

VLIV TUNELU NA VNITŘNÍ HLUK ŽELEZNIČNÍHO VOZIDLA

EFFECT OF A TUNNEL ON THE INTERNAL NOISE OF A RAILWAY VEHICLE

Lucie PHAMOVÁ¹

e-ISBN: 978-80-7560-564-1
DOI: 10.46585/spkv20252671

ISSN: 3029-8342



Abstrakt

Tento článek se zabývá vlivem jízdy tunelem na úroveň vnitřního hluku železničního vozidla. Měření byla provedena na třech různých typech vozů při jízdě na širé trati a v tunelech, a to v souladu s normou ČSN EN ISO 3381. Mikrofony byly rozmístěny v různých částech vozů, včetně nástupních prostor, přechodů a v jednom případě i v kabině strojvedoucího. Výsledky ukazují, že konstrukce vozidla, zejména tlakotěsnost a počet pater, významně ovlivňuje rozdíl hladin akustického tlaku mezi jízdou na širé trati a v tunelu. Největší rozdíly byly zaznamenány u dvoupatrových vozů, zatímco tlakotěsné vozy vykazovaly nejmenší změny v hluku. Zjištění mohou přispět k optimalizaci návrhu vozidel z hlediska akustického komfortu.

Klíčová slova

hluk, železniční vozidlo, tunel, akustický tlak, měření hluku

Abstract

This article examines the effect of tunnel passage on the internal noise level of a railway vehicle. Measurements were carried out on three different types of coaches during open track and tunnel runs, in accordance with the ČSN EN ISO 3381 standard. Microphones were placed in various parts of the vehicles, including boarding areas, inter-car gangways, and, in one case, the driver's cab. The results show that the vehicle design—pressure-tightness and the number of floors—significantly affects the difference in sound pressure levels between open track and tunnel conditions. The largest differences were observed in double-deck coaches, while pressure-tight vehicles showed the smallest changes in noise levels. The findings may contribute to optimizing vehicle design in terms of acoustic comfort.

Keywords

noise, railway vehicle, tunnel, sound pressure, noise measurement

1 ÚVOD

Cílem tohoto článku je prezentovat výsledky měření hluku uvnitř různých typů železničních vozů při jízdě na širé trati a v tunelech. Měření byla provedena v souladu s normou ČSN EN ISO 3381 a zaměřila se na porovnání akustických podmínek v různých částech vozů. Výsledky poskytují důležité informace pro hodnocení komfortu cestujících.

¹ Ing. Lucie Phamová, Ph.D. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 965, e-mail: phamova@vukv.cz

2 USPOŘÁDÁNÍ MĚŘENÍ A MĚŘICÍ SCÉNÁŘE

Měření hluku bylo provedeno v souladu s normou ČSN EN ISO 3381 [1]. Mikrofony byly rozmístěny na různých místech vozu tak, aby pokryly klíčové prostory: jeden mikrofon byl umístěn v přechodu mezi vozy a dva v nástupních prostorech. Zbývající mikrofony byly rovnoměrně rozmístěny v prostoru pro cestující. U soupravy č. 2 byly mikrofony umístěny také v kabině strojvedoucího a na chodbičce u WC.

Měření probíhalo na třech různých soupravách:

- souprava č. 1: dvoupatrové tlakotěsné vozy s maximální konstrukční rychlostí 200 km/h,
- souprava č. 2: jednopatrové vozy s maximální konstrukční rychlostí 160 km/h. U této soupravy byla navíc provedena aerodynamická měření tlakových poměrů na vnější bočnici vozidla.
- souprava č. 3: jednopatrové tlakotěsné vozy s maximální konstrukční rychlostí 200 km/h. Také zde byla provedena aerodynamická měření tlakových poměrů na vnější bočnici vozidla.

Kromě měření akustického tlaku byla zaznamenávána také rychlost jízdy soupravy.

3 MĚŘENÍ

První měřicí kampaň se soupravou č. 1 byla provedena v roce 2018 a další dvě měřicí kampaně se soupravami č. 2 a 3 v roce 2024 na následujících tratích:

- Souprava č. 1: v Německu v roce 2018.
- Souprava č. 2: v ČR na trati Veselí nad Lužnicí – Tábor v dubnu 2024.
- Souprava č. 3 v ČR na trati Tábor – Olbramovice v červnu 2024.

Signály ze všech rozmístěných mikrofonů byly synchronně zaznamenávány pomocí softwaru DataRecorder nebo BK Connect, obojí od Bruel & Kjaer. Ukládací frekvence pro mikrofony byla 131 kHz. Rychlost soupravy byla zaznamenávána pomocí vlastního softwaru a se signály mikrofonů byla synchronizována pomocí elektricko-akustického pulsu. Ukládací frekvence pro rychlost byla 500 Hz.

Všechna měření byla provedena za suchého počasí bez deště a sněhu.

4 VYHODNOCENÍ

Vyhodnocení bylo provedeno pomocí softwarových nástrojů BK Connect, Matlab a MS Excel. Pro účely srovnání byly z dat vybrány časové intervaly s přibližně konstantní rychlostí jízdy, a to zvláště pro jízdu na širé trati a v tunelu. V případech, kdy byla k dispozici aerodynamická měření, byl interval pro jízdu v tunelu určen na základě tlakových změn zaznamenaných na vnější bočnici vozidla při vjezdu a výjezdu z tunelu.

V rámci těchto intervalů byla vypočtena A-ekvivalentní hladina akustického tlaku. Vzhledem k výraznému rozptylu hodnot „okamžitého“ akustického tlaku při průjezdu tunely na některých mikrofonních pozicích byly navíc stanoveny hladiny akustického tlaku pro 1. a 99. percentil. Tyto hodnoty jsou v grafech znázorněny červenými vodorovnými čarami.

Pokud byl k dispozici dostatečný počet dat pro danou rychlost, byla vypočtena průměrná A-ekvivalentní hladina akustického tlaku.

V závěrečné fázi vyhodnocení byl stanoven rozdíl hladin akustického tlaku mezi jízdou na širé trati a v tunelu, a to buď na základě průměrných hodnot, nebo přímo z jednotlivých měření.

5 VÝSLEDKY

Výsledky měření a vyhodnocení jsou zobrazeny v tab. 1, 2 a 3. Na obr. 3, 4 a 5 jsou graficky zobrazeny hodnoty uvedené v tab. 1, 2 a 3. Na obr. 1 a obr. 2 jsou zobrazeny průběhy hladin akustického tlaku. Mezi šedými svislými tlustými čarami se nachází vyhodnocený interval pro tunely. Vodorovnými červenými čarami jsou naznačeny:

- ekvivalentní hladina akustického tlaku přes celý vyhodnocený interval a
- 1. a 99. percentil hladiny akustického tlaku ze stejného intervalu.

Souprava č. 1:

Rozdíly průměrných hladin akustického tlaku mezi jízdou na širé trati a v tunelu byly u této soupravy nejvýraznější. Hlavním důvodem byla dvoupodlažní konstrukce vozu. Druhé patro bylo výrazně více vzdáleno od hlavního zdroje hluku (podvozků) než první patro. Na střeše vozidla se navíc nacházela pouze klimatizační jednotka. Při průjezdu tunelem se však hluk šíří do interiéru ze všech směrů a to vedlo k výraznému nárůstu akustického tlaku – až o 11 dB.

Souprava č. 2:

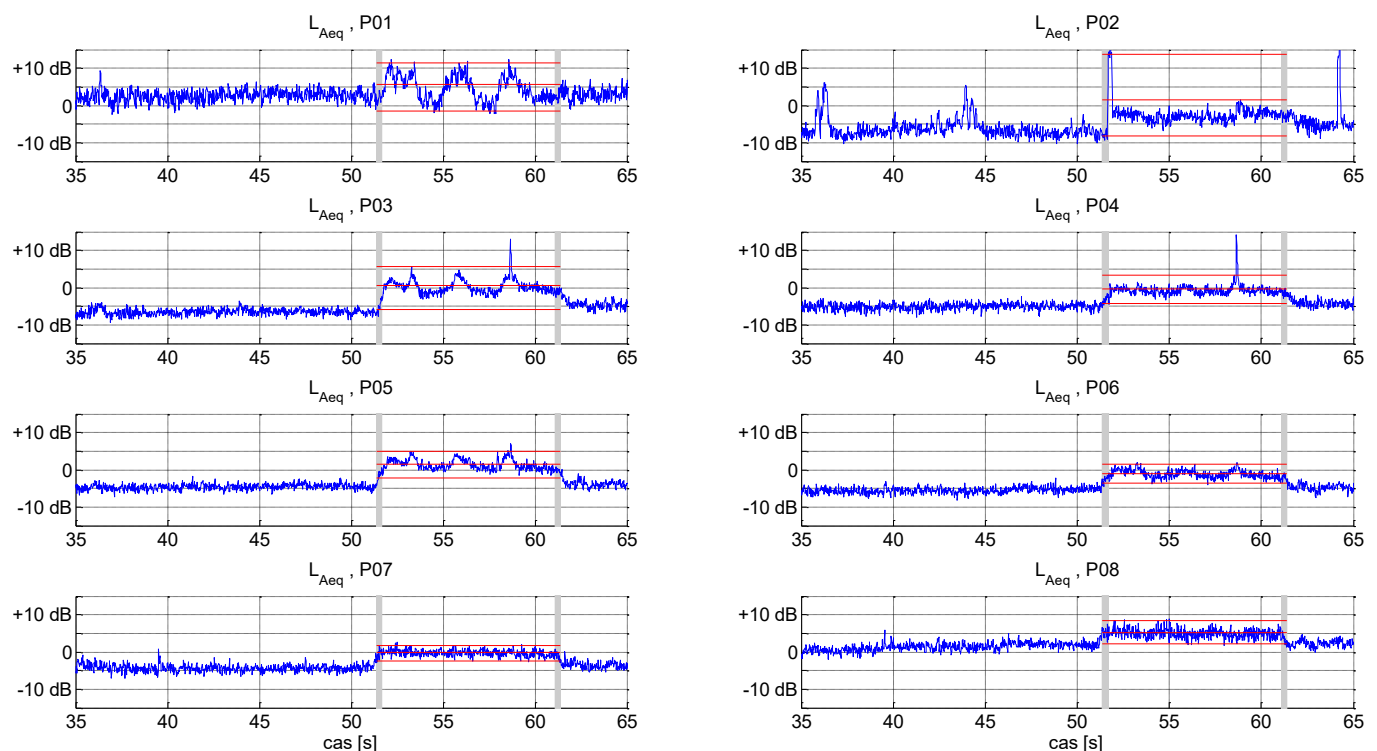
Na obr. 1 je na pozici mikrofону P02 zřetelně patrný akustický signál, který sloužil k synchronizaci signálů akustického tlaku, rychlosti a aerodynamických veličin [2]. Data z tohoto mikrofónu proto nebyla zahrnuta do vyhodnocení.

Na tomtéž obrázku, v pozici mikrofónu P01, je průběh akustického tlaku, který výrazně kopíruje tlakové změny zaznamenané při aerodynamickém měření. V takovém případě není samotná ekvivalentní hladina akustického tlaku plně vypovídající pro kvantifikaci pohodlí cestujících, a proto byly pro všechny intervaly doplněny výpočty 1. a 99. percentilu.

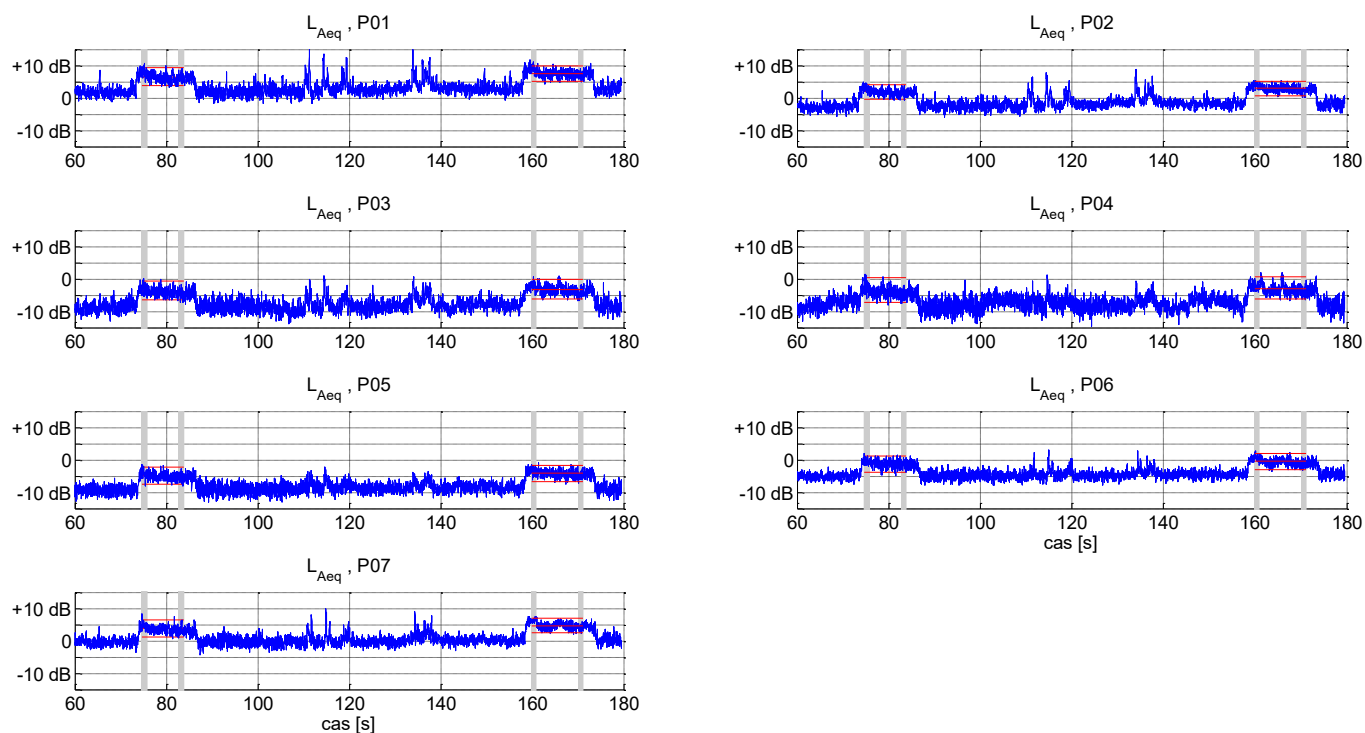
Nejvyšší zaznamenaný rozdíl hladin akustického tlaku u této soupravy činil 7,1 dB a byl naměřen v nástupním prostoru při rychlosti 160 km/h, tedy při maximální provozní rychlosti vozidla.

Souprava č. 3:

Na obr. 2 jsou zachyceny dva průjezdy tunely. Souprava č. 3 byla na rozdíl od soupravy č. 2 konstruována jako tlakotěsná, což výrazně omezilo vliv aerodynamických tlakových změn na hladinu akustického tlaku uvnitř vozu. To se projevilo v menších rozdílech hladin akustického tlaku mezi jízdou na širé trati a v tunelu – a to i při rychlosti 200 km/h. Nejvyšší zaznamenaný rozdíl byl 3,8 dB a byl naměřen v prostoru pro cestující.



Obr. 1 Ukázka průběhu okamžité hladiny akustického tlaku v průběhu času pro jeden záznam, souprava č. 2



Obr. 2 Ukázka průběhu okamžité hladiny akustického tlaku v průběhu času pro jeden záznam, souprava č. 3

Tab. 1 Rozdíl průměrných hladin akustického tlaku pro soupravu č. 1

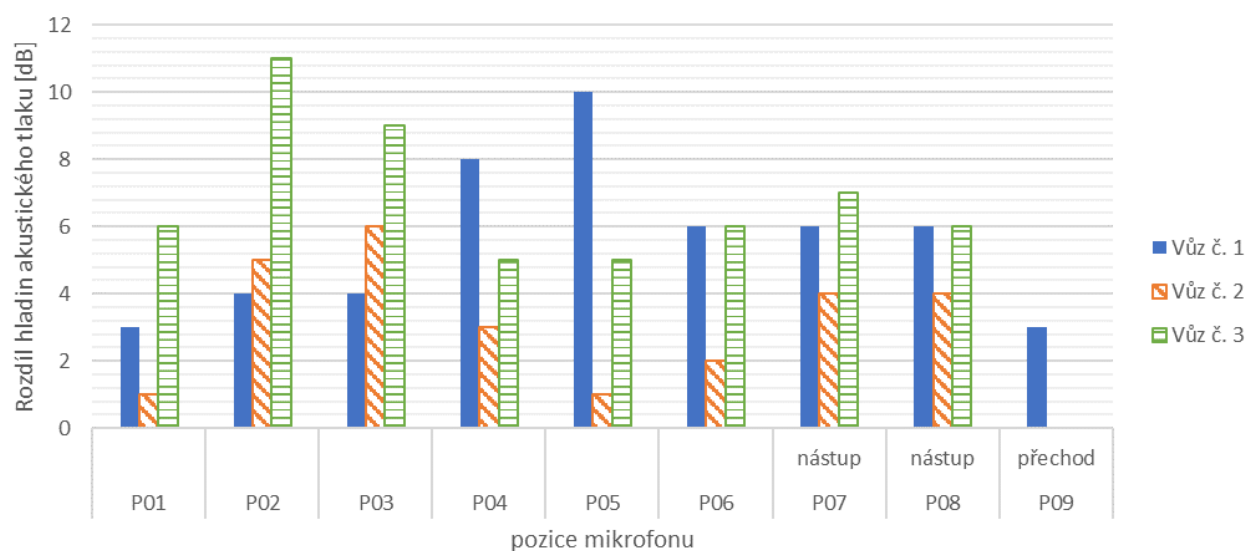
Rychlost [km/h]	vůz	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07 nástup	P08 nástup	P09 přechod
190	1	3	4	4	8	10	6	6	6	3
190	2	1	5	6	3	1	2	4	4	0
190	3	6	11	9	5	5	6	7	6	-

Tab. 2 Rozdíl hladin akustického tlaku pro soupravu č. 2

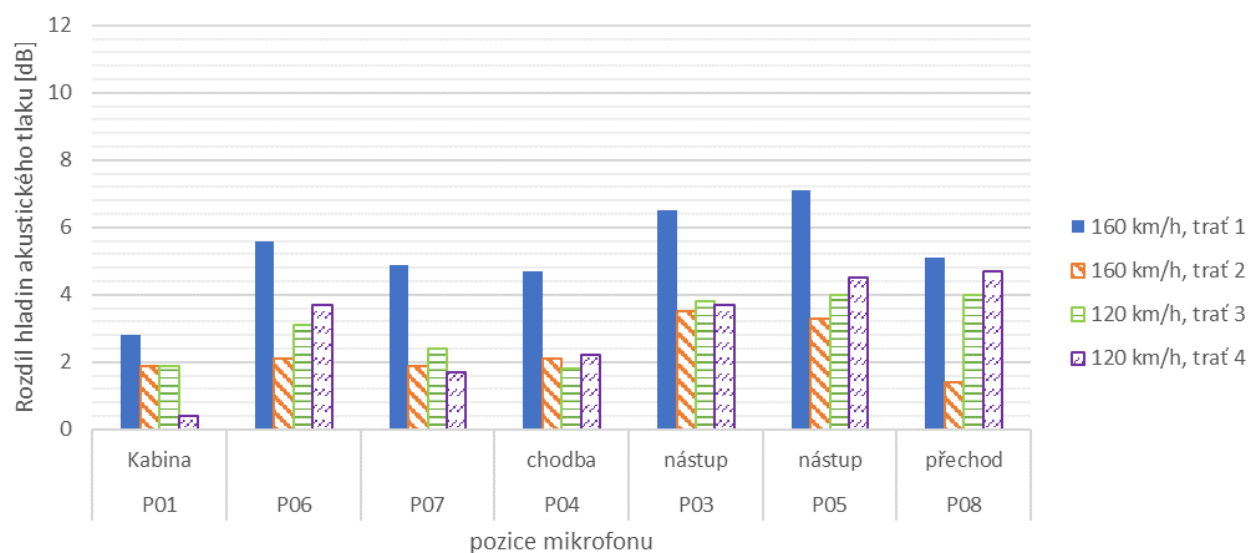
Rychlost [km/h]	P01 Kabina	P06	P07	P04 chodba	P03 nástup	P05 nástup	P08 přechod
160 (trať 1)	2,8	5,6	4,9	4,7	6,5	7,1	5,1
160 (trať 2)	1,9	2,1	1,9	2,1	3,5	3,3	1,4
120 (trať 3)	1,9	3,1	2,4	1,8	3,8	4,0	4,0
120 (trať 4)	0,4	3,7	1,7	2,2	3,7	4,5	4,7

Tab. 3 Rozdíl průměrných hladin akustického tlaku pro soupravu č. 3

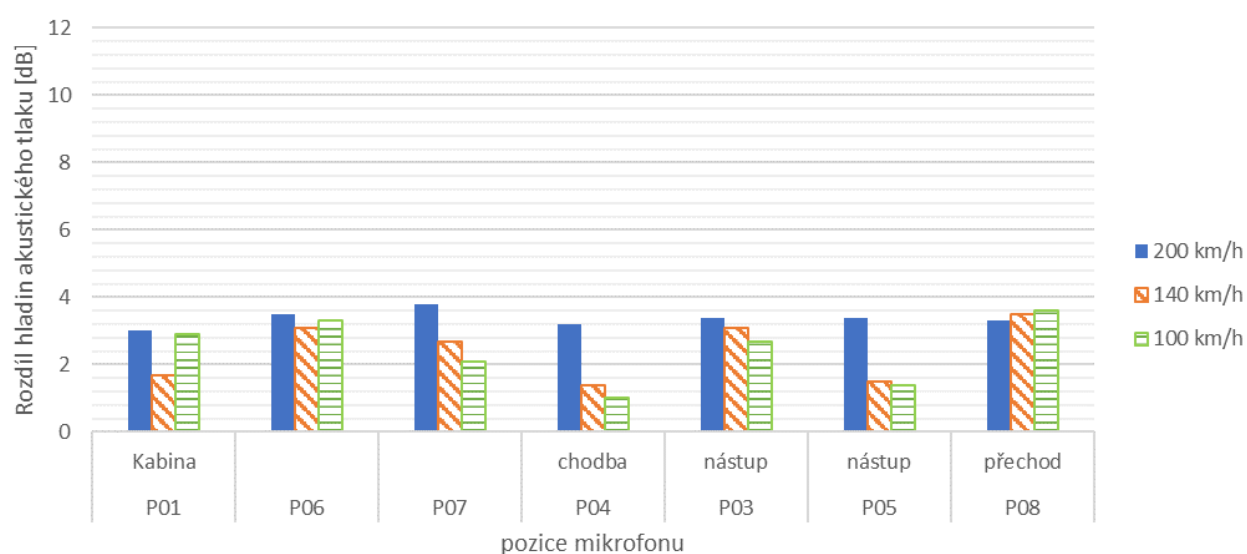
Rychlost [km/h]	P03	P04	P05	P06	P02 nástup	P07 nástup	P01 přechod
200	3,0	3,5	3,8	3,2	3,4	3,4	3,3
140	1,7	3,1	2,7	1,4	3,1	1,5	3,5
100	2,9	3,3	2,1	1,0	2,7	1,4	3,6



Obr. 3 Rozdíl průměrných hladin akustického tlaku pro soupravu č. 1



Obr. 4 Rozdíl hladin akustického tlaku pro soupravu č. 2



Obr. 5 Rozdíl průměrných hladin akustického tlaku pro soupravu č. 3

6 ZÁVĚR

Výsledky měření ukázaly, že rozdíly v hladinách akustického tlaku mezi jízdou na širé trati a v tunelech jsou výrazně ovlivněny konstrukcí vozidel. Největší rozdíly byly zaznamenány u dvoupatrových vozů, kde horní patro vykazovalo nízkou hladinu hluku na širé trati, ale výrazné zvýšení v tunelu. Tlakotěsné vozy vykazovaly nejmenší rozdíly, což potvrzuje jejich účinnost při tlumení aerodynamických vlivů.

Tato měření přispívají k lepšímu porozumění akustickému chování železničních vozidel a mohou sloužit jako podklad pro další vývoj v oblasti komfortu cestujících.

Měření mohla být provedena díky laskavému svolení Českých drah a Správy železnic.



Literatura

- [1] ČSN EN ISO 3381:2022. *Železniční aplikace – Akustika – Měření hluku uvnitř kolejových vozidel.*
- [2] MERGL, E., ŠÁTEK, J. Měření aerodynamických efektů v tunelech na železniční síti v ČR. In: *Současné problémy v kolejových vozidlech: XXVII. konference s mezinárodní účastí, sborník všech příspěvků.* Pardubice: DFJP Univerzity Pardubice, 2025, s. 187–194.

Zasláno / received: 19. 06. 2025, přijato / accepted: 30. 07. 2025, publikováno / published: 17. 09. 2025.

Příspěvek recenzovali / The paper was reviewed by: Ing. Lukáš Hejzlar (Výzkumný Ústav Železniční, a.s. (VUZ)), Ing. Jakub Vágner, Ph.D. (Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera).