

# HODNOCENÍ VÝKONNOSTI JÍZDNÍHO ŘÁDU

## EVALUATION OF TIMETABLE PERFORMANCE

Přemysl Šrámek, Jaromír Široký<sup>1</sup>

*Anotace: Tento článek pojednává o možnosti zhodnocení výkonnosti jízdního řádu prostřednictvím jediného ukazatele. Tento ukazatel, nazvaný výkonnost jízdního řádu (VJŘ), je počítán na základě 3 parametrů – jednoho kvalitativního parametru (např. průměrný přírůstek zpoždění), jednoho kvantitativního parametru (např. počet vlaků) a jednoho doplňkového parametru (např. periodičita jízdního řádu).*

*Klíčová slova: jízdní řád, míra periodicity, průměrný přírůstek zpoždění, výkonnost jízdního řádu.*

*Summary: This article discusses the possibility of evaluating of timetable performance through a single indicator. This indicator, possibility of evaluating of timetable, is calculated on the basis of 3 parameters - one qualitative parameter (eg average delay increment), one quantitative parameter (eg number of trains) and one additional parameter (eg timetable frequency).*

*Key words: timetable, periodicity, average delay increase, timetables performance*

### ÚVOD

Jízdní řád a jeho plnění je v dnešní době hodnocen na základě mnoha národních i mezinárodních metodik (SŽDC D24, UIC 406 atd.), které obsahují velké množství jednotlivých kapacitních ukazatelů. Pokud navíc zvážíme množství kombinací těchto jednotlivých ukazatelů, dostáváme nepřehledné množství možností, jak výkonnost jízdního řádu na bázi kapacitních ukazatelů hodnotit.

### 1. METODIKA VÝPOČTU VÝKONNOSTI JÍZDNÍHO ŘÁDU

Aby bylo možné považovat výkonnost jízdního řádu za směrodatnou, bylo nezbytné zkombinovat několik parametrů. Jízdní řády jsou totiž nejčastěji hodnoceny po stránce jejich plnění, resp. kvality a po stránce množství realizovaných tras, resp. kvantity. Velmi často se k těmto dvěma parametrům přidává i jiný, tzv. doplňkový parametr, související například se systémovostí jízdního řádu, resp. periodicitou. Základními parametry pro výpočet výkonnosti jízdního řádu jsou tedy parametr kvality, parametr kvantity a doplňkový parametr.

#### Výpočet základních parametrů

Po delším zkoumání byl jako nejvhodnější kvalitativní parametr vybrán průměrný přírůstek zpoždění  $\overline{\Delta Z_p}$  (vztah 1):

<sup>1</sup> Ing. Přemysl Šrámek, Ph.D., doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: +420 466 036 199, E-mail: [jaromir.siroky@upce.cz](mailto:jaromir.siroky@upce.cz)

$$\Delta Z_p = \frac{Z_{p\text{výstupní}} - Z_{p\text{vstupní}}}{N} \text{ [min/vlak]} \quad (1)$$

$Z_p$  výstupní    zpoždění na výstupu [min],

$Z_p$  vstupní    zpoždění na vstupu [min],

$N$                 celkový počet vlaků [vlak].

Průměrný přírůstek zpoždění je stanoven jako podíl rozdílu celkového výstupního a celkového vstupního zpoždění a počtu vlaků. Pokud je přírůstek kladný, vzniklá zpoždění nejsou eliminována a příslušná dopravní infrastruktura není schopna vyrovnávat mimořádnosti vzniklé v rámci stanoveného rozsahu provozu (1).

Jako nejvhodnější kvantitativní parametr byl vybrán celkový počet vlaků, resp. počet realizovaných vlakových tras ( $N$ ).

Doplňkovým parametrem definujícím periodicitu jízdního řádu poté byla míra periodicity jízdního řádu  $R_p$  (vztah 2):

$$R_p = \frac{N_p}{N_c} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

$R_p$                 míra periodicity [%],

$N_p$                 počet vlaků dle PJŘ/ITJŘ [vlak],

$N_c$                 celkový počet vlaků v JŘ [vlak].

Míra periodicity je počítána jako podíl vlaků vedených v rámci periodického či integrovaného taktového jízdního řádu a všech vlaků obsažených v daném JŘ (1).

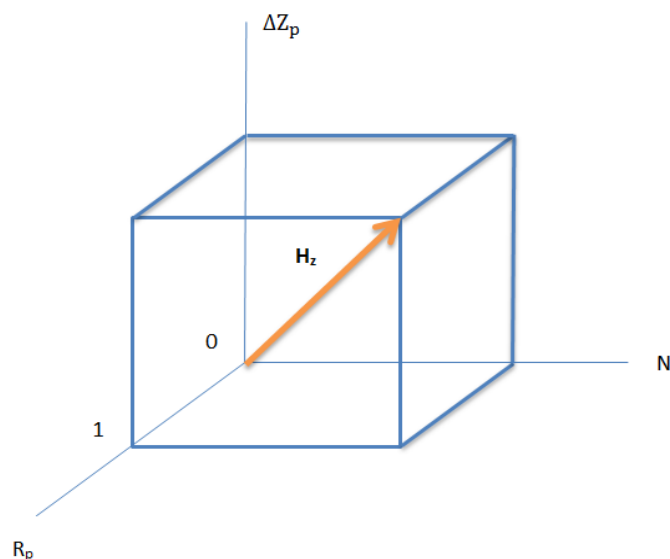
### Výkonnost jízdního řádu

Výpočtem základní hodnoty výkonnosti jízdního řádu se zabýval článek (2). Tuto hodnotu je ale na základě realizovaného výzkumu nezbytné korigovat pro její větší směrodatnost.

Základní hodnota  $H_z$  výkonnosti jízdního řádu je počítána následujícím způsobem:

$$H_z = \sqrt{\Delta Z_p^2 + N^2 + R_p^2} \quad ()$$

Pro přehlednost je velikost základní hodnoty jízdního řádu ukázána na Obrázku 1.



Zdroj: autoři

Obr. 1 - Základní hodnota výkonnosti jízdního řádu

Jednotlivá rozmezí základních ukazatelů jsou následující:

- míra periodicity  $\langle 0; 1 \rangle$ ,
- průměrný přírůstek zpoždění  $(-\infty, +\infty)$ ,
- celkový počet vlaků  $\langle 1; +\infty \rangle$ .

Základní hodnotu výkonnosti jízdního řádu je nezbytné korigovat následujícím způsobem tak, aby platilo, že s rostoucí výslednou hodnotou roste i výkonnost jízdního řádu. Jelikož průměrný přírůstek zpoždění může nabývat kladných i záporných hodnot, je výsledná hodnota výkonnosti jízdního řádu počítána dle následujících 2 vztahů (3, 4):

- Pro kladný průměrný přírůstek zpoždění

$$V_{JR+} = - \left( \frac{\Delta Z_p \cdot \sqrt{\Delta Z_p^2 + N^2 + R_p^2}}{N \cdot R_p} \right) \quad (3)$$

- Pro záporný a nulový průměrný přírůstek zpoždění

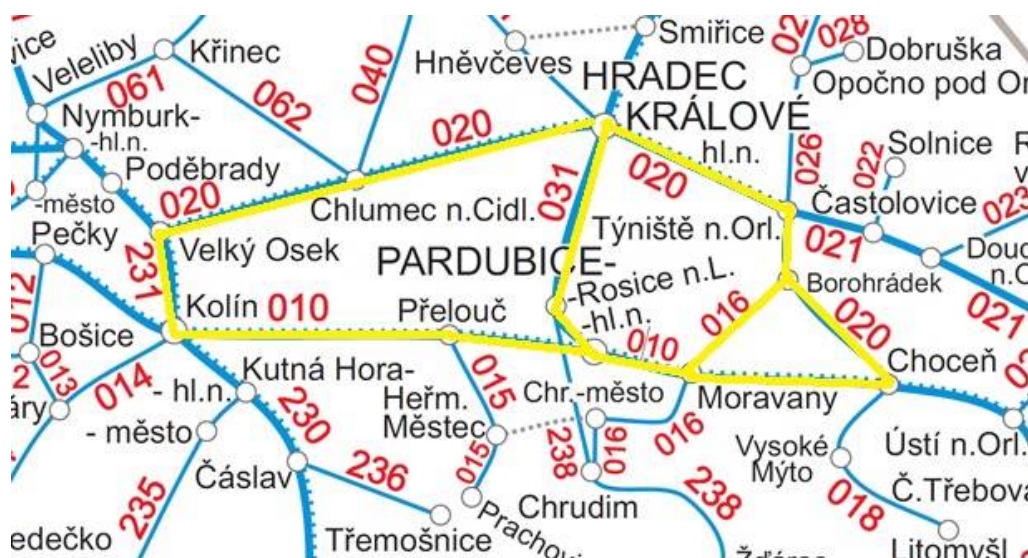
$$V_{JR-} = - \left( N \cdot R_p \cdot \Delta Z_p \cdot \sqrt{\Delta Z_p^2 + N^2 + R_p^2} \right) \quad (4)$$

V případě, že je míra periodicity nulová, použije se vzorec pro záporný a nulový průměrný přírůstek zpoždění.

## 2. PŘÍPADOVÁ STUDIE

Základní parametry pro výpočet výkonnosti jízdního řádu byly spočítány v simulačním programu SimuT s daty grafikonu 2016 (JŘ 2016), s daty zkonstruovaného periodického jízdního řádu (PJŘ) a s daty zkonstruovaného jízdního řádu se síťově propojenými periodickými trasami vlaků nákladní dopravy (SPP) (1).

Byl zvolen následující infrastrukturní rozsah, tvořící uzavřenou síť, viz Obrázek 2.



Zdroj: autoři na podkladě (1)

Obr. 2 - Infrastrukturní rozsah případové studie

Jak je vidět z Obrázku 2, byly vybrány tratě s různými parametry – elektrifikované i neelektrifikované, jednokolejné i dvoukolejné, s různými typy zabezpečovacího zařízení.

V rámci simulace bylo za účelem zjištění stability jízdního řádu zadáváno vstupní zpoždění na bázi exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti, které bylo následně porovnáno ve všech simulačních bězích (celkem 365 pro každý GVD) s výstupním zpožděním. Byl vypočítán průměrný přírůstek zpoždění.

Pro jednotlivé jízdní řády (JŘ 2016, PJŘ, SPP) byl počítán průměrný přírůstek zpoždění v rámci uzavřené sítě, a to jak celkový, tak i pro jednotlivé segmenty železniční dopravy. Průměrný přírůstek zpoždění je počítán jako podíl celkového zpoždění v rámci uzavřené sítě a celkového počtu vlaků na síti. Pro jednotlivé JŘ je také počítána celková míra periodicity, a to jako podíl vlaků trasovaných na síti periodicky a všech vlaků na síti (1).

V Tabulce 1 je uveden přehled základních parametrů pro výpočet výkonnosti jízdního řádu, zpracovaných v simulačním programu SimuT.

Tab. 1 - Přehled základních parametrů pro V<sub>JŘ</sub>

JŘ	Počet tras	$\Delta Z_p$ celkový (min/vlak)	Periodicita (%)
2016	956	0,21	44,04
PJŘ	901	-0,49	98,34
SPP	907	-0,62	98,57

Zdroj: autoři na podkladě (1)

V Tabulce 2 jsou uvedeny základní parametry tak, jak je nezbytné je zadat do výše uvedených rovnic. Kromě VJŘ je zde uvedena i základní hodnota  $H_z$ .

Tab. 2 - Výkonnost jízdního řádu

JŘ	Počet tras	$\Delta Z_p$ celkový (min/train)	Periodicita	$H_z$	V <sub>JŘ</sub>
2016	0,956	0,21	0,4404	1,073	-0,535
PTT	0,901	-0,49	0,9834	1,421	0,617
PFTP	0,907	-0,62	0,9857	1,476	0,818

Zdroj: autoři na podkladě (1)

Výkonnost jízdního řádu v rámci definované uzavřené sítě stoupá na základě úprav grafikonu dle očekávání. Stěžejní pro hodnocení V<sub>JŘ</sub> je především průměrný přírůstek zpoždění, který může dosahovat i záporných hodnot.

Výkonnost jízdního řádu lze použít i pro jednotlivé tratě či vozební ramena, jak je naznačeno v (2).

## ZÁVĚR

Kombinací tří základních parametrů lze hodnotit výkonnost jízdního řádu na základě jednoho výsledného parametru. Jako parametr kvality byl zvolen průměrný přírůstek zpoždění, jako parametr kvantity počet vlaků a jako doplňkový parametr míra periodicity jízdního řádu. Je možné zvolit i použití jiných základních parametrů, avšak je nezbytné zajistit jejich kombinaci z hlediska logiky a matematické správnosti.

V rámci případové studie byla metodika výpočtu výkonnosti jízdního řádu potvrzena.

## POUŽITÁ LITERATURA

- (1) ŠRÁMEK, P. Vliv periodických jízdních řádů na kapacitu trati. Dizertační práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, (2017).
- (2) ŠRÁMEK, P., MOLKOVÁ, T. Utilization of Train Routes in Relation to the Implementation of Periodic Timetable. Proceedings of the Third International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE), p. 949 – 954. (2016).
- (3) ŠIROKÝ, J. et al. Transport Technology and Control. Tribun EU. Brno. pp. 238. (2014).
- (4) GAŠPARÍK, J., MAJERČÁK, J., ŠIROKÝ, J., ABRAMOVIC, B., MEŠKO, P., NACHTIGALL, P., ZITRICKÝ, V. 2017. Railway Traffic Operation. Žilina: Žilinská univerzita, 292 p.
- (5) GAŠPARÍK, J., ŠIROKÝ, J., PEČENY, L., HALÁS, M. 2014. Methodology for assessing the quality of rail connections on the network, In: Communications: scientific letters of the University of Zilina, Vol. 2: p. 25-30.

- (6) ŠRÁMEK P., MOLKOVÁ, T. 2016. Utilization of Train Routes in Relation to the Implementation of Periodic Timetable. Proceedings of the Third International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE), p. 949 – 954.
- (7) Directive No 104 Operating intervals and subsequent intervals, SŽDS. (2013).
- (8) UIC CODE 406 – Capacity, Paris: UIC International Union of Railways. (2013).
- (9) Railway Infrastructure Administration. Statement on national and regional railway. [ONLINE] Available at: <http://www.szdc.cz>. [Accessed 21 March 17]. (2017).
- (10) BONTEKONING, Y. M., MACHARIS, C., TRIP, J. J. Is a New Applied Transportation Research Field Emerging - A Review of Intermodal Rail-Truck Freight Transport Literature. Transportation Research Part A: Policy and Practice. vol. 38. 1-34. (2014).
- (11) DOLLEVOET, J., HUISMAN, D., KROON, L. et al. Application of an iterative framework for real-time railway rescheduling, Computers & Operations Research, Vo. 143, pp. 203-217. (2017).
- (12) STOJADINOVIC, N., BOSKOVIC, N., BUGARINOVIC, M. Train Path Performances and Capacity Allocation: What is Actually the Object of Transactions in the Liberalized Railway Market, Transport Means - Proceedings of the International Conference, pp. 735-740. (2016).
- (13) KAMPF, R., STOPKA, O., KUBASAKOVA, I., ZITRICKY, V. WMCAUS 2016 – World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium – Procedia Engineering 161, 1538-1544 (2016), DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.623.
- (14) ABRAMOVIC, B., ZITRICKY, V., MESKO, P. Logi – Scientific Journal on Transport and Logistics 8, 1, 1-10 (2017), DOI: <https://doi.org/10.1515/logi-2017-0001>.