

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

**Možnosti technického řešení  
nízkokapacitních kolejových vozidel  
v ČR**

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš Kodýdek**  
Osobní číslo: **D20284**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Kolejová vozidla**  
Téma práce: **Možnosti technického řešení nízkokapacitních kolejových vozidel v ČR**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

## Zásady pro vypracování

V České republice existuje řada tratí, na kterých je v současné době regionální osobní železniční doprava zajišťována nízkokapacitními motorovými vozy a jednotkami. Blížící se konec životnosti těchto vozidel spolu s požadavky na zvyšování cestovního komfortu a rychlosti, na dekarbonizaci dopravy a na zvyšování aktivní bezpečnosti (brzdy, zavádění ETCS) i pasivní bezpečnosti (pevnost, odolnost při nárazu) otevírají téma jejich náhrady. Zaměřte proto svoji práci na porovnání dvou koncepcí technického řešení nízkokapacitních elektrických vozidel – standardní železniční elektrická jednotka (EMU) s nízkou přepravní kapacitou a vozidlo typu "tram-train" – a zhodnoťte smysluplnost jejich nasazení na tratě s nízkou přepravní poptávkou.

Vypracujte:

1. rešerši nízkokapacitních železničních vozidel typu EMU a vozidel typu "tram-train",
2. rozbor legislativních požadavků na oba typy vozidel v podmínkách ČR,
3. rozbor základních technických požadavků na vozidla provozovaná jednak výhradně na železnici a jednak na železnici a současně na tramvajové síti,
4. porovnání obou koncepcí,
5. zhodnocení možností nasazení vozidel typu "tram-train" v ČR.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího práce**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

#### Seznam doporučené literatury:

[1] MICHÁLEK T.: *Technické aspekty interoperability kolejových vozidel*. 1. vydání, 104 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2017. ISBN 978-80-7560-048-6.

[2] *Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách*, v platném znění.

[3] *Nařízení Komise (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii*.

[4] HÁBA A., KOHOUT M., JAROLÍN Z., VESELÝ J.: *Aktuální stav vazby dvojkolí–kolej ve výhybkách a křížení odbočného uzlu DPMB u ulice Ostravská*. In: *Sborník příspěvků XXIII. konference s mezinárodní účastí Současné problémy v kolejových vozidlech 2021*, s. 63–72. ISBN 978-80-7560-377-7.

[5] *ČSN EN 12663-1+A1:2015. Železniční aplikace – Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel – Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)*.

[6] *ČSN EN 15227:2021. Železniční aplikace – Požadavky na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu*.

[7] *Firemní prospekty výrobců elektrických jednotek a vozidel typu "tram-train"*.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Michálek, Ph.D.**  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Pohl**  
Siemens Mobility, s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **9. února 2024**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Jakub Vágner, Ph.D.**  
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Možnosti technického řešení nízkokapacitních kolejových vozidel v ČR jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 22. 7. 2024

Tomáš Kodýdek v.r.

## **Poděkování**

Touto cestou děkuji vedoucímu práce panu Ing. Tomáši Michálkovi Ph.D. a panu Ing. Jiřímu Pohlovi za mnoho přínosných rad a podnětů a pozitivní přístup k mé práci. Dále také děkuji i ostatním vyučujícím z fakulty, kteří mě během studia připravovali na jeho završení.

**Anotace**

Tato práce se zabývá rešerší nízkokapacitních železničních vozidel a vozidel typu tram-train, rozbořem a porovnáním legislativních požadavků, které jsou na ně v ČR kladeny, rozbořem a porovnáním technických aspektů, které jejich provoz ovlivňují a jejich možným nahrazením starších regionálních jednotek a vozů a provozováním na méně vytížených regionálních tratích v ČR.

**Klíčová slova**

Lehké kolejové vozidlo, LRV, Tram-train, regionální tratě, nízkokapacitní železniční vozidlo

**Title**

Options for a Technical Solution for Low-Capacity Rail Vehicles in the Czech Republic

**Abstract**

This thesis deals with a solution for low-capacity rail vehicles and vehicles type tram-train, followed by an analysis and comparison of the legislative requirements which imposed in the Czech Republic on them, an analysis and comparison of the technical aspects that affect their operation, and their potential replacement of older regional units and vehicles with a comparison on less busy regional lines in the Czech Republic.

**Keywords**

Light rail vehicle, LRV, tram-train, regional railways, low-capacity railway vehicle

## **Obsah**

Úvod.....	10
1. Rešerše nízkokapacitních kolejových vozidel.....	13
1.1. Vozidla typu tram-train.....	14
1.2. Nízkokapacitní železniční vozidla.....	23
1.2.1. Železniční vozidla s větší kapacitou.....	33
2. Rozbor legislativních požadavků kladených na kolejová vozidla v ČR.....	44
2.1. Společné požadavky kladené na kolejová vozidla.....	44
2.2. Požadavky kladené na železniční vozidla.....	47
2.3. Požadavky kladené na tramvaje a vozidla tram-train.....	49
2.4. Souhrn legislativních požadavků.....	52
3. Rozbor technických aspektů ovlivňujících provoz kolejových vozidel.....	54
3.1. Pevnost a kolizní odolnost.....	56
3.2. Prostorová průchodnost tratí.....	67
3.3. Rozměry a profil kol.....	76
3.4. Dovolené zatížení tratí.....	81
3.5. Napájení kolejových vozidel.....	81
4. Porovnání vozidel tram-train a železničních vozidel.....	84
5. Zhodnocení možností provozu nízkokapacitních kolejových vozidel v ČR.....	85
5.1. Provozování a návrh koncepce malého železničního vozidla.....	85
5.2. Provozování vozidel tram-train na tramvajové síti a zároveň na železnici.....	98

5.3. Provozování vozidel tram-train výhradně na železnici.....	100
Závěr.....	104
Literatura.....	107

## Seznam symbolů

R	[mm]	Poloměr oblouku
$L_v$	[mm]	Délka skříně vozidla
a	[mm]	Vzdálenost otočných čepů pod
$n_{ax}$	[mm]	Vzdálenost čela od otočného čepu
$L_s$	[mm]	Délka spřáhla
b	[mm]	Šířka skříně vozidla
p	[mm]	Rozvor podvozků
$\sigma_{max}$	[mm]	Zúžení skříně vlivem styku kolo- kolejnice
w	[mm]	Zúžení skříně vlivem vůlí skříň- podvozek
$O_v$	[mm]	Základní šířka obrysu pro vozidlo
h	[mm]	Výška skříně nad TK
$h_c$	[mm]	Výško pólu náklonu
s	[...]	Součinitel náklonu skříně

## **Úvod**

V České republice se nachází velké množství málo vytížených železničních tratí. Provoz je dnes zajišťován především staršími motorovými vozy řady 810 a jednotkami řady 814 (Regionova). Provoz železničních tratí je poměrně nákladný a je tak vhodný pro přepravu velkého množství cestujících. Na mnoha regionálních tratích je počet cestujících však natolik malý, že provozování drážní dopravy je zde velmi nákladné a tržby z jízdného nemají na snížení nákladů téměř žádný vliv. Provoz na těchto tratích je dnes možný především díky starým motorovým vozům a jednotkám, které se však blíží ke konci své životnosti a je tak zapotřebí se začít zabývat náhradou těchto vozů. V této situaci ale obnova vozového parku na těchto tratích se potýká s několika problémy a protichůdnými požadavky. Na jedné straně je snaha tento typ provozu zachovat, na straně druhé pořízení nových vozidel je příliš nákladné. Jelikož železniční provoz je principiálně vhodný především pro přepravu velkého množství osob, je i na trhu nabídka nízkokapacitních vozů velmi malá. Tuto situaci objednatelé regionální dopravy (kraje, které na regionální dopravu přispívají) a dopravci řeší nákupem starších ojetých motorových vozidel ze zahraničí. Jedná se především o motorové vozy Stadler RS1 (v ČR řady 840 a 841) dovážené převážně z Německa. I přesto, že procházejí rekonstrukcemi a obnovami, jejich stáří se pohybuje kolem 20 let, tudíž jsou již v druhé polovině své životnosti. Zdroje těchto vozů taktéž nejsou nevyčerpatelné a jejich nabídka je závislá na tom, jak je němečtí dopravci budou vyřazovat a nahrazovat jinými vozidly. Je tudíž očividné, že je potřeba přijít s novou koncepcí náhrady nízkokapacitních železničních vozidel. Nabízí se tři možnosti, jak tuto situaci řešit:

- Zrušit železniční provoz na málo vytížených tratích a zavést místo něj autobusové linky. Toto řešení je jednoduché a levné. Pořídit a provozovat autobus je levnější, než provozování kolejového vozidla, navíc odpadá nutnost udržovat železniční infrastrukturu. Ovšem na mnoho míst je cesta vlakem rychlejší a s čím dál většími nároky na ekologičnost a uhlíkovou neutralitu stojí i před silniční dopravou mnoho výzev. Jelikož u autobusů je žádoucí, aby byly provozovány v "nezávislé" trakci, je třeba jejich dieselový pohon nahradit ekologicky přijatelnou technologií (bateriový nebo vodíkový pohon). Výhoda železnice je v tomto ohledu zřejmá. Železniční trať je možné elektrifikovat. Autobus je sice také možné elektrifikovat

a nahradit trolejbusem, ale jeho provoz bude omezen pouze na úseky s trakčním vedením a sníží se tím flexibilita provozu. Jelikož provoz železnice je omezen pouze do míst, kam vedou koleje, elektrifikací tratě flexibilita nijak výrazně snížena nebude. Náhrada vlaku autobusem je možná vhodná pro nejméně vytížené tratě, kde v závislosti na vedení tratě a okolním osídlení je zřejmé, že počet cestujících na takové trase velký nikdy nebude. Jelikož jeden z požadavků je, aby byl zachován železniční provoz, tato varianta ho neplní a proto se jím tato práce již dále nezabývá.

- Malé železniční vozidlo pro běžný železniční provoz dle TSI (Technické specifikace pro interoperabilitu) - Cílem tohoto řešení je navrhnout malé kolejové vozidlo pro provoz na běžné železniční infrastrukturu, musí však plnit všechny požadavky TSI na pevnost, kolizní odolnost, jízdní obrys, výšku nástupní hrany, vybavení zabezpečovacím zařízením ETCS a další.
- Lehké kolejové vozidlo vyňaté z norem TSI (tram-train) - Malé vozidlo navržené tak, aby mohlo jezdit jak po běžné železniční infrastrukturu, tak i ve funkčně odděleném kolejovém systému, především v tramvajové síti případně v systému metra.

Protože železniční doprava je vhodná pro větší počty cestujících, je na místě se také zabývat otázkou, zda je možné a za jakých okolností, do vlaků přilákat více cestujících. Historické zkušenosti ukazují, že cestující lákají v zásadě čtyři faktory. Moderní a pohodlná vozidla, možnost cestovat s minimem přestupů bez dlouhého čekání na přípoj a s dobrou návazností, možnost rychlejšího přesunu do cílové destinace a časová flexibilita v přepravě, tedy vysoká četnost spojů a s tím velký výběr časů, ve kterých mohou cestující svojí cestu uskutečnit. Jako důkaz může posloužit linka spěšných vlaků mezi Plzní a Karlovými Vary zavedená v roce 2021. s touto linkou vzniklo do té doby prakticky neexistující železniční spojení s novými a moderními elektrickými jednotkami v intervalu dvě hodiny po většinu dne. Dnes je to pět spojů v každém směru a Plzeňský a Karlovarský kraj, které tuto linku objednávají, budou provoz rozšiřovat. Počet cestujících na této trase stoupl podle Plzeňského kraje o 80 %. ze západu můžeme použít ještě jeden příklad a to dálkové spojení mezi Prahou a Plzní, na kterém v posledních letech velmi rychle rostly počty cestujících. Postupnou modernizací trati, zejména pak

výstavbou Ejpovických tunelů, zavedením nových expressů, které mezi oběma městy jezdí bez zastávek, nabízí cestu jedněmi z nejmodernějších vlaků, které dnes v Česku jezdí a cestující tak přepraví rychleji do cíle. Došlo také k rozšíření dosavadních rychlíkových spojů s vyšším počtem zastávek, a s tím i k velkému přesunu lidí na železnici. To je vidět na autobusové dopravě mezi oběma městy, zejména na autobusech společnosti RegioJet (Student Agency). Tato linka patřila 20 let mezi nejvytíženější autobusové linky RegioJetu. Po otevření Ejpovických tunelů v roce 2018 počet cestujících a s tím i počet spojů výrazně klesl a v roce 2023 tato autobusová linka zcela zanikla. Kombinace moderní infrastruktury s rychlými, pohodlnými a moderními vlaky s vysokou četností spojů pomohla k velkému nárůstu cestujících na této trase. Takhle došlo k ztraktivnění velké části hlavních tras spojující velká města. Nyní se však nabízí otázka, zda by bylo možné takový výsledek, i když třeba jen částečně, zopakovat i na méně vytížených regionálních tratích.

Při řešení toho, jakým způsobem by bylo možné nahradit starší dosluhující regionální vlaky, je nutné se nezabývat pouze "výměnou" jedněch vlaků za jiné, ale celkovým ztraktivněním konkrétní trasy. Je ovšem nezbytné každou regionální trať individuálně zhodnotit a posoudit, zda její umístění a trasování vůbec umožní nalákat do vlaků více cestujících a pokud ano, snažit se zvýšit její atraktivitu novými a moderními vozidly, zavedením takových spojů, které cestujícím umožní pohodlně a jednoduše se dostat do spádových oblastí a v neposlední řadě investovat peníze do takových úprav, které provoz na těchto tratích zrychlí.

Náplní této práce je rozvinutí, posouzení a porovnání bodů 2 a 3 z tohoto seznamu. Text se věnuje především legislativním a technickým požadavkům na takové druhy provozu, návrhu takových koncepcí a jejich porovnání. Hlavním tématem není způsob pohonu a napájení těchto vozidel. Poslední bod shrnuje, jak by taková vozidla bylo možné použít pro provoz na málo vytížených regionálních tratích. Klasický provoz vozidel typu tram-train je kvůli malému počtu městských tramvajových sítí poměrně omezen, ale někteří objednatelé veřejné dopravy uvažují nad alternativou taková vozidla provozovat na méně vytížených regionálních tratích.

## 1 Rešerše nízkokapacitních kolejových vozidel

Na trhu je dnes dostupných mnoho kolejových vozidel v různých modifikacích. Níže se nachází přehled různých elektrických (EMU), motorových (DMU) anebo i bateriových (BEMU) příměstských jednotek a také vozidla tram-train některých významných evropských výrobců kolejových vozidel. Kromě stručných informací o vozidlech jsou součástí rešerše také tabulky jejich parametrů. v těchto tabulkách je mimo jiné uvedena i přibližná cena vozidla. Tento údaj však nutné brát s rezervou, protože cena vozidel není pevně daná a závisí na konkrétní modifikaci a zakázce. Vozidla se liší svojí konfigurací, kapacitou, technologiemi a nebo vybavením. na cenu má také vliv množství, které si zákazník objednává, a také to, zda zákazník poptává vozidla i s údržbou, nebo bez údržby, i to, na kolik let je tato údržba zasmluvněná. Uváděné ceny jsou u většiny vozidel určeny na základě ceny objednávek dopravců. Cena za zakázku, kterou dopravce výrobci za vozidla zaplatí je pak rozpočtena na jednotlivé kusy. Cena v tabulkách je uváděna jen pro orientaci, v jakých cenových hladinách se taková vozidla pohybují.

## 1.1 Vozidla typu tram-train

### Škoda 36T, 37T, 38T (Forcity Smart RNV)



*Obr. 1: Škoda Forcity Smart RNV v Ludwigshafenu*

Tramvaje Škoda Forcity Smart RNV jsou první a zatím jediná kolejová vozidla typu tram-train z produkce Škody. Škoda dodá dopavnímu podniku Rhein-Neckar-Verkehr (RNV) 80 tříčlánkových (36T), čtyřčlánkových (37T) a šestičlánkových (38T) tramvají. Tramvaje budou jezdit ve třech městech v několika německých spolkových zemích, v Mannheimu (Bádensko-Württembersko), Ludwigshafenu (Porýní-Falc) a Heidelbergu (Bádensko-Württembersko). RNV zajišťuje městskou dopravu v těchto třech městech, která spojuje tramvajová rychlodráha. Kvůli tomu je vozidlo konstruováno jako vlakotramvaj, i když na železnici zajíždět nebude.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 1: Základní parametry tramvají Škoda 36T, 37T a 38T

<b>Parametry</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Škoda Transportation
Počet vozů	3/4/6
Trakce	750 v DC
Rozchod	1 000 mm
Délka vozidla	30 500/40 650/58 690 mm
Šířka skříně	2 500 mm
Výška skříně	3 600 mm
Maximální rychlost	90 km/h
Počet motorů a výkon	6 x 113 kW
Sedadel	72/104/144
Celkový počet cestujících	178/244/368
Přibližná cena	87,5 mil. Kč (průměrná cena všech typů)

## Stadler Citylink



*Obr. 2: Tramvaj Stadler Citylink provozovaná maďarským dopravcem MÁV-Start (Zdroj : Wikipedie)*

Stadler Citylink je velmi rozšířený model tramvají švýcarského výrobce kolejových vozidel Stadler. Kromě klasických tramvají existují i varianty, které mohou jezdit po železnici. Tyto varianty jezdí na regionálních tratích v okolí německých měst Chemnitz a Karlsruhe nebo na opravené trati spojující maďarská města Szeged a Hódmezővásárhely. v Maďarsku se jedná o nový vlakotramvajový provoz, který je první v zemi. Parametry tramvají se liší podle dopravce, ale většinou se jedná o tříčlánkové a čtyřčlánkové tramvaje s maximální rychlostí do 90 km/h. Parametry uváděné v tabulce níže jsou pro tramvaj pro Karlsruhe. Cena je ze zakázky na vlakotramvaje pro Linz. Jedná se o cenu z aktuální zakázky. v Linci aktuálně probíhá budování první vlakotramvajové linky, která by měla vyjet v roce 2026.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 2: Základní parametry tramvaje Stadler Citylink

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Stadler Rail
Počet vozů	3
Trakce	750 v DC
Rozchod	1435 mm
Uspořádání pojezdu	Bo'2'2'Bo
Délka vozidla	37 200 mm
Šířka skříně	2650 mm
Výška skříně	3590 mm
Maximální rychlost	80 km/h
Počet motorů a výkon	4 x 145 kW
Počet dveří	5 dvoukřídlých na jedné straně
Sedadel	82
Míst k stání	137
Přibližná cena	156,25 mil. Kč

### Alstom Citadis



Obr. 3: Tramvaj Alstom Citadis v Paříži (Zdroj: Île-de-France Mobilités)

Tramvaj Alstom Citadis je jeden z rozšířených typů tramvají Alstomu. Některé typy jsou navrženy jako vlakotramvaje. Jedná se například o tramvaje provozované v Paříži, kde jedna z nových tramvajových linek částečně využívá i železniční infrastrukturu, nebo o tramvaje pro Izrael, které budou jezdit mezi městy Haifa a Nazaret. Tyto města spojí nová tramvajová rychlodráha, po které budou tramvaje jezdit rychlostí až 100 km/h. Nebudou sice využívat klasickou železniční infrastrukturu, ale parametry nové tratě a tramvají jsou blízké vlakotramvajím. v tabulce parametrů níže není uvedena cena. Je to z toho důvodu, že jediná zakázka, u které je cena uvedena je dodávka pro Izrael. Alstom se však v této zakázce bude podílet i na projektování tramvajové trati a cena je tak mnohem vyšší. Část ceny připadající na tramvaje není zveřejněna.

Tab. 3: Základní parametry tramvaje Alstom Citadis

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Alstom
Počet vozů	3
Délka vozidla	32 000 mm
Šířka skříně	2 400 mm
Výška skříně	3 600 mm
Maximální rychlost	100 km/h
Počet dveří	4 dvoukřídlé
Sedadel	92
Celkový počet cestujících	251

### Alstom Flexity



*Obr. 4: Tramvaj Alstom Flexity v Karlsruhe (Zdroj: AVG/Zdopravy.cz)*

Alstom Flexity je tramvaj původně vyvinutá a vyráběná společností Bombardier. Tramvaje Flexity jsou převážně běžné městské tramvaje, ale existují i provedení, která mohou využívat železnici. Tyto tramvaje jezdí například v Karlsruhe. Rozšířené jsou také v Kanadě. Parametry v tabulce jsou pro menší z typů jezdící v Torontu. Provedení vlakovtravaje je u tohoto typu ojedinělé.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 4: Základní parametry tramvaje Alstom Flexity

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Alstom (Bombardier Transportation)
Počet vozů	2
Trakce	750 v DC
Rozchod	1435 mm
Délka vozidla	20 000 mm
Šířka skříně	2 650 mm
Výška skříně	3 600 mm
Maximální rychlost	80 km/h
Počet dveří	3 dvoukřídlé na každé straně
Celkový počet cestujících	135
Přibližná cena	121,36 mil. Kč

## CAF Urbos



*Obr. 5: Tramvaj CAF Urbos (Zdroj: CAF)*

Urbos je rodina tramvají vyráběná španělským výrobcem kolejových vozidel CAF. Většina těchto tramvají jsou běžné tramvaje, ale některé série byly vyrobeny jako LRV (Light railway vehicle) pro Houston v Texasu nebo pro španělský Cádiz. Délka této tramvaje je téměř 40 metrů a může jezdit rychlostí až 100 km/h

## **1.2 Nízkokapacitní železniční vozidla**

Níže se nachází přehled několika nízkokapacitních vlaků určených pro běžnou železniční dopravu. Jedná se o vozidla s kapacitou do 100 míst k sezení. Tento segment vlaků je však velmi omezený a nabídka dnes prakticky neexistuje. Takové nízkokapacitní vlaky mají pak zpravidla dieslový pohon, protože tratě s takovou přepravní poptávkou, na které by dnes taková vozidla byla vhodná, zpravidla nejsou elektrifikované. Dnes na takových tratích jezdí vozidla v nezávislé trakci a je otázkou, zda by bylo vhodné takové tratě elektrifikovat, či poptávat alternativní způsoby pohonu jako je třeba vodík či bateriový pohon.

### **Eversholt Rail Revolution Very Light Rail (RVLR)**



*Obr. 6: Lehké železniční vozidlo RVLR vyvíjené společnostmi Eversholt Rail a TDI (Zdroj: TDI)*

Revolution very light rail (RVLR) je inovativní nízkokapacitní jednotka vyvíjená společnostmi Eversholt Rail a Transport Design International ve Velké Británii. Právě Británie patří k zemím, které se provozem nízkokapacitních vlaků zabývají. v 60. letech 20. století došlo v Británii k velkým finančním škrtnům na železnici, což vedlo k zastavení provozu na mnoha méně vytížených železničních tratích. Autoři tohoto vozu se netají záměrem, že by právě jejich vlak mohl na tyto tratě vrátit provoz. Vůz je konstruovaný tak, aby pořizovací a provozní náklady byly co nejmenší, a vlak byl tak atraktivní pro dopravce. Jeho skříň je vyrobena z recyklovaných uhlíkových vláken, což vede k velmi nízké hmotnosti, a tím i k nižší spotřebě energie na pohon, a to při zachování bezpečnostních požadavků na pevnost vozidla. Vývojáři slibují, že náklady na provoz takového vlaku by měly být srovnatelné s náklady na provoz autobusů. Vlak má kapacitu 56 míst k sezení, což je více oproti klasickým autobusům pro regionální dopravu, které mívají 35 až 40 míst k sezení. Vlak je tak vhodný pro trasy, kde jezdí málo lidí na to, aby dávalo ekonomický smysl tam provozovat vlaky, ale běžné linkové autobusy jsou pro obsluhu lokality již malé.

Vozidlo má také těžit z modulární konstrukce. Ta je navržena tak, aby byla co nejjednodušší pro všechna vyrobená vozidla. mezi vozy dodávanými pro různé dopravce tak nebudou velké rozdíly, což umožní rychlejší a levnější sériovou výrobu. Provoz tohoto vozidla byl zkušebně zahájen na podzim 2021. Pohon vlaku kombinuje baterie s dieslovým pohonem. Při rozjezdech a jízdě rychlostí zhruba do 32 km/h (výrobce uvádí 20 mil/h) je poháněn elektrinou z baterie, při rychlejší jízdě pak jede na naftu.

V prosinci 2023 pak Eversholt Rail oznámil, že pracuje na vývoji varianty, která bude mít pouze bateriový pohon. v roce 2026 chce pak zahájit zkušební provoz s cestujícími.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 5 Základní parametry vozidla RVL R

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Eversholt Rail, Transport Design International
Počet vozů	1
Trakce	Nezávislá (baterie/diesel)
Délka vozidla	18 500 mm
Šířka skříně	2 800 mm
Výška skříně	3 800 mm
Maximální rychlost	105 km/h (65 mph)
Počet dveří	2 jednokřídlé na každé straně
Sedadla (z toho 1. třída)	56 (0)
Míst pro kola/kočárky	není stanoveno
Míst pro invalidní vozíky	1
Celkový počet cestujících	120
Hmotnost prázdného vozidla	24 800 kg
Přibližná cena	30 mil. Kč

## Pesa 308B (EN 81)



Obr. 7: Elektrický vůz Pesa 308B (Zdroj: Wikipedia.pl)

EN 81 je jednovozový nízkokapacitní elektrický vlak provozovaný v Polsku. Jedná se o velmi ojedinělou koncepci, takové nízkokapacitní vlaky zpravidla elektrický pohon nemívají. Stejně tak není mnoho oficiálně podložených informací o těchto vlacích. Podle polského železničního webu Rynek Kolejowy a polské Wikipedie byla tato vozidla vyrobena v počtu 8 kusů v roce 2005 společností PESA Bydgoszcz. Oficiální zdroje o těchto vlacích mlčí. Je nutné tyto informace brát tedy s rezervou a jsou zde uvedeny především pro zajímavost.

Dvě tyto jednotky by měly být v provozu ve Svatokřížském vojvodství v Polsku, další dvě v minulosti vlastnilo přímo Malopolské vojvodství, které je prodalo opravárenské společnosti Serwis Pojazdów Szynowych. Ta je chce uvést do provozuschopného stavu. Poslední čtyři vozy by měla mít k dispozici Pesa. Ty ale nejsou provozuschopné. Koncept elektrických malých kolejových vozidel se v minulosti neuchytil. Hlavní příčinou bude zřejmě to, že tratě s takto nízkou poptávkou nebývají elektrifikované.

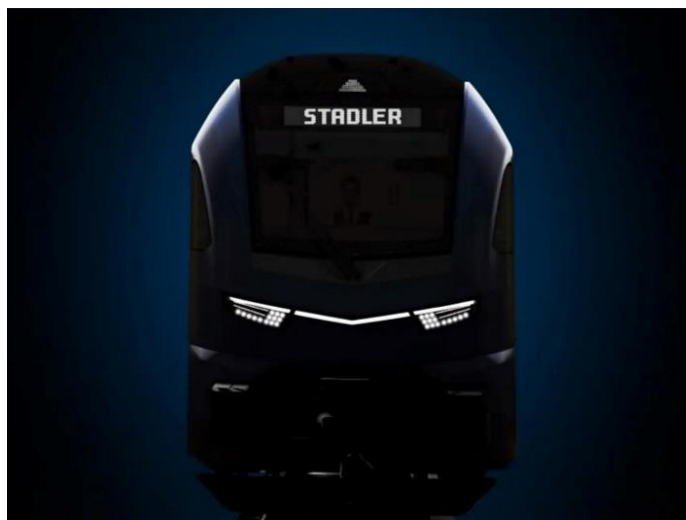
**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 6: Základní parametry vozu PESA 308B

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Pesa Bydgoszcz
Počet vozů	1
Trakce	3 kV DC
Uspořádání pojezdu	Bo'2'
Délka vozidla	26 530 mm
Šířka skříně	4 010 mm
Výška skříně	2 830 mm
Maximální rychlost	130 km/h
Počet motorů a výkon	2 x 280 kW
Počet dveří	2 dvoukřídlé na každé straně
Sedadel (z toho 1. třída)	60 (0)
Míst pro kola/kočárky	není uvedeno
Míst pro invalidní vozíky	2
Hmotnost prázdného vozidla	53 000 kg

## Stadler RS Zero



*Obr. 8: Vizualizace vozidla Stadler RS Zero (Zdroj: Stadler/Zdopravy.cz)*

Stadler v červnu 2024 oznámil, vyvíjí nové nízkokapacitní kolejové vozidlo pro regionální tratě. Oficiálně ho plánuje představit na podzim na dopravním veletrhu Inotrans, který se každé dva roky koná v Berlíně. Vozidlo vzniká v reakci na poptávku dopravců. na trh by mělo být uvedeno na podzim 2024. Vozidlo bude mít pohon na baterie či vodík, v nabídce bude jednovozová a dvouvozá varianta s kapacitou 75 až 150 míst. Vozidlo má být nástupcem modelu RS 1, jehož výrobu Stadler ukončil v roce 2013.

**Stadler RS 1 (ř. 840/841/841.2 ČD, GWTR)**



*Obr. 9: Motorová jednotka řady 840 (Zdroj: Wikipedie)*

Motorové vozy řad 840 a 841, u ČD provozované pod názvem RegioSpider, vyráběla v devadesátých letech minulého století a v nultých letech současného století společnost Stadler Rail. Jejich výroba byla ukončena v roce 2013. Hlavní důvod jejich uvedení v této rešerši je fakt, že u českých dopravců, zejména u Českých drah se staly hlavním typem vozidla, který právě nahrazuje vozy řad 810 a 814 (Regionova). v Německu díky elektrizaci některých tratí dochází k vyřazování a odprodeji těchto vozidel. a právě Německo se stalo hlavním zdrojem českých dopravců. Největším pořizovatelem jsou České dráhy. Počet těchto vozů v jejich vozovém parku se během roku 2024 má zvýšit až na 110. ČD nimi nahrazují staré motorové vozy a jednotky na regionálních tratích. Dalších 12 si jich pořídil GW Train Regio, který jejich část nasazuje na pošumavské lokálky v Plzeňském kraji. GW Train jich aktuálně (jaro 2024) vlastní 12. Většina vozidel dovezených z Německa byly vyrobeny mezi roky 1995 a 2005. Jedná se tak většinou o modernizovaná vozidla starší 20 let. Jsou tedy ve druhé polovině své životnosti. Stejně tak je třeba řešit náhradu za dieslový pohon, kterým jsou tato vozidla vybavena. Nicméně aktuálně se jedná o nejlepší a nejrozšířenější náhradu za starší motorové vozy, které mohou na méně vytížených tratích přilákat více cestujících do vlaků a je tedy dobré tato vozidla v rešerši uvést i přesto, že se nejedná o elektrické vozidlo.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

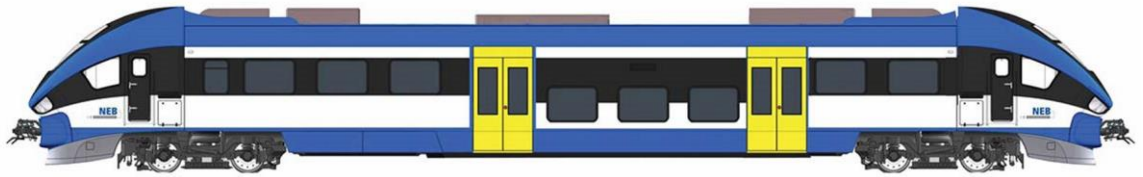
---

Tab. 7: Základní parametry vozu Stadler RS1

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Stadler Rail
Počet vozů	1
Trakce	nezávislá
Uspořádání pojezdu	B'B'
Délka vozidla	25 500 mm
Šířka skříně	2 900 mm
Výška skříně	3 700 mm
Maximální rychlost	120 km/h
Počet motorů a výkon	2 x 265 kW
Počet dveří	2 dvoukřídle na každé straně
Sedadla (z toho 1. třída)	69 - 72 (0)
Míst pro kola/kočárky	Různé, dle objednávek krajů
Celkový počet cestujících	168
Hmotnost vozidla	48 500 kg
Přibližná cena	16 mil. Kč (ojeté z Německa)

## **Pesa Link**

---



Obr. 10: Vizualizace motorového vozu Pesa Link (Zdroj: Pesa)

Motorová jednotka Pesa Link je u nás provozovaná Českými drahami pod obchodním názvem RegioShark (ř. 844). Varianta pro ČD je však dvouvozová. Pesa v minulosti vytvořila i koncept o jednom vozu. Takový vůz ale nebyl nikdy vyroben. Vyráběné varianty byly především dvouvozové, několik třívozových variant bylo dodáno pro Deutsche Bahn do Německa. Tato jednotka je hlavně zajímavá tím, jak je z vícevozových vlaků možné navrhnout i koncept o jednom vozu.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 8: Základní parametry vozu Pesa Link

Parametr	Hodnota
Výrobce	Pesa Bydgoszcz
Počet vozů	1
Trakce	Nezávislá
Uspořádání pojezdu	B'2'
Délka vozidla	26 650 mm
Šířka skříně	2 800 mm
Výška skříně	4 280 mm
Maximální rychlost	120 km/h
Počet motorů a výkon	1 x 565 kW
Počet dveří	2 dvoukřídlé na každé straně
Sedadla (z toho 1. třída)	60 - 70 (0)
Míst pro kola/kočárky	neuveďeno
Míst pro invalidní vozíky	1
Hmotnost prázdného vozidla	---

### **1.2.1 Železniční vozidla s větší kapacitou**

Dále je rešerše rozšířena o několik větších regionálních jednotek některých Evropských výrobců. Jedná se zpravidla o větší dvouvozové jednotky, které již neplní úplně podmínku nízkokapacitních kolejových vozidel. Zde jsou uvedeny, protože jednotliví výrobci nabízí jeden model kolejového vozidla vždy z určitého segmentu (lokomotivy, jednopodlažní jednotky, dvoupodlažní jednotky...) a konkrétní vlak každého výrobce se liší. Na trhu dnes prakticky neexistuje nabídka nízkokapacitních příměstských jednotek s kapacitou do sta míst k sezení, v případě objednávek by však výrobci mohli navrhnout jednovozový vlak, který by pravděpodobně vycházel z modelů jednopodlažních jednotek nabízených výrobci. Tento přehled je zde tak uveden jako přehled jednotek, z kterých by teoreticky mohla vycházet nová nízkokapacitní vozidla i když takové vlaky zatím neexistují. Výběr se zaměřuje na jednotky, které jsou rozšířené v Česku a regionu střední Evropy. Výběr obsahuje nejmenší vyráběné varianty.

**Škoda 15Ev, RegioPanter (ř. 650.2 ČD)**



*Obr. 11: Jednotka 650 na hlavním nádraží v Plzni (Zdroj: Plzeňský deník)*

Jednotka RegioPanter je nejúspěšnější elektrická jednotka vyráběná Škodou Transportation. v různých modifikacích Škoda vyrobila nebo má objednáno již přes 300 těchto jednotek pro zákazníky v Česku, na Slovensku, v Lotyšsku, Estonsku a Uzbekistánu. Pro poslední tři zmíněné země dokonce vyrábí širokorozchodné varianty z rozchodem 1520 mm. Škoda vyvinula již 11 různých modifikací pro 6 (případně 7) zákazníků. Sedmým zákazníkem je společnost Arriva vlaky, který však koupila jednotky dodané původně pro České dráhy. Zajímavá je především dvouvozová varianta ř. 650.2, s výrobním označením 15 Ev. Jedná se o RegioPanter 2. generace, kterých bylo zatím vyrobeno 50 pro České dráhy na příměstské spoje. Aktuálně jezdí na spěšných vlacích z Plzně do Karlových Varů a několika příměstských linkách v okolí Plzně, Českých Budějovic a Havlíčkova Brodu. Další obdobné jednotky Škoda dodala pro Jihomoravský kraj a na Slovensko. 15 si jich objednal RegioJet.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 9: Základní parametry jednotky Škoda 15Ev

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Škoda Transportation
Počet vozů	2
Trakce	3 kV DC/25 kV, 50 Hz AC
Uspořádání pojezdu	Bo'2 + 2'Bo'
Délka vozidla	52 900 mm
Šířka skříně	2 820 mm
Výška skříně nad TK	4 260 mm
Maximální rychlost	160 km/h
Počet motorů a výkon	4 x 340 kW
Počet dveří	4 dvoukřídlé na každé straně
Sedadel (z toho 1. třída)	140 (8)
Míst pro kola/kočárky	9/4
Míst pro invalidní vozíky	2
Celkový počet cestujících	323
Hmotnost prázdného vozidla	102 800 kg
Přibližná cena	118 mil. Kč

**Pesa Elf.eu (ř. 650 RJ)**



*Obr. 12: Jednotka Pesa Elf.eu na nádraží v Mostě (Zdroj: RegioJet/Zdropravy.cz)*

Elektrická jednotka Pesa Elf.eu konstrukčně vychází z podobné jednotky Pesa Elf II. Pesa vyrobila 7 těchto jednotek pro RegioJet, konkrétně pro jeho dceřinou společnost RegioJet ÚK, která provozuje několik regionálních linek na objednávku Ústeckého kraje. Jedná se o nízkopodlažní dvousystémové elektrické jednotky vybavené vlakovým zabezpečovačem ETCS L2 vyrobené v roce 2020 polským výrobcem kolejových vozidel Pesa Bydgoszcz. RegioJet je prvním zákazníkem na tento typ vozidel. RegioJet jich zatím pořídil sedm. v listopadu 2022 RegioJet získal zakázku pro Prahu na provoz dvou městských linek, kde bude jezdit se sedmi těmito jednotkami, jenom v třívozové variantě.

Tab. 10: Základní parametry jednotky Pesa Elf.eu

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Pesa Bydgoszcz
Počet vozů	2
Trakce	3 kV DC/25 kV, 50 Hz AC
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo' + 2'2'
Délka vozidla	53 000 mm
Šířka skříně	2 820 mm
Výška skříně nad TK	4 280 mm
Počet motorů a výkon	4 x 400 kW
Maximální rychlost	160 km/h
Počet dveří	2 dvoukřídlé na každé straně
Sedadel (z toho 1. třída)	154 (0)
Míst pro kola/kočárky	6/2 (není přesně určeno, společný multifunkční oddíl)
Míst pro invalidní vozíky	2
Hmotnost prázdného vozidla	110 000 kg
Přibližná cena	75 mil. Kč

## Siemens Mireo



*Obr. 13: Jednotka Siemens Mireo Plus B ne severu Německa (Zdroj: Siemens Mobility/Zdopravy.cz)*

Mireo je jednopodlažní příměstská jednotka vyráběná Německou společností Siemens Mobility. Vyrábí se ve dvou, tří a čtyř vozové variantě. Mnoho jich jezdí především v Německu. Siemens aktuálně pracuje na vývoji variant Mireo Plus H s vodíkovým pohonem a Mireo Plus B s bateriovým pohonem, které na začátku dubna 2024 poprvé vyjely do provozu ve spolkové zemi Bádensko-Württembersko v Německu. Rakouské spolkové dráhy mají opci na dodání až 540 elektrických jednotek v třívozové a dvouvozové variantě. Těch se týkají informace uvedené v tabulce. Bateriové jednotky na jedno nabití ujedou až 120 km. Celkem Siemens vyrobil již přes 300 jednotek Mireo v různých provedeních.

Tab. 11: Základní parametry jednotky Siemens Mireo

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Siemens Mobility
Počet vozů	3
Trakce	15 kV, 16,7 Hz AC + baterie
Uspořádání pojezdu	Bo'2'Bo'
Délka vozidla	73 000 mm
Šířka skříně	2 800 mm
Výška skříně	4 200 mm
Maximální rychlost	140 km/h
Počet motorů a výkon	4 x 425 kW
Počet dveří	5 dvoukřídlých na každé straně
Sedadla (z toho 1. třída)	cca 200 (0) přesný počet neuveden
Míst pro invalidní vozíky	2
Hmotnost prázdného vozidla	Není uvedeno
Přibližná cena	280 mil. Kč (kombinace třívozových a čtyřvozových)

## Stadler FLIRT



*Obr. 14: Jednotka Stadler FLIRT pro okolí Lodže (Zdroj: Rail color)*

V roce 2012 si společnost Łódzka Kolej Aglomeracyjna (ŁKA) u Stadleru objednala 20 dvouvozových jednotek Flirt, které jsou provozovány na regionálních tratích v okolí polské Lodže. Nákup byl součástí velkých investic do modernizace příměstské dopravy v Lodži a jejím okolí. Kromě této dvouvozové varianty existují i další varianty rozšířené po celé Evropě a na dalších kontinentech. v Česku jezdí šest jednotek v pětivozovém provedení u Leo Expressu (ř. 480), ale jsou k vidění i ve Švýcarsku, Německu, Rakousku, Slovinsku, Maďarsku, Srbsku, v Itálii, ve Finsku, na Pyrenejském poloostrově či ve Skandinávii. Objednávky měl Stadler i z Uzbekistánu a USA. Stadler také nabízí i variantu s bateriemi.

Tab. 12: Základní parametry jednotky Stadler FLIRT

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Stadler Rail
Počet vozů	2
Trakce	3 kV DC
Uspořádání pojezdu	Bo'2'Bo'
Délka vozidla	45 700 mm
Šířka skříně	2 820 mm
Výška skříně	4 120
Maximální rychlost	160 km/h
Počet motorů a výkon	4 x 450 kW
Počet dveří	4 dvoukřídlé na každé straně
Sedadel (z toho 1. třída)	100 (0)
Míst pro kola/kočárky	Neurčeno (možno využít prostor u sklopných sedadel)
Míst pro invalidní vozíky	2
Celkový počet cestujících	158
Hmotnost prázdného vozidla	90 000 kg

**Pesa Regio 160 (RegioFox, ř. 847 ČD)**



*Obr. 15: Motorová jednotka řady 847 poblíž Rakovníka (Zdroj: Railmarket)*

Motorové jednotky dodává pro České dráhy Pesa a vychází z její nové platformy Regio 160. Jedná se o nástupce modelu Pesa Link v Česku provozovaných pod názvem RegioShark (ř. 844). České dráhy si u Pesy objednali již přes 100 těchto jednotek a na další mají opci. v Česku jsou označeny jako řada 847. Provozovány budou na neelektrifikovaných tratích v Praze a okolí, ve Středočeském kraji, v Plzeňském kraji, v Pardubickém kraji, v Královéhradeckém kraji, Jihočeském kraji a na Vysočině. na těchto tratích nahradí zejména Regionovy (ř. 814) a jiné starší vozy.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

---

Tab. 13: Základní parametry jednotky Pesa Regio 160

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Výrobce	Pesa Bydgoszcz
Počet vozů	2
Trakce	nezávislá
Délka vozidla	44 400 mm
Šířka skříně	2 900 mm
Výška skříně	4 185 mm
Maximální rychlost	120 km/h
Výkon	750 kW
Počet dveří	2 dvoukřídlé na každé straně
Sedadel (z toho 1. třída)	115 (9)
Míst pro invalidní vozíky	2
Celkový počet cestujících	325
Hmotnost prázdného vozidla	83 000 kg
Přibližná cena	86 mil. Kč

## **2 Rozbor legislativních požadavků kladených na kolejová vozidla v ČR**

Obsahem této práce je porovnání běžných kolejových železničních vozidel s lehkými kolejovými vozidly tram-train a zhodnocení možností jejich provozu v českém prostředí. v prostředí České republiky a Evropské unie platí určitá legislativa, kterou je nutné respektovat.

Legislativní požadavky na železniční kolejová vozidla a na vozidla tram-train kladou dva základní zdroje - evropské směrnice a nařízení a česká legislativa, která z Evropské vychází.

### **Evropské směrnice a nařízení mezi které patří:**

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/797 - zabývá se interoperabilitou evropského železničního systému
- Prováděcí nařízení Komise (EU) 2018/545 ze dne 4. dubna 2018 - zabývá se schvalováním nových typů kolejových vozidel pro provoz na evropské železnici

### **České zákony a vyhlášky mezi které patří:**

- Zákon č. 266/1994 Sb. Zákon o dráhách
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb., Dopravní řád drah
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 177/1995 Sb., Stavební a technický řád drah

## **2.1 Společné požadavky kladené na kolejová vozidla**

Evropská směrnice o interoperabilitě se zabývá vytvořením jednotného evropského železničního prostoru, ve kterém budou, a už částečně platí, jednotná pravidla a jednotné technické požadavky na železniční infrastrukturu. na základě této směrnice byly vypracovány technické specifikace pro interoperabilitu (TSI), které se týkají jednotlivých subsystémů železnice, jako jsou infrastruktura, vozidla, elektrické napájení a řízení a zabezpečení. Řeší také schvalování nových vlaků do provozu. Jednotlivé členské státy jsou zavázány tyto TSI respektovat a řídit se jimi. v českém prostředí se TSI vztahují na dráhy celostátní a regionální. Tramvajové sítě jsou z TSI vyňaty. na vozidla tram-train

se také TSI nevztahují, ovšem. Ovšem existuje evropská směrnice, která stanovuje základní legislativní rámec pro schvalování těchto vozidel. Jednotlivé zákony a vyhlášky se pak odkazují na konkrétní technické normy, kde jsou jednotlivé technické požadavky a aspekty detailně zpracovány.

Tato kapitola obsahuje základní rozbor legislativních požadavků na kolejová vozidla, které jsou shodné jak pro železniční vozidla, tak pro tramvaje. Stejně tak jsou aplikovatelné i na vozidla tram-train, není nutné tak pro ně hledat kompromis.

Na začátek je třeba vyjasnit několik termínů, s kterými je možné se při řešení problematiky lehkých kolejových vozidel setkat. Pro označení tohoto typu vozidla se používá několik pojmů. v této práci je preferovaný anglický výraz "tram-train" případně v Česku také velmi rozšířený pojem "vlakotramvaj." Dále existuje obecný termín Lehké kolejové vozidlo. Ten je sice obecnější a označuje i menší železniční vozidla, ale pro účely této práce se ním rozumí především vozidlo typu tram-train. Příslušná evropská legislativa pak užívá výraz "Tram-vlak." Vždy se jedná o označení stejného druhu vozidla.

### **Legislativní požadavky dle Zákona o drahách**

I když se zákon o drahách vztahuje na dráhy, je nutné se jím zabývat, protože vytváří základní legislativní rámec jak pro infrastrukturu, tak pro vozidla. na tento zákon pak navazují další vyhlášky a na ně technické normy.

Zákon o drahách vymezuje čtyři základní kategorie drah:

- Železniční
- Tramvajové
- Trolejbusové
- Lanové

Jelikož práce se věnuje železniční a tramvajové dopravě, níže se zabývá pouze dvěma prvními kategoriemi.

Železniční dráha pak je ještě členěna na další podkategorie:

- Celostátní

- Regionální
- Místní
- Vlečka
- Zkušební
- Speciální

Jednotlivé druhy železničních tratí zákon o drahách pak definuje takto:

*„(1) Železniční dráhy se z hlediska významu, účelu a technických podmínek, stanovených prováděcím předpisem, člení do jednotlivých kategorií. Kategoriemi železničních drah jsou:*

*a) dráha celostátní, jíž je dráha, která slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a je jako taková označena,*

*b) dráha regionální, jíž je dráha regionálního nebo místního významu, která slouží veřejné železniční dopravě a je zaústěná do celostátní nebo jiné regionální dráhy,*

*c) dráha místní, jíž je dráha místního významu oddělená od celostátní nebo regionální dráhy; dráha je oddělená, umožňuje-li přesun drážního vozidla na jinou dráhu jen s použitím zvláštního technického zařízení nebo slouží-li výhradně provozování neveřejné osobní drážní dopravy, osobní drážní dopravy pro potřeby cestovního ruchu nebo provozované historickými vlaky,*

*d) vlečka, jíž je dráha, která slouží vlastní potřebě provozovatele nebo jiného podnikatele a je zaústěná do celostátní nebo regionální dráhy, nebo jiné vlečky,*

*e) zkušební dráha, jíž je dráha, která slouží zejména k provádění zkušebního provozu drážních vozidel nebo zkoušek pro schválení typu nebo změny typu drážních vozidel a drážní infrastruktury,*

*f) speciální dráha, která slouží zejména k zabezpečení dopravní obslužnosti obce.*

*(2) o zařazení železniční dráhy do příslušné kategorie dráhy a o změnách tohoto zařazení rozhoduje drážní správní úřad.“ [6]*

Zákon o drahách pak dále reguluje provozování dráhy a drážní dopravy, vydávání a odnímání osvědčení provozovatele dráhy, reguluje drážní dopravu, řeší propojení celostátní a regionální dráhy s jinými druhy dráhy, definuje přestupky, mimořádné

události anebo státní správu, dozor na drahách a mnoho dalšího. Většina těchto předpisů se však týká dráhy jako takové a ne přímo drážních vozidel. Požadavky na vozidla jsou v zákoně pouze stručně. Jde zejména o podmínky, za kterých mohou provozovatelé drážní vozidla provozovat. Dále reguluje podmínky, za kterých mohou osoby řídit drážní vozidlo.

### **Legislativní požadavky dle Dopravního řádu drah**

Dopravní řád drah se zabývá konkrétními pravidly pro provozování dráhy a drážní dopravy, způsobem, kterým se zpracovávají a zveřejňují jízdní řády nebo řeší požadavky na drážní vozidla. Tyto požadavky se pro železniční a tramvajovou dráhu většinou liší. Přímo s vozidly pak souvisí část, která se zabývá technickobezpečnostní zkouškou. Tu musí absolvovat všechna vozidla provozovaná jak na železnici, tak na tramvajové dráze, a to před jejich uvedením do provozu, po modernizaci vozidla nebo po významné opravě. Technickobezpečnostní zkouška se provádí v klidu a za jízdy. Pro každé vozidlo musí být vypracován průkaz způsobilosti drážního vozidla. Taktéž musí všechna drážní vozidla projít schválením typu, vypracováním technických podmínek, kde jsou uvedeny konkrétní parametry vozidla. Vozidlo musí splnit požadavky na bezpečnost dopravy a osob. Splnění podmínek se musí u každého typu vozidla ověřit zkouškou a následným zkušebním provozem, nejprve bez cestujících a potom i s cestujícími.

### **Legislativní požadavky dle Stavebního a technického řádu drah**

Stavební a technický řád drah se zabývá technickými požadavky na stavby drah a stavby na drahách. Dále se zabývá technickými parametry pro členění jednotlivých druhů drah či jejich provozuschopností. Tato vyhláška se nevěnuje přímo požadavkům na vozidla, ale stanovuje konkrétní parametry tratí a odkazuje se na technické normy s nimi souvisejícími. Část těchto parametrů jako jsou poloměry oblouků či průjezdné průřezy však mají přímý vliv na konstrukci a výsledné provedení vozidel.

## **2.2 Požadavky kladené na železniční vozidla**

Česká legislativa platná pro železnici musí respektovat tu evropskou. Především technické specifikace pro interoperabilitu (TSI), stanovené evropským nařízením. Cílem TSI je postupně vytvořit unifikovaný evropský železniční systém a docílit stavu, ve kterém nebude nutné schvalovat drážní vozidla pro každou zemi zvlášť, tak jak je tomu z velké části dnes, ale bude stačit jedno schválení pro celou Evropskou unii. Schodu vozidla

s jednotlivými požadavky posuzuje Evropská agentura pro železnice (ERA). Ta posuzuje schodu ve dvou částech: NoBo (Notified Body) - shoda s TSI a DeBo (Designated body) - shoda s národními požadavky jednotlivých států. I přes to, že mnoho požadavků na vozidla a infrastrukturu bylo již sjednoceno pro celou EU, stále mezi státy přetrvávají určité odlišnosti. Zejména to jsou zabezpečovací systémy, kde vedle ETCS existuje mnoho národních systémů a napájecí soustavy trakčního vedení, kterých se v EU používá několik. Konkrétní TSI se projevují především po technické stránce. TSI jsou dnes zpracované v několika nařízeních. Existují pro každý železniční subsystém a také několik průřezových TSI, které řeší přístupnost železniční dopravy pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace či bezpečnost v tunelech.

### **Legislativní požadavky dle Zákona o drahách**

Jedna část Zákona o drahách je věnovaná drážním vozidlům. Ta je pro účely této práce nejdůležitější.

Zákon klade několik konkrétních požadavků, které musí plnit všechna vozidla provozovaná na dráze celostátní a regionální. Každé drážní vozidlo musí schválit drážní správní úřad nebo Agentura EU pro železnice (ERA). Vozidlo musí být zapsáno v evropském registru vozidel (EVR), musí mu být přiděleno Evropské evidenční číslo, údaje musí být průběžně aktualizovány. Musí být kompatibilní s infrastrukturou a splnit požadované Technické specifikace pro interoperabilitu (TSI). Technickou způsobilost je nutné ověřit technickou zkouškou a zkušebním provozem, který proběhne přímo na železniční dráze. Vozidla musí být udržována subjektem odpovědným za údržbu, který musí mít osvědčení, aby mohl tuto činnost vykonávat.

Tyto požadavky jsou kladena na všechna vozidla provozovaná na železnici. Tram-train je sice vozidlo provozované primárně na dráze tramvajové, při pohybu po železnici ale musí podle české legislativy těmto požadavkům vyhovět, protože vlakotramvajový provoz není v Česku nijak regulován a tudíž nejsou přijaty ani žádná opatření, která by umožňovala na národní úrovni je vyjmutí z TSI.

### **Legislativní požadavky dle Dopravního řádu drah**

Další požadavky na vozidla klade Dopravní řád drah. Tyto požadavky se nevztahují na vozidla provozovaná na dráze tramvajové, tram-trainy by však tyto požadavky musely podle dnešní legislativy plnit.

Podle těchto požadavků musí každé vozidlo provozované na dráze celostátní a regionální být vybaveno samočinnou brzdou, která zabrzdí vlak v případě roztržení. Tato brzda musí vlak zastavit na zábrzdě vzdálenosti. ve vlaku musí být také přídatná brzda, ruční zajišťovací brzda a nouzová brzda. Všechny vozy musí mít spřáhla. Narážecí ústrojí musí být vypruženo. U vozů, které jsou spojená trvale a v běžném provozu se nerozpojují, musí umožnit nouzové zavěšení šroubovky.

Železniční vozidla také musí mít na skříní označení. Musí mít typové číslo, označení a sídlo dopravce a výrobce, evidenční číslo, minimální poloměr projížděných oblouků a mnoho dalších informací. Vyhláška dále řeší, hmotnosti vozidel a její rozložení na nápravy a na kola a tolerance rovnoměrného rozdělení zatížení. Všechna vozidla pro běžný provoz musejí také být vybavena vozidlovou částí evropského zabezpečovacího zařízení ETCS a zařízením pro kontrolu bdělosti strojvedoucího. Dále pak registračním rychloměrem, který sleduje rychlost, ujetou dráhu, čas zastavení a další informace o jízdě vozidla a zaznamenávat je. Vozidlo musí být kompatibilní s prostředky pro detekci vlaku.

### **2.3 Požadavky kladené na tramvaje a vozidla tram-train**

Vozidlo tram-train je lehké kolejové vozidlo, které může využívat klasickou železniční infrastrukturu a zároveň městskou tramvajovou síť, případně systém metra či jakoukoliv jinou městskou železnici. v této kategorii vozidel již začíná být s legislativou problém. Je třeba si totiž vyjasnit pohled na toto vozidlo. Jedná se totiž o tramvaj navrženou tak, aby mohla být provozována i na těžké železniční infrastruktuře. Nikoliv o vlak, který může zajíždět na tramvajovou síť.

Evropská směrnice o interoperabilitě se zabývá interoperabilitou železničního systému v Evropské unii. Je ovšem účelné, aby interoperabilní byla především evropská železniční síť, na které je realizována těžká kolejová doprava, nikoliv však dráhy, které jsou od této sítě provozně oddělené a fungují tak samostatně, jako například tramvajové sítě. Interoperabilita se v českém prostředí tedy týká pouze dráhy celostátní a regionální, na které se TSI vztahují. Kolejové systémy, které nejsou součástí těžké železniční dopravy jsou z působnosti této směrnice vyňaty. Podmínka je, že provozně musí být odděleny.

Směrnice o interoperabilitě uvádí přímo výjimky, na které se nevztahuje:

„3. Tato směrnice se nevztahuje na: směrnice se nevztahuje na:

a) metro;

b) tramvaje a městská kolejová vozidla a na infrastrukturu, kterou využívají výhradně tato vozidla;

c) sítě, které jsou funkčně oddělené od zbytku železničního systému Unie a jsou určeny pouze pro provozování místní, městské nebo příměstské osobní dopravy, a na podniky využívající výhradně tyto sítě.

4. Členské státy mohou z oblasti působnosti opatření, která přijmou k provedení této směrnice, vyloučit:

a) železniční infrastrukturu v soukromém vlastnictví, včetně vedlejších kolejí, používanou jejím vlastníkem nebo provozovatelem pro účely jejich nákladní dopravy či osobní dopravy pro nekomerční účely a vozidla používaná výlučně na této infrastruktuře;

b) infrastrukturu a vozidla vyhrazené výlučně pro místní, historické nebo turistické využití;

c) městskou kolejovou infrastrukturu příležitostně využívanou pro těžká kolejová vozidla za provozních podmínek městských kolejových systémů, pouze pokud je nezbytná k používání takových vozidel z důvodů propojenosti; a

d) vozidla používaná především na městské kolejové infrastruktuře, která jsou však vybavena některými díly pro těžká kolejová vozidla nezbytnými pro umožnění tranzitu na omezeném úseku těžké kolejové infrastruktury, a to pouze z důvodů propojenosti.

5. V případě tram-vlaků provozovaných v rámci železničního systému Unie, pro něž neexistují TSI, platí toto:

a) dotčené členské státy zajistí, aby byly přijaty vnitrostátní předpisy nebo jiná vhodná dostupná opatření s cílem zaručit, že tyto tram-vlaky splní příslušné základní požadavky;

b) členské státy mohou přijmout vnitrostátní předpisy s cílem upřesnit postup povolování těchto tram-vlaků. Orgán vydávající povolení vozidla konzultuje příslušný vnitrostátní bezpečnostní orgán s cílem zajistit, aby smíšený provoz tram-vlaků a těžkých kolejových vozidel splňoval všechny základní požadavky i příslušné společné bezpečnostní cíle (CST);

c) odchýlně od článku 21 v případě přeshraničního provozu spolupracují na vydání povolení vozidel relevantní příslušné orgány. Tento odstavec se nevztahuje na vozidla, která jsou vyňata z oblasti působnosti této směrnice podle odstavců 3 a 4“ [9]

Jak je vidět v citaci výše, na vlakotramvaje se TSI nevztahují ani ve chvíli, kdy jsou

provozovány na železnici. Evropská legislativa umožňuje jednotlivým státům si stanovit vlastní pravidla pro provoz tram-vlaků. od železničních vozidel se vlakotramvaje odlišují po technické stránce. Hlavní podmínkou je, že musí být zachovány všechny nároky na bezpečnost provozu a tram-train vjetím na železniční infrastrukturu nesmí nijak snížit bezpečnost provozu. Jediné, co Evropská legislativa striktně nařizuje, je způsob schvalování těchto vozidel. v České republice aktuálně žádná pravidla pro takový provoz neexistují.

Prováděcí nařízení EU stanovuje pravidla pro schvalování nových typů železničních vozidel a pro jejich uvedení na trh včetně povolování vozidel typu tram-train. Pro tyto vozidla však neexistují TSI i přes to, že tato vozidla budou provozována na železniční síti, na kterou se TSI vztahují.

Prováděcí nařízení 2018/545, které se schvalováním kolejových vozidel zabývá, pak o schvalování vlakotramvajů hovoří takto:

- „1. Pro účely povolení typu vozidla nebo povolení k uvedení vozidla na trh u tram-vlaků, které mají být provozovány v rámci železničního systému Unie, může členský stát použít postup stanovený ve vnitrostátním právním rámci týkajícím se povolení typu vozidla nebo povolení k uvedení vozidla na trh u tram-vlaků, jak popisuje čl. 1 odst. 5 písm. b) směrnice (EU) 2016/797, aniž je dotčen článek 1 směrnice (EU) 2016/797 a pokud se na dotčený tram-vlak nevztahuje žádná technická specifikace pro interoperabilitu (dále jen „TSI“). v takovém případě se žadatel řídí vnitrostátním rámcem dotčeného členského státu, pokud jde o postup v případě povolení typu vozidla nebo povolení k uvedení vozidla na trh u tram-vlaků.*
- 2. v případě povolení typu vozidla nebo povolení k uvedení vozidla na trh u tram-vlaků, které mají být provozovány na železničním systému Unie v rámci přeshraničního provozu, a pokud se na dotčený typ vozidla tram-vlaku nevztahuje žádná TSI, žadatel předloží žádost orgánům vydávajícím povolení ustanoveným zúčastněnými členskými státy, které spolupracují za účelem vydání povolení typu vozidla nebo povolení k uvedení vozidla na trh pro tram-vlak.*
- 3. v ostatních případech vozidlo tram-vlak a typ vozidla tram-vlak spadají do oblasti působnosti směrnice (EU) 2016/797 a povolují se postupem stanoveným v tomto nařízení.“ [13]*

Jelikož Evropská legislativa již nijak podrobněji provoz Tram-trainů nereguluje a vše ostatní nechává na jednotlivých státech, je třeba při návrhu koncepce takového provozu vycházet z České legislativy. Vlakotramvajový provoz však v České republice aktuálně neexistuje. Stejně tak neexistují žádné konkrétní legislativní ani technické požadavky, které by takový provoz regulovaly. Česká legislativa ale reguluje provoz tramvají. Mnoho těchto požadavků se bude vztahovat i na vozidla tram-train. Protože vozidlo Tram-train jezdí jako železniční vozidlo a zároveň jako tramvaj, je nutné, aby toto vozidlo plnilo podmínky pro provoz na železniční infrastruktuře i na tramvajové síti. i přesto, že některé požadavky jsou shodné, část požadavků je ale odlišných. Některé požadavky na tramvaje se budou muset vztahovat i na vozidla tram-train.

Některé legislativní požadavky kladené na tramvaje, jako jsou třeba zábrzdne vzdálenosti či nutnost vybavit tramvaj zařízením, které snímá jízdu tramvaje a úkony jejího řidiče, jsou sice odlišné, ale jejich splněním nedochází k porušování legislativy při pohybu takového vozidla na železnici. Odlišnosti, které se na vozidlech projeví nejvýrazněji jsou podmínky kladené Stavebním a technickým řádem drah. Ten sice klade podmínky na podobu infrastruktury, té se však musí vozidla přizpůsobit. Tramvajové tratě mají menší povolené minimální poloměry oblouků než železniční tratě a menší průjezdný průřez. na vozidla na železnici je zas kladen větší důraz na kolizní odolnost vozidel, nebo stanoveny podrobnější podmínky související s označováním a evidencí vozidel. Výsledné odlišnosti v legislativě se v důsledku projeví především v technických parametrech vozidel.

## **2.4 Souhrn legislativních požadavků**

Jak je vidět z rozboru legislativních požadavků na kolejová vozidla, provozování vlakotramvají není v Česku nijak regulované. Otázkou zůstává, zda je tedy takový provoz legislativně možný.

Legislativní požadavky vztahující se na vozidla provozovaná na dráze celostátní a regionální jsou přísnější a podrobnější. Podmínky pro tramvajový provoz si do určité míry regulují sami dopravní podniky. Nabízí se tedy otázka, do které z těchto kategorií by podle dnešní legislativy spadaly vlakotramvaje. Asi nejjistější výklad je, že do obou. Při jízdě po tramvajové dráze by se zákony na něj dívaly jako na vozidlo provozované

na dráze tramvajové, při jízdě po železnici jako na vozidlo provozované na dráze celostátní a regionální. v takovém případě by ale taková tramvaj musela plnit všechny požadavky TSI. Ty se sice na vlakotramvaje nevztahují, ale současná česká legislativa tuto výjimku neumožňuje. Jednalo by se tedy o vlak, který by byl přizpůsoben pro provoz na tramvajové síti. Otázkou je, zda je takové řešení vůbec možné. To by v provozu přineslo několik komplikací. Tou nejvýraznější by byly zastávky. TSI nařizují, že výška nástupišť musí být 550 mm. To by v praxi znamenalo, že taková tramvaj by musela mít velmi vysokou nástupní hranu, což není vhodné řešení do města, nebo by se muselo na železnici do takové tramvaje nastupovat z nástupiště jako "ze schodu." Není možné na tratích vybudovat ani výhradně tramvajové zastávky. Dále by taková tramvaj musela být například vybavena spřáhly a plnit přísnější podmínky kolizní odolnosti, což by vedlo k vysoké hmotnosti takového vozidla. To ale nejsou již legislativní, ale technické záležitosti, kterým jsou věnované samostatné kapitoly níže.

Současná česká legislativa takový provoz vhodně neupravuje a nepočítá s ním. Pokud bude vlakotramvajový provoz v Česku někdy zaveden, bude nutné tomu přizpůsobit i zákony a vyhlášky.

### **3 Rozbor technických aspektů ovlivňujících provoz kolejových vozidel**

Na kolejový provoz je kladeno mnoho technických požadavků, především to jsou požadavky na interoperabilitu jednotlivých evropských železničních sítí, mezi které patří požadavky na bezpečnost, kolizní odolnost či na kompatibilitu vozidla a infrastruktury. Je již na první pohled zřejmé, že technické požadavky na provoz železničních vozidel a tramvají se liší. To je dané jak historicky, tak i podmínkami, ve kterých jsou jednotlivé druhy provozu zavedeny a nebo i požadavky, které na jednotlivé druhy provozu jsou kladeny.

Železniční síť byla již od svého počátku v první polovině devatenáctého století budovaná jako celostátní síť, která měla přepravovat náklad a cestující vyšší rychlostí na delší vzdálenosti. Tomu i odpovídá, jak byla železniční síť postavena. Ať už jsou na železnici větší poloměry oblouků a nebo jiný způsob řízení dopravy. Díky svému celostátnímu dosahu je celá síť nějakým způsobem unifikovaná. Naopak tramvajové sítě byly vybudovány pro místní přepravu lidí po městě. Díky tomu jsou tramvajové sítě stavěné v běžném silničním provozu a v zastavbě. v historických centrech měst navíc tramvaje jezdí úzkými a obloukovitými ulicemi. Tomu se muselo samozřejmě přizpůsobit vedení tratě v takovém místě. Tramvaj musí být proto schopná projíždět oblouky o velmi malých poloměrech. Tramvajové tratě jsou běžně zastavěny do pozemních komunikací, silniční vozidla na mnoha místech jezdí po tramvajových kolejích, které jsou buď zastavěné dlažbou nebo zalité asfaltem.

Vozidla typu tram-train tyto dvě, do jisté míry protichůdné, koncepce spojuje. Musí vyhovět technickým požadavkům jak pro železniční, tak i pro tramvajový provoz. Je nutné tak tyto požadavky kombinovat a hledat mezi nimi kompromis, který však neohrozí bezpečnost provozu.

Nejdůležitějšími technickými požadavky jsou požadavky na pevnost a kolizní odolnost vozidel, prostorovou průchodnost a poloměry oblouků, rozměry a profil kol, dovolené zatížení tratí či způsob pohonu takových vozidel.

Jelikož tramvajový provoz je realizován ve městech v silničním provozu, je nutné, aby

tramvajový provoz byl v případě nehod solidární vůči ostatním účastníkům silničního provozu. Skříně tramvajů jsou proto měkčí, než skříně železničních vozidel, aby při střetu se silničním vozidlem došlo k rovnoměrnějšímu rozdělení deformační energie mezi tramvaj a sražené vozidlo. Naproti tomu železniční tratě leží v ochranném pásu, do kterého bez povolení nesmí nikdo vstoupit ani do něj nijak zasahovat. Na křižnicích s pozemními komunikacemi mají po tom železniční vozidla absolutní přednost před vozidly na pozemních komunikacích. Na železnici již tedy není solidarita s účastníky silničního provozu požadována. Větší důraz je kladen na bezpečnost cestujících a vlakového personálu při vzájemné kolizi železničních vozidel.

Stejně jako na bezpečnost provozu se liší technické požadavky i na prostorovou průchodnost tratí. Tramvajové tratě, určené pro místní obsluhu města, se musí přizpůsobovat husté zástavbě a stísněným podmínkám ulic. Oproti železnici mají tak velmi malé poloměry oblouků a menší obrys pro vozidlo. Tomu musí odpovídat i konstrukce tramvajů.

Důležitým aspektem je i profil kol. To je důležité především při průjezdu výhybkou. Aby nedošlo k vykolejení vozidla, je nutné při průjezdu výhybkou jeho polohu přesně vymezit. Kvůli odlišné koncepci a určení provozu je tato problematika řešena různými způsoby. Na železnici se k tomu využívají přídržnice, na tramvajové trati žlábkové kolejnice.

Nelze také opomenout maximální povolené hmotnostní zatížení tratí. Maximální povolené zatížení tramvajových tratí se pohybuje od 8 do 11 tun na nápravu. Zatížení železniční trati se pohybuje maximálně od 16 do 22,5 tuny na nápravu. Na to je nutné myslet především při návrhu vlakotramvaje pro smíšený provoz. Ta je těžší než běžná tramvaj, nesmí však tramvajový limit překročit.

Poslední technický aspekt, o kterém tento text pojednává, je druh pohonu. V důsledku požadavků na ekologičnost a nástupu alternativních pohonů, je toto téma velmi složité a komplexní, proto je v textu zpracované pouze stručně. Na železnici a v tramvajových sítích se dnes využívají různé druhy pohonu. Napájení tramvajových a železničních tratí se liší. Na železnici se využívá několik druhů elektrických napájecích soustav, preferovaná je střídavá napájecí soustava o napětí 25 kV s frekvencí 50 Hz. Přibližně dvě třetiny železničních tratí nejsou elektrifikované vůbec. Právě těch se potenciálně vlakotramvajový provoz týká nejvíce a je nutné zhodnotit, zda tyto tratě elektrifikovat, či

je provozovat v nezávislé trakci.

### **3.1 Pevnost a kolizní odolnost**

Jedním z nejdůležitějších technických požadavků, které jsou na kolejová vozidla kladeny, je požadavek na bezpečnost provozu, zejména při kolizích. Jelikož koncepce provozu tramvají a železničních vozidel se liší, liší se tak i přístup k zajištění této bezpečnosti. Tramvaj, která je na rozdíl od železničních vozidel, účastníkem silničního provozu musí být navržena s jistou mírou solidarity vůči ostatním účastníkům silničního provozu. Tramvaj provozovaná ve městě v hustém silničním provozu nesmí zbytečně ohrozit bezpečnost ostatních účastníků silničního provozu. Při kolizích je tak kladen důraz na to, aby došlo k co nejrovnoměrnějšímu rozložení deformační energie jak na tramvaj, tak na silniční vozidlo. Přístup ke kolizím na železnici je odlišný. Železniční vozidla jsou provozována v ochranném pásu, do kterého není volný přístup. Železnice se s pozemními komunikacemi setkává zejména v místech křížení, na kterých má železniční provoz absolutní přednost. Za dodržení všech předpisů by ke kolizi vlaku se silničním vozidlem nemělo vůbec dojít. Solidarita s účastníky silničního provozu není tedy požadovaná a větší důraz je kladen na bezpečnost při střetu dvou železničních vozidel.

Skříň kolejevoých vozidel jsou neustále zatíženy určitými vlivy od jejich vlastní hmotnosti, přes hmotnost přepravovaných cestujících až po vlivy, které na skříň působí při jízdě vozidla. Zároveň jsou na vozidlo kladené bezpečnostní nároky. Vozidlo musí být tedy dostatečně odolné při kolizi s jiným vozidlem nebo jakoukoliv jinou překážkou. Konkrétní nároky na pevnost a kolizní odolnost, jejich určení a ověření kladou některé Evropské normy, které český systém přebírá. Pro účely provozu osobních kolejových vozidel a požadavků na jejich odolnost jsou důležité zejména tyto dvě normy:

- ČSN EN 12663-1, Železniční aplikace - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel - Část 1: Lokomotivy a vozy osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)
- ČSN EN 15227, Požadavky na kolizní odolnost kolejových vozidel

První zmíněná norma se věnuje technickým požadavkům na pevnost skříní vozidel v běžném provozu, rozdělení do pevnostních tříd a zkoušením a ověřováním odolnosti

vozidel. Druhá zmíněná norma se pak věnuje odolnosti skříň vozidel při kolizích s překážkami nebo jinými vozidly, rozdělením vozidel do pevnostních tříd a ověření, zda vozidlo dané třídy odpovídá.

### **Pevnost vozidel**

Skříň vozidel jsou při provozu namáhány řadou vlivů, ať už to jsou podélné síly při rozjíždění a brzdění vlaků, různé vibrace, rázy způsobené jízdou vlaku nebo únava materiálu a opotřebení či různé namáhání okolním prostředím nebo koroze. Při konstrukci skříň je nutné zajistit, aby i přes působení všech těchto vlivů skříň vozidla splňovala požadovanou pevnost a odolnost.

Norma ČSN EN 12663 rozděluje vozidla do tří základních skupin:

- L - Lokomotivy a jiná hnací vozidla, která nejsou určena pro přepravu cestujících
- P - osobní vozy určené pro přepravu cestujících, včetně hnacích čel jednotek
- F - nákladní vozy

Kolejová vozidla, kterými se tento text zabývá, tedy regionální a příměstské jednotky, samostatné vozy a tramvaje spadají do kategorií L a P. Kategorií F se tudíž již není nutné dále zabývat. Konstrukční kategorie pro osobní vozy (P) jsou pak dále rozděleny do pěti pevnostních tříd. Norma jednotlivé typy vozidel nerozděluje do jednotlivých konstrukčních kategorií striktně. TSI však povolují pouze provoz takových vozů a jednotek, které plní pevnostní třídy P-I a P-II. Konstrukční kategorie pro osobní vozy jsou následující:

- P-I - např. osobní vozy
- P-II - např. osobní vozy a vlakové jednotky
- P-III - např. vozidla metra, rychlodrážní vozidla, vozidla lehké konstrukce
- P-IV - např. lehké vozy metra, vozy tramvajové rychlodráhy
- P-V - např. tramvaje

Při návrhu vozidla je nutné vyhovět požadavkům TSI. Evropské nařízení TSI LOC & PAS

požaduje, aby železniční vozidla, která se pohybují po hlavní evropské železniční síti, splňovala požadavky konkrétních pevnostních kategorií. Konkrétně lokomotivy a čelní hnací vozy jednotek musí plnit požadavky na pevnost stanovené v kategorii L. Všechny ostatní vozy pro přepravu osob pak musí plnit požadavky vyplývající z kategorie P-I nebo P-II. Kvůli vyšším cestovním rychlostem je kladen velký důraz na jejich odolnost.

Tramvaje jsou běžně konstruované podle požadavků kategorie P-V. Díky menším rozměrům a mírnějším požadavkům na kolizní odolnost jsou lehčí a v běžném městském provozu zpravidla nejezdí rychleji než 70 km/h. Namáhání skříně není zdaleka tak velké, jako u železničních vozidel.

Vozidla musí odolávat několika druhům zatížení. Pro každou kategorii a druh zatížení je stanovena konkrétní síla (v kN), které musí skříně vozidla odolávat.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

Tab. 14: Hodnoty sil působících v různých místech skříně pro jednotlivé pevnostní kategorie (Zdroj: ČSN EN 12663)

	L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V
<b>Tlaková síla v místech uchycení nárazníků a/nebo spřáhel</b>	2 000	2 000	1 500	800	400	200
<b>Tlaková síla působící na uchycení nárazníků příčně</b>	500	500	500	-	-	-
<b>Tahová síla na uchycení spřáhla</b>	1 000	1 000	1 000	600	300	150
<b>Tlaková síla v oblasti čelníku 150 mm nad úrovní podlahy</b>	400	400	400	-	-	-
<b>Tlaková síla ve spodním rámu okna (dolní okraj okna)</b>	300	300	300	300	-	-
<b>Tlaková síla v úrovni vaznice</b>	-	300	300	150	-	-

Mimo běžného provozního zatížení se pak norma ještě věnuje dalším specifickým formám zatížení skříně vozidla, jako je třeba zvedání a manipulace se skříní například při údržbě vozidla nebo při jeho nakolejování. Věnuje se také kombinaci různých druhů zatížení.

### **Kolizní odolnost vozidel**

Vozidla nelze navrhovat pouze tak, aby odolávala jistému provoznímu zatížení. Je třeba také počítat s tím, že může dojít ke kolizi s jiným vozidlem, ať už kolejovým nebo silničním, anebo s překázkou na trati. v takovém případě je nezbytné zachovat bezpečnost cestujících a vlakového personálu. Je nutné dbát na bezpečnost, a to jak tu aktivní, tak i pasivní.

- Aktivní bezpečnost - Bezpečnostní prvky na vozidle či infrastruktuře, jejichž úkolem je předcházet mimořádným událostem a minimalizovat jejich počet (brzdy, řízení provozu, zabezpečovací zařízení)
- Pasivní bezpečnost - Bezpečnostní prvky na vozidlech, jež najdou uplatnění

v okamžiku, kdy selže aktivní bezpečnost a dojde k mimořádné události. Jejich cílem je co nejvíce zmírnit následky mimořádné události (zvýšená pevnost čela vozu, deformační zóny na vozidle. )

Cílem těchto prvků pasivní bezpečnosti je zajistit řízení pohlcování kolizní energie, snížit riziko šplhání vozidel na sebe, zachovat prostor pro přežití cestujících a snížit riziko vykolejení.

Technická norma ČSN EN 15227, která se zabývá kolizní odolností kolejových vozidel, tak stanovuje čtyři konstrukční kategorie kolizní odolnosti, do kterých jsou jednotlivé typy vozidel zařazeny. Kategorie a rozdělení vozidel do nich jsou uvedeny v tabulce.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

Tab. 15 Konstrukční kategorie kolizní odolnosti kolejových vozidel (Zdroj: ČSN EN 15 227)

Kategorie	Definice	Příklady typů vozidel
C-I	Železniční vozidla určená pro provoz v mezinárodních, národních a regionálních sítích	Lokomotivy, vozy, jednotky
C-II	Vozidla určená pro městskou kolejovou dopravu bez úrovněvého křížení s pozemními komunikacemi a oddělených od nich	Metro
C-III	Vozidla určená pro městskou a příměstskou dopravu a/nebo pro provoz na sdílených tratích s vazbou na silniční dopravu	Příměstské tramvaje a lehká kolejová vozidla
C-IV	Tramvaje	Tramvaje

Jak je vidět z tabulky výše, železniční vozidla pro těžkou železnici jsou zařazeny do kolizní kategorie C-I. Je to dané tím, že se jedná o těžší vozidla, která se na síti pohybují s vyšší rychlostí. Jejich kinetická energie při srážce je proto poměrně vysoká, stejně tak i nároky na bezpečnost jsou podstatně vyšší.

Tramvaje jsou běžně konstruované podle požadavků kategorie C-IV. Opět je to dané prostředím, ve kterém jsou tramvaje obvykle provozované. Tramvaje jsou účastníkem silničního provozu. Jelikož jezdí zpravidla v zastavěných oblastech v hustším silničním provozu, je zde předpoklad, že bude častěji docházet ke střetům s jinými vozidly nebo cyklisty a chodci, a to v nižších rychlostech. Je proto nezbytně nutné, aby toto vozidlo bylo konstruováno s ohledem nejen na bezpečnost cestujících, ale také z ohledem na bezpečnost ostatních účastníků silničního provozu. Proto jsou tramvaje běžně navrhované tak, aby vyhověly konstrukční kategorii C-IV, jsou tedy měkčí než běžná železniční vozidla. Cílem je, aby si tramvaj se silničním vozidlem, se kterým se střetne, rozdělili kolizní deformační energii mezi sebe a střet s tramvají nebyl pro řidiče silničního vozidla příliš nebezpečný. přes to je nutné nadále dbát na bezpečnost cestujících.

S kolizní odolností tramvaje však nastává problém ve chvíli, kdy by byla tramvaj

provozována v běžném železničním provozu mezi vozidly, která jsou mnohem pevnější. Železniční kolejová vozidla jsou konstruovaná podle požadavků konstrukční kategorie C-I a myšlenka jejich odolnosti je stejná, jako u tramvaje a silničního vozidla v ulicích města. Vozidla by si měla při kolizi deformační energii rozdělit mezi sebe a neohrozit tolik cestující v jednom z vozidel více než ve druhém.

Vyvstává tak otázka, jak konstruovat vozidla tram-train. Pokud je tramvaj navržena měkčí tak, aby neohrožovala bezpečnost v silničním provozu, je nebezpečné takovou tramvaj provozovat na železnici. Při střetu s železničním vozidlem by byla nejměkčí a železniční vozidla by jí při srážce likvidovala. Pokud takové vozidlo bude navrženo tak, aby bylo odolnější při kolizi na železnici, potom bude tato tramvaj při střetu v silničním provozu přenášet většinu deformační energie na silniční vozidla. Je tedy nutné zvolit kompromis.

Cílem kolizní odolnosti kolejových vozidel je zajištění pasivní bezpečnosti v případě kolize dvou vozidel či střetu vozidla s překážkou. Nejprve je pro to nutné zvážit možná bezpečnostní rizika, ke kterým může dojít. v městském provozu se v relativně nízkých rychlostech mohou srazit dvě tramvaje, tramvaj se silničním vozidlem nebo tramvaj s chodcem. v železničním provozu se může tramvaj srazit s železničním vozidlem, ale ve vyšších rychlostech, což může vést k fatálním následkům. Jelikož provoz na železnici je řízen dispečinkem a zabezpečovacím zařízením, je malá pravděpodobnost, že ke kolizi reálně dojde a spíše k ní dojde ve stanici. na druhou stranu tramvajový provoz není řízen tak systematicky, jako provoz železniční. Tramvaje jezdí na dohledové vzdálenosti, stejně jako při jízdě v autě. Navíc tramvaje jezdí v ulicích, kde je mnoho chodců i silničních vozidel. Silniční provoz je sice řízen dopravními značkami a semaforem, ale ne všichni řidiči vždy dodržují předpisy či dávají pozor. Střety silničních vozidel s tramvajemi jsou tedy mnohem častější než vzájemné střety železničních vozidel.

Výsledkem této úvahy je konstrukční kategorie C-III, která stanovuje požadavky na kolizní odolnost kolejových vozidel provozovaných jak na městské, tak na železniční infrastruktuře. Odolnost je více nakloněna k požadavkům na tramvaje, ovšem o něco odolnější, než bývají běžné tramvaje. To mírně zvyšuje nebezpečí pro ostatní účastníky silničního provozu a zároveň zvyšuje riziko pro vlakotramvaj při kolizi s železničním vozidlem. Snížení pasivní bezpečnosti v železničním provozu je nezbytné vykompenzovat vyšší aktivní bezpečností. Vozidlo tak musí být vybaveno takovými zařízeními, které

aktivní bezpečnost zvýší, ať už to jsou lepší brzdy, různé antikolizní systémy, vzájemné sledování vozidel pomocí polohovacích systémů jako je třeba GPS nebo Galileo a nebo vybavení trati kamerovými systémy a senzory, které umožní strojvedoucímu předat informaci o možném nebezpečí dříve, než ho strojvedoucí spatří. Otázkou pak zůstává, jestli dává ekonomický a provozní smysl do takového vybavení investovat peníze a jestli není lepší se spíše zaměřit na budování kvalitních přestupních uzlů, kde lidé mohou pohodlně přestoupit z tramvaje na vlak.

### **Ověřování kolizní odolnosti**

Ověřování kolizní odolnosti se provádí pomocí kolizních scénářů určených normou. Základní kolizní scénáře jsou čtyři. Pro ověření každé z konstrukčních kategorií se používá určitá kombinace těchto kolizních scénářů. Kolizní scénáře jsou následující:

1. Kolize se shodným vozidlem: Čelní srážka jedoucího a stojícího shodného vlaku nebo dvou vlaků s kompatibilními spřáhly
2. Kolize s odlišným vozidlem: Čelní srážka posuzovaného vlaku s regionálním vlakem s centrálním spřáhlem nebo s vagonem
3. Kolize se silničním vozidlem: Čelní srážka s velkým silničním nebo městským silničním vozidlem.
4. Kolize s nízkou překážkou: Čelní srážka s překážkou, s kterou se vlak nestřetne svým čelníkem, ale smetadlem nebo zábranami před koly. Nízkou překážkou jsou například spadané stromy na trať nebo osobní automobily na přejezdu. Tento scénář ověřuje především smetadlo a zábrany.

Norma pak dále detailně popisuje, jak by měly vypadat referenční překážky a referenční vlak, který je ověřován. k ověření se používají dvě metody. Metoda referenčního vlaku, která ověřuje lokomotivy a Metoda ucelené vlakové soupravy, která ověřuje vagony.

Konkrétními kombinacemi těchto kolizních scénářů se pak ověřuje konstrukční odolnost jednotlivých konstrukčních tříd. Pro náplň této práce je důležité především ověření konstrukčních kategorií C-I (Železniční vozidla) a C-III (Tram-train).

### **Ověření konstrukční kategorie C-I**

Všechna vozidla kromě osobních vozů se musí posuzovat podle následujících kolizních scénářů:

- Podle scénáře 1 - při rychlosti 36 km/h (u lokomotiv s centrálním spřáhlem v rychlosti 20 km/h).
- Podlé scénáře 2 - s nákladním vozem o hmotnosti 80 t v rychlosti 36 km/h (pokud je ověřována lokomotiva s centrálním spřáhlem při střetu s vagonem s centrálním spřáhlem, tak bude rychlost kolize 20 km/h).
- Podle scénáře 3 - s 15 t těžkou deformovatelnou překážkou na přejezdu. Konkrétní rychlost se odvíjí od traťové rychlosti či maximální rychlosti vlaku (detailněji je popsáno v příslušné normě).
- Podle scénáře 4 - s nízkou překážkou. Cílem je ověření pevnosti smetadla a zábran na vozidle.
- Osobní vozy se pak ověřují pouze podle scénáře 1.

### **Ověření konstrukční kategorie C-III**

Vozidla kolizní kategorie C-III se posuzují podle následujících scénářů

- Podle scénáře 1 - při rychlosti 25 km/h
- Podle scénáře 2 - při kolizi s 80 t těžkým nákladním vozem s klasickým spřáhlem při rychlosti 25 km/h
- Podle scénáře 2 - při kolizi se 129 t těžkým regionálním vlakem při rychlosti 10 km/h
- Podle scénáře 3 - při čelní srážce s 15 t těžkou deformovatelnou překážkou na přejezdu při rychlosti 20 km/h
- Podle scénáře 4 - prokázání splnění požadavků na zábrany a smetadla

Požadavky kategorie C-III jsou kompromisem mezi požadavky kladenými na provoz na železnici a na tramvajové síti. Vozidlo, které splní tyto požadavky již nemusí být ověřováno podle kategorie C-I ani podle kategorie C-IV. Tato kategorie je však určena pro

vozidla tram-train, která jsou primárně provozována na městské síti, není možné tak podle kategorie C-III ověřovat vozidla výhradně určená pro železniční dopravu.

Detailní požadavky na smetadla, zábrany či konkrétní definice referenčních překážek, s kterými se vozidlo při testech sráží jsou více rozebrány v příslušné normě.

Kolizními scénáři je nutné ověřit splnění bezpečnosti v několika situacích, ke kterým může při střetu na trati dojít. Vozidlo musí při těchto testech prokázat splnění následujících požadavků:

- Šplhání: při střetu vlaky nesmí šplhat na sebe. Některé nápravy vlaku nesmí ztratit kontakt s kolejnicí a zvednout se nad ní. Tím se zajišťuje, že jedno vozidlo nezdeformuje svojí hmotností to druhé. Je nutné zajistit, aby kinetickou energii při srážce postupně pohltily deformační zóny.
- Prostor pro přežití: Při střetu je nutné omezit a řídit deformaci skříně vozidel tak, aby uvnitř skříně zůstal zachován prostor, ve kterém mohou cestující a vlakový personál přežít. do tohoto prostoru by neměly zasahovat žádné ostré hrany lomů, které by mohla někomu způsobit zranění. Je nutné, aby v prostoru u nástupních dveří, který norma označuje jako prostor dočasného pobytu, došlo k větší deformaci než v prostoru se sedadly, kde jsou cestující častěji. Stejný důraz je kladen i na prostor pro přežití pro strojvedoucího. Kolem jeho sedadla musí zůstat určitý prostor, do kterého nesmí nic zasahovat.
- Mezní hodnota zpomalení: říká, jak musí probíhat zpomalení, abychom zmírnili ráz při střetu.
- Smetadlo a zábrany: udává podmínky, jak má vypadat smetadlo a zábrany na vozidle. Obojí slouží ke smetení překážek z trati. Smetadlo je na vozidle po celé jeho šířce. Pokud nekryje dostatečně kola, tak se před něj ještě umisťují zábrany, které mají stejný účel. Norma popisuje tvar smetadla a to, jakým silám musí odolávat.

Jak je vidět, jediný bod, ve kterém norma rozlišuje vlaky a tramvaje jsou kolizní konstrukční kategorie a způsob jejich ověření. Norma rovnou i vytváří kompromis pro tram-trainy. Výsledky ověření však musí být stejné. Konkrétní požadavky na šplhání nebo

jaké jsou dovolené deformace v prostorech pro přežití jsou pro všechny konstrukční kategorie a všechny kolizní scénáře stejné. To však způsobí změny především v pevnosti vozidel. Různé kolizní scénáře pro různé konstrukční kategorie se provádějí v různých rychlostech, ale výsledek musí být vždy stejný. Při střetu ve vyšší rychlosti je tak nutné mít vozidlo pevnější než při střetu v nižší rychlosti, aby bylo dosaženo stejného výsledku.

V případě kolizní odolnosti tedy není nutné se již dále zabývat vhodným nastavením požadavků, protože norma tyto podmínky jasně stanovuje. Zbývá tedy zamyslet se nad pevnostní odolností. TSI LOC&PAS požaduje, aby vozidla, která využívají železniční infrastrukturu plnila podmínky pevnostní třídy P-I nebo P-II. Uvádí ale také, že TSI se nevztahují na tram-trainy, které využívají především městskou kolejovou infrastrukturu a na železnici pouze zajíždí. Zde je na jednotlivých státech, jak si požadavky a pravidla nastaví. Nesmí však tímto krokem ohrozit bezpečnost provozu ani cestujících. Provoz takových vozidel v ČR aktuálně neexistuje, a proto nejsou pro takový provoz ani nastavena pravidla. Začátkem léta 2023 se však touto problematikou Ministerstvo dopravy začalo zabývat. Jde především o iniciativu Prahy a Středočeského kraje, které řeší provoz lehkých kolejových vozidel na lokálkách a které vidí potenciál pro provoz vlakotramvaj v okolí Prahy.

Vozidla tram-train nemají jasně stanovenou pevnostní třídu. Jak je zmíněno výše, pevnost tramvaj je stanovena s ohledem na bezpečnost provozu ve městě. Zároveň ale je potřeba zachovat bezpečnost provozu na železnici. Střet na železnici má zpravidla fatálnější následky než střet na tramvajové trati, ale nedochází k takovým situacím tak často. Jako kompromis se tedy nabízí pevnostní třída P-III a třída P-IV, podle které jsou tramvaje běžně konstruovány. Pevnost vozidla je při střetu zásadní. v nízkých rychlostech běžných ve městě však nehraje takovou roli jako při střetu ve vyšších rychlostech běžných na železnici. Jako přijatelnější možnost se tak jeví upřednostnit pevnostní třídu P-III. Sníženou pasivní bezpečnost v městském provozu je však nutné kompenzovat lepší aktivní bezpečností.

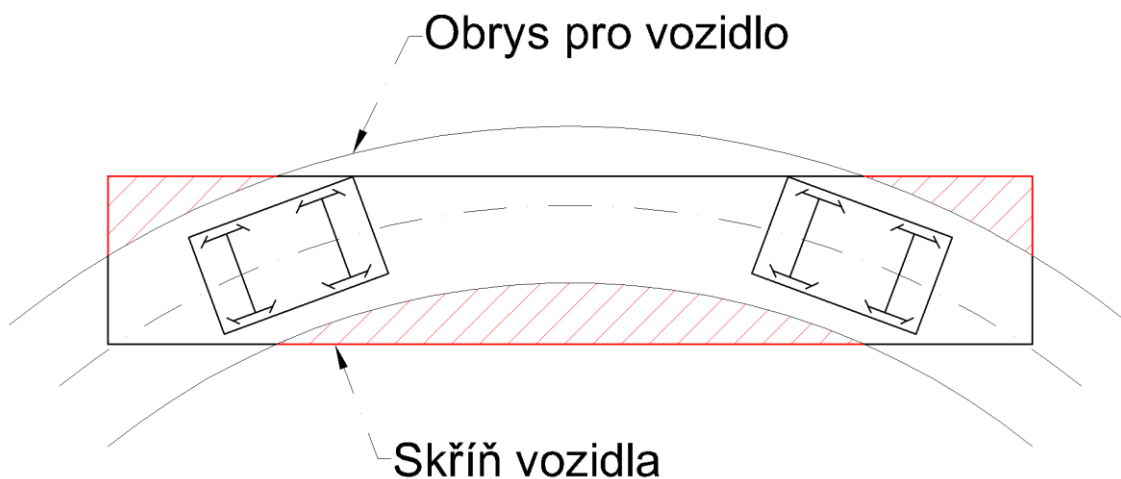
V první řadě je žádoucí takovou tramvaj vybavit účinnějšími brzdami, než kterými jsou běžně tramvaje vybaveny. Pevnější konstrukce způsobí i vyšší hmotnost takového vozidla. Je nutné mít lepší brzdy už jenom kvůli zábrzdným vzdálenostem požadovaným na městské infrastruktuře. Taková tramvaj pak při střetu se silničním vozidlem v ulicích

způsobuje větší riziko zranění řidičů ostatních vozidel. ke snížení bezpečnosti cestujících v tram-trainu dojde pak hlavně na železniční infrastruktuře. Jelikož kolize s vlakem ve vyšší rychlosti má horší následky, je nutné chybějící pasivní bezpečnost kompenzovat aktivní bezpečností co nejlépe. Kromě brzd je třeba také použít další bezpečnostní opatření nejen na straně vlakotramvaje, ale také na straně infrastruktury a ostatních železničních vozidel. Ne všechny železniční tratě v České republice jsou dobře zabezpečeny. Toto riziko je vyšší na tratích, řízených podle předpisu SŽ D3, který je náchylný na lidské chyby. Dá se předpokládat, že vozidla Tram-train se budou spíše pohybovat na takových tratích. v první řadě je nutné, aby vozidlo tram-train bylo dobře lokalizovatelné, aby dispečeri měli přehled o přesné poloze tohoto vozidla. Hlavní je, aby riziko hrozícího střetu bylo odhaleno co nejdříve a došlo tak k vyřešení situace ještě dříve, než k němu skutečně dojde. Tramvaj nejspíš bude schopná zastavit i v případě, že si vlaku všimne až bude v jeho blízkosti. i přesto bude nutné, aby byl řidič tramvaje včas upozorněn na tuto situaci. Dále se nabízí například možnost využití systémů, které na vozidla upozorňují pomocí Bluetooth nebo mobilního signálu. Mohlo by to být podobné zařízení jako využívá aplikace Pozor tramvaj, která upozorňuje chodce v Praze a Brně na blížící se tramvaj, když se při přecházení kolejí dívají do telefonu a nedívají se kolem sebe, nebo to může být podobný systém jako je Sherlog D3 R, který vyvinula společnost Sherlog, která se zabývá technologií pro rádiové vyhledávání odcizených aut. na vývoji systému se podílí i AŽD Praha. Jde o jednoduchý a levný systém, který byl představen v lednu roku 2021 a slouží pro zvýšení bezpečnosti na lokálkách, které jsou řízené podle předpisu SŽ D3. Toto zařízení není nutné do vozidel složitě instalovat a pokud jsou obě vozidla tímto systémem vybavena, systém je pomocí rádiových vln zaznamená. Strojvedoucí se tak mohou dozvědět o protijedoucím vozidle dříve, než ho spatří. Další možností může být vybavení takovýchto tramvajů dalšími antikolizními systémy.

### **3.2 Prostorová průchodnost tratí**

Velmi důležitým aspektem kolejového provozu je prostorová průchodnost trati, které musí vozidlo vyhovět. Každá trať, ať už železniční nebo tramvajová, má vymezený svůj průjezdný průřez. Důležité jsou také poloměry oblouků, na kterých pak závisí délka jednotlivých článků nebo vagonů vozidla. Průjezdný průřez je obrazec kolmý na osu koleje, do kterého nesmí z venku zasahovat žádné objekty. Uvnitř průjezdného průřezu

se pak nachází obrys pro vozidlo, což je obrazec kolmý na osu koleje, z kterého nesmí ven přesahovat žádné části vozidla. s tím souvisí i šířka skříně vozidla a délka článků, z kterých se vozidlo skládá. Při průjezdu vozidla obloukem dochází k vychýlení konců a středu skříně. Vychýlení je závislé na vzdálenosti náprav či podvozků a poloměru oblouků. Aby vozidlo nepřesahovalo stanovený obrys pro vozidlo, je potřeba ho konstruovat z kratších článků. Průjezdny průřez, a tedy i obrys pro vozidlo je u tramvajových tratí menší, než na železnici. Skříně tramvajů jsou tedy užší.



*Obr. 16: Schéma skříně vozidla a obrysu pro vozidlo při průjezdu obloukem*

### **Průjezdny průřez a obrys pro vozidlo**

Průjezdny průřezy pro vozidlo definují tyto dvě technické normy:

- ČSN EN 15 273, řeší obrysy pro vozidla a průjezdny průřezy pro železniční vlakovou dopravu na mezinárodní úrovni
- ČSN 73 6320, řeší obrysy pro vozidla a průjezdny průřezy pro železniční vlakovou dopravu na národní úrovni
- ČSN 28 0318, řeší průřezy pro tramvaje

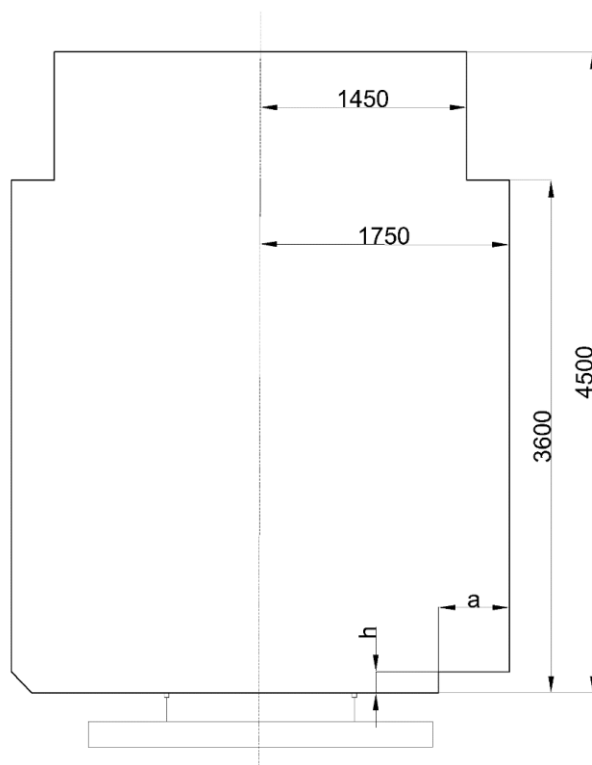
Normy zabývající se profily a průřezy pro železniční dopravu stanovují několik základních profilů, z kterých jsou pak odvozeny konkrétní průjezdny průřezy. Základní profily jsou:

- GC, GB - mezinárodní jednotné průřezy



danou striktně a vozidlo nesmí průřez překročit ani při jízdě v oblouku. v případě tramvajových tratí tento postup platí pouze pro oblouky o poloměru 1 000 m a větší. U oblouků s menšími poloměry dochází k rozšíření průřezů. Rozšíření je stanoveno hodnotami pro zvětšení na vnitřní a vnější straně oblouku, které jsou různé. Hodnoty nejsou stanoveny jako konstantní, ale liší se v závislosti na poloměru konkrétního oblouku. Konkrétní hodnoty, pro konkrétní poloměry oblouků a strany profilu jsou uvedeny ve výše zmíněné normě. Nejmenší poloměr pro který norma uvádí v tabulce hodnoty rozšíření je 18 m. To je nejmenší poloměr oblouku, kterým musí být tramvajové vozidlo schopné projet. Pro tento poloměr norma uvádí konkrétně zvětšení na vnitřní straně 430 mm a rozšíření na vnější straně 730 mm. Jedná se o největší povolené hodnoty rozšíření. v důsledku toho je také nutné, v případě, že trať je dvukolejná , zvětšit v obloucích osovou vzdálenost kolejí.

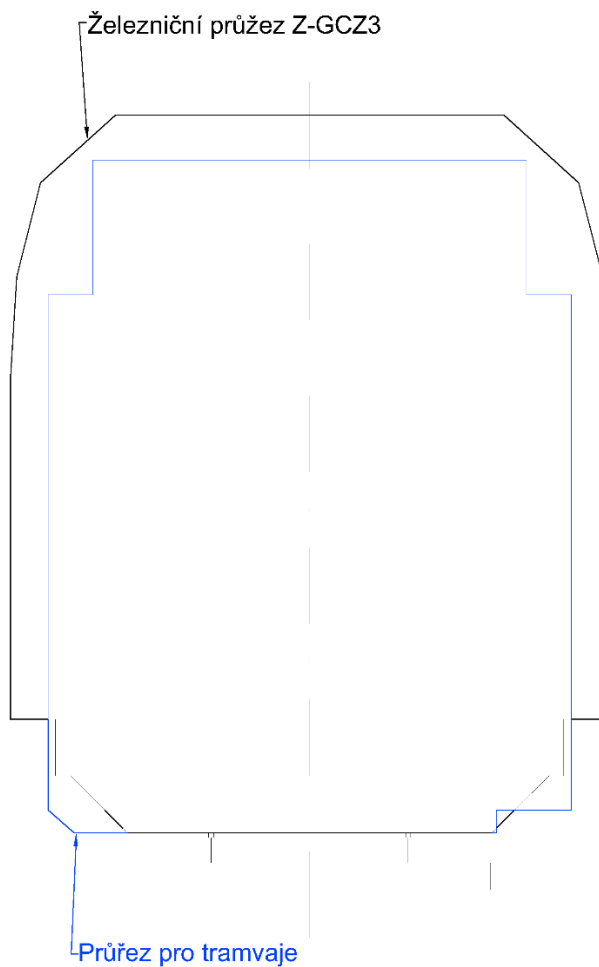
Norma obsahuje několik průjezdných průřezů pro tramvajové tratě. Jsou to průřezy pro jednokolejnou, dvukolejnou a vícekolejnou tramvajovou trať. Drtivá většina tramvajových tratí v Česku je dvojkolejná, ale pro účely porovnání průjezdného průřezu tramvajové a železniční tratě dává větší smysl použít průřez pro jednokolejnou trať. Průjezdný průřez železniční tratě je vždy pro jednu kolej.



Obr. 18: Průjezdný průřez jednokolejné tramvajové trati

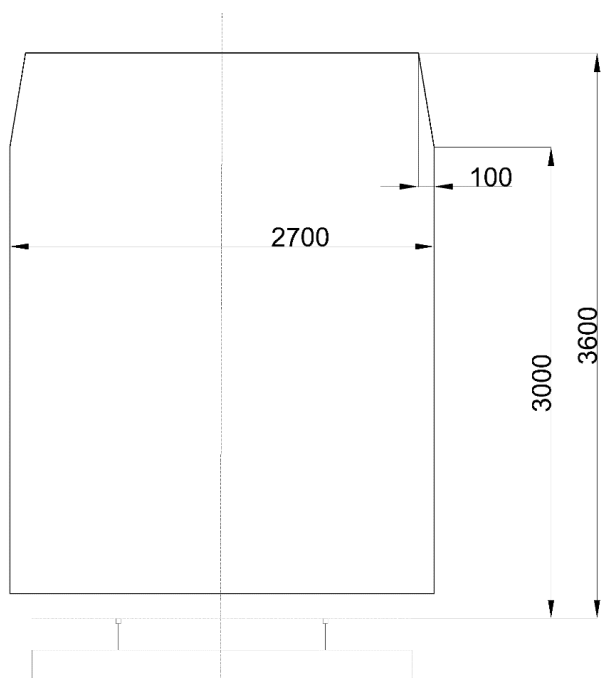
Ve spodní části se na levé a pravé straně průřez liší. Levá strana ukazuje, jak vypadá průřez pro širokou kolej a místa s nezpevněnými nástupišti bez nástupní hrany, levá strana pak ukazuje průřez v místech se zpevněnými nástupišti.

Průřez pro tramvaje je menší, než průřez pro železniční vozidla. Vozidlo tram-train pro smíšený provoz musí tedy plnit rozměrové požadavky obou těchto průřezů. do průřezu nesmí z venku nic zasahovat. Překrytím obou průřezů vznikne určitý referenční průřezný průřez, podle kterého je možné stanovit přesný obrys pro vozidlo.

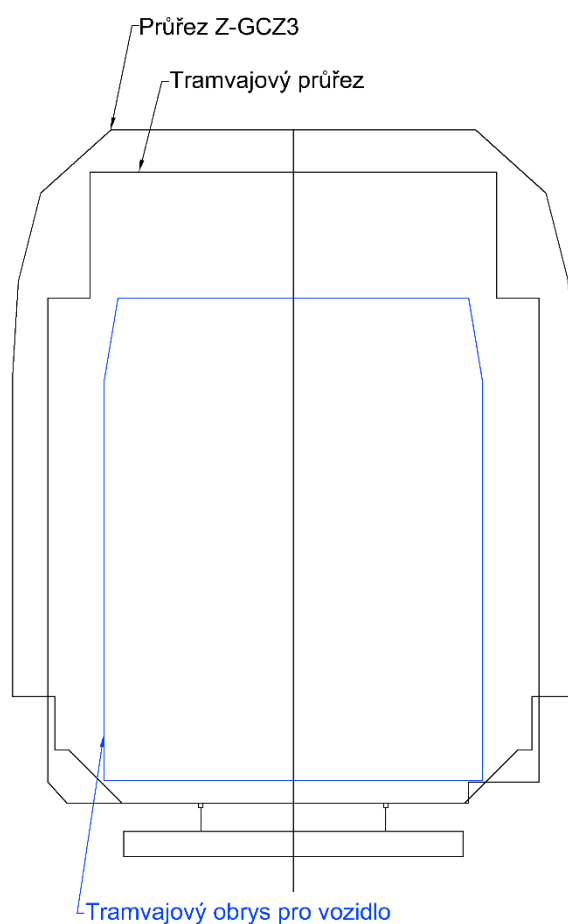


*Obr. 19: Překryv průřezných průřezů pro tramvaje a Z-GCZ3*

Na ilustračním obrázku překryvu průřezů je vidět, že Průřezný průřez pro tramvaj je celkově menší, až na okraj spodní části, než průřezný průřez pro vlak Z-GCZ3. Obrys pro vozidlo tram-train tak bude téměř shodný s obrysem pro vozidlo na tramvajové trati.

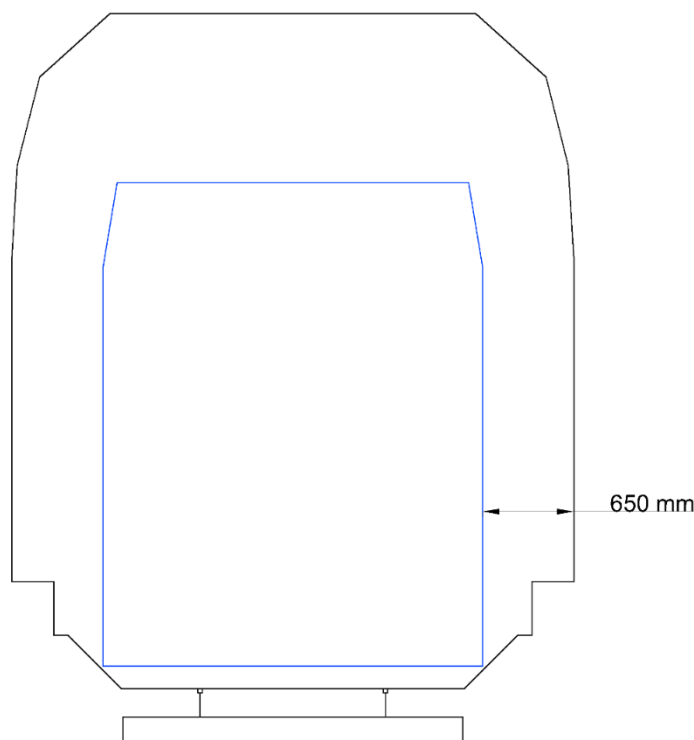


Obr. 20: Obrys pro tramvajové vozidlo



Obr. 21: Překrytí železničního a tramvajového průřezu s obrysem pro tramvaj

Z obrázku plyne, že Vozidlo Tram-train bude rozměrově odpovídat tramvaji, což umožní jeho provoz v Tramvajové síti. Problém však nastává, pokud bude vozidlo provozováno na železnici. Obrys pro tramvaj je široký 2 700 mm, ale průjezdný průřez Z-GCZ3 je v nejširším bodě široký 4 000 mm. Tento rozdíl způsobí, že obrys je z každé strany menší 650 mm. mezi nástupiště a vozidlem tram-train tak může být vzdálenost až 650 mm.



*Obr. 22: Tramvajový obrys v železničním průřezu*

To komplikuje umístění nástupišť pro nástup do takového vozidla. Rozdílná je i výška nástupišť. Zatím co pro železniční stanice a zastávky nařizují TSI budovat nástupiště vysoká 550 mm, běžná výška nástupní hrany tramvajové zastávky je 180 mm. Je tak nutné na železniční síti budovat zvlášť nástupiště pro železniční vozidla a zvlášť pro tram-trainy. Ale spodní část průjezdného průřezu Z-GCZ3 je dole užší. Díky nižší výšce nástupišť by bylo možné je umístit až ke kolejím tak, aby cestující mohli do tramvaje nastoupit. Nástupiště by do průřezu nezasahovalo. Toto řešení však není možné použít. Pokud by se cestující pohybovali po kraji takového nástupiště, svým tělem by se již dostali do průřezu pro vozidlo a byla by tak zásadně ohrožena jejich bezpečnost. Je tedy nutné použít jiné řešení.



*Obr. 24: Vlak a tramvaj na jednom nádraží v Kasselu, ilustrace rozdílnosti nástupišť pro vlaky a tramvaje (Zdroj: IDSK)*

Jedno z možných řešení se dá najít v Německu na železniční trati Kassel - Waldkappel. Tuto železniční trať společně sdílí nákladní železniční doprava a provoz tram-trainů. Na této trati se nacházejí zastávky obsluhované pouze Tram-trainy. Šířkový rozdíl mezi nástupními dveřmi do vozidla a nástupištěm je eliminován tím, že na zastávkách jsou umístěná kolejová rozvětvení. U nástupišť se tak nachází několik kolejí vložených do sebe. Vlak tímto místem projede po hlavní koleji, tram-trainy sjedou do strany tak, aby se přiblížili k nástupišti a mohli tak zastávku obsloužit.



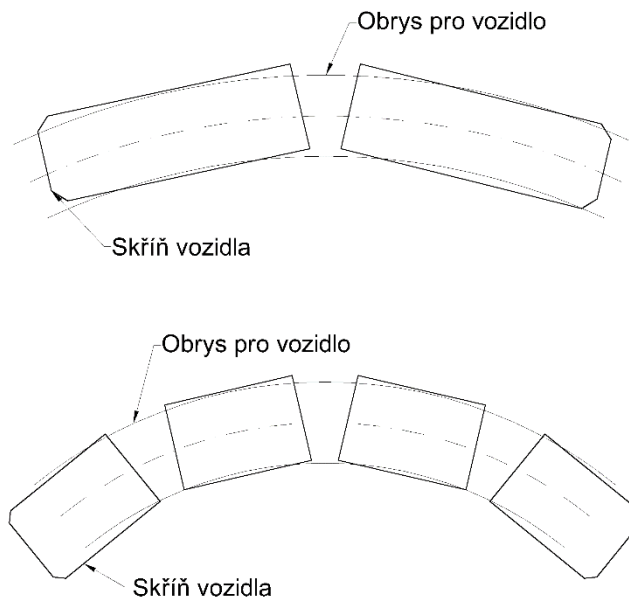
*Obr. 23: Více kolejná vlakotramvajová zastávka na trati Kassel – Waldkappel (Zdroj: Bahnbilder)*



Obr. 25: Vlakotramvajová zastávka na trati Kassel – Waldkappel (Zdroj: Bahnbilder)

### Poloměr oblouků

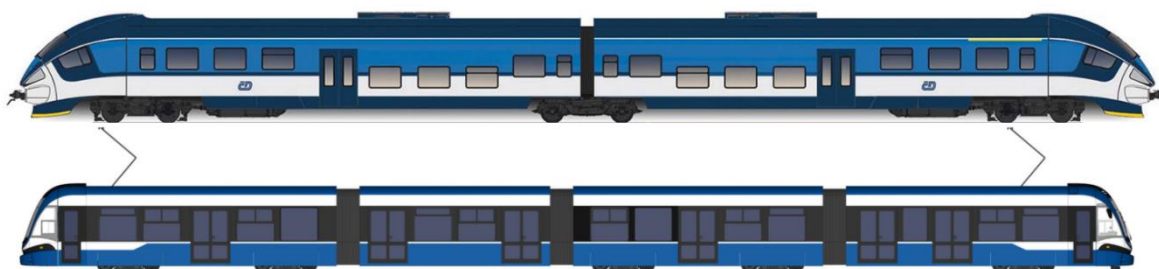
Jak již bylo zmíněno výše, důležitou roli v průchodnosti trati hraje i poloměr oblouků. Vozidlo se při průjezdu obloukem vychyluje svým středem na vnitřní stranu oblouku a svými konci na vnější stranu oblouku. Vozidlo má však vymezený obrys, přes který nesmí přesahovat. Skříň vozidla tak musí být buď tvarově přizpůsobena nebo celkově zúžena, aby požadavek splnila. v obloucích o menším poloměru je přesah vozidla větší. Aby se předcházelo zbytečnému zúžování vozidla, vozidlo, které je určeno pro průjezd oblouky o menších poloměrech, se konstruuje z kratších článků s menší vzdáleností podvozků. Články se mohou vůči sobě natáčet. To umožní vozidlu průjezd i oblouky o menším poloměru.



Obr. 26: Vozidla z většího a menšího počtu článků při průjezdu oblouky o různých poloměrech

Nejmenší povolený poloměr oblouků na českých regionálních tratích je 150 m. Tuto

hodnotu stanovuje Stavební a technický řád drah. Jelikož mnoho tratí bylo postaveno před mnoha desetiletími podle jiných předpisů, ne všechny tratě tento požadavek splňují a můžeme se tak setkat i s poloměry oblouků 120 až 150 m. Jde zejména o tratě číslo 202 Tábor Bechyně a 195 Rybník - Lipno nad Vltavou. Minimální poloměry oblouků na tramvajových tratích jsou pak 18 metrů. Tram-trainy tedy musí být schopny takhle malými oblouky projet. Aby bylo takové vozidlo schopno takhle malými oblouky projet, je nutné ho konstruovat z většího množství krátkých článků. Vozidlo tak musí mít více podvozků a přechodových měchů, které patří k dražším součástím celého vozidla a jeho cenu tak znatelně zvyšují.



*Obr. 27: Porovnání konceptu tramvaje a regionální jednotky (Obrázky z webu Pesy)*

Obrázek výše tuto skutečnost ilustruje. Obrázek znázorňuje motorovou jednotku řady 844 (RegioShark) od polského výrobce kolejových vozidel Pesa Bydgoszcz. pod ním je čtyřčlávková tramvaj Twist stejného výrobce. Obě vozidla jsou prakticky stejně dlouhá. RegioShark měří 43,73 m, Twist 42,83 m. Je tedy kratší o pouhých 90 cm. Je vidět, že motorová jednotka řady 844, která nejezdí tak malými oblouky jako tramvaje, je složena ze dvou článků dlouhých zhruba 21 m, má jeden přechodový měch a tři podvozky. Naproti tomu stejně dlouhá tramvaj je sestavena ze čtyř zhruba 9 až 10 metrů dlouhých článků, s třemi přechodovými měchy a pěti podvozky. Je tedy konstrukčně složitější.

### **3.3 Rozměry a profil kol**

Dalším technickým aspektem, který je odlišný pro železniční vozidla a pro tramvaje jsou rozměry a profil kol. Profil tramvajového kola se od železničního liší. Je to dané především podmínkami provozu a odlišnostmi tratí. Návrh tramvajových kol počítá s provozem ve žlábkových kolejnicích a s faktem, že tramvajová trať je zalita do asfaltu nebo zastavěná dlažbou, případně BKV panely. Rozdíl je pak především v rozměrech okolku

tramvajového kola, který je menš, než okolek kola železničního.

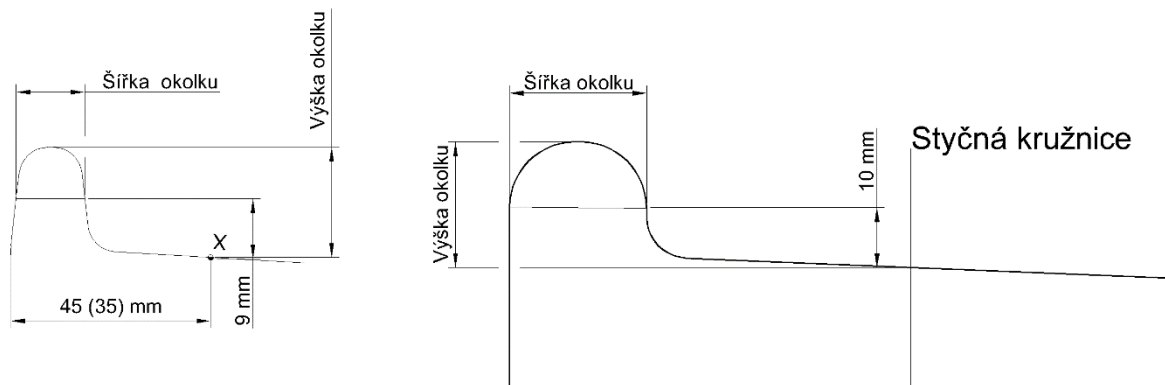
Tab. 16: Porovnání důležitých rozměrů železničního a tramvajového kola

<b>Rozměr</b>	<b>Železniční kolo</b>	<b>Tramvajové kolo</b>
Jmenovitá výška okolku	28	---
Minimální výška okolku	27	10 (resp. 16)
Maximální výška okolku	36	---
Šířka okolku	32,5 (27,5)	---
Minimální šířka okolku	25	8
Šířka rozkolí	1360	1380 (u DPMB)
Maximální rozchod dvojkolí	1426	1430

Jak je vidět ze srovnávací tabulky výše, rozměrové požadavky na kola vlaků a tramvajů jsou odlišné. To má význam zejména při průjezdu výhybkami. Hodnoty pro tramvajové kolo jsou v tabulce uvedeny pro rozchod koleje 1435 mm, který je běžný jak na české železnici, tak v tramvajových systémech v České republice. Všech sedm českých tramvajových sítí má normální rozchod kolejí 1435 mm, včetně trati mezi Libercem a Jabloncem nad Nisou, která při rekonstrukci v letech 2021 až 2024 prošla změnou z úzkého rozchodu 1 000 mm na normální 1 435 mm a byla poslední úzkorozchodnou tramvajovou tratí v Česku. Pro okolek tramvajových tratí udává provozní řád drah několik rozměrů. Rozměry uvedené v tabulce jsou pro tramvajové tratě se žlábkem a jsou tedy nejpřísnější. Minimální výška okolku tramvajového kola 16 mm platí pro širokopatní kolejnice. Co se týče šířky okolku železničního kola hodnota 32,5 mm je pro kolo o průměru větším než 840 mm, hodnota 27,5 mm pak pro menší kolo.

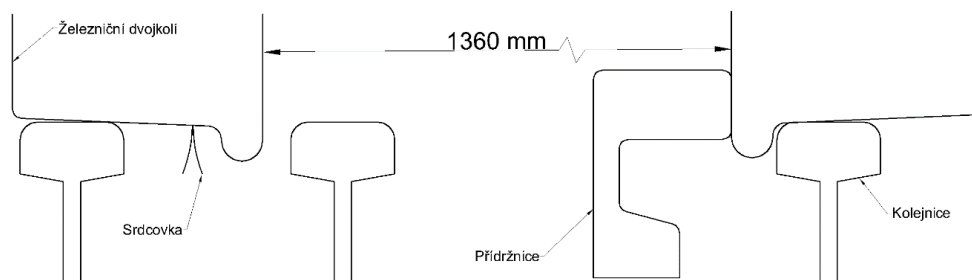
Je důležité zmínit, že rozměry okolků se na železničním kole měří jinak, než na kole tramvajovém. Výška okolku železničního kola se měří od styčné kružnice, šířka se měří ve výšce 10 mm nad styčnou kružnicí. na tramvajovém kole je po té stanoven bod X. Ten

leží na oběžné ploše neopotřebovaného kola 45 mm od vnitřní strany věnce (kolo s křivkovým profilem). Výška okolku se měří od bodu X, šířka okolku se měří ve výšce 9 mm nad bodem X.



Obr. 28: Měření rozměrů okolku tramvajového (vlevo) a železničního (vpravo) kola

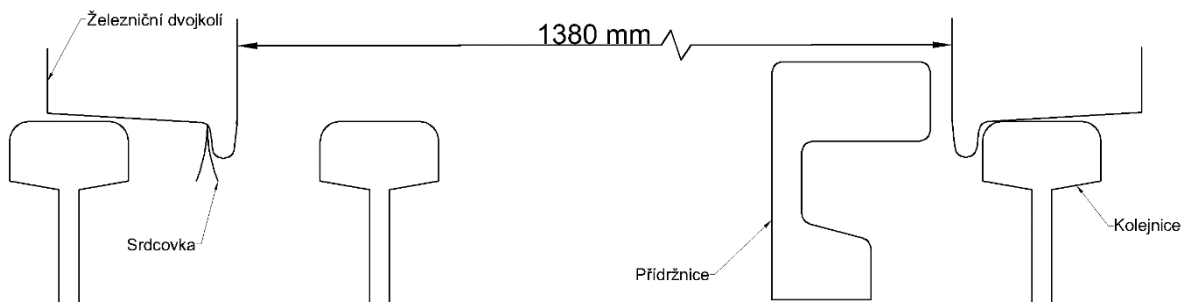
Velmi důležitý rozměr, který úzce souvisí s průjezdem dvojkolí výhybkou je rozkolí. Okolek i šířka tramvajového kola jsou užší, tím pádem rozkolí tramvajového kola je větší. Hodnota rozkolí železničního kola normálního rozchodu je 1360 mm, rozkolí tramvajového dvojkolí normálního rozchodu je například u Dopravního podniku města Brna (DPMB) 1380 mm. Tento rozměr je zásadní pro průjezd dvojkolí výhybkami. U železniční výhybky v oblasti srdcovky je z vnitřní strany vnější kolejnice umístěna přídržnice. Tato přídržnice přesně vymezuje polohu kola při průjezdu výhybkou. Dvojkolí má tak omezený příčný pohyb v koleji. Okolku je tímto zabráněno, aby vjel na srdcovku. Tím se předchází zbytečnému opotřebovávání a poškozování srdcovky či v horším případě vykolejení vozidla.



Obr. 29: Průjezd železničního dvojkolí výhybkou s přídržnicí

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

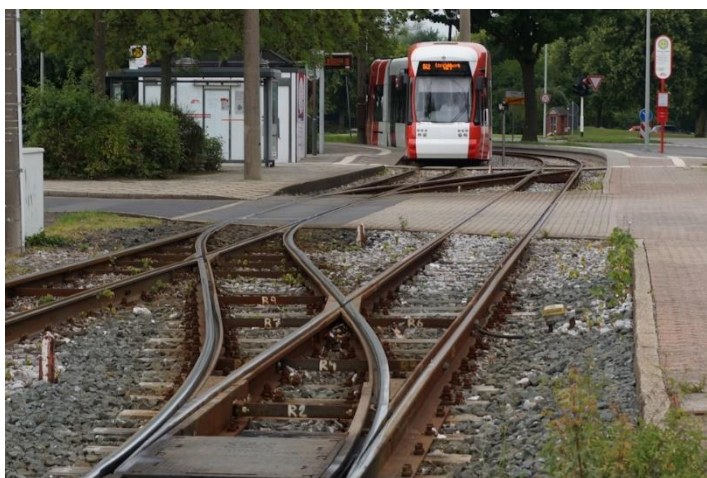
Problém je pak u tramvajových dvojkolí. Díky užšímu kolu a většímu rozkolí, je systém přídržnic pro takové dvojkolí nefunkční. Užší kolo se mezi kolejnicí a přídržnicí může stále příčně pohybovat. Najíždění okolků na srdcovku tak není eliminováno. Systém přídržnic se u tramvajových výhybek nepoužívá kvůli umístění nad temenem kolejnice. Tyčily by se tak nad povrch vozovky.



*Obr. 30: Průjezd tramvajového dvojkolí výhybkou s přídržnicí*



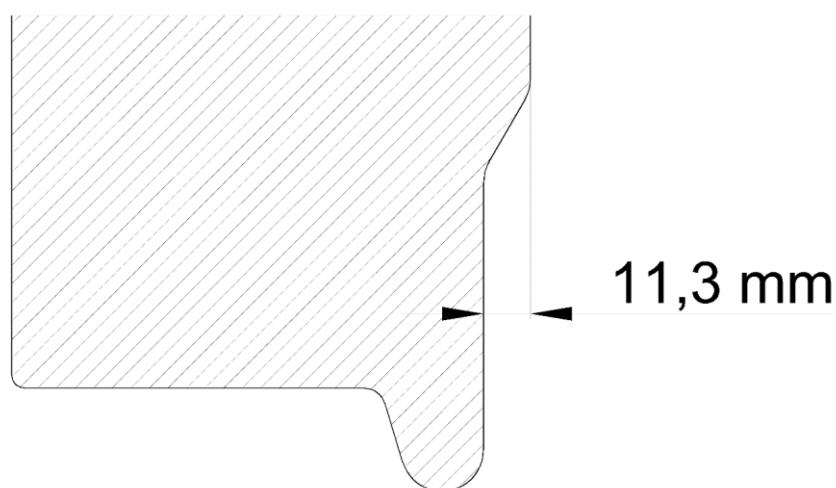
*Obr. 31: Výhybka s přídržnicí, ilustrační foto*



*Obr. 32: Tramvajová výhybka s žlábkou (Zdroj: dtvs.cz)*

U tramvajové trati se pro vedení dvojkolí využívají žlábkové kolejničky. Tramvajové dvojkolí musí těmito žlábkami projít, má tedy užší okolkou. Zároveň je ale nutné, aby tramvajové kolo mělo omezený pohyb ve výhybce, pokud vlakotramvaj je provozovaná na železniční síti.

Podobný problém měli jednotky Golden-pass Express ve Švýcarsku. Golden-Pass Express je jeden ze švýcarských panoramatických vlaků spojující Montreux, Zweisimmen a Interlaken. Tato trasa je specifická svou změnou rozchodu koleje. z Interlaken do Zweisimmenu má trať normální rozchod 1 435 mm, dále do Montreux u Ženevského jezera je pouze úzký metrový rozchod. Kromě změny rozchodu je specifické i to, že úzkorozchodný úsek je stavěn stejně, jako tramvajová infrastruktura. od prosince 2022 jezdí v celé trase nové soupravy, které dokáží měnit rozchod. Protože v úseku ze Zweisimmenu do Montreux jede souprava po tramvajových kolejkách, je nutné infrastrukturu přizpůsobit i profil kol a rozměry okolků. Právě ve Švýcarsku řešili problém tím, že vedení dvojkolí jednotek přídržnicemi nefungovalo a docházelo tak k poškození srdcovek. Řešení tohoto problému pochází z vlakotramvajového provozu v Karlsruhe. v Karlsruhe obdobný problém byl vyřešen tím, že kola jsou nad okolkem blíže u středu rozšířena. Byly tak zachovány menší rozměry okolků nutné pro průjezd žlábků na tramvajové síti a zároveň zmenšeno rozkolí a tím dosaženo funkčnosti vedení přídržnicemi.



*Obr. 33: Vlakotramvajové kolo s malým okolkem uzpůsobené pro průjezd výhybkou s přídržnicemi*



Obr. 34: Jednotka Golden-Pass Express mezi Zweisimmenem a Montreux (Zdroj: TTG.cz)

### **3.4 Dovolené zatížení tratí**

Čtvrtým technickým aspektem, který je při provozu vlakotramvají nutné zohlednit je maximální povolené zatížení na nápravu na určitých tratích. Vozidla určená pro provoz na regionální dráze musí plnit podmínky zátěžové třídy a (max. 16 t na nápravu, 5 t na m délky vozidla) U tramvají je tato hranice nižší, běžně se maximální povolené zatížení pohybuje od 8 do 11 tun na nápravu.. i přesto, že jsou tramvaje lehké, je nutné počítat s tím, že modifikace tramvají pro provoz na železnici zvýší jejich hmotnost. do hmotnosti vlakotramvají se promítne zvýšení pevnosti a kolizní odolnosti, kvůli které je třeba konstrukci vyztužit, výrazný je také vliv elektrotechnických zařízení umožňujících vozidlo provozovat v železničních napájecích systémech. Hmotnost může také zvýšit případné umístění WC, které taková vozidla mohou mít. Při návrhu tram-trainu je nutné dodržet maximální dovolené nápravové zatížení pro tramvajovou síť.

### **3.5 Napájení kolejových vozidel**

I přesto, že způsob napájení vozidel tram-train a běžných kolejových vozidel není tématem této práce, jedná se o klíčový technický aspekt, kterému se při zavádění lehkého kolejového provozu bude nutné také věnovat. Napájecí systémy železnice a tramvajových sítí se liší. Zatímco tramvajové tratě v Česku jsou běžně napájené stejnosměrnou trakční soustavou s napětím 600 V, na železnici je napájecí soustava nejednotná. Vedle preferované střídavé napájecí soustavy 25 kV 50 Hz, je nejrozšířenější stejnosměrná napájecí soustava s napětím 3 kV. Kromě dvou dalších napájecích soustav, které jsou však velmi ojedinělé (1,5 kV DC trať Tábor - Bechyně a 15 kV 16,7 Hz AC trať ze Znojma na jih

do Rakouska) jsou přibližně dvě třetiny českých tratí neelektrifikované. Správa železnic aktuálně pracuje na postupném převedení české železnice na napájecí soustavu 25 kV, 50 Hz AC. na ní by do roku 2040 měly postupně přejít všechny tratě napájené soustavou 3 kV DC. Všechny nové projekty na elektrizaci jednotlivých tratí počítají s tím, že nově elektrifikované tratě budou napájeny již střídavou soustavou, nebo aspoň počítají s budoucím přepnutím. Nabízí se tedy otázka, jak vozidla tram-train pohánět.

Jelikož velká část provozu vlakotramvajů najde své uplatnění spíše na málo vytížených neelektrifikovaných tratích, je otázka jejich napájení velmi zásadní. Vlaky, které dnes těchto tratích jezdí, mají dieslový pohon, který ovšem není perspektivní a nová vozidla s tímto pohonem přestávají výrobci postupně vyvíjet. Vystává tedy otázka, jak tyto tramvaje napájet. Zda zvolit alternativní druh pohonu nebo trať elektrifikovat.

Jako první možnost se nabízí tyto tratě elektrifikovat. Otázkou je, zda střídavou soustavou, která je preferovaná i Správou železnic, či tyto tratě z tohoto záměru vyjmout a využít napájení 600 V, které tramvaje dnes využívají. Stejnoseměrné napájení má nevýhodu v tom, že jeho přenos není příliš efektivní a na trati by bylo nutné umístit větší množství napájecích stanic. na straně druhé to je trakce, pro kterou jsou tramvaje navrhované a ve městě i na železnici by jezdily pod jednotným napětím. ve městech se tento způsob napájení osvědčil, protože tramvaje je tak možné napájet z městské sítě, která je za vedena do všech budov ve městě nebo ji využívá veřejné osvětlení. Mimo město ale tento zdroj není. Napájení touto soustavou není také perspektivní z hlediska požadavků na interoperabilitu. Cílem tohoto provozu je zachovat tratě napojené do železniční sítě, musí tedy splňovat požadavky TSI.

Další možnost tedy využít železniční napájecí soustavu, a to preferovanou 25 kV, 50 Hz. Nevýhodou střídavého napájení je to, že tramvaje bude nutné vybavit pro provoz na dvou napájecích soustavách, což si vyžádá nutnost do takových vozidel umístit transformátor a další komponenty, což vozidla prodraží, ale stavba a provoz takové napájecí sítě je levnější. Výrobci navíc mají s podobnými vozidly zkušenosti, protože jak běžná železniční vozidla, tak i vlakotramvaje jsou často vyráběny jako vícesystémové.

Třetí možností je provoz v nezávislé trakci. Perspektivní jsou alternativní pohony jako vodík, či baterie. v takových případech bude nutné vybudovat vodíkové plnicí stanice nebo napájecí body na trati pro dobíjení baterií.

Nejreálnější se jeví v podstatě dvě možnosti. Buď tratě, kde bude provoz tram-trainů zaveden, elektrifikovat soustavou 25 kV, 50 Hz a zachovat tak jednotnost ze zbytkem železniční infrastruktury, anebo provoz vozidel vybavených bateriemi. v obou případech bude nutný zásah do železniční infrastruktury. v případě bateriového provozu nebude nutné budovat trakční vedení v celé délce tratí, ale zase se tím prodraží nákup vozidel. Možnou alternativou je i kombinace těchto druhů pohonu. Vozidlo může při jízdě pod trolejemi dobíjet baterii a nemusí čekat v dobíjecích místech.

## **4 Porovnání vozidel tram-train a železničních vozidel**

Železniční vozidla a vozidla tram-train jsou dvě odlišné koncepce. Vozidlo tram-train kombinuje tramvaj a železniční vozidlo, i když se jedná spíše o tramvaj. Za tím co železniční vozidlo je určeno pro obsluhu železniční sítě, vozidlo tram-train je primárně určeno pro obsluhu města a blízkého okolí s možností zajíždět na železnici. Jeden z hlavních rozdílů je to, že na vozidla tram-train se nevztahují TSI a jejich provoz a schvalování evropská legislativa nereguluje, pouze klade podmínku, že provoz takových vozidel nesmí ohrozit bezpečnost železničního provozu.

Další odlišnosti jsou především technické. Železniční vozidlo je konstruováno v jiné kolizní konstrukční kategorii než tram-train, je tak při kolizi odolnější. Tramtrain je menší a má nižší nástupní hranu. Kvůli schopnosti projet oblouky o velmi malých poloměrech je vozidlo tram-train konstruováno z většího počtu krátkých článků s více přechodovými měchy a více podvozky. Další rozdílností je profil kol. Železniční kola mají velké a široké okolky, kola tramtrainů musí mít okolky menší, aby vozidlo bylo schopné projíždět žlábkovými tramvajovými kolejnicemi. Kola tram-trainů ale musí mít stejně velké rozkolí jako železniční kola, aby byly schopné projet železničními výhybkami. Tram-trainy musí být také lehčí, aby plnily podmínky maximálního dovoleného zatížení tramvajových tratí. Dovolené zatížení železničních tratí je větší. Odlišný je také způsob napájení vozidel. Tram-trainy musí na rozdíl od železničního vozidla být schopny fungovat nejen pod železničními napájecími soustavami, ale také pod tramvajovou napájecí soustavou, kde se používá stejnosměrný proud s výrazně nižším napětím.

## **5 Zhodnocení možností provozu nízkokapacitních kolejových vozidel v ČR**

I přes různé legislativní a technické překážky je neoddiskutovatelné, že jistá forma lehkého či nízkokapacitního provozu má díky husté síti regionálních tratí v Česku velký potenciál. Řešení však není pouze jedno, ale jejich několik a každé je vhodné pro různé situace. na základě možných technických a legislativních požadavků vyplývají tři základní koncepce:

- Provoz nízkokapacitních železničních vozidel splňujících TSI
- Smíšený vlakotramvajový provoz
- Provozní izolace vybraných regionálních tratí

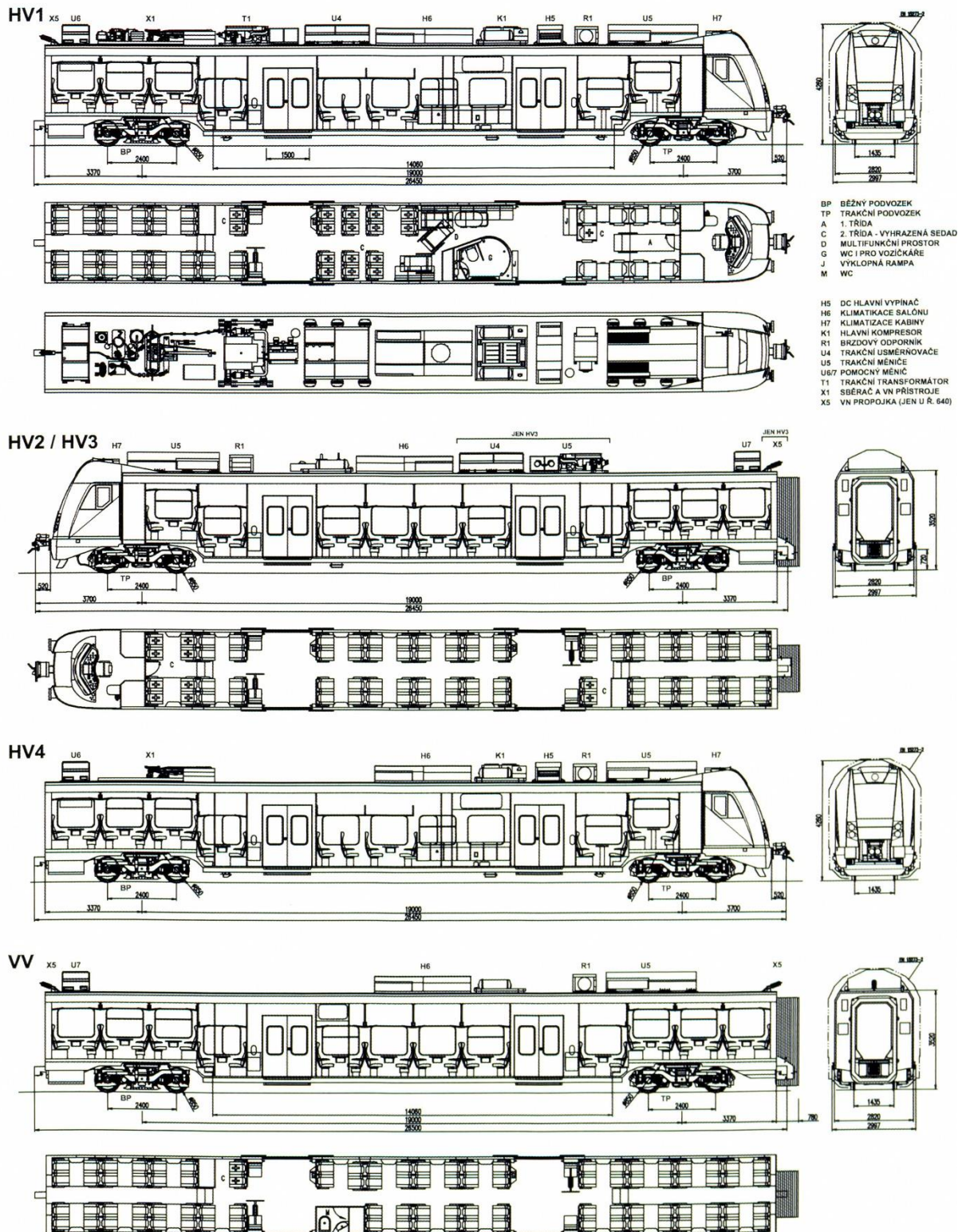
Řešení nízkokapacitního provozu se nabízí několik. Ani jedno není správné ani špatné, každé se hodí pro jinou situaci, záleží na tom, jak moc jsou které tratě důležité i na osídlení v okolí těchto tratí a jejich vedení či na využívání nákladními dopravci.

### **5.1 Provozování a návrh koncepce malého železničního vozidla**

Jako první a technicky nejlépe proveditelná možnost je provoz malých lehkých vozidel, které budou splňovat všechny požadavky TSI. Tyto vozidla sice nebudou moci využívat tramvajovou infrastrukturu, ale na druhé straně nebude ani vyžadován zásadní zásah do současné infrastruktury. v zásadě by se jednalo o výměnu současných starších dožívajících jednotek a vozů za nové. i přesto ale není takové řešení bez překážek. Kromě druhu pohonu, který bude takové vozidlo využívat, je třeba se vypořádat s faktem, že tak malé vozidlo dnes na trhu prakticky neexistuje. To však neznamená, že tento segment vozidel je zcela mrtvý. ve Velké Británii již přes rok jezdí lehké vozidlo RVLr, Stadler pracuje na vývoji podobného modelu RS Zero. Zachování málo vytížených železničních tratí není velké téma pouze v Česku, ale i v dalších Evropských a různí dopravci avizují ochotu se na vývoji takového vozidla podílet. Dá se tedy předpokládat, že tento segment opět ožije.

Nicméně nabídka na trhu je stále malá, a tak je v této práci zpracován návrh koncepce, jak by takové vozidlo mohlo vypadat a jaké by mohlo mít parametry. Cílem návrhu je vzít koncept příměstské jednotky pro regionální dopravu a z její koncepce odvodit její jednovozovou variantu. Cílem není vytvořit podrobný návrh, ale pouze koncepci, na které bude vidět, jaké parametry by takové vozidlo mohlo mít. Jako výchozí je využita elektrická jednotka RegioPanter od české Škody Transportation, konkrétně řady 640 a 650, tedy RegioPanter 1. generace.

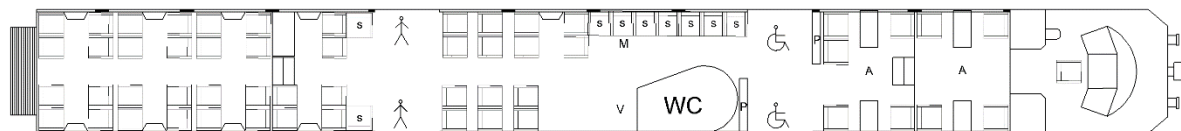
Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**



Obr. 35: Typový výkres elektrické jednotky ř. 640/650 (Zdroj: Dráha)

Tento výkres stanoví základní rozměry vozidla, rozvržení interiéru a umístění komponentů na střeše vozidla. Navržené vozidlo vychází z čelního vozu s WC a 1. třídou.

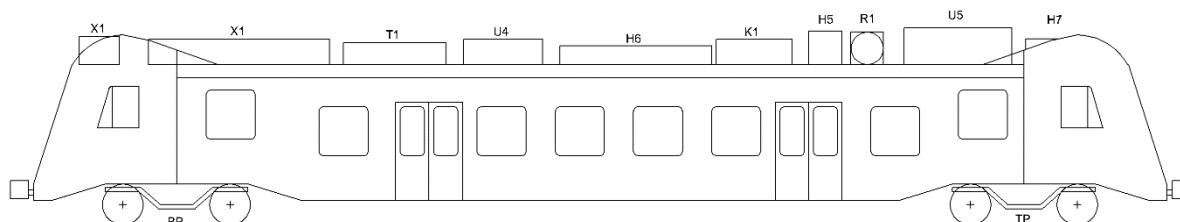
**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**



- A - 1. třída
- s - Sklopná sedadla
- V - Místa pro invalidní vozíky
- M - Multifunkční prostor (Místa pro kola/kočárky)
- P - Zdvihací plošina

Obr. 36: Čelní vůz jednotky 640/650 s WC a multifunkčním oddílem

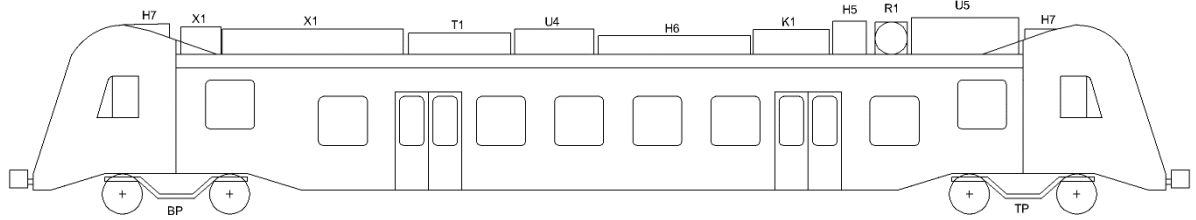
Nejdříve je nutné určit umístění komponentů na střeše vozidla. Na střeše vozidla označeného jako HV1 jsou umístěny všechny komponenty potřebné k provozu vlaku. Komponenty umístěné na ostatních vozech jednotky jsou dále potřeba již jen pro samotný vůz, na kterém jsou umístěny. Odebráním ostatních vozů je tedy možné odebrat i komponenty na jejich střeších. Jediný komponent, který je nutné na střechu jednovozového vlaku přidat je klimatizační jednotka pro druhou kabinu strojvedoucího. Rozmístění komponentů na čelním hnacím voze není možné převzít stejně, jako je tomu na schématu. Komponenty by se takto na střechu nevešly.



- TP - Trakční podvozek
- BP - Běžný podvozek
- H5 - DC hlavní vypínač
- H6 - Klimatizace interiéru
- H7 - Klimatizace kabiny
- K1 - Hlavní kompresor
- R1 - Brzdový odporník
- U4 - Trakční usměrňovač
- U5 - Trakční měnič
- U6 - Pomocný měnič
- T1 - Trakční transformátor
- X1 - Sběrač

Obr. 37: Obousměrný vůz s původním rozložením střešních komponentů

Mezi komponentami je však volný prostor. v případě, že komponenty budou umístěny blíže k sobě, je možné dosáhnout toho, že komponenty se na střechu vejdu včetně druhé klimatizační jednotky pro kabinu strojvedoucího.



- TP - Trakční podvozek
- BP - Běžný podvozek
- H5 - DC hlavní vypínač
- H6 - Klimatizace interiéru
- H7 - Klimatizace kabiny
- K1 - Hlavní kompresor
- R1 - Brzdový odporník
- U4 - Trakční usměrňovač
- U5 - Trakční měnič
- U6 - Pomocný měnič
- T1 - Trakční transformátor
- X1 - Sběrač

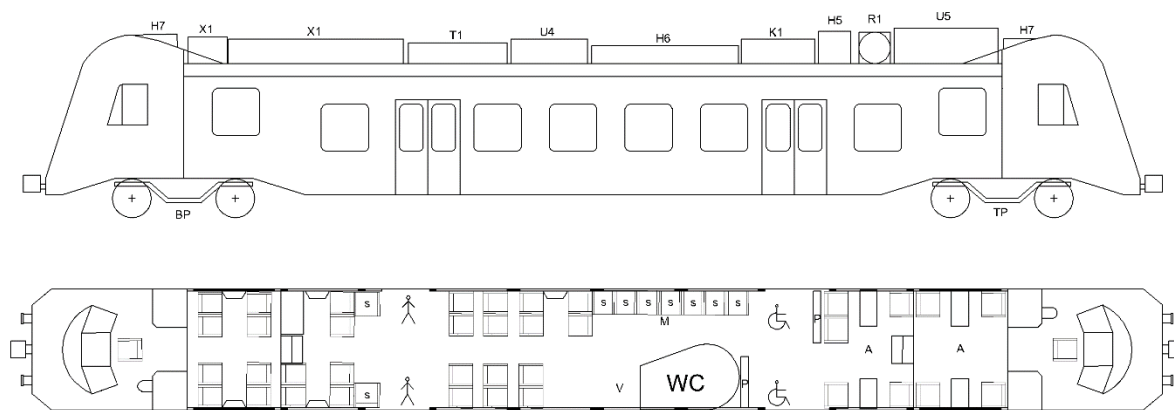
Obr. 38: Obousměrný vůz se změněným uspořádáním střešních komponentů

Dále je třeba navrhnout, jak by mohlo vypadat rozvržení samotného interiéru jednotky.

### Varianta 1

V první variantě nedochází k žádným zásadním změnám. Zde je pouze nahrazen konec vozu s přechodovým měčem tak, že místo čela pro spojení vozů je na konci umístěna kabina strojvedoucího. S typového výkresu jednotky na začátku kapitoly je vidět, že na straně, na které se nachází přechodový měch, jsou nad podvozkem tři "bloky" sedadel u tří oken na každé straně. Celkem zde je umístěno 24 sedadel. Na druhém konci vozu, kde je kabina strojvedoucího, se nachází nad podvozkem pouze jeden "blok" o 8 sedadlech. Zbylé místo zabírá čelo vozu s kabinou strojvedoucího. Druhá kabina je tedy na voze umístěna na úkor 16 míst k sezení. Ve voze tak bude 28 pevných sedadel a 9 sklopných ve druhé třídě. V první třídě pak dalších 9. To dává vozidlo o kapacitě 46 míst k sezení, tedy vozidlo o kapacitě většího příměstského autobusu. Cílem dalších variant tedy bude najít co nejvíce způsobů, jak počet míst zvýšit při respektování norem TSI, zejména TSI PRM, které kladou požadavky na podobu interiéru vozidel a jejich přístupnost pro cestující s omezenou schopností pohybu a orientace.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**



- |   |                            |
|---|----------------------------|
| A - 1. třída                                      | H7 - Klimatizace kabiny    |
| s - Sklopná sedadla                               | K1 - Hlavní kompresor      |
| V - Místa pro invalidní vozíky                    | R1 - Brzdový odporník      |
| M - Multifunkční prostor (Místa pro kola/kočárky) | U4 - Trakční usměrňovač    |
| P - Zdvihací plošina                              | U5 - Trakční měnič         |
| TP - Trakční podvozek                             | U6 - Pomocný měnič         |
| BP - Běžný podvozek                               | T1 - Trakční transformátor |
| H5 - DC hlavní vypínač                            | X1 - Sběrač                |
| H6 - Klimatizace interiéru                        |                            |

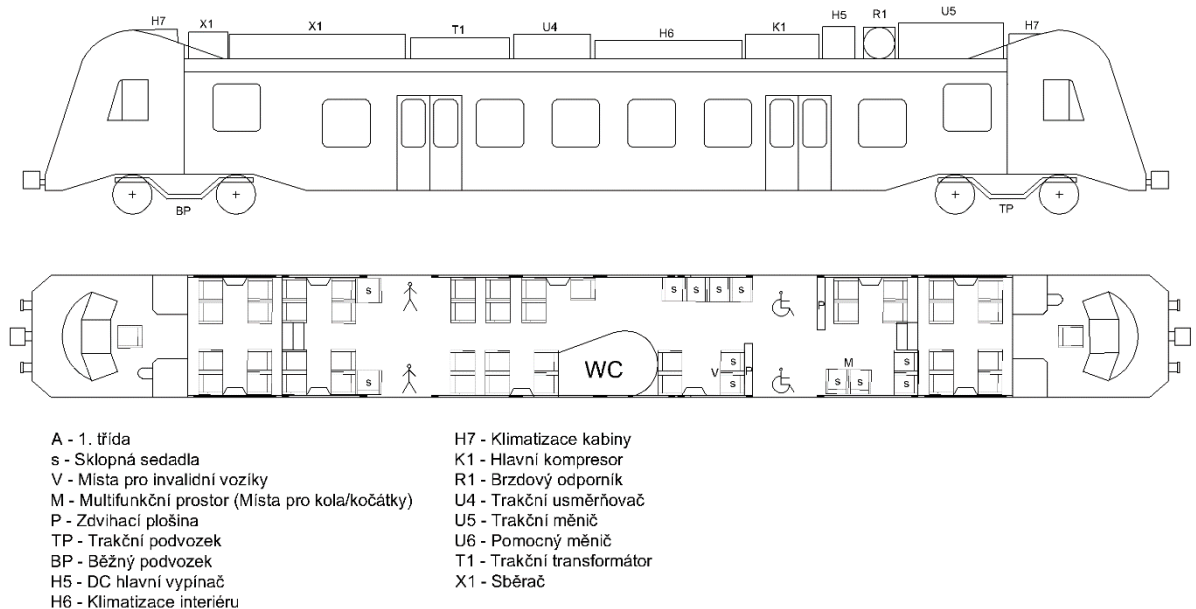
Obr. 39: Schéma varianty 1

## Varianta 2

V této variantě je zvýšen počet míst k sezení reorganizací interiéru. v první řadě je zrušena 1. třída. Umístění první třídy ve vlaku je sice otázka požadavků dopravců případně objednavatelů veřejné dopravy, ovšem v případě, že cílem je návrh vozidla, které má primárně cestující rozvést do blízkého okolí konkrétní tratě, není nutné předpokládat, že cestující budou v tomto vozidle trávit dlouhou cestu a 1. třídu tak není nutné do vlaku umisťovat. Jejím zrušením dojde ke zvýšení kapacity. Sedadla pro druhou třídu jsou totiž užší, není třeba sedadla uspořádat jako 2+1, ale jako 2+2. Jako druhý krok je změněno umístění WC. v původním voze cestující na invalidním vozíku musí od dveří WC objet, aby se dostal na místo pro vozíčkáře. v místech, kde se předpokládá, že tudy bude vozíčkář projíždět, je nutné mít širší uličku a místo pro otočení vozíčku. Cílem tohoto řešení je tedy prostor, kudy bude vozíček projíždět co nejvíce zmenšit. Tedy místo pro invalidní vozík umístit co nejblíže k nástupním dveřím a co nejblíže u toalety. Vedle WC jsou tak umístěny 4 sedadla naproti sobě. Dvě sedadla u nástupních dveří jsou sklopná. v místě sklopných sedadel je místo pro invalidní vozík. v případě, že vozidlo nebude v danou chvíli přepravovat žádného vozíčkáře, místo mohou využít běžní cestující k sezení. Multifunkční oddíl byl pak přesunut vedle nástupních dveří na místo, kde původně byla sedadla první třídy. Původní umístění bylo totiž naproti WC ve zúženém prostoru. To je poměrně nepraktické, protože umístění jízdních kol či kočárků do tohoto

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

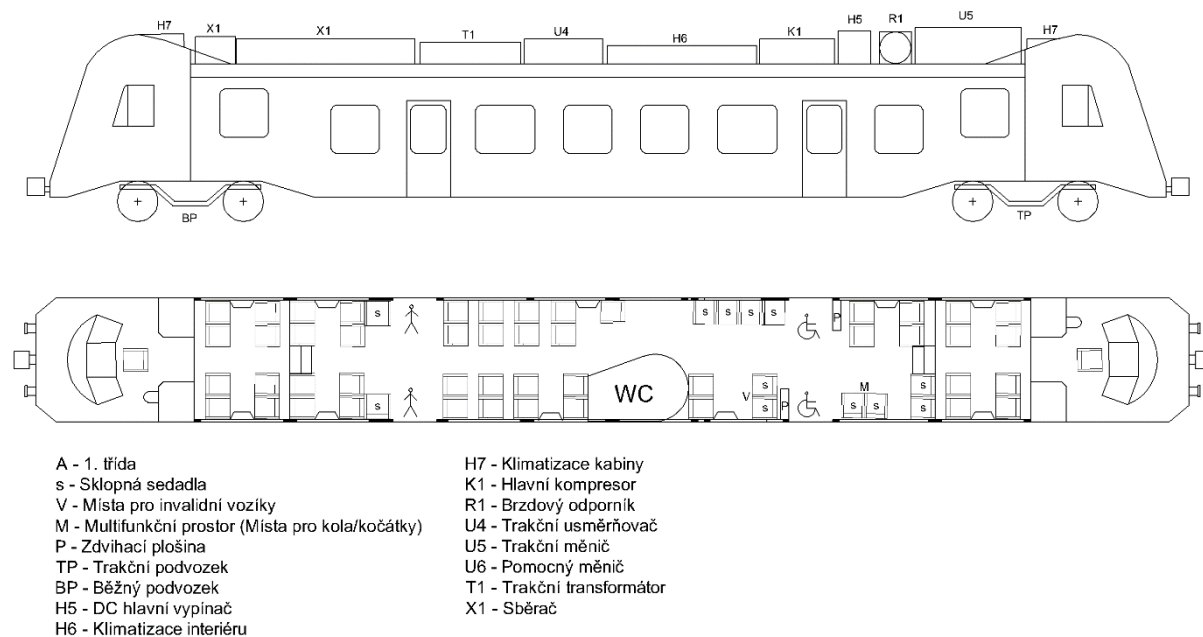
prostoru zhoršuje průchodnost vlakem. v místě multifunkčního oddílu jsou opět dvě sklopná sedadla, na která se mohou v případě nevyužití prostoru posadit cestující. Počet míst je takto zvýšen na 55 sedadel, z toho 12 sklopných.



Obr. 40: Schéma varianty 2

### Varianta 3

V této variantě jsou zúžené dveře. Jelikož pro případ poruchy jedné dveří je vhodné, aby na každé straně vlaku byly aspoň dvojce dveře a cestující mohli v takovém případě vystoupit. Není tak možné jedny dveře ubrat, ale je možné je zúžit. Místo dvou dvukřídlých dveří širokých 1 500 mm, bude vlak mít dvojce jednokřídlé dveře široké 1 000 mm. To umožňuje prodloužit prostor mezi dveřmi o jeden metr a přidat čtyři pevná sedadla. Počet míst se tak zvýší na 59.

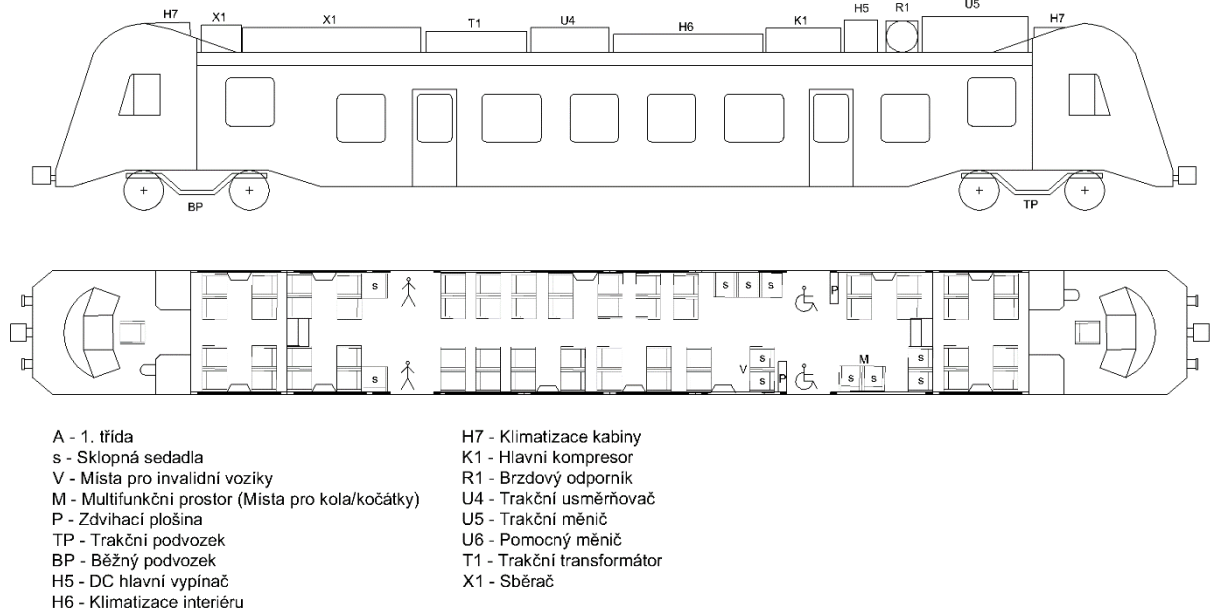


Obr. 41: Schéma varianty 3

#### Varianta 4

V této variantě je zvýšena kapacita odstraněním WC. Pokud je WC ve vlaku, minimálně jedno musí být bezbariérové. Zabírá tak poměrně mnoho místa. Předpoklad je, že cestující, kteří budou takovýmto nízkokapacitním vozidlem jezdit, budou cestovat pouze krátkou dobu na kratší vzdálenosti, podobně jako jezdí v regionálních nebo městských autobusech, nebo v tramvaji. Ty však také WC nemají. Není tak nutné ho mít ani v takovém vozidle. WC je ovšem požadavek dopravců a objednatelů a je velmi pravděpodobné, že variantu bez WC odmítnou, ovšem touto variantou je demonstrována změna míst k sezení ve vlaku a proto je nutné jí uvést. Přímo odstraněním WC vznikne prostor pro 6 sedadel. Další prostor vznikne v důsledku změny uspořádání sedadel v okolí. Díky tomu, že WC je široké a zasahuje přes uličku a tomu, že není třeba již příjezdový prostor pro vozíčkáře, uvolní se zde místo pro umístění dalších sedadel. Může být nahrazena i část sklopných sedadel komfortnějšími pevnými. Celkový počet míst se tak zvýší na 67 z toho 11 míst bude sklopných.

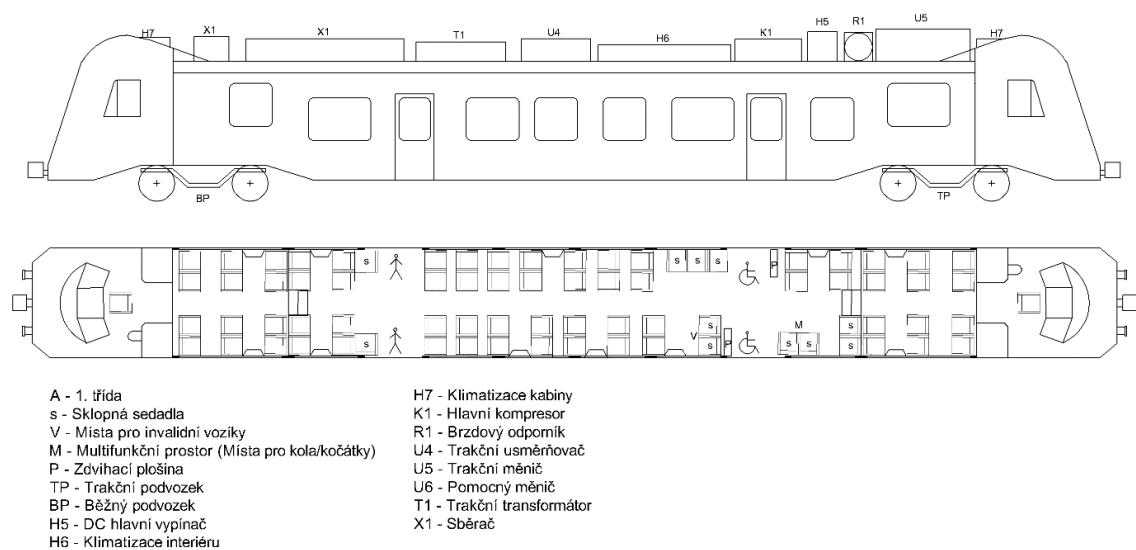
**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**



Obr. 42: Schéma varianty 4

**Varianta 5**

Pátá varianta se zabývá zvýšením počtu míst prodloužením skříně vozu. Prodloužením vozu se nijak nemění rozměry kabin, zvětší se tak prostor pro cestující. Délka vozu se zvýší z 26,5 metru na 28 metrů. Rozvor vozidla však zůstane zachován na délce 19 metrů, nový prostor tak bude ve vyvýšených částech vozů nad podvozky. Délka prostoru pro cestující se tak zvětší o více než 1,5 metru. To umožní nad každý podvozek umístit další 4 sedadla. Celkem tedy se kapacita zvýší o 8 míst na 75 míst k sezení.



Obr. 43: Schéma varianty 5

### **Výpočet zúžení skříně vlivem náklonu**

Kvůli průjezdnému průřezu a obrysu pro vozidlo, které je nutné respektovat, je potřeba zúžit skříně vozidla. Není nutné zužovat celou skříně, ale pouze konce, které by mohly při jízdě obloukem překročit obrys pro vozidlo. Zúžení na středu skříně není nutné počítat, jelikož vzdálenost otočných čepů podvozků, který má na toto vliv, zůstává stejný. Na středu skříně tak vozidlo se svojí šířkou 2 820 mm obrys pro vozidlo nepřesahuje. To neplatí o koncích skříně. Je tedy nutné určit, jak velké toto zúžení bude.

Pro výpočet bude nutné znát následující hodnoty:

$R = 250\,000$  mm (referenční poloměr oblouku)

$L_v = 28\,000$  mm (délka vozidla)

$a = 19\,000$  mm (vzdálenost otočných čepů podvozků)

$n_{ax} = 4\,500$  mm (vzdálenost čela od otočného čepu podvozku)

$L_s = 520$  mm (délka spřáhla)

$b = 2\,820$  mm (šířka vozidla)

$p = 2\,400$  mm (rozvor podvozku)

$\sigma_{max} = 27,5$  mm (volný kanál koleje)

$w = 60$  mm (zúžení způsobené vůlí mezi skříní a podvozkem)

$O_v = 3\,290$  mm (základní šířka obrysu pro vozidlo)

$h = 4\,260$  mm (výška vozidla nad TK)

$h_c = 500$  mm (výška pólu náklonu skříně)

$s = 0,3$  (součinitel náklonu skříně)

Na zúžení skříně má vliv několik faktorů, ať už to je náklon skříně, styk kola s kolejnicí, vůle mezi skříní a podvozkem nebo to, že vozidlo nesmí překročit obrys pro vozidlo. Některé hodnoty jsou konstantně dané, jiné vlivy je třeba vypočítat.

Zúžení vlivem radiálního stavění podvozku:

$$\Delta_p = \frac{p^2}{8R} = \frac{2\,400^2}{8 \cdot 250\,000} = 2,88 \text{ mm} \quad (1)$$

Další je třeba spočítat zúžení konců skříně vlivem průjezdu oblouku:

$$\begin{aligned} \Delta_a &= \frac{a \cdot (n_{ax} - L_s) + (n_{ax} - L_s)^2}{2 \cdot R} \\ &= \frac{19\,000 \cdot (4\,500 - 520) + (4\,500 - 520)^2}{2 \cdot 250\,000} \\ &= 182,92 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2)$$

Dalším faktorem je zúžení vlivem příčných vůlí:

$$\begin{aligned} v_a &= (\sigma_{max} + w) \cdot \frac{a + 2 \cdot (n_{ax} - L_s)}{a} \\ &= (27,5 + 60) \cdot \frac{19\,000 + 2 \cdot (4\,500 - 520)}{19\,000} \\ &= 124,16 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3)$$

Ve zúžení skříně se také projeví náklon skříně vozidla při jízdě obloukem. Je pro to nutné zohlednit i zúžení tímto vlivem:

$$z = \frac{s}{30} \cdot (h - h_c) = \frac{0,3}{30} \cdot (4\,260 - 500) = 37,6 \text{ mm} \quad (4)$$

Po výpočtu jednotlivých hodnot zúžení způsobených jednotlivými vlivy, je možné určit celkové zúžení skříně:

$$\begin{aligned} E_a &= \Delta_a - \Delta_p + v_a + z = 182,92 - 2,88 + 124,16 + 37,6 \\ &= 354,33 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5)$$

Výsledná šířka vozidla na konci skříně pak tedy bude:

$$b_a = 0_v - E_a = 3\,290 - 354,33 = 2\,935,67 \text{ mm} \quad (6)$$

Výsledná šířka skříně vozu na koncích může být maximálně 2 935,67 mm. Jelikož šířka skříně jednotky řady 650, ze které návrh vychází, je 2 800 mm, maximálně povolená šířka je stále větší než skutečná šířka vozidla. Konce skříně tak není nutné zúžit.

### **Základní parametry jednotlivých variant**

V tabulce níže jsou uvedeny parametry jednotlivých variant porovnané mezi sebou. Technické parametry, které nejsou přímo ovlivněné koncepcí jednotlivých variant, jako je uspořádání pojezdu nebo výška skříně, vycházejí z jednotky řady 650. Velmi hrubý odhad ceny je pak určena jako 1 500 Kč na každý kilogram hmotnosti tohoto vozidla. Všechny parametry jsou orientační odhad. Otázkou to je především u hmotnosti takového vozidla. Vlaky pro regionální dopravu musí splňovat zatížení náprav pro traťovou třídu a tedy maximálně 16 t na nápravu. Navržený vůz tedy nesmí překročit hmotnost 64 t.

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

Odhadovaná hmotnost v tabulce je sice nižší, ale je otázkou, zda by tomu bylo u takhle dlouhého vozidla i ve skutečnosti. Navíc v okamžiku, kdy toto vozidlo bude plně obsazeno cestujícími, hmotnost 64 t bude překročena. Hmotnost se také bude lišit díky vybavení vlaku. Ovlivní jí to, zda ve vlaku bude umístěno WC či nikoliv, zda vůz bude elektrický se sběračem či bude mít jiný druh pohonu. Hmotnost je tak pouze orientační a je otázkou, pokud je vůbec možné vyrobit čtyřnápravový vlak o délce 28 metrů a zároveň by plnil zátěžovou třídu A.

Tab. 17: Srovnání parametrů jednotlivých variant

Parametry	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5
<b>Původní vozidlo</b>	ČD ř. 640	ČD ř. 640	ČD ř. 640	ČD ř. 640	ČD ř. 640
<b>Uspořádání pojezdu</b>	Bo'2'	Bo'2'	Bo'2'	Bo'2'	Bo'2'
<b>Délka vozidla</b>	26 450 mm	26 450 mm	26 450 mm	26 450 mm	28 000 mm
<b>Délka prostoru pro cestující</b>	19 050 mm	19 050 mm	19 050 mm	19 050 mm	20 600 mm
<b>Šířka</b>	2 820 mm	2 820 mm	2 820 mm	2 820 mm	2 820 mm
<b>Výška skříně nad TK</b>	4 260 mm	4 260 mm	4 260 mm	4 260 mm	4 260 mm
<b>Počet motorů a výkon</b>	2x340 kW	2x340 kW	2x340 kW	2x340 kW	2x340 kW
<b>Počet stanovišť strojvedoucího</b>	2	2	2	2	2
<b>Počet dveří</b>	4 dvoukřídlé	4 dvoukřídlé	4 jednokřídlé	4 jednokřídlé	4 jednokřídlé
<b>Šířka dveří</b>	1 500 mm	1 500 mm	1 000 mm	1 000 mm	1 000 mm

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

			mm		
<b>Počet sedadel ve 2. třídě pevných/sklopných</b>	"28/9"	"43/12"	"47/12"	"56/11"	"60/11"
<b>Sedadel v 1. třídě</b>	9	0	0	0	0
<b>Sedadel celkem</b>	46	55	59	67	75
<b>Celkový počet cestujících (5 osob/m<sup>2</sup>)</b>	152	161	165	173	187
<b>Míst pro vozíky</b>	1	1	1	1	1
<b>Místa pro kola/kočárky</b>	"3/1" (společná)	"3/1" (společná)	"3/1" (společná)	"3/1" (společná)	"3/1" (společná)
<b>Počet stojících cestujících</b>	106	106	106	106	112
<b>Rozteč sedadel ve 2. třídě</b>	455 mm	455 mm	455 mm	455 mm	455 mm
<b>Rozteč sedadel v 1. třídě</b>	600 mm	xxx	xxx	xxx	xxx
<b>Délka sedadel v 1. i 2. třídě, včetně sklonu zad</b>	650 mm	650 mm	650 mm	650 mm	650 mm
<b>Hmotnost prázdného vozidla (kg)</b>	55 000	55 000	55 000	55 000	55 500
<b>Hmotnost obsazeného vozidla</b>	65 640	66 270	66 550	67 110	68 590

<b>(kg)</b>					
<b>Počet jízdenkových automatů</b>	2 nebo 4	2 nebo 4	2 nebo 4	2 nebo 4	2 nebo 4
<b>Odhadovaná cena vozidla</b>	92,4 mil. Kč	92,4 mil. Kč	92,4 mil. Kč	92,4 mil. Kč	96 mil. Kč

## **5.2 Provozování vozidel tam-train na tramvajové síti a zároveň na železnici**

Další koncepcí, kterou lze na méně vytížené železniční tratě aplikovat, je vlakotramvajový provoz. v tomto případě tratě zůstanou zachované jako železniční a budou nadále podléhat TSI. Takový druh provozu sice zohledňuje Evropská legislativa, v české legislativě však ještě zpracován není. Ministerstvo dopravy se však od roku 2022 touto možností zabývá. i mezi objednateli a dopravci je tato možnost velmi diskutovaná.

Zde je nejprve nutné upozornit na jeden rozpor mezi představou, kterou mají někteří objednatelé a tím, co je legislativně možné. Velmi rozšířená představa počítá s tím, že se vlakotramvaje nakoupí místo starých regionálních vlaků a budou provozovány místo nich. Velmi rozšířená představa je, že takový provoz je vhodný například pro trať z Tábora do Bechyně. i přesto, že se jedná o zajímavou možnost, je tato varianta neproveditelná. Tedy alespoň v případě, že trať zůstane napojena na evropskou železniční síť a bude tedy podléhat TSI. TSI se sice nevztahují na vlakotramvaje, podmínkou však zůstává, že tyto vozidla budou primárně provozována na tramvajové síti a na železnici budou pouze zajíždět. Jelikož v blízkosti zmíněné trati není žádný tramvajový systém, ze kterého by mohli tram-trainy na železnici zajíždět, není tak možné této podmínce vyhovět. Vozidla provozovaná na této trati musí tedy splňovat všechny požadavky TSI. Možností by mohlo být vyjmutí těchto tratí z působnosti TSI a tedy jejich provozní oddělení od zbytku infrastruktury. Touto možností se zabývá kapitola níže.

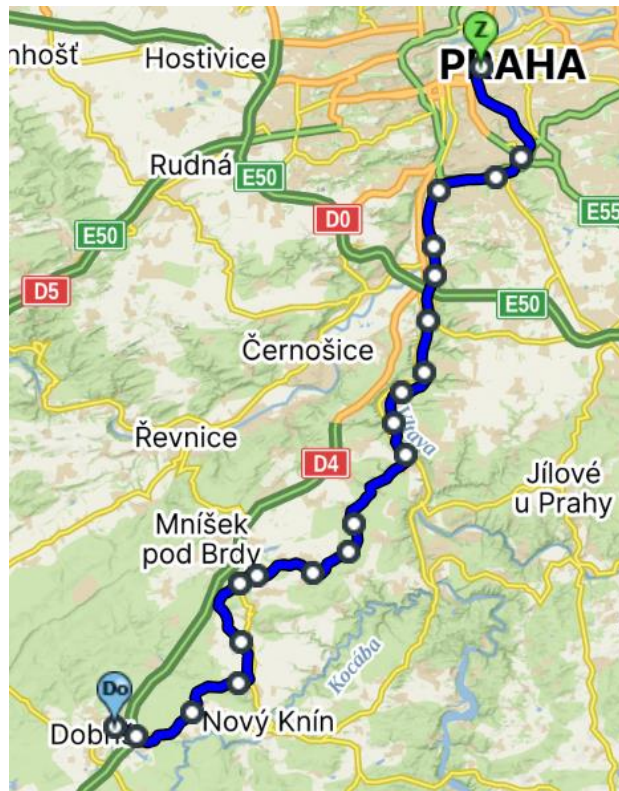
Vlakotramvajový provoz jako takový nemá v Česku tak velký potenciál, jak bývá často prezentováno. Je to především způsobeno kombinací podmínky, že taková vozidla musí využívat primárně městskou infrastrukturu a malým počtem tramvajových sítí. v České

**Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR**

republice dnes existuje sedm tramvajových systémů (Praha, Brno, Ostrava, Plzeň, Olomouc, Liberec - Jablonec nad Nisou, Most - Litvínov). Většina těchto měst leží na důležitých železničních tratích. Mnoho železničních tratí procházejících těmito městy jsou poměrně vytížené. Rozšířit na ně tramvajový provoz i z ohledem na kapacitu daných tratí není příliš myslitelné. Často ani není třeba na těchto tratích řešit náhradu starších nízkokapacitních vozidel.

V souvislosti s tímto druhem provozu se nejvíce zmiňují dvě železniční tratě. Trať z Prahy do Dobříše a trať z Olomouce do Senic na Hané.

U vlakotramvajů do Dobříše se řeší zavedení trati až do centra Dobříše. v Praze by pak vozidla sjela na tramvajovou síť v oblasti Braník. Otázkou zůstává, zda je takové řešení perspektivní. Tramvaj může na jednu stranu cestující mířící do Prahy po městě rozvést. na druhou stranu průjezd městem po tramvajové trati je mnohem pomalejší, než průjezd městem po železnici. Otázkou zůstává, jestli hlavní výhoda příjezdu do Prahy vlakem není jeho rychlý průjezd městem a efektivní přiblížení cestujících k cíli jejich cesty a zda tímto způsobem nebude tato výhoda odstraněna.

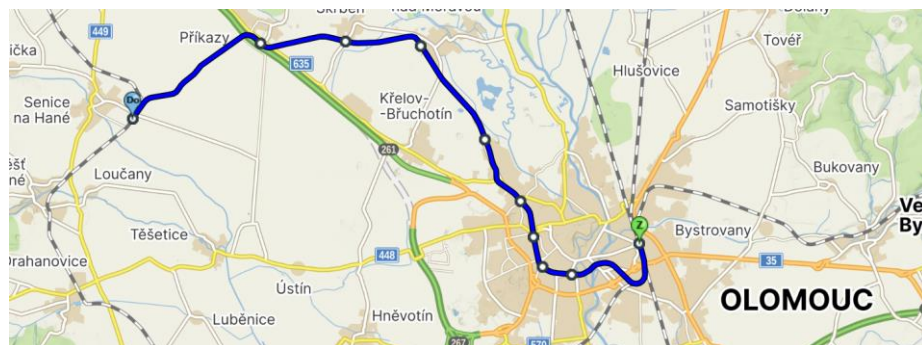


Obr. 44: Mapa tratě z Prahy do Dobříše (Zdroj: IDOS.cz/Mapy.cz)

Jako perspektivnější se jeví vlakotramvajový provoz na druhé zmiňované trati

## Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ LEHKÝCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL v ČR

z Olomouce do Senic na Hané. Tato trať vede z hlavního nádraží v Olomouci několik kilometrů v zástavbě po městě. na několika místech se s tramvajovou tratí úrovně kříží. k napojení na tramvajovou síť by došlo tak v blízkosti centra. Zároveň Olomouc není tak velké město, a tak rychlý průjezd vlakem není tak velkou výhodou jako v případě Prahy.



Obr. 45: Mapa tratě z Olomouce do Senic na Hané

Vlakotramvajový provoz na železnici je sice zajímavé řešení, které na určitých tratích své uplatnění pravděpodobně najde, ale kvůli malému počtu tramvajových systémů v Česku i faktu, že většina tratí, na kterých je otázka nízkokapacitního provozu aktuální, se nenachází v blízkosti těchto měst a nejedná se tak o řešení, které by takové regionální tratě zachránilo.

### 5.3 Provozování vozidel tram-train výhradně na železnici

Jistou možností pro provoz lehkých kolejových vozidel může být převedení málo vytížených regionálních tratí na jinou kategorii dráhy. Hypoteticky se nabízí tři kategorie, které by šlo za tímto účelem využít. Dráha tramvajová, dráha železniční speciální a dráha železniční místní. Nejlepší z těchto možností je dráha tramvajová, ideální ovšem není ani jedna z uvedených kategorií.

Dráha speciální je sice železniční dráha, na kterou se nevztahují TSI a je vedena v ochranném pásu, její nevýhodou však je, že se nesmí křížit s pozemními komunikacemi. To by v praxi znamenalo, že na regionálních tratích převedených na speciální dráhu, by musely být odstraněny všechna křížení s pozemními komunikacemi. Toto řešení tak není příliš praktické.

Ne příliš vhodný by byl i převod na místní dráhu. Tato dráha musí být provozně oddělena od zbytku železniční infrastruktury, nevztahují se na ní tedy TSI. Nevýhodou této dráhy je

to, že může být využívána pro místní obsluhu, ale ne pro pravidelný provoz. Tato kategorie je tak vhodná zejména pro turistické tratě.

Jako nejvhodnější varianta se nabízí převedení vybraných tratí na tramvajové tratě. To s sebou nese však několik technických překážek. Jde především o odlišnou infrastrukturu. Tím že by taková trať byla vnímána jako tramvajová, vozidla, která by na ní jezdila, by nemusela splňovat podmínky pro provoz na železniční infrastruktuře. Nebylo by tak nutné na takové trati provozovat vozidla tram-train, ale obyčejné tramvaje. i přesto však má toto řešení několik technických překážek (vizte kapitola Technické požadavky). Tou první jsou odlišné kolejnice a jiná technologie výhybek. Kola takových tramvají by musela být navržena tak, aby mohla bezpečně projíždět výhybkami s přídržnicemi. Další odlišností jsou požadavky na prostorovou průchodnost. Šířka obrysu pro vozidlo a průjezdného průřezu železničních tratí je větší, než u tratí tramvajových. Technická norma však stanovuje obrys pro tramvajové tratě. Bylo by nutné tak na těchto tratích novému obrysu přizpůsobit nástupiště ve stanici.

Druhou komplikací pak je to, že tramvaje musí být schopné projet oblouky o poloměru minimálně 18 metrů. To vede k nutnosti konstruovat vozidla z velkého množství článků s mnoha klouby s přechodovými měchy a mnoha podvozky. Tedy za předpokladu, že takové vozidlo nebude navrženo pro tak malý počet cestujících, že jeho délka nebude užití kloubů vyžadovat. Takové vozidlo je však kapacitně srovnatelné s autobusem. Pro zachování trati je ale žádoucí na železnici přilákat více cestujících a zajišťovat tedy provoz kapacitnějšími vozidly, než je autobus.

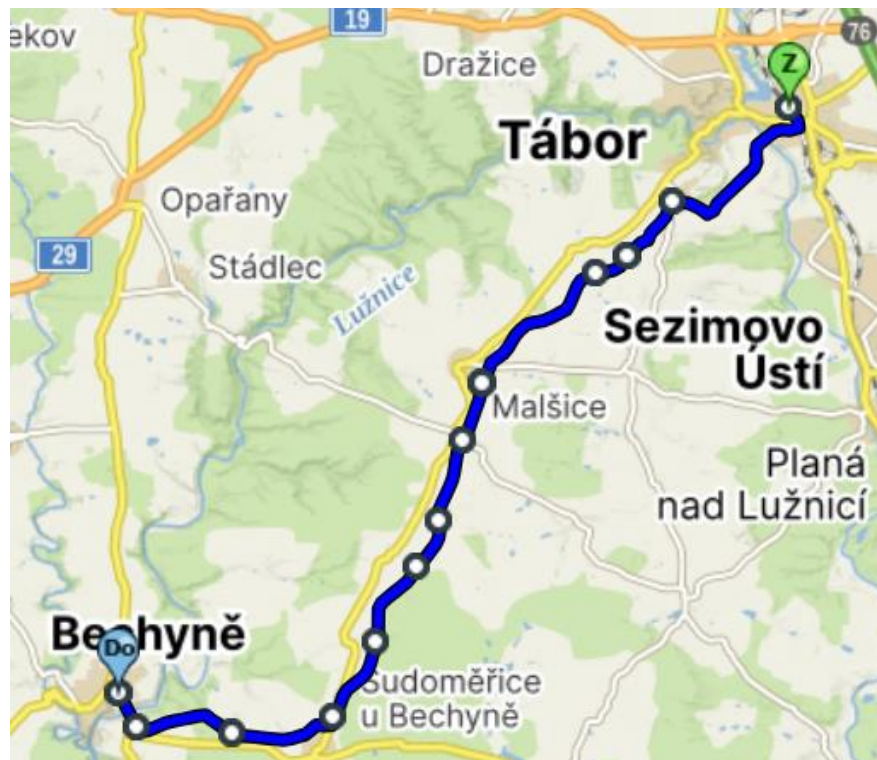
Další nevýhodou je nutnost takovou trať provozně oddělit od zbytku infrastruktury. Dojde tak k znepřístupnění této trati nákladním dopravcům, ale třeba i drážním hasičům. Drážní hasiči sice na tramvajové síti nejsou, ale je to z toho důvodu, že tramvajové tratě se nacházejí ve městech na pozemních komunikacích přímo ve vozovce nebo aspoň v její těsné blízkosti. Jednotlivé složky IZS tak mají k trati lepší přístup, než k trati vedené mimo město. Zablokovat drážním hasičům přístup na tyto tratě, a tím i jejich speciální technice, může být nežádoucí.

Se zhoršenou bezpečností může souviset i fakt, že tramvajová trať je součástí pozemní komunikace. Takto převedené regionální tratě by tak ztratili ochranné pásmo a absolutní přednost na křižích s pozemními komunikacemi. Zároveň je možné předpokládat, že

tramvaje by po regionálních tratích jezdili rychleji, než ve městě. Je otázkou, zda by bylo nutné takový provoz řídit pomocí podobného systému jako na železnici a zda by nebylo již nebezpečné jezdit v režimu "na dohled".

Jisté okrajové řešení pro takový provoz by mohla být možnost zavedení nové kategorie dráhy, která by vycházela z dráhy tramvajové, ale byla by navržena pro tramvajový provoz na regionálních tratích. Zde by mohlo být zohledněno, že některé požadavky není třeba mít pro železnici nastavené stejně, jako pro tramvajové tratě. Zejména by šlo o požadavky na průjezd minimálními poloměry oblouků či větší obrys pro vozidlo. Taková trať by mohla být zachována jako železniční a vedena tedy v ochranném pásmu a s absolutní předností na křižích s pozemními komunikacemi. Vozidla pro takové tratě by však byla již více podobná běžným železničním vozidlům než tramvajím a je otázkou, zda taková provozní izolace tratí by skutečně byla přínosná a zda má význam obětovat propojenost infrastruktury za zbavení se povinnosti TSI.

Provozní oddělení se jeví jako nejlepší možnost například pro trať z Tábora do Bechyně. Tato trať byla postavená v roce 1903 jako první elektrifikovaná trať v Rakousku-Uhersku a při jejím návrhu se vycházelo z toho, že takový provoz bude více podobný lehkým elektrickým tramvajím než těžkým parním vlakům. Trať má poměrně malé poloměry oblouků, které znemožňují provoz vozidel s velkou vzdáleností otočných čepů podvozků. Je nutné mít pro tuto trať vozidla s kratšími články. Jelikož však není v blízkosti žádné město s tramvajovou sítí, musela by trať být pro vlakotramvajový provoz provozně oddělena. Toto řešení však není univerzální pro mnoho tratí. Tento krok totiž vede k tomu, že tato trať bude znepřístupněna nákladním dopravcům. Toto na "Bechyňce" není tak velký problém, protože díky jistým technickým odlišnostem, kromě poloměrů oblouků tak třeba i ojedinělá napájecí soustava 1,5 kV DC, je pro mnoho kolejových vozidel nepřístupná už nyní. Vozidla tram-train musí plnit podmínky pro provoz na tramvajové síti, jako je schopnost projet obloukem o minimálním poloměru 18 m. Takto přísný parametr není nutné na regionálních tratích požadovat a postupným zmírněním těchto "nepotřebných" požadavků se koncepčně a konstrukčně vozidlo přiblíží běžnému železničnímu vozidlu.



Obr. 46: Mapa trasy tratě z Tábora do Bechyně (Zdroj: IDOS.cz/Mapy.cz)

## **Závěr**

Je jisté, že náhradou starších železničních vozidel a tím i zatraktivněním tratí, kde tato vozidla jezdí, je nutné se zabývat. Možností, jak toho docílit je několik, každé je odlišné a žádné není špatné ani správné. ke každé trati bude nutné přistupovat individuálně a pečlivě zhodnotit všechny varianty.

Pokud nějaká trať svojí polohou a vedením není schopna nabídnout atraktivní spojení do spádové destinace, do které by se chtěli cestující dostat a nemá ani využití pro nákladní dopravu, nedává příliš velký smysl tuto trať udržovat v provozu. Alternativou může být využití pro turistické účely či pro užití železničních muzeí či spolků. Ale takových tratí není mnoho a snahou je železniční provoz zachovat.

I přes to, že vlakotramvajový provoz je nejzmiňovanější alternativa pro budoucnost určitých regionálních tratí, nejedná se zdaleka o tak perspektivní řešení, jak se může na první pohled zdát. Překážek, které takovému provozu stojí v cestě je mnoho a ne se všemi je možné se vypořádat.

První překážkou je fakt, že takový provoz v Česku aktuálně neexistuje a tudíž neexistuje ani žádná legislativa, která by takový provoz regulovala. TSI, které musí být respektovány, se sice na tram-trainy nevztahují, ale česká legislativa dnes tuto výjimku nijak nezohledňuje. Vozidla tram-train tak nejsou při provozu na železnici schopna vyhovět požadavkům, které jsou na ně kladeny a ani není možné jim přizpůsobit infrastrukturu tak, aby bylo vyhověno českým zákonům. Pokud má být takový provoz v Česku někdy zaveden, bude to vyžadovat nezbytné úpravy legislativy.

Další a podstatně větší překážkou jsou technické odlišnosti mezi železniční a tramvajovou sítí, kterým musí vlakotramvaje vyhovět. Vozidlo může již z výroby být postaveno s vyšší kolizní odolností či vybaveno koly, která umožní jízdu po železnici i tramvajové trati, ovšem hlavní problém nastává u infrastruktury. Pokud by měl být vlakotramvajový provoz na určité trati zaveden, vyžádá si to nezbytné investice do infrastruktury, které mohou být poměrně vysoké. Problém je především s průjezdným průřezem tratí. Infrastrukturu by bylo nutné upravit tak, aby menší tram-trainy mohly obsloužit nástupiště, která musí být na železnici umístěna dále od kolejí než na tramvajové trati. Tramvajová nástupiště jsou také nižší.

Poslední a prakticky nepřekonatelnou překážkou je fakt, že v Česku je velmi malé množství tramvajových systémů. Podmínkou výjimky z TSI pro tram-trainy je to, že primárně musí být provozovány na tramvajové síti. Takový provoz je tedy možný pouze v okolí měst, které mají tramvajový provoz. Tato města jsou ovšem často důležitými železničními uzly a jejich okolí je hustě osídleno. Regionální tratě kolem těchto měst tak bývají často vytížené a nízkokapacitní provoz na nich není nutné řešit.

Vlakotramvajový provoz na železnici je sice zajímavé řešení, které na určitých tratích své uplatnění pravděpodobně najde, ale kvůli malému počtu tramvajových systémů v Česku i faktu, že většina tratí, na kterých je otázka nízkokapacitního provozu aktuální, se nenachází v blízkosti těchto měst, se nejedná tak o řešení, které by takové regionální tratě zachránilo.

Nejproveditelnější ze tří výše zmíněných možností je provoz nízkokapacitních železničních vozidel. Vlakotramvajový provoz a provozní oddělení vybraných regionálních tratí nejsou zcela ideální možnosti, ale své uplatnění najít určitě mohou.

Ani provozní oddělení tratí není ideální řešení. Toto řešení může najít své uplatnění na tratích, které jsou technicky specifické, ať svým napájením nebo oblouky o malých poloměrech. Jedná se zejména o tratě z Tábora do Bechyně či z Rybníka do Lipna nad Vltavou. Jistou možností může být i provoz na úzkorozchodných tratích. Nevýhodou takového provozu je, že dojde k provoznímu oddělení od zbytku sítě anebo to, že pro takové tratě by bylo nutné navrhnout specifické vozidlo. Takový provoz má zejména smysl na tratích, které jsou technicky specifické.

Nejlépe aplikovatelnou možností je provoz menších železničních vozidel. Tratě zůstanou zachovány jako železniční, tedy budou muset být interoperabilní, ale také zůstanou dostupné nákladním dopravcům a pravidla jejich provozování zůstanou shodná se zbytkem infrastruktury. Zároveň nebude nutné do těchto tratí investovat, aby vůbec mohlo dojít k výměně vozového parku. Objednatelé tak budou moci řešit vozidla, která provoz na těchto tratích zajistí a nebudou muset čekat až Správa železnic celou trať přestaví, aby vyhovovala jiným vozidlům, tak jak by to bylo nutné v případě provozu vlakotramvajů. Nutné budou pouze menší investice, jako je například vybudování míst pro dobíjení bateriových vlaků. v cestě tomuto řešení však stojí jeden problém, kvůli kterému tato rozsáhlá diskuze o budoucnosti regionálních tratích vůbec probíhá, a to je fakt, že

nabídka malých železničních vozidel na trhu je velmi malá.

Problém s dostupností vozidel ale není nepřekonatelný a náznaky jeho řešení se dají najít již dnes. Aktuálně je obnova vozového parku malých vozidel řešena nákupem ojetých vozů ze zahraničí, zejména motorovými vozy Stadler RS1 z Německa. Toto řešení není trvalé, ale na jistou přechodnou dobu vystačí. Dalším faktem je to, že Česko není jediným Evropským státem, který řeší nízkokapacitní železniční provoz. Obměnu starších malých vlaků řeší třeba i Slovensko nebo Maďarsko, snaha zase obnovit provoz na opuštěných regionálních tratích je vidět například v Polsku nebo ve Velké Británii. Poptávka po malých vozidlech v rámci Evropy se zvětšuje a dá se předpokládat, že výrobci budou na tuto poptávku reagovat. Už nyní jsou vidět první náznaky takového vývoje ať už se jedná o britský vlak RVLK či o nový model Stadler RS Zero. Problém tohoto řešení ale jeden je a to, že i když se dá předpokládat, že nabídka s malými kolejovými vozidly na trhu poroste, zatím se to ještě neděje a není možné zaručit, že toto očekávání bude naplněno.

Další aspekt, který českým málo vytiženým tratím nepřímo pomůže, je projekt takzvané prosté elektrizace tratí. Správa železnic plánuje v následujících letech elektrifikovat zhruba 2 000 km tratí. Velká část těchto tratí je důležitá pro osobní dopravu a často jsou na ně nasazovány moderní vozidla, ať se jedná o jednotky řady 844 (RegioShark) nebo v blízké budoucnosti 847 (RegioFox). Elektrizací dojde k uvolnění těchto jednotek, které se přesunou na méně důležité tratě. Další lepší vlaky se tak uvolní a budou moci nahradit staré dosluhující vozy. Problém s náhradou starších motorových vozů se tak paradoxně z části vyřeší sám. Otázkou je, zda to nebude až v době, kdy dnes lepší a modernější vlaky budou už na konci své životnosti.

Řešení náhrady starších motorových vlaků tak není zcela jednoduché, ale možností je několik a vůle k řešení tohoto problému také existuje a konec provozu na českých regionálních tratích se tak spíše neblíží.

## Literatura

- [1] MICHÁLEK T.: *Technické aspekty interoperability kolejových vozidel*. 1. vydání, 104 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2017. ISBN 978-80-7560-048-6
- [2] HÁBA A., KOHOUT M., JAROLÍN Z., VESELÝ J.: *Aktuální stav vazby dvojkolí-kolej ve výhybkách a křížení odbočného uzlu DPMB u ulice Ostravská*. In: Sborník příspěvků XXIII. konference s mezinárodní účastí *Současné problémy v kolejových vozidlech 2021*, s. 63–72. ISBN 978-80-7560-377-7.
- [3] Pohl, J.: *Technické, provozní a ekonomické aspekty vozidel tram-train*. In: Tram-train workshop, Brno, 1. 12. 2023.
- [4] Golden-Pass-Express vorläufig nur auf Meterspur. In: *Eisenbahn-Revue International*, 4, 2023, s. 165–167. ISSN 1421-2811.
- [5] *Dráha*. 1993, roč. 2016, č. 1/2016. 1993. ISSN 1211-1260.
- [6] *Zákon č. 266/1994 Sb. – Zákon o drahách*
- [7] *Vyhláška 173/1995 Sb. - Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává dopravní řád drah*
- [8] *Vyhláška 177/1995 Sb. - Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává stavební a technický řád drah*
- [9] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU a RADY (EU) 2016/797 ze dne 11. května 2016 o interoperabilitě železničního systému v Evropské unii*
- [10] *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1299/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technických specifikacích pro interoperabilitu subsystému infrastruktura železničního systému v Evropské unii*
- [11] *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1300/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technických specifikacích pro interoperabilitu týkajících se přístupnosti železničního systému Unie pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace*

- [12] *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii*
- [13] *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2018/545 ze dne 4. dubna 2018 kterým se stanoví praktická pravidla pro postup povolování železničních vozidel a typu železničních vozidel v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/797*
- [14] *ČSN EN 15227:2021. Železniční aplikace – Požadavky na kolizní odolnost kolejových vozidel*
- [15] *ČSN EN 12663-1+A1:2015. Železniční aplikace – Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel – Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)*
- [16] *ČSN EN 15273-1+A1. Železniční aplikace – Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel – Část 1: Obecné – Společné zásady pro infrastrukturu a vozidla*
- [17] *ČSN 28 0318. Průjezdne průřezy tramvajových tratí a obrysy pro vozidla provozovaná na tramvajových drahách*
- [18] *ČSN 73 6320. Prostorová průchodnost na dráze celostátní, drahách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky*
- [19] *Pesa 654. Online. PESA Bydgoszcz. Dostupné z: <https://pesa.pl/produkty/elektryczne-zespoly-trakcyjne/pesa-654/>. [cit. 2024-07-01].*
- [20] *Pesa Regio 160. Online. PESA Bydgoszcz. Dostupné z: <https://pesa.pl/produkty/regio-160/regio160-847-eco-dmu-2/#desc>. [cit. 2024-07-01].*
- [21] *Pesa Link. Online. PESA Bydgoszcz. Dostupné z: <https://pesa.pl/produkty/spalinowe-zespoly-trakcyjne/link/>. [cit. 2024-07-01].*

- [22] *Stadler FLIRT*. Online. Stadler Rail. Dostupné  
z: <https://stadlerrail.com/media/pdf/f3l0513en.pdf>. [cit. 2024-07-01].
- [23] *Stadler Citylink*. Online. Stadler Rail. Dostupné  
z: [https://stadlerrail.com/media/pdf/lrvbkavg16\\_en.pdf](https://stadlerrail.com/media/pdf/lrvbkavg16_en.pdf). [cit. 2024-07-01].
- [24] *Škoda RegioPanter*. Online. Škoda Group. Dostupné  
z: <https://www.skodagroup.com/cs/reference/regiopanter-cesko>. [cit. 2024-07-01].
- [25] *Škoda Forcity Smart RNV*. Online. Škoda Group. Dostupné  
z: <https://www.skodagroup.com/cs/reference/tramvaj-forcity-smart-rnv>. [cit. 2024-07-01].
- [26] *Škoda RegioPanter*. Online. Škoda Group. Dostupné  
z: <https://www.skodagroup.com/admin/wp-content/uploads/2021/06/regiopanterproductlist.pdf>. [cit. 2024-07-01].
- [27] *Škoda Forcity Smart RNV*. Online. Škoda Group. Dostupné  
z: [https://www.skodagroup.com/admin/wp-content/uploads/2023/04/TRAM-FORCITY-SMART-RNV\\_Produktovyt-list\\_Skoda\\_A3\\_A4\\_EN\\_DE\\_preview.pdf](https://www.skodagroup.com/admin/wp-content/uploads/2023/04/TRAM-FORCITY-SMART-RNV_Produktovyt-list_Skoda_A3_A4_EN_DE_preview.pdf). [cit. 2024-07-01].
- [28] *Siemens Miero Plus B*. Online. Siemens Mobility. Dostupné  
z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rolling-stock/commuter-and-regional-trains/mireo/mireo-plus-b.html>. [cit. 2024-07-01].
- [29] *Siemens Miero*. Online. Siemens Mobility. Dostupné  
z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rolling-stock/commuter-and-regional-trains/mireo/mireo-smart.html>. [cit. 2024-07-01].
- [30] *CAF Urbos*. Online. CAF. Dostupné  
z: <https://www.caf.net/en/soluciones/proyectos/proyecto-detalle.php?p=211>. [cit. 2024-07-01].

- [31] *Alstom Citadis*. Online. Alstom. Dostupné z: <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/citadis-light-rail-designed-reflect-your-citys-unique-identity>. [cit. 2024-07-01].
- [32] *Michal Krapinec: do roku 2026 nasadíme 159 nových regionálních vlaků*. Online. České dráhy. Dostupné z: <https://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/michal-krapinec-do-roku-2026-nasadime-159-novych-regionalnich-vlaku>. [cit. 2024-07-01].
- [33] BUDGEN, Emily. *Three new battery-only Revolution Very Light Rail vehicles*. Online. In: Global Railway Review. 2023. Dostupné z: <https://www.globalrailwayreview.com/news/147777/battery-revolution-very-light/>. [cit. 2024-07-02].
- [34] *Launching Revolution Very Light Rail (RVLR)*. Online. In: Transport Design International. 2021. Dostupné z: <https://transportdesigninternational.com/launching-revolution-very-light-rail-rvlr/>. [cit. 2024-07-02].
- [35] *Revolution VLR*. Online. In: Transport Design International. Dostupné z: <https://transportdesigninternational.com/portfolio/revolution-vlr/>. [cit. 2024-07-02].
- [36] *Decades after Beeching, rural rail lines could be back on track*. Online. In: Transport Design International. 2024. Dostupné z: <https://transportdesigninternational.com/decades-after-beeching-rural-rail-lines-could-be-back-on-track/>. [cit. 2024-07-02].
- [37] SZYMAJDA, Michal. *SPS został właścicielem dwóch elektrycznych EN81*. Online. In: Rynek Kolejowy. 2021. Dostupné z: <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/sps-zostal-wlascicielem-dwoch-elektrycznych-en81-100464.html>. [cit. 2024-07-02].
- [38] SZYMAJDA, Michal. *Reaktywacja pociągów do Ciechocinka we wrześniu 2021? Być może pojedzie tu EN81*. Online. In: Rynek Kolejowy. 2020. Dostupné z: <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/reaktywacja-pociagow-do>

ciechocinka-we-wrzesniu-2021-byc-moze-pojedzie-tu-en81-98207.html. [cit. 2024-07-02].

- [39] SZYMAJDA, Michał. *Małopolska wycenia swoje elektryczne wagony silnikowe EN81*. Online. In: Rynek Kolejowy. 2020. Dostupné z: <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/malopolska-wycenia-swoje-elektryczne-wagony-silnikowe-en81-96391.html>. [cit. 2024-07-02].
- [40] SZYMAJDA, Michał. *Małopolska już nie chce krótkich elektrycznych pojazdów serii EN81*. Online. In: Rynek Kolejowy. 2016. Dostupné z: <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/malopolska-juz-nie-chce-krotkich-elektrycznych-pojazdow-serii-en81-77953.html>. [cit. 2024-07-02].
- [41] *Inauguration : le tram-train T12 circule entre Massy et Évry-Courcouronnes*. Online. In: Île-de-France Mobilités. 2023. Dostupné z: <https://www.iledefrance-mobilites.fr/actualites/tram-train-t12-mise-en-service-essonne>. [cit. 2024-07-02].
- [42] *Revolution VLR*. Online. Dostupné z: <https://revolutionvlr.com/demonstrator-vehicle/>. [cit. 2024-07-02].
- [43] *Tram-train Kassel - Waldkappel*. Online. In: Bahnbilder.de. Dostupné z: [https://www.bahnbilder.de/bild/Deutschland~Bahntechnische+Anlagen+und+Kunstabauten~Gleise+und+Weichen/1029165/die-besonderheit-im-bereich-niederkaufungen-ist.html#google\\_vignette](https://www.bahnbilder.de/bild/Deutschland~Bahntechnische+Anlagen+und+Kunstabauten~Gleise+und+Weichen/1029165/die-besonderheit-im-bereich-niederkaufungen-ist.html#google_vignette). [cit. 2024-07-02].
- [44] *EN81 (Pesa 308B)*. Online. Enkol.pl. Dostupné z: <https://zasoby.enkil.pl/prospekty/EN81-malopolskie.pdf>. [cit. 2024-07-01].
- [45] *Pesa 308B*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2024. Dostupné z: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Pesa\\_308B](https://pl.wikipedia.org/wiki/Pesa_308B). [cit. 2024-07-02].
- [46] *RegioPanter*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2024. Dostupné

- z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RegioPanter>. [cit. 2024-07-02].
- [47] *Motorové vozy 840 a 841*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Motorové\\_vozy\\_840\\_a\\_841](https://cs.wikipedia.org/wiki/Motorové_vozy_840_a_841). [cit. 2024-07-02].
- [48] *Stadler Regio-Shuttle RS1*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Stadler\\_Regio-Shuttle\\_RS1](https://en.wikipedia.org/wiki/Stadler_Regio-Shuttle_RS1). [cit. 2024-07-02].
- [49] *Pesa Link*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: *Stadler Regio-Shuttle RS1*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Stadler\\_Regio-Shuttle\\_RS1](https://en.wikipedia.org/wiki/Stadler_Regio-Shuttle_RS1). [cit. 2024-07-02]. [cit. 2024-07-02].
- [50] *CAF Urbos*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/CAF\\_Urbos](https://en.wikipedia.org/wiki/CAF_Urbos). [cit. 2024-07-02].
- [51] *Flexity*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Flexity#Other\\_models](https://en.wikipedia.org/wiki/Flexity#Other_models). [cit. 2024-07-02].
- [52] *Alstom Citadis*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Alstom\\_Citadis](https://en.wikipedia.org/wiki/Alstom_Citadis). [cit. 2024-07-02].
- [53] *Alstom Citadis Spirit*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Alstom\\_Citadis\\_Spirit](https://en.wikipedia.org/wiki/Alstom_Citadis_Spirit). [cit. 2024-07-02].
- [54] SŮRA, Jan. *Šance pro lokálky? ve Velké Británii vzniká nový lehký vůz pro méně vytížené tratě*. Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné

- z: <https://zdopravy.cz/sance-pro-lokalky-ve-velke-britanii-vznika-novy-lehky-vuz-pro-mene-vytizene-trate-71001/>. [cit. 2024-06-29].
- [55] ŠINDELÁŘ, Jan. *Naděje pro lokálky je na světě. v Británii dokončili prototyp lehkého motoráku*. Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nadeje-pro-lokalky-je-na-svete-v-britanii-dokoncili-prototyp-lehkeho-motoraku-89218/>. [cit. 2024-06-29].
- [56] SŮRA, Jan. *ve Velké Británii vyjel nový motorák, který má být spásou pro lokálky*. Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/ve-velke-britanii-vyjel-novy-motorak-ktery-ma-byt-spasou-pro-lokalky-95970/>. [cit. 2024-06-29].
- [57] ŠINDELÁŘ, Jan. *Bechyňka slaví 120 let, na konferenci v Táboře se bude diskutovat o vlakotramvajích*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/bechynka-slavi-120-let-na-konferenci-v-tabore-se-bude-diskutovat-o-vlakotramvajich-165463/>. [cit. 2024-06-29].
- [58] SŮRA, Jan. *První vlakotramvaj Škody. Nová vozidla pro tři německá města vyjedou příští rok*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/prvni-vlakotramvaj-skody-nova-vozidla-pro-tri-nemecka-mesta-vyjedou-pristi-rok-126812/>. [cit. 2024-06-29].
- [59] ŠINDELÁŘ, Jan. *Nová tramvaj od Škody zahájila v Ludwigshafenu testovací jízdy*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nova-tramvaj-od-skody-zahajila-v-ludwigshafenu-testovaci-jizdy-130744/>. [cit. 2024-06-29].
- [60] SŮRA, Jan. *Nové tramvaje od Škody vyjely v Mannheimu poprvé i s cestujícími*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nove-tramvaje-od-skody-vyjely-v-mannheimu-poprve-i-s-cestujicimi-154583/>. [cit. 2024-06-29].
- [61] SŮRA, Jan. *Obrazem: Škoda představila novou tramvaj pro Mannheim a okolí*. Online. In: Zdopravy.cz. 2018. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/obrazem-skoda-predstavila-novou-tramvaj-pro-manheim-a-okoli-17289/>. [cit. 2024-

06-29].

- [62] SŮRA, Jan. *Návrat vlakotramvaje pod Krušné hory. Kolejová doprava se po třech letech vrátila mezi Chemnitz a Aue.* Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/navrat-vlakotramvaje-pod-krusne-hory-kolejova-doprava-se-po-trech-letech-vratila-mezi-chemnitz-a-aue-102534/>. [cit. 2024-06-29].
- [63] SŮRA, Jan. *Stadler dodá další vlakotramvaje na jih Maďarska.* Online. In: Zdopravy.cz. 2020. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/stadler-doda-dalsi-tramvajovlaky-na-jih-madarska-53216/>. [cit. 2024-06-29].
- [64] SŮRA, Jan. *Německá a rakouská města se spojila kvůli velké zakázce na vlakotramvaje za 4 miliardy eur.* Online. In: Zdopravy.cz. 2020. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nemecka-a-rakouska-mesta-se-spojila-kvuli-velke-zakazce-na-vlakotramvaje-za-4-miliardy-eur-56697/>. [cit. 2024-06-29].
- [65] SŮRA, Jan. *Bombardier dodal první novou vlakotramvaj Flexity do Karlsruhe, jezdí i po železnici.* Online. In: Zdopravy.cz. 2020. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nemecka-a-rakouska-mesta-se-spojila-kvuli-velke-zakazce-na-vlakotramvaje-za-4-miliardy-eur-56697/>. [cit. 2024-06-29].
- [66] SŮRA, Jan. *Stadler dodal do maďarského Szegedu první vlakotramvaj, Po silnici ji vezli devět dní.* Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/stadler-dodal-do-madarskeho-szegedu-prvni-vlakotramvaj-po-silnici-ji-vezli-devet-dni-71742/>. [cit. 2024-06-29].
- [67] SŮRA, Jan. *na jihu Maďarska začal nový vlakotramvajový provoz, do dubna budou lidé jezdit zdarma.* Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/na-jihu-madarska-zacal-novy-vlakotramvajovy-provoz-do-dubna-budou-lide-jezdit-zdarma-97952/>. [cit. 2024-06-29].
- [68] SŮRA, Jan. *Největší evropskou vlakotramvajovou zakázku získal Stadler. Dodá až 504 vozidel do Německa a Rakouska.* Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nejvetsi-evropskou-vlakotramvajovou-zakazku-ziskal-stadler-doda-az-504-vozidel-do-nemecka-a-rakouska->

101452/. [cit. 2024-06-29].

- [69] SŮRA, Jan. *Stadler dodá 27 vlakotramvají pro provoz v Chemnitzu a okolí*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/v-chemitz-a-okoli-bude-jezdit-az-27-novych-vlakotramvaji-od-stadleru-109698/>. [cit. 2024-06-29].
- [70] SŮRA, Jan. *Středočeský kraj začíná zkoumat možnou proměnu trati do Dobříše pro vlakotramvaje*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/stredocesky-kraj-zacina-zkoumat-moznou-promenu-trati-do-dobrise-pro-vlakotramvaje-141206/>. [cit. 2024-06-29].
- [71] ŠINDELÁŘ, Jan. *Tramvají na Dobříš nebo do Hostivice. Stát začíná řešit vlakotramvaje, ČD přivezou vozidlo na testy*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/tramvaji-na-dobris-nebo-do-hostivice-stat-zacina-resit-vlakotramvaje-cd-privezou-vozidlo-na-testy-166097/>. [cit. 2024-06-29].
- [72] SŮRA, Jan. *Stát začíná řešit legislativu pro vlakotramvaje, mohly by zachránit lokálky*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/stat-zacina-resit-legislativu-pro-vlakotramvaje-mohly-by-zachranit-lokalky-136231/>. [cit. 2024-06-29].
- [73] SŮRA, Jan. *Středočeský kraj řeší vlakotramvaje, vytipoval jejich zavedení na osmi tratích*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/stredocesky-kraj-resi-vlakotramvaje-vytipoval-jejich-zavedeni-na-osmi-trati-181355/>. [cit. 2024-06-29].
- [74] SŮRA, Jan. *Alstom dodá nové tramvaje do Izraele, budou jezdit z Haify do Nazaretu*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/alstom-doda-nove-tramvaje-do-izraele-budou-jezdit-z-haify-do-nazaretu-206464/>. [cit. 2024-06-29].
- [75] SŮRA, Jan. *přes 100 kilometrů tratí za 15 let. Pařížský tramvajový boom pokračuje, otevírá linka T12*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/pres-100-kilometru-trati-za-15-let-parizsky->

tramvajovy-boom-je-pokracuje-otevira-linka-t12-187095/. [cit. 2024-06-29].

- [76] SŮRA, Jan. *RegioJet končí na trase Praha – Plzeň, poslední spoje vyjedou na konci května*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/regiojet-konci-na-trase-praha-plzen-posledni-spoje-vyjedou-na-konci-kvetna-156710/>. [cit. 2024-06-29].
- [77] OČADLÝ, Vojtěch. *Záchrana pro lokálky? Stadler vyvíjí vozidlo pro regionální tratě, pojedou na baterie či vodík*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/zachrana-pro-lokalky-stadler-vyviji-vozidlo-pro-regionalni-trate-pojede-na-baterie-ci-vodik-209109/>. [cit. 2024-06-29].
- [78] SŮRA, Jan. *Nové vlaky pro Ústecký kraj nebudou z Polska. RegioJet otočil, koupí je od Škody*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nove-vlaky-pro-ustecky-kraj-nebudou-z-polska-regiojet-otocil-koupi-je-od-skody-205982/>. [cit. 2024-06-29].
- [79] SŮRA, Jan. *Siemens má novou zakázku na dvouzdrojové jednotky, jejich vývoj probíhá i v Česku*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/siemens-ma-novou-zakazku-na-dvouzdrojove-jednotky-jejich-vyvoj-probiha-i-v-cesku-144209/>. [cit. 2024-06-29].
- [80] SŮRA, Jan. *Obří zakázky pro Siemens. Rakouským drahám dodá až 540 nových jednotek*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/obri-zakazky-pro-siemens-rakouskym-draham-doda-az-540-novych-jednotek-175171/>. [cit. 2024-06-29].
- [81] SŮRA, Jan. *Doba bateriová. v Německu začala poprvé vozit cestující jednotka Siemens Mireo Plus B*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/doba-bateriova-v-nemecku-zacala-poprve-vozit-cestujici-jednotka-siemens-mireo-plus-b-201304/>. [cit. 2024-06-29].
- [82] ŠINDELÁŘ, Jan. *RegioFox vozí cestující mezi Tábořem a Olbramovicemi, cvičí se na něm táborští strojvedoucí*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/regiofox-vozi-cestujici-mezi-taborem-a-olbramovicemi-cvici-se-na-nem-taborsti-strojvedouci-202575/>. [cit. 2024-

06-29].

- [83] ŘEHÁK, Jiří. *Řehák: Autobus nemůže být náhradou regionální železnice aneb polemika s textem o budoucnosti lokálek*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/rehak-autobus-nemuze-byt-nahradou-regionalni-zeleznice-aneb-polemika-s-textem-o-budoucnosti-lokalek-105353/>. [cit. 2024-06-29].
- [84] SŮRA, Jan. *Horní Rakousko ukázalo podobu nové vlakotramvaje pro Linec, vyjet má v roce 2026*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/horni-rakousko-ukazalo-podobu-nove-vlakotramvaje-pro-linec-vyjet-ma-v-roce-2026-194687/>. [cit. 2024-06-29].
- [85] SŮRA, Jan. *Bombardier dodal první novou vlakotramvaj Flexity do Karlsruhe, jezdí i po železnici*. Online. In: Zdopravy.cz. 2020. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/bombardier-dodal-prvni-novou-vlakotramvaj-flexity-do-karlsruhe-jezdi-i-po-zeleznici-56748/>. [cit. 2024-06-29].
- [86] ŠINDELÁŘ, Jan. *České dráhy objednaly dalších 30 jednotek RegioFox, jejich počet dosáhne 106*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/ceske-drahy-objednaly-dalsich-30-jednotek-regiofox-jejich-pocet-dosahne-106-183390/>. [cit. 2024-06-29].
- [87] *Sherlog a AŽD představily systém, který má bránit nehodám na lokálkách*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/sherlog-a-azd-predstavily-system-ktery-ma-branit-nehodam-na-lokalkach-101797/>. [cit. 2024-06-29].
- [88] ŠINDELÁŘ, Jan. *DPP testuje aplikaci, která upozorní na riziko srážky s tramvají*. Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/dpp-testuje-aplikaci-ktera-upozorni-na-riziko-srazky-s-tramvaji-72757/>. [cit. 2024-06-29].
- [89] SŮRA, Jan. *Škoda začala s výrobou nejdelší tramvaje na světě*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/skoda-zacala-s-vyrobou-nejdelsi-tramvaj-na-svete-198886/>. [cit. 2024-06-29].

- [90] SŮRA, Jan. *Škoda začala s výrobou neGW Train Regio si přivezl z Německa další Stadlery RS1jdelší tramvaje na světě.* Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/gw-train-regio-si-privezl-z-nemecka-dalsi-stadlery-rs1-185332/>. [cit. 2024-06-29].
- [91] SŮRA, Jan. *GW Train Regio začal se zkušebními jízdami v Plzeňském kraji, na údržbě se dohodl s ČD.* Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/gw-train-regio-zacal-se-zkusebnimi-jezdami-v-plzenskem-kraji-na-udrzbe-se-dohodl-s-cd-166080/>. [cit. 2024-06-29].
- [92] SŮRA, Jan. *Škoda dodá Českým drahám až 50 RegioPanterů, porazila španělský CAF.* Online. In: Zdopravy.cz. 2019. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/skoda-doda-ceskym-draham-az-50-regiopanteru-porazila-spanelsky-caf-24160/>. [cit. 2024-06-29].
- [93] SŮRA, Jan. *Škoda: Plzeňské RegioPantery třetí generace mají s předchůdci společnou jen skříň.* Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/skoda-plzenske-regiopantery-treti-generace-maji-s-predchudci-spolecnou-jen-skrin-99662/>. [cit. 2024-06-29].
- [94] SŮRA, Jan. *RegioJet získal svoji největší zakázku na české železnici, kraj ušetří tři miliardy korun.* Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/regiojet-ziskal-svoji-nejvetsi-zakazku-na-ceske-zeleznici-kraj-usetri-tri-miliardy-korun-197959/>. [cit. 2024-06-29].
- [95] SŮRA, Jan. *Pesa představila poprvé veřejnosti jednotky pro RegioJet.* Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/obrazem-pesa-predstavila-poprve-verejnosti-jednotky-pro-regiojet-92184/>. [cit. 2024-06-29].
- [96] SŮRA, Jan. *Pesa má vyrobené první jednotky, s kterými bude jezdit RegioJet v Ústeckém kraji.* Online. In: Zdopravy.cz. 2021. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/pesa-ma-vyrobene-prvni-jednotky-s-kterymi-bude-jezdit-regiojet-v-usteckem-kraji-87177/>. [cit. 2024-06-29].
- [97] SŮRA, Jan. *Pesa Elf.eu pro RegioJet už jezdí v Česku, probíhá testování*

- na okruhu*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/pesa-elf-eu-pro-regiojet-uz-jezdi-v-cesku-probiha-testovani-na-okruhu-102499/>. [cit. 2024-06-29].
- [98] SŮRA, Jan. *Pesa Elf.eu pro RegioJet už jezdí v Česku, probíhá testování na okruhu*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/pesa-elf-eu-pro-regiojet-uz-jezdi-v-cesku-probiha-testovani-na-okruhu-102499/>. [cit. 2024-06-29].
- [99] SŮRA, Jan. *PESA začala s testováním nových motorových jednotek pro České dráhy*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/pesa-zacala-s-testovanim-novych-motorovych-jednotek-pro-ceske-drahy-135960/>. [cit. 2024-06-29].
- [100] SŮRA, Jan. *RegioJet podepsal smlouvu na 7 jednotek Elf EU pro Ústecký kraj*. Online. In: Zdopravy.cz. 2022. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/regiojet-podepsal-smlouvu-na-7-jednotek-elf-eu-pro-ustecky-kraj-24839/>. [cit. 2024-06-29].
- [101] SŮRA, Jan. *Pesa ukázala novou podobu vlaků pro RegioJet v Ústeckém kraji, změni se ještě barvy*. Online. In: Zdopravy.cz. 2019. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/pesa-ukazala-novou-podobu-vlaku-pro-regiojet-v-usteckem-kraji-zmeni-se-jeste-barvy-36216/>. [cit. 2024-06-29].
- [102] SŮRA, Jan. *ČD nakoupily v Německu další ojeté motorové vozy Stadler RS1, začaly s modernizací*. Online. In: Zdopravy.cz. 2024. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/cd-nakoupily-v-nemecku-dalsi-ojete-motorove-vozy-stadler-rs1-zacaly-s-modernizaci-194991/>. [cit. 2024-06-29].
- [103] SŮRA, Jan. *Novými vlaky k více cestujícím. mezi Plzní a Karlovými Vary jezdí o 80 % více lidí než před pěti lety*. Online. In: Zdopravy.cz. 2023. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/novymi-vlaky-k-vice-cestujicim-mezi-plzni-a-karlovymi-vary-jezdi-o-80-vice-lidi-nez-pedi-lety-175628/>. [cit. 2024-07-16].
- [104] *Aplikace Pozor tramvaj! včas upozorní na riziko srážky s tramvají*. Online. In:

- Dopravní podnik hlavního města Prahy. 2021. Dostupné z: [https://www.dpp.cz/spolecnost/aktuality/detail/66\\_1321-aplikace-pozor-tramvaj-vcas-upozorni-na-riziko-srazky-s-tramvaji](https://www.dpp.cz/spolecnost/aktuality/detail/66_1321-aplikace-pozor-tramvaj-vcas-upozorni-na-riziko-srazky-s-tramvaji). [cit. 2024-07-02].
- [105] *GoldenPass Express (GPX)*. Online. In: Moje Švýcarsko. Dostupné z: <https://mojesvycarsko.com/clanek/376-goldenpass-express-gpx>. [cit. 2024-07-02].
- [106] BÍLEK, Petr. *GoldenPass Express: vlak, který se dokáže přizpůsobit kolejím*. Online. In: TTG. 2023. Dostupné z: *GoldenPass Express: vlak, který se dokáže přizpůsobit kolejím*. [cit. 2024-07-02].
- [107] *Nová tramvaj Škoda 36T pro Rhein Neckar Verkehr zahájila testovací jízdy v Ludwigshafenu*. Online. In: Dopraváček. 2022. Dostupné z: <https://dopravacek.eu/2022/11/04/nova-tramvaj-skoda-36t-pro-rhein-neckar-verkehr-zahajila-testovaci-jizdy-v-ludwigshafenu/>. [cit. 2024-07-02].
- [108] VAIZ, Zdeněk a SŮRA, Jan. *Sysel stále nejezdí, kraj kvůli tomu pokutoval České dráhy*. Online. In: Plzeňský deník. 2021. Dostupné z: [https://plzensky.denik.cz/zpravy\\_region/sysel-stale-nejezdi-kraj-kvuli-tomu-pokutoval-ceske-drahy-20211015.html](https://plzensky.denik.cz/zpravy_region/sysel-stale-nejezdi-kraj-kvuli-tomu-pokutoval-ceske-drahy-20211015.html). [cit. 2024-07-02].
- [109] PIOTROWSKI, Lukasz. *[PL / Expert] Hybrid trains for ŁKA? – the technical demands*. Online. In: Rial color. 2020. Dostupné z: <https://railcolornews.com/2020/12/23/pl-expert-hybrid-trains-for-lka-the-technical-demands/>. [cit. 2024-07-02].
- [110] CECH, Lubomir. *České dráhy rozšiřují flotilu o dalších 30 jednotek RegioFox od společnosti PESA*. Online. In: Rialmarket. 2023. Dostupné z: <https://cs.railmarket.com/news/passenger-rail/11016-cd-expands-fleet-with-30-more-regiofox-units-from-pesa>. [cit. 2024-07-02].
- [111] *TRAMVAJOVÉ VÝHYBKY*. Online. In: DT - Výhybkárna a strojírna, a.s. Dostupné z: <https://www.dtvscz.cz/tramvajove-vyhybky>. [cit. 2024-07-02].