivých staveb, z nichž některé (či jejich skupina, která se pak musí realizovat celá) umožní skokové zkrácení systémové jízdní doby. Je tedy třeba uvažovat i o variantním řešení některých taktových uzlů. Otázka, zda se taktový uzel bude odehrávat v minutu 00 či 30, se stane bezpředmětnou v případě 30-min taktu dálkové dopravy (alespoň ve směru z Prahy, Brna či Ostravy), neboť v takovémto případě se přípojová skupina odehraje v téže stanici v oba časy. Je však možné uvažovat varianty, zdali se bude taktový uzel odehrávat v minuty 00 a 30 či 15 a 45. Pokud jsou regionální linky provozovány v 60-min taktu, je pochopitelně výhodnější první varianta. Naopak v případě lidnatějšího krajského centra s příměstskými vlaky ve 30-min taktu jsou z principu možné varianty obě. Tehdy může být rozhodující kapacita uzlové stanice, tedy počet současně prakticky využitelných nástupních hran. Nepostačuje-li tato kapacita pro „velkou“ přípojovou skupinu dálkových i příměstských vlaků, je třeba určit taktový uzel pro dálkové linky např. v minutu 00 (a případně i 30) a pro příměstské linky v minuty 15 a 45.

2.2 Směrové přípojné vazby

Směrové přípojné vazby lze z matematického hlediska chápat jako nedokonalé taktové uzly, kde vlivem časových okrajových podmínek je přestupní doba v jednom směru výrazně delší než přestupní doba v preferovaném (převpravně významnějším) směru. Z důvodu zachování síťového efektu dálkové dopravy je nutné tyto směrové přestupní vazby zachovat i do budoucna (pokud díky nové či modernizované infrastruktuře nevznikne rychlejší spojení, které tuto vazbu plnohodnotně nahradí).

2.3 Systémové jízdní doby

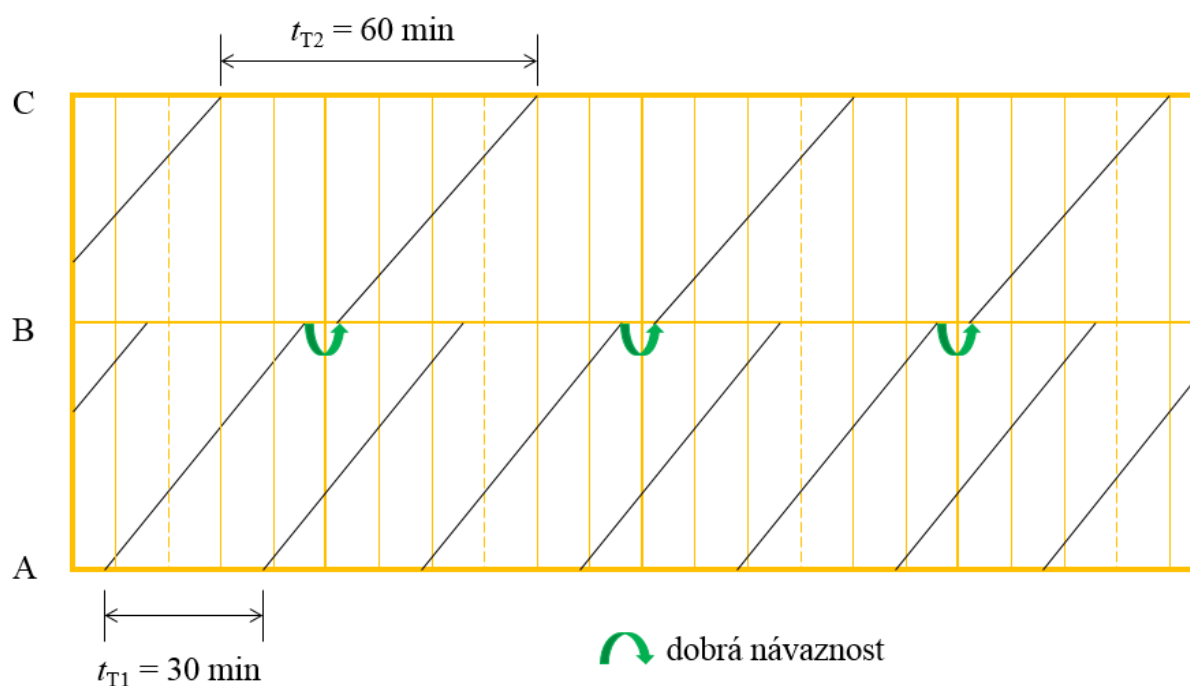
Z hlediska matematických zákonitostí nutných pro fungování ITJŘ je systémová jízdní doba rovna celočíselnému násobku poloviny doby taktu (linky, či traťového intervalu v případě prokladu), kterou je třeba nepřekročit, aby spoje dané linky stíhaly taktové uzly v časech symetrie.

Z hlediska praktické konstrukce jízdního řádu musí být SJD ovšem kratší než odpovídající „kulatá“ hodnota. Důvodem jsou typicky části dob pobytu (či přestupu, podle toho, podíl které doby v rámci SJD je delší) v taktových uzlech.

2.4 Proklady z důvodu nabídky spojení

„Jedná se o ideální případ, kdy na proloženém úseku je zajištěna nabídka spojů v přesném polovičním taktu. Na jednokolejně trati je nutnou podmínkou kompatibilita infrastruktury, tedy správné (z pohledu doby jízdy) rozmístění dopraven, umožňujících křížování – viz kapitola o SJD.

V řadě případů je třeba na jednom či obou koncích proloženého úseku zachovat přípojnou vazbu z/do směru, kam daná linka právě nepokračuje přímo. Tato skutečnost způsobuje potenciální odchylku od taktu způsobenou rozdílem mezi dobou pobytu přímo jedoucí linky a dobou přestupu – v rádu jednotek minut. *Pokud není odchylka kompenzována, např. prodloužením doby pobytu, šíří se dále do sítě ve formě přibližného prokladu.* [1]



Obr. 1. Ilustrace dobré návaznosti při použití 2^k -násobných dob taktu, kde k je celé číslo. Zdroj: [1].

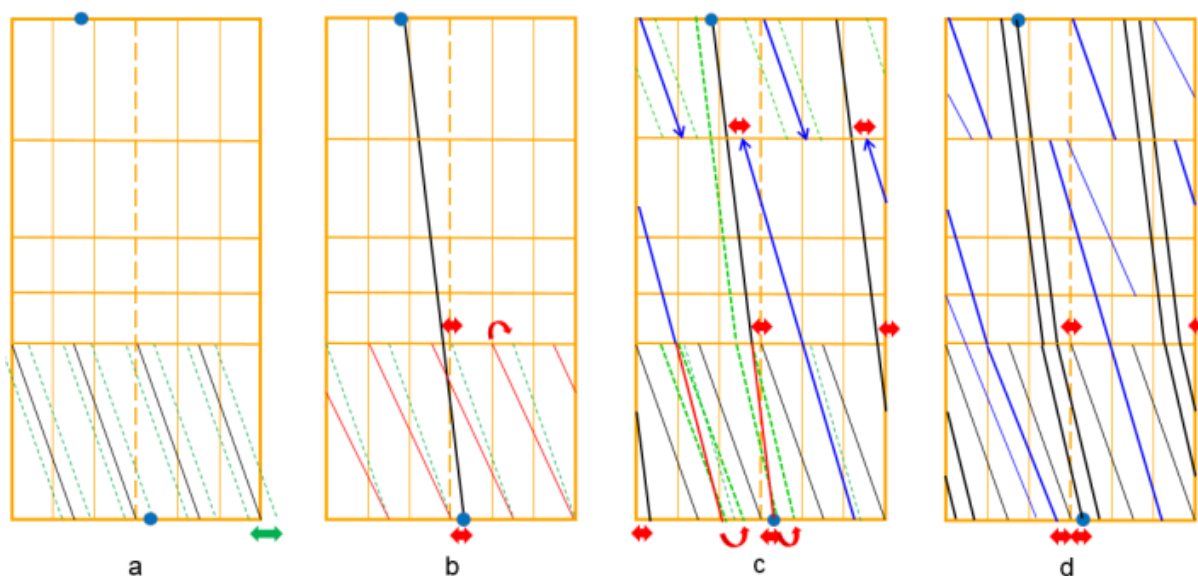
3 Časové okrajové podmínky podmíněné kapacitou dráhy

3.1 Svazky tras

Konstruovat trasy vlaků se stejnou úsekovou jízdni dobou ve sledu za sebou je vhodné jednak z důvodu dosahování týchž taktových uzlů, jednak z důvodu šetrného nakládání s kapacitou dráhy.

3.2 Proklady podmíněné kapacitou dráhy – okna pro nákladní a příměstskou dopravu na úsecích se smíšeným provozem

V horizontu realizace Rychlých spojení budou dálkové linky samozřejmě z velké části provozovány na segregovaných novostavbách, kde bude třeba řešit pouze vzájemnou časovou koordinaci dálkových linek. Nicméně lze i v horizontu 2050 očekávat klasický smíšený provoz (dálková + příměstská + nákladní doprava) např. v okolí středních a menších krajských měst – Pardubice, Hradec Králové, Olomouc. Proto nelze zcela oddělit konstrukci grafikonových tras pro dálkové linky od taktové kapacity pro příměstské (a nákladní) vlaky. Postup pro koordinovanou konstrukci taktových tras ve smíšeném provozu byl zformulován v Metodice Optimalizace využití tratí s vyčerpanou kapacitou (projekt TB0300MD013, řešený s finanční podporou TA ČR). Postup je ilustrován na Obrázku 2, převzatém z této metodiky [2].



Obr. 2. Iterativní koordinace taktových příměstských, **dálkových**, **nákladních expresních** a **běžných** grafikonových tras – v hodinovém okně pro jeden směr na dvojkolejně trati [2].

3.3 Systémové jízdní doby

Kromě výše uvedeného omezení může být požadovaná pravidelná jízdní doba mezi taktovými uzly, omezena ještě z dopravně-technologických důvodů, a to buď pořadím ve svazku tras linek jedoucích mezi týmiž taktovými uzly, anebo nemožností postupnými vjezdy do uzlové stanice z důvodu kolizních jízdních cest. V případě, kdy je možné si vybrat mezi kolizními vjezdy a kolizními odjezdy, je vhodnější zvolit kolizní odjezdy z důvodu výrazně kratší doby obsazení staničního zhlaví.

4 Shrnutí souvislostí pro časovou koordinaci taktových tras dálkové dopravy

Z výše uvedeného stručného nástinu, stejně jako z citovaných metodik [1,2] jasně vyplývá souvislost mezi přesností přepravně podmíněného prokladu dvou shodně (či obdobně) zastavujících dálkových linek na společném úseku a snadností koordinace takového jednotně symetrické taktové spotřeby kapacity dráhy s další taktovou (či periodickou) kapacitou dráhy (se shodnou, či 2^k -násobnou) dobou taktu a shodnou (nulovou) osou symetrie. Jinak vyjádřeno, čím širší je rozpětí taktových poloh v rámci prokladu (např. odjezdy ve 30 a v 58), tím složitější je koordinace takového prokladu s jinou periodickou kapacitou ve 30-min (či 15-min) taktu, a tím více kapacity je ztraceno (např. nepoužité dálkové taktové trasy s časy odjezdu 28 a 00). Je tedy žádoucí usilovat o PŘESNÝ proklad dálkových linek, jejichž doba taktu je zpravidla 60 min (viz výsledek V7-AVL Analýza linkového vedení), do společného 30-min taktu na společně pojížděném úseku, jestliže obě linky v rámci daného úseku plní shodnou obslužnou funkci.

Dále je třeba přihlídnout ke skutečnosti, že Ministerstvo dopravy jako objednatel dálkových železničních linek v ČR nehodlá provoz vlaků na VRT pojmout jako izolovaný, nadřazený systém dopravní obslužnosti mezi nejvýznamnějšími aglomeracemi, ale jako páteř celostátního, přepravně integrovaného, systému veřejné dopravy (viz V7-AVL), který má být dle platné legislativy plánován způsobem umožňujícím jeho efektivní a hospodárné provozování. Z tohoto důvodu není možné krajským objednatelům vnucovat pro ně nevhodné časové polohy (typicky příjezdy do krajských center v časech po minutách 00 a 30 a nulově symetrické odjezdy). Pokud to není v rozporu s cíli dopravní obslužnosti území vlaky celostátní dopravy, měly by dálkové linky vedle rychlého spojení největších měst sloužit „na konci“ železniční sítě také k obsluze středně velkých sídel. V těchto perifernějších úsecích je pak žádoucí, aby, pokud to nevede ke zvýšení potřeby souprav, plnily také funkci rychlé regionální veřejné dopravy. Výhodou je možnost společné objednávky s krajem na tomto úseku a absence nutnosti zajišťovat rychlou regionální obsluhu území dalšími náležitostmi, tedy v konečném důsledku úspora veřejných financí [1].

Sestava symetrického taktového provozního konceptu dálkových železničních linek v horizontu realizace Rychlých spojení tak, byť to může působit paradoxně, nemůže z hlediska priority konstrukce grafikonu začínat v největších městech v ČR, ale v krajských taktových uzlech – především v krajských městech, kterým tamní Plán dopravní obsluhy území předurčuje tuto přepravní úlohu.

Z těchto premis – integrálního 30-min taktu a preference krajských taktových uzlů – pak vychází následující návrh prioritizace (v pořadí od nejvyšší priority sestupně) časových okrajových podmínek pro sestavu efektivního provozního konceptu dálkových železničních linek v horizontu realizace Rychlých spojení.

5 Návrh prioritizace časových okrajových podmínek

5.1 Krajské taktové uzly

Taktové uzly v menších až středních krajských městech (od cca cca 48 tis.¹ do cca 175 tis.² obyv.) mají při sestavě provozního konceptu dálkových linek přednost před taktovými uzly v největších městech (Praha, Brno, Ostrava).

Důvodem je více možností přestupu ve větších městech a obecně vyšší četnost obsluhy, tj. nižší doba taktu, v dálkové i příměstské dopravě – v horizontu realizace VRT lze důvodně u obou segmentů drážní dopavy předpokládat celodenní 30-min takt.

5.2 Směrové přípojné vazby

Stejně jako u taktových uzlů, i u směrových přípojných vazeb narůstá jejich význam směrem z centrálních částí sítě k periferním, tedy do oblastí s nižší hustotou zalidnění. To souvisí i s nižší četností obsluhy, tedy nižší dobou taktu, u méně zalidněných oblastí. V horizontu realizace VRT lze důvodně u obou dálkové i regionální drážní dopavy mimo aglomerace celostátního či krajského významu předpokládat celodenní 60-min takt. V periferních oblastech pak lze i v budoucnu předpokládat 120-min takt či jednotlivé nesystémové spoje (které však nesmí způsobovat nepravidelnosti v taktu směrem k centrálním částem sítě).

Směrové přípojné vazby mají tedy vyšší prioritu, pokud jsou plánovány v méně zalidněných oblastech, a tedy s dobou taktu na linkách 60 či 120 min.

5.3 Vliv jednokolejných tratí a úseků

Jednokolejné tratě či úseky (např. sjezd z Odbočky Drysice VRT do žst. Nezamyslice) značně omezují volnost konstrukční polohy grafikonové trasy dálkové linky, která má daný úsek projíždět. Aby byla zachována jednotná osa symetrie, která umožňuje existenci systematických přípojných vazeb v obou směrech, nesmí být jízda vlaku v tomto úseku (a vzhledem k provozním intervalům a dobám mezer ani v jeho nejbližším okolí) konstruována v minutu 00 či 30. Pokud se uvažuje (byť i jen špičkový) proklad do 30-min taktu, jsou z téhož důvodu zapovězeny časy 15 a 45. V případě více navazujících jednokolejných úseků (např. Kojetín – Kroměříž navíc k výše uvedenému) zůstává poměrně malý výběr konstrukčních časových poloh pro příslušnou dálkovou linku.

5.4 Proklad kapacitní – příměstská osobní doprava

I po plné realizaci Rychlých spojení v horizontu 2050 lze, na základě seznamu staveb s předpokládanými horizonty realizace, poskytnutého řešitelskému týmu Aplikačním garantem (Odborem veřejné dopavy MD ČR) očekávat existenci dvojkolejných tratí se smíšeným provozem dálkové, regionální osobní a nákladní železniční dopavy. U krajských aglomerací

¹ Karlovy Vary

² Plzeň, oba údaje viz ČSÚ, 2021 [3]

s lidnatostí centra okolo 100 tis. obyvatel nelze ani v horizontu 2050 mimo schválené stavby RS důvodně očekávat výstavbu nových tratí se segregovaným provozem dálkových linek. Vzhledem k očekávané četnosti provozu těchto linek na příslušných ramenech (typicky 1-3 páry vlaků za hodinu) by to ani nebylo hospodárné.

Při sestavě provozního konceptu dálkových linek je tedy nutné systémově zajistit koexistenci všech segmentů drážní dopravy na společné infrastruktuře – typicky pro 30-min takt (realizovaný alespoň ve špičce). Z kapacitních důvodů je vhodné ve stejné době taktu nabízet i systematické trasy nákladní dopravy, ledaže očekávaná četnost nákladních vlaků i v době špiček v poptávce odpovídá vyšší době taktu nabídky kapacity dráhy.

5.5 Proklad přepravní – integrální 30-(60-)min takt dálkové dopravy

Kapacitně podmíněné požadavky na koordinaci tras různě rychlých vlaků se vhodně snoubí i s požadavky na tyto trasy z přepravního hlediska, kdy je mezi největšími a středními krajskými městy (cca 90-100 tis. obyv.) vzhledem k plánovanému výraznému poklesu pravidelných dob jízdy vhodné zavést integrální 30-min takt. Vzhledem k požadavkům Odboru veřejné dopravy MD ČR na nabídku dálkových linek (se standardním 60-min taktem) s řadou přímých spojení je pak logické vést linky, které mají dlouhý souběh, v půrokladu do 30-min taktu.

Není-li takovýto proklad možný či vhodný (ať už kvůli ostatním časovým okrajovým podmínkám, kvůli počtu linek v souběhu či z jiných obdobných důvodů), musí pak příslušné linky být logicky vedeny v poměrně časově těsném svazku – v pravidelném časovém rozestupu cca 3 min, což i na sekundárních hlavních tratích vede k nutnosti instalace odpovídajícího ZZ – ETCS či automatického bloku.

5.6 Pořadí tras ve svazku – nejvýznamnější vnitrostátní spojení

Prioritu ve volbě pořadí trasy ve svazku mají nejprve linky, u nichž lze jedinečně upřednostněním ve svazku dosáhnout SJD (alternativou by byla neúměrně nákladná infrastrukturní opatření). Další prioritu mají linky, jejichž zbytečně dlouhý mezilehlý pobyt by ohrozil přepravní atraktivitu významné vnitrostátní relace (např. Praha - Ostrava). Třetí prioritu mají linky, u nichž by volba nevhodného pořadí ve svazku vedla ke zbytečnému prodloužení doby pobytu v mezilehlém uzlu.

5.7 Pořadí tras ve svazku – zajištění adekvátní doby pobytu linek pokračujících skrz nejvýznamnější uzly

Jak již bylo nastíněno výše, není vhodné zbytečně prodloužovat dobu pobytu dálkové linky v mezilehlém uzlu. Důvod není pouze přepravní (snížení atraktivity spojení tranzitujícího skrz příslušný uzel), ale také dopravně-technologický (příliš dlouhá doba obsazení vytížené uzlové stanice jedním párem tranzitujících spojů). Naopak pokud nelze odbourat synchronizační dobu, která zajišťuje zachování možnosti přestupu z/do všech relevantních relací, může být takovéto prodloužení pobytu nutným zlem.

5.8 Časové umístění trasy – mezinárodní dálková doprava

V mezinárodní dálkové dopravě je nutno stíhat SJD pro dosažení zahraničních taktových uzlů a případných dalších okrajových podmínek mimo ČR (směrových přípojných vazeb, úsekových prokladů či svazků linek).

Nejsou-li ovšem výše uvedené podmínky v daném případě omezující, je u mezinárodní dálkové linky v případě prvního/posledního pravidelného zastavení v ČR možné přiměřeně prodloužit dobu pobytu a uvolnit tak potřebné trasy ve svazku pro „více spěchající“ vnitrostátní linky.

Prodloužení pobytu, a to i na poměrně vysoké hodnoty (cca 20 min) pak lze u mezinárodní dálkové linky doporučit ve směru z/do zemí či oblastí, u nichž lze očekávat vznik většího než malého zpoždění, aby se toto nepřenášelo do železniční sítě ČR. Tato zásada samozřejmě platí v případě, že je linka z/do tohoto směru vedena po konvenčních tratích, případně pouze po velmi krátkém úseku VRT.

5.9 Časové umístění trasy – Open Access produkty

U Open Access přepravních produktů lze na základě dosavadních zkušeností s dálkovou železniční dopravou v ČR důvodně předpokládat velmi nízkou až nulovou míru síťovosti, čili prakticky absenci přestupních vazeb. Naopak lze předpokládat důraz na cestovní (přepravní) rychlosti z důvodu konkurenceschopnosti vůči ostatním dálkovým spojům. Konkrétní konstrukční poloha Open Access spoje může být teoreticky zvolena libovolně, avšak je nutné bez zdržení projet mezi ostatními dálkovými taktovými trasami na navazujících úsecích tak, aby kromě pobytů na rozumně zvolených aglomeračních terminálech nedošlo ke snížení cestovní rychlosti (a tedy atraktivity) spoje z důvodu nutnosti „přiohnout“ trasu například kvůli dohánění pomalejšího (či častěji zastavujícího) spoje.

5.10 Pořadí tras ve svazku – přestupní vazby pro zahuštění nabídky dálkových spojení

V případě, že je stále zachována možnost volby pořadí dálkových tras konstruovaných ve svazku, je třeba nejprve konstruovat tu trasu, u níž by v případě jiného pořadí hrozila nedostatečná doba přestupu na relevantní dálkové linky v uzlové stanici.

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] Drábek, M. a kol.: *Synergie v plánování železničních linek. Zefektivnění obsluhy území veřejnou drážní dopravou*. Uplatněná certifikovaná metodika. ČVUT FD a taktici.cz, s.r.o., Praha 2019.
- [2] Michl, Z., Drábek, M. a kol.: *Optimalizace využití tratí s vyčerpanou kapacitou*. Uplatněná certifikovaná metodika. taktici.cz, s.r.o. a ČVUT FD, Praha 2016.
- [3] ČSÚ: Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2021. Praha, 2021 [cit. 2021-11-22]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112021>