

# Vědeckotechnický sborník

## Správy železnic, státní organizace

### č. 4/2021

*ISSN 2694-9172*

---

**Vydavatel: Správa železnic, státní organizace**

**Sídlo: Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1**

**IČ: 709 94 234 DIČ: CZ 709 94 234**

## Obsah:

<b>Název a autoři</b>	<b>strana</b>
<b>1. Orientační a informační systém v železničních stanicích a na železničních zastávkách</b> Autoři: Vladimír Tomandl, Petr Lněnička, Jaroslav Matuška	<b>3</b>
<b>2. Požadavky na pozemní systém sběru energetických údajů z pohledu TSI ENE</b> Autoři: Radovan Bureš, Marek Pětioký, Ondřej Fanta	<b>25</b>
<b>3. Dopad pandemie covid-19 na železniční sektor</b> Autor: Daniel Haspra	<b>32</b>
<b>4. Rozvoj konvenční železnice v Rakousku</b> Autor: Roman Štěrba	<b>52</b>
<b>5. Nová koncepce seřadovacích stanic</b> Autor: Daniel Pilát	<b>64</b>
<b>6. Lokalizace bludných proudů v blízkosti železničního nástupiště</b> Autor: Jiří Cigánek	<b>76</b>
<b>7. Rozbor vlivu odporu z jízdy tunelem na výsledky trakčních výpočtů</b> Autoři: Tomáš Michálek, Jindřich Řezníček	<b>84</b>
<b>8. Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem liniové elektrizace a modernizace vozového parku</b> Autoři: Jan Perůtka, Jiří Huzlík	<b>108</b>

# 1. Orientační a informační systém v železničních stanicích a na železničních zastávkách

**Vladimír Tomandl<sup>1</sup>,**

**Petr Lněnička<sup>2</sup>,**

**Jaroslav Matuška<sup>3</sup>**

## **Klíčová slova / Keywords:**

orientační systém, informační systém, přístupnost, optický kontrast, indukční smyčka

orientation system, information system, accessibility, optical contrast, inductive loop

## **Anotace / Abstract:**

Příspěvek je věnován orientačnímu a informačnímu systému používanému na železniční infrastruktuře. Uvádí základní terminologii a informace o aktuálním stavu poznání. Autoři příspěvku na základě svých dlouholetých zkušeností v dané oblasti poukazují na nejčastější chyby při návrhu a realizacích staveb a prostřednictvím případových studií poskytují čtenáři příklady správného řešení.

## **Orientation and information systems used on railway infrastructure**

The article is devoted to orientation and information systems used on railway infrastructure. It provides the basic terminology and information relating to the state of the art. Based on their many years of experience in the field concerned, the authors describe the most common mistakes in construction processes and use the case studies to show the readers examples of the right solution.

## **1. Úvod**

Právní akty EU včetně příslušných implementačních nástrojů ČR ukládají povinnost zajistit přístupný subsystém infrastruktura, do kterého se mj. řadí orientační a informační systémy železničních stanic a zastávek. Přístupností se rozumí stav, kdy osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace mají na

---

<sup>1</sup> Ing. Vladimír Tomandl, Ph.D., nar. 1983, je absolventem doktorského studijního programu v oboru Konstrukce a dopravní stavby na Fakultě stavební VUT v Brně. V roce 2007 vstoupil do Výzkumného Ústavu Železničního, a.s., kde na pracovišti v Brně zastává funkci specialisty pro železniční infrastrukturu.

<sup>2</sup> Petr Lněnička, nar. 1947, absolvoval Institut městského inženýrství HMP v Praze (tříleté studium). Působí jako vedoucí projektant společnosti METROPROJEKT Praha a.s. Specializuje se na bezbariérové řešení staveb se zaměřením na osoby se zrakovým postižením. Dlouhodobě spolupracuje s Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě jako poradce pro bezbariérové užívání staveb.

<sup>3</sup> doc. Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D., nar. 1971, absolvent doktorského studijního programu Technologie a management v dopravě a telekomunikacích Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice. Od roku 2001 působí na katedře technologie a řízení dopravy, kde se zabývá mj. přístupností veřejné dopravy.

rovnoprávném základě s ostatními přístup k fyzickému prostředí, dopravě, informačním a komunikačním technologiím a systémům a dalším zařízením a službám. Požadavky se týkají návrhu, realizace, údržby, obnovy, modernizace a provozu subsystému [1].

**Orientační systém (OS)** je souhrn prostředků pro poskytování neproměnných vizuálních, akustických a hmatových informací sloužících k orientaci cestujících ve veřejně přístupných prostorách určených k přepravě cestujících. Součástí funkce orientačního systému jsou i proměnné informace o provozu některých zařízení, která jsou součástí dopravní cesty. OS tak poskytuje cestujícím informace související s uspořádáním nástupiště, odbavovací haly apod., označuje jednotlivé stavební části objektu a v nich poskytované služby a zprostředkovává informace o provozních stavech zařízení se stavbou spojených, např. výtahů, pohyblivých schodů nebo chodníků. Podstatnou součástí OS pro osoby se zrakovým postižením jsou přirozené vodící linie a umělé vodící linie nebo jejich zvláštní formy. Základní specifikace a požadavky na jejich použití jsou součástí vyhlášky č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku se jimi autoři nebudou podrobně zabývat.

Jako **informační systém (IS)** se pak označuje souhrn prostředků na poskytování vizuálních a akustických informací o provozu všech dopravních systémů cestujícím ve veřejně přístupných prostorech určených k přepravě cestujících. IS poskytuje informace o spojích, času a místě jejich příjezdu/odjezdu/přistavení, o mimořádných provozních situacích, jako jsou jízda odklonem, zrušení spoje, náhradní doprava aj. [2].

## **2. Právní a technické předpisy pro návrh OS a IS**

Parametry a požadavky na tvorbu OS a IS jsou zakotveny v právních předpisech a návazně rozpracovány do potřebné úrovně a detailů v technických předpisech (technické normy a vnitropodnikové předpisy). Níže je uvedený seznam nejdůležitějších z nich.

### **2.1 Nařízení Komise (EU) č. 1300/2014, o technických specifikacích pro interoperabilitu týkajících se přístupnosti železničního systému Unie pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace, ve znění pozdějších předpisů**

Jedná se o závazný, přímo vykonatelný dokument EU pro naplnění základních požadavků směrnice o interoperabilitě. Týká se všech staveb v zeměpisné oblasti působnosti směrnice, tj. ve všech státech EU, které mají železniční infrastrukturu. Směrnice EU musí být implementovány prostřednictvím vnitrostátní legislativy, v tomto případě zákonem o dráhách [3]. Zde je vhodné podotknout, že evropský železniční systém definovaný § 3a zákona o dráhách neodpovídá jeho rozšířené definici ze směrnice. Součástí tohoto systému mají být rovněž dráhy regionální, což v zákoně [3] není v současnosti zohledněno.

Ve vztahu k OS a IS uvádí TSI PRM podrobné požadavky pro umístění hmatných štítků na stěnách přístupových tras, stanovuje míru poskytovaných informací v železničních stanicích a zastávkách, rozvržení prvků IS ve vztahu k osobám se zrakovým postižením, osobám malého vzrůstu nebo osobám na

ortopedickém vozíku a požadavky na srozumitelnost akustického informačního systému pro cestující. Tyto požadavky patří do první kategorie.

V ostatních případech jsou uvedeny pouze funkční požadavky, tzv. parametry druhé kategorie. TSI PRM pro ně nestanovuje konkrétní specifikace, pouze požaduje jejich zapracování do konečného řešení přístupnosti. Je tak učiněno z důvodu, aby nebyly nabourány principy tvorby bezbariérového prostředí v jednotlivých členských státech EU. Ty jsou napříč jednotlivými zeměmi odlišné, byť si kladou přibližně stejné cíle. K řešení požadavků druhé kategorie zaslala ČR v září 2020 Agentuře Evropské unie pro železnice aktualizovaný seznam národních technických pravidel. Po jeho odsouhlasení bude zveřejněn v databázi NOTIF-IT [4], příp. její chystané nadřazené platformě SRD. Vybrané dokumenty sloužící pro návrh OS a IS jsou uvedeny níže v tomto přehledu, viz také příloha oznámení č. 13/21 Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, o autorizaci určeného subjektu [5].

Obecně lze prohlásit, že běžně používané právní a technické předpisy týkající se problematiky OS a IS pokrývají parametry TSI PRM. Výjimku představují následující požadavky:

- informace týkající se provozu vlaků, včetně konečné stanice, zastávek, čísla koleje u nástupní hrany a času, musí být alespoň na jednom místě ve stanici dostupné ve výšce nepřesahující 1600 mm. Současně je doporučeno spodní ohraničení min. 700 mm. Může se jednat o vývěsku s tištěnými informacemi příp. o zobrazovací prvek IS. Toto zařízení musí být volně přístupné. Častými chybami u vývěsek bývá jejich umístování za prvky mobiliáře nebo v jejich bezprostřední blízkosti. V tomto ohledu je nutné respektovat dostatečný manipulační prostor pro ortopedický vozík;
- na bezbariérových toaletách musí být uveden grafický symbol sklopného madla. Jeho podobu uvádí grafický manuál jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace;
- na toaletách musí být pro funkční informace a nouzový systém přivolání pomoci užity informační štítky rozeznatelné hmatem. Jejich podobu uvádí grafický manuál jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace;
- IS musí mít platné ES prohlášení o shodě dle směrnice o interoperabilitě [1]. Displej je jedním z prvků interoperability. Požadavky kapitoly 5 TSI PRM je nutné ověřit postupem dle zvoleného modulu z kapitoly 6 TSI PRM. Ověření se týká nejen samotného hardwaru, ale častěji vychází ze softwarových možností IS;
- přepážky musí být vybaveny displeji k zobrazení ceny cestujícím. Výjimka je možná pouze na přepážkách bez pokladního terminálu;
- na jedné tabuli OS může být vedle směrové šipky maximálně pět piktogramů. Je řešeno v grafickém manuálu jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace;
- srozumitelnost akustického informačního systému pro cestující vyjádřená indexem přenosu řeči s min. hodnotou 0,45. Měření je provedeno metodou STIPA dle normy ČSN EN 60268-16 [6]. Při rekonstrukcích historických výpravních budov v praxi často dochází k nedodržení tohoto požadavku. Je to následek nepřizpůsobeného akustického prostředí rozlehlých vnitřních prostor budovy, kde dochází i k vícenásobným odrazům akustických vln a tím i dlouhé době dozvuku. Předějit takovému scénáři u stávajících staveb není

mnohdy jednoduché a v některých případech to vyžaduje numerické modelování. Z hlediska prostorové akustiky však lze říci, že příznivě na srozumitelnost působí dostatečně hustá síť amplionů s možností jejich polohování a změny akustického výkonu (ztlumení), dále omezení nežádoucích zdrojů hluku a také vhodná úprava prostředí uvnitř budovy. Tu představují různá stavebně-technická opatření, např. členění prostoru prostřednictvím mobiliáře nebo závěsných prvků pod stropem nebo zvýšení akustické pohltivosti volbou vhodného materiálu pro stěny a stropy. Nad řešením prostoru z hlediska akustiky je nutné se zamýšlet již ve fázi projektování. Při realizaci stavby již existují jen omezené možnosti, jak v daném prostředí zlepšit prostorovou akustiku. V rozpočtu stavby je nutné vyčlenit finanční prostředky na akreditované měření srozumitelnosti.

V rámci památkové ochrany staveb lze požadavky TSI PRM přiměřeně přizpůsobit zájmům státní památkové péče.

### **Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/882, o požadavcích na přístupnost u výrobků a služeb**

Implementace této směrnice do vnitrostátní legislativy má být dokončena do 06/2022, uplatňována od 06/2025 a do 06/2030 bude platit přechodné období pro používání stávajících výrobků uvedených na trh před 06/2025.

V oblasti IS je směrnice určena pro tzv. informační panely (kiosky), což jsou samoobslužná zařízení určená ke sdělování aktuálních informací cestujícím. Výrobky musí být navrhovány a vyráběny takovým způsobem, aby bylo maximalizováno jejich předvídatelné použití OOSPO. Informační kiosky musí poskytovat technologii převodu textu do mluvené podoby, musí umožňovat zapojení sluchátek a v případě standardního akustického výstupu také indukční poslech. Je-li vyžadována načasovaná reakce, musí uživatele upozornit prostřednictvím více než jednoho smyslu. Zařízení musí umožňovat prodloužení poskytnutého času a musí mít aktivní prvky opticky kontrastní a rozpoznatelné hmatem. Nesmí vyžadovat aktivaci funkcí pro OOSPO pouze na základě specifické kompenzační pomůcky. To např. znamená, že akustický výstup pro nevidomé nemůže být aktivován pouze na základě povelu tlačítka vysílačky pro nevidomé, ale že musí být zajištěna také alternativní možnost aktivace.



Obr. 1 Příklady informačních kiosků (zdroj: autoři)

## **2.2 Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění pozdějších předpisů**

V nařízení vlády jsou zakotveny požadavky na certifikaci vlastností stavebních výrobků užívaných pro tvorbu bezbariérového prostředí. Nařízení vlády rozpracovávají Technické návody pro činnosti autorizovaných osob při posuzování shody stavebních výrobků podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Akustické orientační a informační majáky (OHM) jsou předmětem TN 12.03.07 [7].

Výrobce má povinnost dodržet vlastnosti výrobků podle požadavků TN, dodavatel zajistit, že jím dodávané výrobky jsou certifikovány dle příslušných TN, projektant v technické zprávě uvést a stavení úřad zkontrolovat požadavek na užití pouze certifikovaných výrobků pro úpravy prostředí pro OOSPO. Technický dozor investora toto kontroluje v rámci svých povinností při realizaci díla.

## **2.3 Nařízení vlády č. 375/2017 Sb., o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů**

TSI PRM požaduje, aby OS v železničních stanicích a zastávkách byl doplněn v případě potřeby o mezinárodně uznávané bezpečnostní značky. V praxi se nejčastěji jedná o značky zakazu „Kouření zakázáno“, „Přechod pro pěší zakázán“ nebo „Nepovolaným vstup zakázán“, značku výstrahy „Nebezpečí – elektřina“, informativní značky pro označení únikové cesty a nouzového východu nebo místa první pomoci a zařízení pro přivolání první pomoci a informativní značky pro věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostní zařízení. Výpravní budovy významných dopravních terminálů se doplňují evakuačním rozhlasem.

## **2.4 Vyhláška č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah, ve znění pozdějších předpisů**

Vyhláška stanovuje požadavky na minimální vybavenost železničních stanic a zastávek. Musí být mj. umožněn bezbariérový přístup na nástupiště včetně hmatového a dálkově ovládaného akustického vyznačení přístupu k vlakům pro OOSPO. Nástupiště železničních stanic a zastávek se označují jednotným způsobem. Na nástupištech o délce 100 m a více a zároveň s výškou nástupní hrany 550 mm a 380 mm nad spojnici temen kolejnic musí být vyznačeny sektory. Pokud je železniční stanice nebo železniční zastávka vybavena elektronickým informačním systémem, musí být elektronický informační systém zpřístupněn OOSPO. Rozhlasové zařízení musí umožňovat nastavení hlasitosti jednotlivých reproduktorových větví. Vyhláška dále definuje způsoby zabezpečení křížení dráhy s pozemní komunikací (železniční přechod nebo přejezd) nebo s úrovnovým přístupem pro cestující na poloostrovní nástupiště (centrální přechod).

Požadavky na vybavenost OS a IS pro cestující vychází z kategorizace dle směrnice SŽ SM122 [8], jsou dané společnou koncepcí Ministerstva dopravy, Správy železnic, státní organizace a Státního fondu dopravní infrastruktury [9] a podléhají obecně platným technickým normám uvedeným v příloze č. 5 stavebního a technického řádu drah. S ohledem na pravidlo dvou smyslů, které se velmi osvědčilo při tvorbě OS a IS v sousedním Německu, pak každá železniční stanice nebo zastávka musí být vybavena vývěskou s tištěnými dopravními informacemi

a dále rozhlasem pro cestující a/nebo zobrazovací jednotkou IS s hlasovým výstupem pro nevidomé. Toto platí pro každou stanici a zastávku bez ohledu na její kategorii.

## **2.5 Vyhláška č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb**

Přestože se vyhláška v § 1 vymezuje vůči použití na EŽS, je uvedena v seznamu národních technických pravidel pro řešení základních parametrů druhé kategorie. Pro ověřování interoperability je tak považována za základní dokument, včetně normových hodnot odkazujících se na příslušné ČSN. Nesporným pozitivem této vyhlášky je strukturalizace obsahu příloh, kde jsou zvláště uváděny požadavky podle druhu postižení (pohybové, zrakové, sluchové).

Pro tvorbu OS a IS je důležitý § 9. Základní informace pro orientaci veřejnosti musí být jak vizuální, tak podle okolností i akustické a hmatné. Vizuální informace musí mít kontrastní a osvětlené nápisy a symboly. Informační a signalizační prvky musí být vnímatelné a srozumitelné pro všechny uživatele, je nutné brát v úvahu zejména zorné pole osoby na vozíku, velikost a čtecí vzdálenost písma.

Hygienická zařízení pro veřejnost, vyhrazená stání pro vozidla přepravující osoby těžce pohybově postižené, přepážky a pokladny pro cestující a zvláštní bezbariérové trasy u změn dokončených staveb musí být označeny příslušnými symboly přístupnosti.

Vyhláška dále specifikuje základní vlastnosti akustických prvků pro nevidomé včetně jejich dálkového ovládní, značení výtahů vč. optické a akustické signalizace a také určuje místa, ve kterých musí být umožněn indukční poslech – dorozumívací zařízení na přepážkách a pokladnách pro cestující a ve výtahových klecích. Pokladny a přepážky musí navíc umožňovat odezírání ze rtů, což s sebou nese požadavky na osvětlenost daného prostoru a na jeho uspořádání vůči vnějším výplním otvorům.

## **2.6 Vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů**

Vyhláška specifikuje světelné a akustické signály na železničních přejezdech a přechodech včetně akustické signalizace pro nevidomé. Uvádí požadavky na svíslé a vodorovné dopravní značení pro zastávky veřejné dopravy, parkoviště, včetně vyhrazených stání pro vozidla přepravující osoby těžce pohybově postižené a další související infrastrukturu. Uvedená místa často bezprostředně navazují na železniční stanice a zastávky, jsou součástí přístupových tras a v rámci požadavků TSI PRM musí být zajištěna jejich vzájemná přístupnost.



## **2.7 Norma ČSN EN 16584-1 Železniční aplikace – Konstrukční úpravy pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace – Obecné požadavky**

### **– Část 1: Kontrast**

Norma stanovuje techniky pro posuzování kontrastu. Vychází se z principu porovnání hodnot světelného odrazu objektu (tj. piktogramu, znaku, písma či čísel) a jeho pozadí v případech, kdy je známá specifikace použitých odstínů i v případech, kdy je dané specifikace nutné teprve určit na základě zkoušky spektrofotometrem.

Pro vyhodnocení kontrastu prvků OS platí nomogram A.2 v příloze A této normy. Nomogram vznikl na základě prostého rozdílu hodnot  $\Delta LRV$  minimálně 60 bodů. Při aproximaci dle vzorníku barev se hodnota požadovaného rozdílu hodnot  $\Delta LRV$  zvýší o 5 bodů. Požadovaný kontrast je v takovém případě  $K \geq 0,65$ .

Zvláštní požadavky na elektronické displeje IS jsou předmětem kapitoly 6.3.4. Postup výpočtu účinného kontrastu prvků IS je uvedený v příloze C a je odlišný pro osvětlené a podsvícené či svítící displeje. Požadovaný kontrast displejů vychází z Michelsonova vztahu a je  $K \geq 0,60$ , přičemž účinný kontrast podsvícených a svítících displejů je odvislý od intenzity vnějšího osvětlení a jasu displeje. Parametry displejů se v interiéru posuzují pro minimální intenzitu osvětlení 200 lx, zatímco v exteriéru pro intenzitu osvětlení alespoň 2000 lx.

## **2.8 Norma ČSN EN 16584-2 Železniční aplikace – Konstrukční úpravy pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace – Obecné požadavky**

### **– Část 2: Informace**

Norma podává doplňující informace k požadavkům TSI PRM. Např. uvádí, že displeje pro zobrazení ceny na přepážkách musí být ve výšce 1200 mm až 1600 mm. To zohledňuje největší procento uživatelů, kdy se uvažuje, že 5 % stojících žen nedosahuje výšky očí 1442 mm a naopak, pouze 5 % stojících mužů má výšku očí nad úroveň 1840 mm. Pro uživatele ortopedických vozíků je pak rozsah výšky očí stanoven hodnotami 1100 mm až 1383 mm, což má být zohledněno na bezbariérových přepážkách. Výška velkých písmen a číslic na elektronických displejích musí být minimálně 14 mm. Čtecí vzdálenost musí být minimálně 500 mm od displeje. Obdobné požadavky jsou stanoveny také pro samoobslužné informační kiosky.

Tabule OS mají být umístěny na všech místech pro rozhodování o směru trasy, současně ale v maximální vzdálenosti 100 m od sebe. Minimální velikost piktogramů by na železniční infrastruktuře neměla klesnout pod 85 x 85 mm, resp. pod 25 x 25 mm v oblastech se čtecí vzdáleností do 2 m. Řada dalších užitečných informací je součástí přílohové části normy.

## **2.9 Předběžná norma ČSN P ISO 21542 Pozemní stavby – Přístupnost a využitelnost vybudovaného prostředí**

Podle této předběžné normy se doporučuje postupovat přiměřeně. Obsahuje řadu velmi podrobných požadavků a doporučení pro obecnou výstavbu. Tyto požadavky ovlivňují konstrukční hlediska přístupů do budov, provoz v budovách, opuštění budovy za běžných okolností a evakuaci v případě nouze.

Norma svým pojetím znesnadňuje principy tvorby bezbariérového prostředí na základě funkčních požadavků druhé kategorie, jak bylo uvedeno v kapitole 1.1. Na druhou stranu však může být inspirativní, a to nejen při tvorbě OS a IS.

## **2.10 Další relevantní harmonizované technické a mezinárodní normy**

Dalšími důležitými normami pro tvorbu OS a IS jsou:

- ČSN ISO 3864-1 Grafické značky – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky – Část 1: Zásady navrhování bezpečnostních značek a bezpečnostního značení;
- ČSN EN 81-70 ed. 2 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Zvláštní úpravy výtahů určených pro dopravu osob a osob a nákladů
  - Část 70: Přístupnost výtahů včetně osob s omezenou schopností pohybu a orientace;
- ČSN EN 115-1 Bezpečnost pohyblivých schodů a pohyblivých chodníků
  - Část 1: Konstrukce a montáž.

Na tyto normy se přímo odkazuje nejen TSI PRM, ale rovněž vyhláška č. 398/2009 Sb. v rámci statutu normových hodnot.

## **2.11 Norma ČSN 73 4959 Nástupiště a nástupištní přístřešky na dráhách celostátních, regionálních a vlečkách**

Norma uvádí, že místa na nástupišti se zákazem vstupu veřejnosti musí být vizuálně vyznačena piktogramy. V rámci vybavení nástupiště je nutné zřídit OS a IS podle standardů vlastníka dráhy. Nástupiště musí být také označeno názvem stanice nebo zastávky. Z hlediska centrálních přechodů norma obsahuje vzory výstražné tabule pro případy, že je průjezd vozidel přes centrální přechod zajištěn informačním zařízením nebo organizován zaměstnancem provozovatele dráhy nebo drážní dopravy.

Norma ČSN 73 4959 již v řadě ohledů nereflektuje aktuální stav poznání a je žádoucí ji postoupit přepracování.

## **2.12 Norma TNŽ 73 6390 Nápisů názvů železničních stanic a zastávek**

TNŽ určuje požadavky na tvorbu, rozmístění nápisů, prosvětlení či osvětlení nápisů v železničních stanicích a zastávkách. Upravuje označení železniční stanice směrem k přístupové cestě.

## **2.13 Grafický manuál jednotného orientačního a informačního systému Správy železnic, státní organizace**

Na grafický manuál se odkazuje směrnice SŽ SM118 [2]. V oblasti tvorby OS a IS se jedná o zásadní vnitropodnikový dokument, který nemá na vyšších úrovních v hierarchii právních a technických předpisů ČR vhodný ekvivalent a je tedy vhodný také pro ostatní provozovatele dráhy.

Manuál zapracovává korporátní identitu Správy železnic, státní organizace, ale dělá to s respektem vůči výše uvedené legislativě. Je souborem závazných předpisů, jednotných pravidel a doporučení, jak aplikovat a realizovat jednotlivé prvky OS a IS na nástupištích, v železničních stanicích a na zastávkách pro širokou

cestující veřejnost. Pro názornost a snazší použití je doplněn řadou příkladů a ilustrací. Uvádí základní typografii OS a IS a českou sadu Braillova písma a definice prvků OS a IS. Uvádí technické požadavky na provedení jednotlivých prvků, pravidla pro určení jejich velikosti v závislosti na pohledové vzdálenosti, stejně jako pravidla pro návrh a realizaci OS a IS včetně katalogu piktogramů a značek. Věnuje se otázce číslování kolejí a značení sektorů. Velmi rozsáhlá je pak samostatná kapitola věnovaná specifickým potřebám osob se zrakovým postižením.

## **2.14 Předpis SŽ S 10 pro využití výtahů, pohyblivých schodů a pohyblivých plošin u Správy železnic**

Předpis stanovuje pravidla pro navrhování, provozování a servis výtahů, pohyblivých schodů a chodníků, a pohyblivých plošin. Uvedená ustanovení jsou závazná při realizaci investičních i neinvestičních stavebních záměrů Správy železnic, státní organizace. Předpis respektuje požadavky normy ČSN EN 81-70 ed. 2 z hlediska značení ovládacích prvků a vizuální a zvukové signalizace v kabině výtahu a ve stanicích. Ustanovuje výškovou hladinu nástupiště jako „0“, podchod „-1“, nadchod „+1“ a definuje požadavky na provedení výtahového komunikátoru. U pohyblivých schodů uvádí jako související zařízení orientační hlasové majáčky připojené na řídicí jednotku pohyblivých schodů. Požadavky na pohyblivé schody a pohyblivé chodníky jsou v souladu s normou ČSN EN 115-1.

Pohyblivé plošiny pro dopravu osob s omezenou schopností pohybu se používají jen u změn dokončených staveb. Povolují se jen ve výjimečných případech a u trvale obsazených stanic, pokud není z technických důvodů možnost umístění výtahu. U novostaveb a staveb, které jsou součástí EŽS se toto řešení nepřipouští. Schodišťové výtahy se nepoužívají.

## **2.15 Technické specifikace SŽDC TS 1/2018-Z Výstražné zařízení pro přechod kolejí**

Technické specifikace slouží pro zajištění přístupnosti poloostrovních a případně také vnějších nástupišť v případech, kdy je nutné zřídit výstražné zařízení pro přechod kolejí. Definují požadavky na vizuální a akustické signály, příp. na závorová břevna. Uvádí vzor výstražných tabulí a požadavky na jejich umístování, stejně jako podrobnosti k orientačním prvkům na přístupové trase určeným pro osoby se zrakovým postižením.

Pro usnadnění orientace v předpisech se vztahem k vlastnostem OS a IS byla sestavena matice použitelnosti (viz Příloha 1). Ta názorným způsobem zobrazuje, v jakém předpise a v jaké míře je konkrétní parametr nebo požadavek řešen.

## **3. Základní přístupy pro návrh OS a IS**

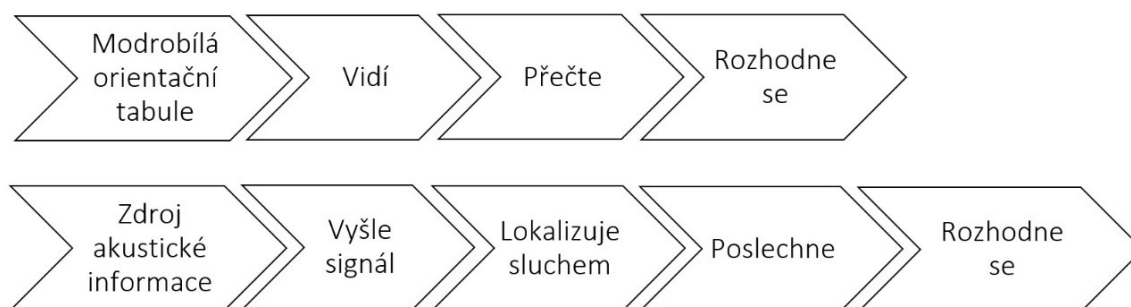
Mají-li být oba systémy přístupné, použitelné pro všechny cestující, musí být jejich navrhování, ale také umístění na konkrétním místě pojato systémově. Mezi takové principy lze uvést např. strategii univerzálního designu nebo teorii kritických míst. Univerzální design a jeho obdoby (Design pro všechny, Univerzální tvorba a design, Univerzální přístupnost) jsou propracované a časem prověřené (zdokonalované) strategie tvorby prostředí, které je přístupné pro všechny jeho uživatele bez rozdílu. Průkopníkem tohoto přístupu byly Spojené státy americké,

z evropských zemí pak Norsko nebo Španělsko. Pomocí kritických míst lze postupně navrhovat, resp. kontrolovat požadavky na přístupnost jak stavebního prostředí, tak i dalších prvků, tedy i OS a IS. Oba přístupy uvádí [10].

### 3.1 Rozlišování OS a IS

Předpokladem pro správný návrh i celkové řešení OS a IS včetně jeho akustických prvků je správné definování a rozlišování obou systémů, viz úvodní kapitola příspěvku. Rozlišování uvedených systémů do dvou kategorií není samoúčelné. Jak uvádí [10], toto dělení vyplývá mj. z charakteru vizuálních informačních systémů pro cestující, kdy modrobílé orientační tabule s nápisy, směrovými šipkami nebo piktogramy vedou cestujícího na nástupiště, přes odbavovací halu apod.

Nutnost rozlišování OS a IS systému je dána potřebami nevidomých uživatelů, kdy je třeba nejprve najít místo poskytovaných služeb (nástupiště, informační centrum aj.) a zde následně zjistit další potřebné informace, např. čas, místo odjezdu spoje, řazení soupravy vlaku. Na obrázku č. 2 je znázorněn rozdíl v použití OS osobami bez zrakového postižení a osobami nevidomými. První řádek znázorňuje princip užití OS osobou vidící, druhý řádek osobou nevidomou, která musí nejprve zdroj akustické informace lokalizovat, následně vyslechnout informaci a pak se podle ní rozhodnout.



Obr. 2 OS pro osoby vidící a nevidomé (zdroj: [10])

### 3.2 Logika tvorby OS a IS

Logiku tvorby OS pro osoby s těžkým postižením zraku je možné shrnout do následujících bodů:

1. Určení a definování důležitých orientačních informací o stavbě – např. přístupové cesty z nástupiště do podchodu, informace o uspořádání odbavovací haly nebo informace provozních stavech eskalátorů;
2. Přiřazení, příp. sdružení informací pro akustické prvky – analogicky s orientačními tabulemi s nápisy, vč. jejich rozmístění a informací na nich zobrazovaných;
3. Umísťování hmatových informací v Braillově písmu – pouze na přesně definovaných a pro osoby s postižením zraku známých, nejlépe stabilních místech;

4. Znalosti uživatelských funkcí jednotlivých prvků – k akustickému majáčku přichází nevidomá osoba z konkrétního prostoru a potřebuje se dovědět informace o pokračování své cesty; např. po vstupu do podchodu (od obce) potřebuje dostat informace o možnosti pokračovat na nástupiště nebo do haly; fráze v majáčku musí informovat pouze o tom, co se vztahuje k pokračování cesty nevidomého, tedy o tom, co je ve směru chůze nevidomé osoby.

Důslednou aplikací výše uvedených bodů lze vytvořit dobře identifikovatelné a využitelné prostředí dopravních staveb pro osoby s postižením zraku.

### **3.3 Pravidlo „Nalézt a použít“**

Z dosud uvedeného je zřejmé, že OS i IS jsou ze své podstaty odlišné. Společný rys podmiňující jejich užitnou hodnotu pro osoby s těžkým zrakovým, ale i pohybovým postižením, je možné vyjádřit jako princip „Nalézt a použít“. To znamená, že i osoby s postižením zraku musí být schopny tyto systémy (např. samoobslužný informační stojan) nejprve lokalizovat, obsloužit a odpovídajícím způsobem přijmout a pochopit sdělení, která slyší. Pro zajištění požadavku „Nalézt“ se užívá prvek akustické lokalizace – dálkově ovládaný akustický majáček. Pro naplnění požadavku „Použít“ je nutno dodržet požadavky platných předpisů uvedených výše, a to jak na funkčnost a způsob obsluhy, tak na samotné výstupy (font, velikost, tloušťka písmen textu; barva a kontrast jasu podkladu a písmen; rychlost pohybu dynamických informací).

Analogicky k definici bezbariérové přístupnosti znamená bezbariérové řešení OS a IS pro veřejnost takové provedení, které umožní jejich využití všemi skupinami OOSPO, zejm. osobami s postižením pohybového aparátu, zraku anebo sluchu. Vzhledem k převládající orientaci dnešní populace na zrakové vjemy jsou informace sdělovány převážně vizuálně (nápisy, grafické značky aj.) s doplněním o automatizovaná akustická hlášení. Zásadním problémem OS a IS pro cestující je tedy jejich využitelnost osobami s postižením zraku, a to jak slabozrakými, tak i nevidomými.

## **4. Specifické požadavky na OS a příklady použití**

OS pro veřejnost v sobě zahrnuje vnímatelné a všemi uživateli rozpoznatelné uspořádání stavby včetně provozu zařízení spojených se stavbou, vizuální a akustické OS a specifická opatření pro zrakově postižené, která představují hmatové úpravy pro tuto skupinu. Uživatelskou funkci OS určuje schopnost přijímání informací o uspořádání, charakteru a funkci prostoru (celek i detaily) a vytvoření jeho funkčního obrazu činností mozku a nervových drah a cest. Funkci mozku a nervových drah a cest zásadně ovlivňuje způsob přijímání informací. Činnost mozku je daná způsobem možného přijímání orientačních informací a dělí uživatele na dvě základní skupiny, navrhování a realizace orientačních systému se pro tyto dvě skupiny zásadně liší.

První velkou skupinu tvoří uživatelé s možností přijímání informací nutných pro orientaci zrakem. Do této skupiny patří osoby bez zdravotního postižení, osoby s pohybovým a sluchovým postižením. Práce nervové soustavy je pro všechny stejná, odlišnosti jsou v míře a charakteru vyhodnocovaných prvků OS.

Specifickou skupinu tvoří lidé se zrakovým postižením, kteří přijímají orientační informace hmatem a sluchem současně (například u techniky dlouhé bílé hole je důležitým prvkem i akustická odezva při jejím použití). Současně s informacemi o bezprostřední okolí zpracovává mozek a nervová soustava i informace vzdálenější (zvuk akustických prvků OS, echolokací vnímaný pohyb ostatních uživatelů prostoru aj.). Způsob práce mozku a nervové soustavy se tedy logicky zásadně liší (mění se např. spolupráce levé a pravé hemisféry, zapojují se další části mozku atd.). Tento jev se obecně nazývá neuroplasticita, jejím objevitelem byl americký neurolog mexického původu Paul Bach-y-Rita. Díky zobrazovacím technikám (tomograf, magnetická rezonance) je tento jev dnes využíván i v praxi [11]. Lze tedy konstatovat, že zrakově postiženému se funkční a použitelný obraz prostoru vytváří jiným způsobem než u osob přijímajících orientační informace zrakem.

Z důvodů uvedených výše se tento text zaměřuje na tvorbu části OS pro veřejnost využitelnou osobami zrakově postiženými. Základem OS pro zrakově postižené je správné navržení a rozmístění dálkově spouštěných prvků s akustickým výstupem (akustických majáčků). Ty zprostředkují zrakově postiženému údaje o prostoru mimo oblast zjistitelnou technikou dlouhé bílé hole. Obsah a rozsah akustických informací musí být srovnatelný s informacemi získanými zrakem. Příklad získávání důležitých informací pomocí akustických majáčků na železničním nástupišti je uveden na obrázcích č. 3 a 4 s navazujícím textem. Kvůli specifickému uspořádání výtahu a pevného schodiště byl uveden příklad z Německa. Z toho důvodu jsou vizuální a hmatové prvky OS na obrázcích odlišné od těch používaných v ČR.



Obr. 3 Nástupiště bez akustických prvků OS (zdroj: autoři)

Na nástupišti nebyl zřízen akustický OS pro zrakově postižené. Orientační informace jsou získávány pouze hmatem (technikou dlouhé bílé hole) jsou neúplné (např. nalezení správného konce nástupiště). Zrakově postižený po příchodu na správný konec nástupiště využívá přirozené vodící linie (zábradlí se zarážkou pro slepeckou hůl) vedené ke dvěma důležitým prvkům stavby (schodiště, výtah), tyto prvky však může rozlišit až těsně před jejich použitím. Základní informace o uspořádání a funkci prostoru jsou hmatem zjistitelné jen částečně a jsou neúplné. Jedná se například o nalezení konce nástupiště s navazujícím výstupem, číslování kolejí (vpravo, vlevo) ve směru chůze k výstupu, umístění výtahu a schodiště, provozní stav výtahu (v provozu, mimo provoz), charakter a orientační situaci v podchodu.



Obr. 4 Nástupiště s akustickými prvky OS (zdroj: autoři)

Na nástupišti byl zřízen akustický OS pro zrakově postižené. Orientační informace jsou získávány hmatem (technikou dlouhé bílé hole) i sluchem (akustickým majáčkem spouštěným dálkově vysílačkou zrakově postiženého). Hmatové informace využívá zrakově postižený pouze při pohybu podél vodící linie s funkcí varovného pásu a zábradlí se zarážkou pro slepeckou hůl. Akustické informace využívá zrakově postižený jak při pohybu na nástupišti, tak i při chůzi v podchodu. Akustický majáček má 2 fráze: fráze 1 (základní) je spouštěna povelom 1 vysílačky, fráze 2 (rozšířená) je spouštěna povelom 2 vysílačky, například:

- Fráze 1: trylek BRLM; Vstup do podchodu. Ve směru chůze vpravo kolej číslo Y, vlevo kolej číslo Z. Vlevo vedle schodiště je výtah do podchodu

(v provozu eventuálně mimo provoz, fráze je odvozena od technologického zařízení výtahu). Sektor Á. Stanice X;

- Fráze 2: trylek BRLM; V podchodu vpravo je výstup na ulici C a k výpravní budově. Vlevo výstup na ulici B a k návazné autobusové dopravě.

Více informací o akustických orientačních systémech vytvářených akustickými majáčky lze nalézt v grafickém manuálu jednotného orientačního a informačního systému Správy železnic, státní organizace (kapitola 8) nebo v [10]. Oproti tomu v normě ČSN 73 6425-2 [12] jakákoli zmínka o OS pro veřejnost a jeho části využitelné zrakově postiženými chybí.

## 5. Specifické požadavky na IS a příklady použití

Proti OS se funkce mozku a nervových cest jednotlivých skupin uživatelů IS příliš neliší. Pro zrakově postižené je však nutné technickými prostředky zajistit umístění zařízení s akustickým výstupem do klidové zóny, podmínky pro jeho nalezení a identifikaci, výběr konkrétní tabule IS se zajištěným blokováním akustických výstupů ostatních prvků IS, převod vizuálních informací na akustické a jejich „čtení“. Příklad odstranění chybné funkce IS na autobusovém nádraží je na obrázku č. 5.



Obr. 5 Odjezdové tabule autobusů a vlaků (zdroj: autoři)



Tabule IS pro veřejnost je umístěna před železniční stanicí u přístupu na malé autobusové nádraží. Má v souladu s ustanoveními vyhlášky č. 398/2009 Sb. akustický výstup a „čtení“ vizuálních informací. Oba hlasové výstupy jsou spouštěny současně na dálku vysílačkou zrakově postiženého. Odstranění tohoto nedostatku je technicky poměrně jednoduché a nenáročné. Datové proudy je třeba svést na jedno místo (do „čtečky“) a zajistit jejich převod a „čtení“. Zařízení s akustickým výstupem je spouštěno dálkově vysílačkou, popř. manuálně, a proto je nutné doplnit ho o tlačítka volby (odlišného tvaru) zajišťující blokování nevybraného akustického výstupu konkrétní tabule. Ovládače musí být umístěny na sloupku u přístupové komunikace a musí být zajištěna jejich akustická i hmatová lokalizace. Za zmínku u zobrazené tabule IS stojí i nevhodné označení nástupních míst pro veřejnost na železnici i na autobusovém nádraží (správně: nástupní hrana, resp. stanoviště autobusu).

Pro výběr konkrétního prvku IS jsou zásadní podmínky prostředí, do kterého má být zařízení umístěno. Grafický manuál jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace rozlišuje tři základní typy zobrazovacích jednotek IS na železnici:

- informační monitor (velký odjezdový, zkrácený odjezdový, příjezdový, nástupištní přestupní, podchodový přestupní);
- informační tabule (velká odjezdová, zkrácená odjezdová, příjezdová, nástupištní, nástupištní víceřádková, podchodová);
- informační panel.

Informační monitory jsou vhodné do prostor s řízeným osvětlením, tedy tam, kde není riziko snížení čitelnosti monitoru vlivem dopadu paprsků denního světla. Většinou se jedná o interiéry výpravních budov a podchody. U krytých nástupišť a zpevněných ploch pod zastřešením je zásadní prověření, že nedojde ke snížení čitelnosti vlivem denního světla. V ostatních případech se volí informační tabule. Ty se také přednostně umísťují v hlavních komunikačních trasách interiérů železničních stanic velkého významu.

## 6. Optický kontrast

Následující kapitola se zabývá praktickými aplikacemi stanovení optického kontrastu tabulí OS. Pro vyhodnocení kontrastu dvou odstínů je výhodné použít nomogramy z normy ČSN EN 16584-1. Pro OS a IS je určený nomogram A.2. V případech, kdy do posouzení kontrastu vstupuje více barev, ať již na straně zkoumaného objektu nebo pozadí, je vhodnější použít postup dle RFU PRM 053 [13]. K ověření kontrastu je, bez ohledu na zvolený postup, nezbytné určit LRV každého uvažovaného odstínu. To je možné např. z online zdroje [https://www.e-paint.co.uk/RAL\\_colourchart.asp](https://www.e-paint.co.uk/RAL_colourchart.asp). Je však nutné poznamenat, že se jedná o velmi orientační zjištění. Výhodnější je získat hodnoty na základě přesného laboratorního měření. Problematikou se zabývá např. Skandinávský institut barev, který na svých internetových stránkách <https://ncscolour.com> nabízí jak tabulkové hodnoty světelné odrazivosti, tak i digitální skener, který prací s určováním vizuálního kontrastu ještě více usnadní.

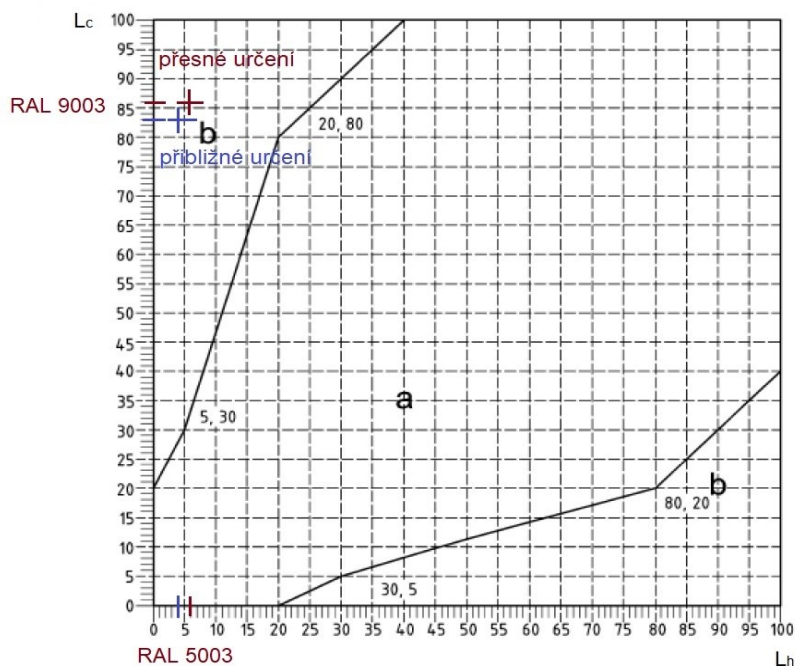
### 6.1 Grafické vyhodnocení optického kontrastu na základě nomogramu

Obrázek č. 6 zachycuje příklad směrové tabule OS ve stanici s podchodem. Odstíny tabule jsou definované v grafickém manuálu jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace – RAL 9003 signální bílá a RAL 5003 safírová modrá.



Obr. 6 Směrová tabule (zdroj: grafický manuál jednotného OS a IS Správy železnic)

Za objekt jsou zde uvažovány bílé piktogramy a šipka umístěné na modrém pozadí. Za použití převodových tabulek [14] lze zjistit, že RAL 9003 přibližně odpovídá odstínu NCS S 0500-N a RAL 5003 pak odstínu NCS S 7020-R80B. Pro odstíny NCS byly v laboratorních podmínkách stanoveny velmi přesné LRV [15]. V tomto případě  $LRV_{9003} = 85,95 \%$  a  $LRV_{5003} = 6,00 \%$ . Vynesením zjištěných LRV na příslušné osy nomogramu A.2 v ČSN 16584-1 lze zjistit, že jejich průsečík se nachází v oblasti vyhovující úrovně kontrastu OS.



**Legenda**

- a ... oblast nevyhovující úrovně kontrastu
- b ... oblast vyhovující úrovně kontrastu
- Lh ... LRV pozadí nebo přilehlého povrchu
- Lc ... LRV objektu (piktogramu, znaku, písma či čísel)

Obr. 7 Posouzení optického kontrastu na základě nomogramu (zdroj: autoři)

Pro porovnávání jsou rovněž zaneseny LRV na základě přibližných údajů z online zdroje uvedeného výše ( $LRV_{9003} = 83 \%$ ,  $LRV_{5003} = 4 \%$ ).

## 6.2 Vyhodnocení optického kontrastu na základě Michelsonova vztahu

Grafické vyhodnocení je použitelné v případech, kdy se vůči sobě posuzují pouze dva odstíny. Vstupují-li do posouzení více než dva odstíny, ať již na straně zkoumaného objektu a/nebo pozadí, je potřeba učinit výpočet. Dokument RFU PRM 053 doporučuje využít Michelsonův vztah:

$$K = \frac{|LRV_{OBJEKT} - LRV_{POZADÍ}|}{LRV_{OBJEKT} + LRV_{POZADÍ}} \quad (1),$$

kde K je optický kontrast [-].



Obr. 8 Piktogram „Zákaz kouření“ (zdroj: grafický manuál jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace)

Odstíny piktogramu na obrázku č. 8 jsou definované v grafickém manuálu jednotného OS a IS Správy železnic, státní organizace – RAL 9003 signální bílá, RAL 9005 černá, RAL 3020 dopravní červená a RAL 5003 safírová modrá. Objekt je tvořen prvními třemi uvedenými odstíny ( $LRV_{9003} = 85,95 \%$ ,  $LRV_{9005} = 4,47 \%$ ,  $LRV_{3020} = 14,88 \%$ ) pozadí pak tvoří modrá barva ( $LRV_{5003} = 6,00 \%$ ). Důležité je také procentuální zastoupení jednotlivých odstínů. Bílá barva zastupuje 42 % z celkové plochy zkoumaného objektu, černá barva 7 % a červená barva zbylých 51 %. Dosazením uvedených údajů do vztahu (1) se získá hodnota kontrastu:

$$K = \frac{|(0,42 \cdot 85,95 + 0,07 \cdot 4,47 + 0,51 \cdot 14,88) - 6,00|}{(0,42 \cdot 85,95 + 0,07 \cdot 4,47 + 0,51 \cdot 14,88) + 6,00} = \frac{|44,00 - 6,00|}{44,00 + 6,00} = 0,76 \quad (2).$$

Kontrast piktogramu je 76 bodů, což je více než požadavek 60 bodů pro OS a IS. Pokud nejsou jednotlivé odstíny známy z předpisu, ale odhadovány pomocí vzorkovníku nebo digitálního skeneru, přidává se k požadované hodnotě 5 bodů dle ČSN EN 16584-1, resp. se požadovaná hodnota násobí součinitelem 1,1 dle RFU PRM 053.

$$K = \frac{|(0,42 \cdot 83 + 0,07 \cdot 0 + 0,51 \cdot 12) - 4|}{(0,42 \cdot 83 + 0,07 \cdot 0 + 0,51 \cdot 12) + 4} = \frac{|40,98 - 4|}{40,98 + 4} = 0,82 \quad (3).$$

Vztah (3) uvádí výpočet hodnoty kontrastu s přibližnými hodnotami z online zdroje ( $LRV_{9003} = 83 \%$ ,  $LRV_{9005} = 0 \%$ ,  $LRV_{3020} = 12 \%$ ,  $LRV_{5003} = 4 \%$ ).

## 7. Indukční poslech

Dle vyhlášky č. 398/2009 Sb. musí komunikační zařízení vybraných přepážek a pokladen pro cestující a dorozumívací zařízení ve výtahových klecích umožňovat indukční poslech pro osoby nedoslýchavé. Přestože v naprosté většině případů se daná zařízení v požadovaných místech fyzicky vyskytují, často jsou zvolena pro danou aplikaci nevhodná řešení, příp. ta vhodná nejsou správně nastavena. Kompaktní přenosné přepážkové indukční smyčky, které slibují okamžité použití bez nutnosti další instalace, jsou použitelné pouze pro velmi malé prostory bez okolního akustického a elektromagnetického šumu. V prostředí železničních stanic je tento typ spíše nevhodný. Lepších výsledků je dosaženo prostřednictvím stacionárních zařízení, které sestávají z mikrofону, zesilovače a nestíněného kabelu indukční smyčky. Těmito zařízeními je možné zajistit indukční poslech nejen v bezprostřední blízkosti přepážek, ale rovněž v rámci celé místnosti. Místa umožňující indukční poslech musí být viditelně označena příslušným symbolem přístupnosti [2].



Obr. 9 Přenosné a stacionární zařízení pro indukční poslech na přepážkách (zdroj: Unie neslyšících Brno, z.s.)

I sebvhodnější zařízení však musí být používáno správně. Prvním krokem je jeho umístění. To se řídí pokyny výrobce. U přepážkových zařízení se mikrofon umísťuje v blízkosti obsluhy, v dostatečně odhlučněném prostoru. Existují jeho stolní, závěsné nebo připínací varianty. Zesilovač smyčky musí být instalován na přístupném místě pro potřeby údržby a vizuálního ověření správné funkce prostřednictvím LED kontrolky. Vizuální odezvu je doporučeno poskytnout také příjemci (zákazníkovi) na druhé straně přepážky. Kabel indukční smyčky se nejčastěji umísťuje na spodní stranu přepážkové desky nebo na stěnu přepážky. Smyčku je nutné přiblížit co nejvíce příjemci a minimalizovat její ovlivnění stavebními konstrukcemi a elektronickými zařízeními. V optimálním případě by byla smyčka umístěna do úrovně naslouchadla, tj. 1450 mm až 1650 mm nad podlahu.

Dalším krokem je správné nastavení zesilovače indukční smyčky. To se provádí zkouškou dle normy ČSN EN 60118-4 ed. 3 [16]. Principiálně se jedná o

čtyř krokový postup, v rámci něhož se /1/ vyhodnotí magnetický šum pozadí, /2/ na základě speciálního modulovaného signálu pouštěného do zesilovače se ověří síla indukčního pole smyčky a dále /3/ její frekvenční odezva. Závěrem se provede /4/ poslechový test a ověří systémový šum indukční smyčky. Zesilovač indukční smyčky umožňuje regulaci síly (dosahu) indukčního pole, tónovou (frekvenční) kompenzaci a úpravu zisku na vstupu (hlasitosti) mikrofonu. Zkouška se provádí prostřednictvím měřicího přístroje síly indukčního pole. Výzkumný ústav železniční, a.s. zařízením disponuje a nastavení indukčních smyček na přepážkách pro cestující zajišťuje v rámci posouzení shody s technickými požadavky na interoperabilitu.

## **8. Závěr**

Bezbariérová přístupnost (nejen) železničních staveb je závazkem všech kulturně a morálně vyspělých společností včetně České republiky. Zásadní význam mají v tvorbě přístupného prostředí orientační a informační systémy pro veřejnost. Správně navržený OS a IS poskytuje zásadní informace všem uživatelům bez ohledu na jejich pohybové, smyslové nebo mentální omezení. Tvorba OS a IS je podpořena evropskou i vnitrostátní legislativou. Závazné evropské požadavky uvedené v technických specifikacích na interoperabilitu nejsou, až na vzácné výjimky uvedené v kapitole 1.1, přísnější než vnitrostátní legislativa. Liché jsou tak názory prezentované v různých médiích, že zavedením těchto pravidel na regionální dráhy dojde k prudkému navýšení ceny staveb. Pokud by k nárůstu finančních nákladů skutečně došlo, odhalí to spíše nedostatečnou kontrolní činnost stran současného stavebního řízení.

Legislativní základ České republiky je v oblasti OS a IS ve srovnání s jinými zeměmi EU nadprůměrný a postihuje ve větší či menší míře všechny kategorie osob s omezenou schopností pohybu nebo orientace, zejména pak specifické potřeby osob se zrakovým postižením. Neexistuje však ucelený dokument, který by veškerou problematiku zahrnoval. V železniční dopravě hrají zásadní roli vnitřní dokumenty Správy železnic, státní organizace, které tímto patří uznání, a to i s ohledem na přístup, který zaujímá vůči připomínkám odborné veřejnosti a neustávající snaze o zkvalitnění drážní infrastruktury, a to včetně oblasti přístupnosti pro OOSPO.

## Literatura

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/797, o interoperabilitě železničního systému v Evropské unii, ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Směrnice SŽ SM118. Orientační a informační systém v železničních stanicích a na železničních zastávkách.
- [3] Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů.
- [4] NOTIF-IT. Database for the notification of national railway safety and technical rules. European Union Agency for Railways. Dostupné z <<https://webgate.ec.europa.eu/risdb/home.do>>.
- [5] Věstník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Číslo 2. 02/2021. Dostupné z <<https://www.unmz.cz/obecne/vestnik-unmz/>>.
- [6] Česká technická norma ČSN EN 60268-16 ed. 2. Elektroakustická zařízení – Část 16: Objektivní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči. Vydáno 04/2012.
- [7] Technický návod TN 12.03.07. Akustické orientační a informační majáky pro zrakově postižené. Vydáno 12/2020.
- [8] Směrnice SŽ SM122. Kategorizace železničních stanic a zastávek dle UIC CODE 180 a jejich bezbariérová přístupnost, ve znění pozdějších předpisů.
- [9] Koncepce při nakládání s nemovitostmi osobních nádraží. Aktualizace z 17.12.2019. Dostupné z <<https://www.spravazeleznic.cz/>>.
- [10] MATUŠKA, Jaroslav. Přístupné prostředí pro všechny: bezbariérová doprava. Pardubice: Institut Jana Pernera. 2019. ISBN 978-80-86530-96-3.
- [11] KOLÁŘ, Pavel, ČERVENKOVÁ, Renata. Labyrint pohybu. Nakladatelství Vyšehrad. 2018. ISBN 978-80-7429-975-9.
- [12] Česká technická norma ČSN 73 6425-2. Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště – Část 2: Přestupní uzly a stanoviště. Vydáno 09/2009.
- [13] Recommendation for Use RFU PRM 053. PRM: Assessment of Conformity Concerning Contrast – Alternative Measure for Contrast Identification. Vydáno 11/2010. Dostupné z <[http://nb-rail.eu/co/co\\_docs\\_rfu\\_en.html](http://nb-rail.eu/co/co_docs_rfu_en.html)>.
- [14] NCS Translation Key NCS – RAL. Scandinavian Colour Institute AB. Edition 7. 2005.
- [15] NCS Translation Table Lightness. Scandinavian Colour Institute AB. Edition 3. 2007.
- [16] Česká technická norma ČSN EN 60118-4 ed. 3. Elektroakustika – Sluchadla – Část 4: Systémy indukčních smyček pro účely sluchadel – Požadavky na provozní vlastnosti systému. Vydáno 10/2015.

## Seznam zkratk

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
EŽS	Evropský železniční systém
IS	informační systém
ISO	International Organization for Standardization
LRV	light reflectance value (hodnota světelného odrazu)
NCS	natural color system
OHM	orientační hlasový majáček pro nevidomé
OS	orientační systém
OOSPO	osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace
PRM	persons with disabilities and persons with reduced mobility (ekviv. českého OOSPO)
RFU	recommendation (rules) for use
SRD	single rules database
STIPA	speech transmission index for public address systems
TN	technické návody
TNŽ	technická norma železnic
TS	technické specifikace
TSI	technická specifikace pro interoperabilitu

**Lektoři: Ing. Vanda Šimánková**  
Správa železnic, státní organizace

**Ing. Martin Jacura, Ph.D.**  
Fakulta dopravní ČVUT

## Příloha 1 Matice použitelnosti právních a technických předpisů pro návrh OS a IS

Předpis	Parametr OS a IS																	
	NK (EU) č. 1300/2014	Směrnice EP a Rady (EU) 2019/882	NV č. 163/2002 Sb.	NV č. 375/2017 Sb.	Vyhláška č. 177/1995 Sb.	Vyhláška č. 398/2009 Sb.	Vyhláška č. 294/2015 Sb.	ČSN EN 16584-1	ČSN EN 16584-2	ČSN P ISO 21542	ČSN ISO 3864-1	ČSN EN 81-70 ed. 2	ČSN EN 115-1	ČSN 73 4959	TNŽ 73 6390	Grafický manuál směrnice SŽDC č. 118	Předpis SŽ S 10	Technické specifikace SŽDC TS 1/2018-Z
Míra informací pro osoby s omezenou schopností pohybu a pro osoby malého vzrůstu	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
Míra informací pro osoby se zrakových postižením	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
Míra informací pro osoby se sluchovým postižením	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
Míra informací pro osoby s mentálním postižením a pro osoby bez znalostí místního jazyka/písma	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
Optický kontrast	řešeno				řešeno	řešeno		řešeno	řešeno	řešeno						řešeno		
Rozhlasové zařízení pro veřejnost	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		řešeno
Konstrukční a technické parametry OS a IS	řešeno	řešeno	řešeno					řešeno	řešeno	řešeno				řešeno	řešeno	řešeno		řešeno
Bezpečnostní značení a signály	řešeno			řešeno		řešeno		řešeno	řešeno	řešeno	řešeno					řešeno		řešeno
Akustické majáčky pro zrakově postižené	řešeno		řešeno		řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno	řešeno	řešeno
OS a IS:																		
- přednádraží, terminály VHD	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
- veřejná parkoviště vč. vyhrazených míst	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
- místa určená k čekání cestujících	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
- pokladny a přepážky, samoobslužná zařízení	řešeno	řešeno			řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
- veřejná WC vč. bezbariérových	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
- přístupové trasy, podchody, nadchody	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno					řešeno	řešeno		
- centrální přechody	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno			řešeno			řešeno		řešeno
- železniční přejezdy a přechody	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		
- nástupiště	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno				řešeno		řešeno		řešeno
- výtahy	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno	řešeno					řešeno		řešeno
- pohyblivé schody a pohyblivé chodníky	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno			řešeno			řešeno		řešeno
Památková ochrana staveb	řešeno				řešeno	řešeno			řešeno	řešeno						řešeno		řešeno

Legenda



řešeno



částečně řešeno

(zdroj: autoři)



## 2. Požadavky na pozemní systém sběru energetických údajů z pohledu TSI ENE

**Radovan Bureš<sup>4</sup>,**

**Marek Pětioký<sup>2</sup>,**

**Ondřej Fanta<sup>3</sup>**

**Klíčová slova:** Pozemní systém sběru energetických údajů, systém měření energie, systém sběru dat, souhrnná data pro fakturaci ceny energie, TSI ENE

### **Anotace / Abstract:**

Příspěvek se zabývá požadavky na pozemní systém sběru energetických údajů pro účely vyúčtování elektrické energie z pohledu TSI ENE. Od 1. ledna 2022 musí členské státy zajistit provedení pozemního systému sběru energetických údajů schopného výměny kompilovaných údajů pro účely vyúčtování elektrické energie v souladu s TSI ENE, bodem 4.2.17.

### **Requirements for a terrestrial energy data collection system in the perspective of the ENE TSI**

The paper deals with the requirements for an on-ground energy data collection system for the purpose of electricity billing from the perspective of the TSI ENE. By 1 January 2022, Member States shall ensure that an on-ground energy data collecting system capable to exchange compiled energy billing data in accordance with point 4.2.17 of TSI ENE is implemented.

## 1. Úvod

Dne 18. listopadu 2014 bylo vydáno NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému energie železničního systému v Unii, které se mimo jiné zabývalo také pozemním systémem sběru energetických údajů (odstavec 4.2.17.). V TSI 1301/2014 z 18. listopadu 2014 nebyly specifikovány požadavky na Pozemní systém sběru energetických údajů, bylo zde pouze uvedeno, že specifikace týkající se protokolů rozhraní mezi EMS (Energy Measurement System - systém měření energie) a DCS (Data Collecting System -

---

<sup>4</sup> Ing. Radovan Bureš, Výzkumný Ústav Železniční, a.s.

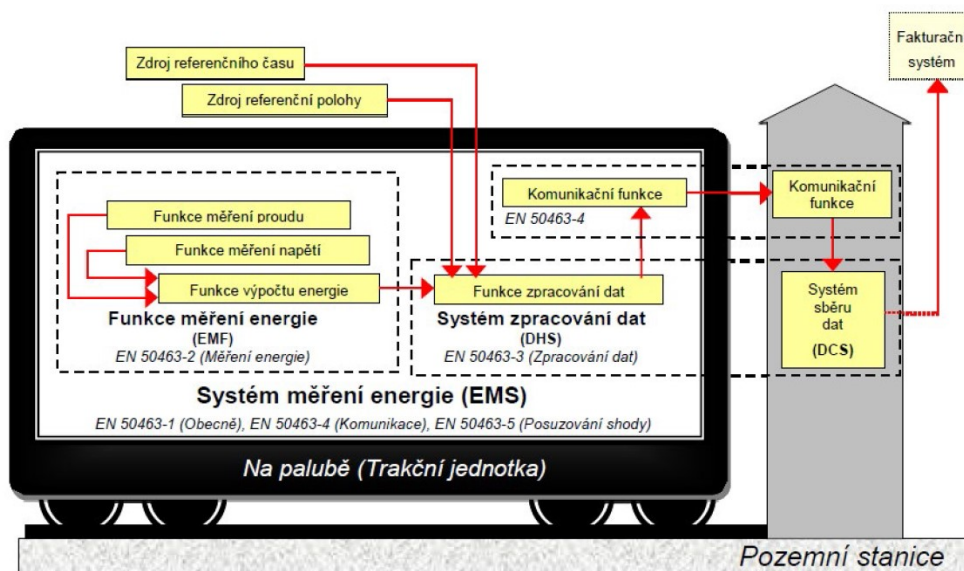
<sup>2</sup> Ing. Marek Pětioký, Ph.D., Výzkumný Ústav Železniční, a.s.

<sup>3</sup> Ing. Ondřej Fanta, Ph.D., Výzkumný Ústav Železniční, a.s.

systém sběru dat) a formátem přenášených dat byly otevřeným bodem, který musí být v každém případě uzavřen do dvou let po vstupu tohoto nařízení v platnost.

Tento otevřený bod byl uzavřen dne 13. června 2018 vydáním PROVÁDĚCÍHO NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2018/868 kterým se mění nařízení (EU) č. 1301/2014 a nařízení (EU) č. 1302/2014, pokud jde o ustanovení o systému měření energie a systému sběru údajů. Toto PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE stanovuje požadavky na DCS, který CEBD (Compiled Energy Billing Data - souhrnná data pro fakturaci ceny energie) přijímá, uchovává a exportuje, aniž by došlo k jejich poškození, v souladu s požadavky uvedenými v článku 4.12 normy EN 50463-3:2017. Dále stanovuje požadavky na DCS (Data Collecting System - systém sběru dat), který musí podporovat všechny požadavky na výměnu dat uvedené v bodě 4.2.8.2.8.4 TSI LOC&PAS a požadavky uvedené v člancích 4.3.6 a 4.3.7 normy EN 50463-4:2017.

Funkční uspořádání EMS a schéma přenosu dat je zobrazeno na Obrázku 1.



Obrázek 1 - Funkční uspořádání EMS a schéma přenosu dat [1]

Systém měření energie pokrývají normy ze souboru norem EN 50463, tento soubor je rozdělen do pěti částí, viz níže.

- 1) EN 50463-1 – Obecně stanovuje požadavky na EMS.
- 2) EN 50463-2 – Měření energie stanovuje požadavky na EMF (Energy Measurement Function - funkce měření energie).
- 3) EN 50463-3 – Zpracování dat stanovuje požadavky na DHS (Data Handling System - systém zpracování dat).
- 4) EN 50463-4 – Komunikace stanovuje požadavky a pokyny na datové komunikace a uvnitř EMS a také dalšími funkcemi.

- 5) EN 50463-5 – Komunikace slouží k posouzení shody pro EMS.

## 2. Požadavky na pozemní systém sběru energetických údajů

TSI 1301/2014 stanovují požadavky na shodu na systém sběru dat pro účely vyúčtování elektrické energie. Systém sběru dat musí být schopný:

- Přijímat, číst a ukládat souhrnná data pro fakturaci ceny energie, která jsou přijata ze systému zpracování dat a věrohodně provést kontrolu integrity přenosu dat používaným systémem zpracování dat,
- splnit požadavek ze systému zpracování dat pro souhrnná data pro fakturaci ceny energie i v případě, že je soubor dat pro fakturaci ceny energie uložených v systému sběru dat neúplný,
- zpracovat jakoukoli kontrolu pravosti nebo integrity implementovanou v protokolech přenosu dat používaných systémem zpracování dat,
- podporovat proces, který poskytuje systém měření energie a systém sběru dat nezbytný pro umožnění potřebných služeb,
- najít provozně dostupný systém měření energie.

Souhrnná data pro fakturaci ceny energie musí být uložena v systému sběru dat, který musí být schopen tyto data exportovat do určeného systému pro vypořádání bez poškození.

Pozemní systém sběru energetických údajů musí podporovat všechny požadavky na výměnu dat uvedené v bodě 4.2.8.2.8.4 TSI LOC&PAS. Palubní systém měření energie slouží k měření veškeré činné a jalové energie odebrané nebo vrácené do trolejového vedení elektrickým vozidlem. Systém měření energie musí mít funkci měření energie a funkci pro zpracování dat. Kompilovaná data pro účely vyúčtování elektrické energie se musí přes vhodný komunikační systém odesílat do pozemního systému sběru údajů přes definované protokoly. Protokoly rozhraní a formát přenášených dat mezi systémem měření energie a systémem sběru dat musí splňovat požadavky na:

- Aplikační služby,
- uživatelská přístupová práva,
- strukturu,
- mechanismus zpráv,
- aplikační protokoly pro podporu mechanismu zpráv.

Soubory dat pocházející z tohoto systému jsou vhodná pro potřeby účtování a musí být akceptovány ve všech členských státech – je řešeno v IRS 90930. Při přechodu mezi několika trakčními napájecími systémy musí jmenovitý proud a napětí

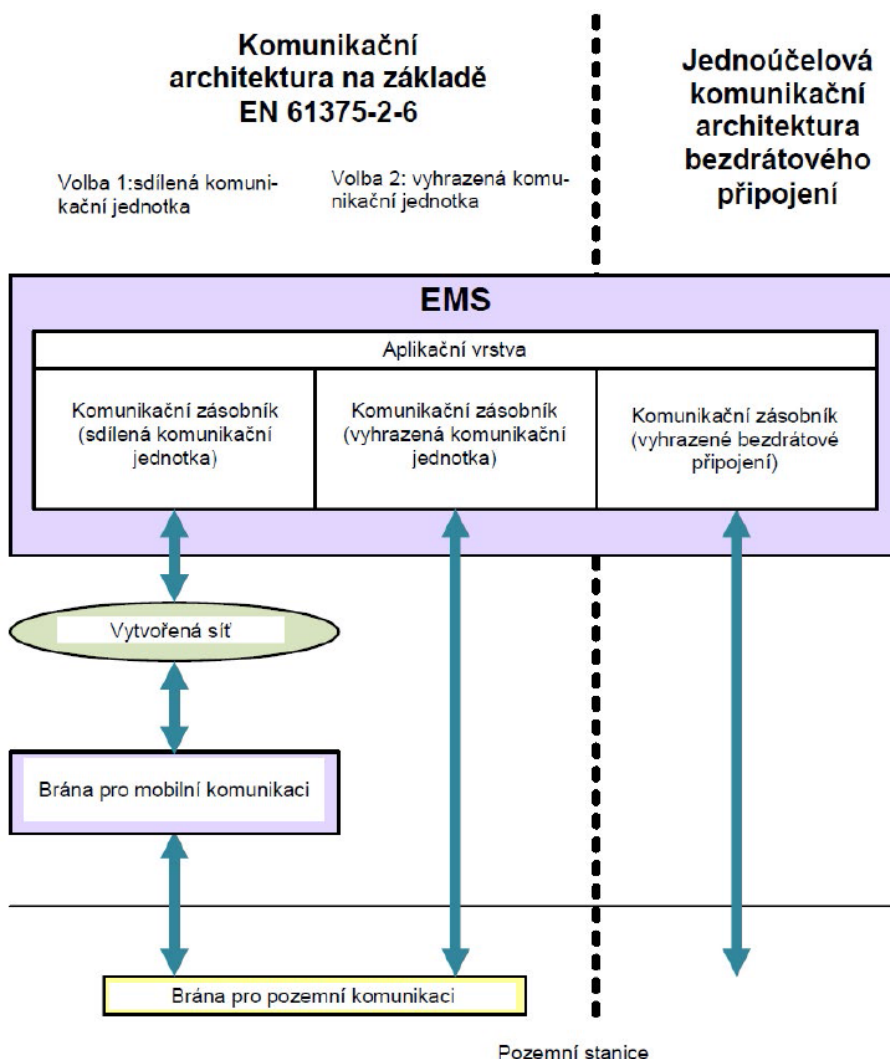
systému měření energie odpovídat jmenovitému proudu a napětí elektrického vozidla. Data uložená v systému měření energie musí být chráněna před ztrátou elektrického napájení a systém měření energie musí být chráněn před neoprávněným přístupem. Pokud je pro potřeby účtování nutná palubní lokalizační funkce předávající data o poloze pocházející z externího zdroje do systému pro zpracování dat, tak musí být poskytnuta a systém měření energie musí být schopen spolupracovat s kompatibilní lokalizační funkcí. V technické dokumentaci musí být popsána instalace systému měření energie, palubní lokalizační funkce, popis komunikace mezi palubními a pozemními zařízeními a metrologická kontrola, včetně třídy přesnosti funkce měření energie. Aby byla zajištěna požadovaná úroveň přesnosti systému měření energie v průběhu jeho životnosti, musí dokumentace údržby obsahovat veškeré postupy pravidelného ověřování.

Funkce měření energie musí zajistit měření napětí a proudu, výpočet energie a produkci energetických dat a mít definovanou přesnost měření činné energie. Tato data musí mít časové referenční období maximálně pět minut definovaných časem na hodinách na základě koordinovaného světového času (UTC) na konci každého referenčního období. Pokud lze data agregovat do referenčního období pěti minut, lze použít kratší interval měření. Zařízení s funkcí měření energie musí mít uvedeny údaje o metrologické kontrole a třídě přesnosti.

Systém zpracování dat musí zajistit produkci souborů kompilovaných dat pro účely vyúčtování elektrické energie tím způsobem, že sloučí data z funkce měření energie s časovými údaji, případně s údaji o zeměpisné poloze a ukládá je připravené k odeslání do pozemního systému sběru údajů prostřednictvím komunikačního systému. Systém zpracování dat musí data kompilovat, aby nedošlo k jejich poškození, a musí zahrnovat úložný prostor pro data s kapacitou paměti dostatečnou pro uložení kompilovaných dat za minimálně 60 dní nepřetržitého provozu. Použitý referenční interval musí být stejný jako u funkce měření energie. Systém zpracování dat musí umožňovat lokální přístup k datům na palubě za účelem auditu a obnovy dat. Systém zpracování dat musí produkovat soubory kompilovaných dat pro účely vyúčtování elektrické energie tak, že sloučí následující data pro každé referenční období:

- Jedinečná identifikace odběrného místa systému měření energie (elektrického hnacího vozidla, popř. elektrické jednotky),
- konečný čas každého intervalu definovaný jako rok, měsíc, den, hodina, minuta, sekunda,
- data o poloze na konci každého intervalu,
- spotřebovanou/rekuperovanou činnou a jalovou (v příslušných případech) energii v každém intervalu ve watthodinách (činná energie) a ve varhodinách (jalová energie), nebo jejich desítkových násobcích.

Pozemní systém sběru energetických údajů musí podporovat všechny požadavky uvedené v článcích 4.3.6 a 4.3.7 normy EN 50463-4:2017. Systém měření energie musí podporovat protokol HTTP nebo FTP s e-mailovou schránkou pro podporu mechanismu zpráv. Systém sběru dat musí podporovat oba tyto protokoly. Tyto protokoly musí být šifrovány, pokud zvolená infrastruktura pro podporu těchto protokolů neposkytuje data o důvěrnosti. Použití aplikačního protokolu je volbou systému měření energie. V případě, že při odesílání ze systému měření energie do pozemní stanice selže aplikační protokol, musí systém alespoň uložit událost o selhání pozemní komunikace. Architektura komunikace mezi systémem měření energie a uživatelem na pozemní stanici musí používat komunikaci založenou na prEN 61375-2-6. Pokud není tato komunikace k dispozici, lze využít vyhrazené bezdrátové spojení. Vyhrazené bezdrátové spojení musí být stabilní z hlediska aplikace bez ohledu na změny v mobilních komunikačních sítích a poskytovatelů, když se vlak pohybuje přes různé oblasti (země a regiony). Na Obrázku 2 je uvedena možnost architektury komunikace mezi systémem měření energie a uživatelem na pozemní stanici.



Obrázek 2 - Možnost architektury komunikace mezi EMS a uživatelem na pozemní stanici [2]

### 3. Závěr

Systém měření energie poskytuje měření a data vhodná pro fakturování ceny a může být také použitý managementem pro hospodaření energií např. pro úspory energie. V NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014, tabulce B.1 je uvedeno, že bod 4.2.17 Pozemní systém sběru energetických údajů se při posuzování shody subsystému energie nepoužije, není to tedy předmětem ES ověřování subsystému energie, ale od 1. ledna 2022 musí členské státy zajistit provedení pozemního systému sběru energetických údajů schopného výměny kompilovaných údajů pro účely vyúčtování elektrické energie v souladu s bodem 4.2.17 NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014.

## Literatura

- [1] ČSN EN 50463-1 ed. 2. Drážní zařízení – Energetické měření na palubě vlaku – Část 1: Obecně. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018. 24 p.
- [2] ČSN EN 50463-4 ed. 2. Drážní zařízení – Energetické měření na palubě vlaku – Část 4: Komunikace. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018. 154 p.
- [3] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému energie železničního systému v Unii. In: Úř. věst. L 356, 12.12.2014, s. 179. Dostupné také z <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/AUTO/?uri=CELEX:02014R1301-20190616&qid=1577798711432>
- [4] 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. In: Úř. věst. L 356, 12.12.2014, s. 228. Dostupné také z <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/AUTO/?uri=CELEX:02014R1302-20190616&qid=1577798893487>

## Použité zkratky

TSI ENE - NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1301/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému energie železničního systému v Unii

TSI LOC&PAS - NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1302/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii

EMS - Energy Measurement System - systém měření energie

DCS - Data Collecting System - systém sběru dat

CEBD - Compiled Energy Billing Data - souhrnná data pro fakturaci ceny energie

EMF - Energy Measurement Function - funkce měření energie

DHS - Data Handling System - systém zpracování dat

UTC – Koordinovaný světový čas

HTTP - Hypertext Transfer Protocol

FTP - File Transfer Protocol

Praha, únor 2021

**Lektorovali: Ing. Luboš Krátký**

Správa železnic, státní organizace

**Ing. Ivan Dobeš**

Elektrizace železnic Praha a.s.

### 3. Dopad pandemie covid-19 na železniční sektor

**Daniel Haspra<sup>5</sup>**

**Klíčová slova:** epidemie, pandemie, covid-19, krize, opatření, dopady, železniční sektor

**Key words:** epidemic, pandemic, covid-19, crisis, measures, impacts, railway sector

#### **Anotace / Abstract:**

Příspěvek se zabývá problematikou dopadu pandemické krize covid-19 na železniční odvětví v ČR a EU. Vysoce infekční onemocnění covid-19, které je způsobeno novým typem koronaviru s odborným označením SARS-CoV-2, způsobilo krizi v oblasti veřejného zdraví, která začala postupně postihovat všechna odvětví národního hospodářství, včetně sektoru železniční dopravy. V této souvislosti došlo v mnoha zemích k výraznému poklesu poptávky po službách v železniční dopravě. Počáteční příznaky krize se začaly v ČR projevovat v měsíci březnu 2020, avšak svého vrcholu krize dosáhla v následujících měsících v dubnu a květnu téhož roku v důsledku tzv. „lockdownu“<sup>6</sup>, včetně zastavení mezistátní osobní dopravy. Tato krize vyvolaná mimořádnými okolnostmi nadále představuje bezprecedentní výzvu pro členské státy EU a klade mimořádnou zátěž na orgány státní správy a hospodářské subjekty. Ty pak musí zavádět vhodná opatření, která by minimalizovala dopady a škody vleklé krize. Další vývoj nelze nyní příliš predikovat, neboť je závislý na následujícím vývoji pandemie, která v dalších vlnách nadále pokračuje.

#### **Impact of the Covid-19 pandemic on the railway sector**

The article “Impact of the Covid-19 pandemic on the railway sector” deals with the issue of the impact of the Covid-19 pandemic crisis on the railway sector in the Czech Republic and selected European countries. The highly infectious disease Covid-19, caused by a new type of Coronavirus with the professional designation SARS-CoV-2, caused a public health crisis that gradually began to affect all sectors of the national economy, including the railway sector. In this context, the demand for railway services has fallen sharply in many countries. The initial signs of the crisis began to manifest themselves in the Czech Republic in March 2020, but reached its peak in the following months of April and May of the same year due to the lockdown, including the cessation of international passenger transport. This crisis, evoked by exceptional circumstances, continues to be an unprecedented challenge for EU member states and places an extraordinary burden on public authorities and economic entities with the goal to implement appropriate measures to minimise the impact and damage of a protracted crisis.

---

<sup>5</sup> Ing. Daniel Haspra – Správa železnic, státní organizace, Generální ředitelství, Odbor mezinárodních vztahů, oddělení podpory mezinárodní komunikace.

<sup>6</sup> Lockdown (z angl.) – uzamčení, uzávěra, hromadná či plošná karanténa spojená se zákazem volného pohybu osob, uzavřením ekonomiky a společnosti.



Further development cannot be predicted too far at present, as it depends on further development of the pandemic, which still continues in new waves.

## 1. Úvod

Pandemie onemocnění covid-19 v průběhu roku 2020 zásadním způsobem ovlivnila železnici po celé Evropě. Rozsah omezení tzv. „lockdownů“ jednotlivých států ve snaze zastavit či alespoň zmírnit pandemii, včetně zastavení mezistátní osobní dopravy nemá v novodobé historii od konce 2. světové války obdoby. Příspěvek pojednává o dopadech na jednotlivé subjekty železniční dopravy především v ČR, o opatřeních zaváděných ke zmírnění dopadů pandemie, jak na straně subjektů, tak i na úrovni EU a vybraných členských států EU. S využitím dostupných údajů a dokumentů zejména Evropské komise a Společenství evropských železničních a infrastrukturních společností (CER) se další část příspěvku zabývá analýzou dopadů pandemie. Analýza Evropské komise popisuje dopady pandemie za období od 1. 3. 2020 do 30. 9. 2020, analýza CER souhrnem dopady za celý kalendářní rok 2020. Závěrečná část je zaměřena na prognózu budoucího vývoje. Autor si vzhledem ke zvolenému rozsahu tématu se značným množstvím souvisejících informací a nadále pokračující krizi covid-19 nečiní nárok na úplnost údajů v příspěvku použitých, které jsou dostupné se zpožděním několika měsíců. Příspěvek tak spíše reflektuje snahu soustředit nepřehledné množství informací do jednoho ucelenějšího a přehlednějšího textu, přičemž již nyní je zřejmé, že se jedná o úvodní vhléd do problematiky, neboť téma bude nutné uchopit s větším časovým odstupem znovu.

Rozšíření onemocnění covid-19 a související krize v oblasti veřejného zdraví představuje bezprecedentní výzvu pro členské státy EU a představuje velkou zátěž pro orgány státní správy, občany a hospodářské subjekty v celé řadě průmyslových odvětví jednotlivých zemí, včetně železniční dopravy. Rozšíření pandemie způsobilo rovněž výrazné snížení poptávky po službách železniční dopravy již od března 2020, což mělo za následek propady v přepravených objemech zboží a osob, výpadky tržeb a narušení přepravních řetězců volného pohybu zboží v celé EU. Během první vlny pandemie na jaře 2020 provozovatelé železniční dopravy zastavili provoz většiny mezistátních vlaků osobní dopravy. Počet cestujících ve vnitrostátní železniční dopravě mnohdy klesl až o desítky procent. Byla zastavena řada vlaků, zejména vlaky provozované na obchodním riziku dopravce. Provozovatelé železniční nákladní dopravy hlásili pokles objemů přepravovaných nákladů v souvislosti se zpomalením, nebo dokonce zastavením výroby v mnoha průmyslových odvětvích.

## 2. Dopady pandemie covid-19 na železniční sektor v ČR

### 2.1 Skupina České dráhy

Výsledky Skupiny České dráhy za první pololetí 2020 byly negativně ovlivněny pandemií covid-19, kdy došlo v důsledku vládních opatření ke snížení mobility obyvatelstva i přepravy zboží po železnici. V obou hlavních segmentech podnikání výrazným způsobem poklesly tržby. Skupina České dráhy tak podle Mezinárodních standardů účetního výkaznictví (IFRS) uzavřela pololetní hospodaření se ztrátou 1,98 miliardy korun. „Po zavedení opatření proti šíření nemoci poklesl počet cestujících v našich vlacích oproti běžnému stavu o více než 90 procent,“ uvedl v tiskové zprávě tehdejší předseda představenstva a generální

ředitel Českých drah Václav Nebeský. Tržby se propadly na minimum, po uvolnění restrikcí sice začaly počty cestujících pozvolna stoupat, počtu zákazníků ani tržbám v roce 2019 se však společnost nepřiblížila. V mezinárodní dopravě citelně chybí zahraniční turisté. Za první pololetí roku 2020 České dráhy přepravily 59,8 milionů zákazníků, což je meziročně přibližně o třetinu méně. Klesla průměrná přepravní vzdálenost na jednoho cestujícího i celkový přepravní výkon.

Stejně tak se musel s pandemií koronaviru vypořádat segment nákladní dopravy. V některých komoditách se přepravy na čas téměř zastavily. Příkladem může být přeprava pro automobilový sektor nebo chybějící kontejnery z a do Číny. Utlumení průmyslové výroby v ČR i v zahraničí způsobilo pokles přeprav také u dalších komodit. Díky úsporným a racionalizačním opatřením se za prvních šest měsíců roku 2020 podařilo udržet kladný provozní výsledek segmentu nákladní dopravy, nicméně stejně jako v případě osobní dopravy skončilo jeho pololetní hospodaření ztrátou 44 milionů korun.<sup>7</sup>

Už po prvním pololetí hlásil podnik dvoumiliardové manko na jízděm a za celý rok 2020 se ztráta ještě prohloubila. České dráhy v roce 2020 přepravily 117,7 mil. cestujících, což je meziročně o cca 64 mil. méně než v roce 2019 (-35 %). Přepravní výkon klesl z 8 685 mil. osobokilometrů v roce 2019 na 5 127 mil. osobokilometrů za rok 2020 (-41 %). „Celkově bude výpadek tržeb z přepravy osob za rok 2020 přes čtyři miliardy. Výpadky tržeb z nákladní dopravy budou okolo jedné miliardy korun. Jako skupina se tak dostaneme přes pět miliard. Ani v roce 2021 nebude situace o mnoho lepší. V prvním týdnu zatím nejtvrděších protiepidemických opatření<sup>8</sup> evidujeme jen 30 % cestujících oproti roku 2019,“ řekl v rozhovoru pro ČTK<sup>9</sup> Ivan Bednárik, generální ředitel a předseda představenstva Českých drah.

## 2.2 Osobní doprava

Ztráty způsobené úbytkem cestujících v roce 2020 zaznamenali také soukromí dopravci. Leo Express očekává propad v řádech stovek milionů korun, výpadky tržeb v obdobné výši hlásila i společnost Arriva. Ztráty kvůli obřímu výpadku tržeb za jízdné dopravci počítají nepřetržitě už od března 2020. Na jaře poptávka cestujících klesla až na desetinu původního zájmu. V létě 2020 se situace sice zlepšila, přesto ani tehdy se dopravci nedostali zcela na výkony předchozího roku. Nyní jsou nadále jednotlivé spoje zaplněny jen v omezené míře a krize dopravců se tak bude dále prohlubovat. Celkové ztráty jen v železničním sektoru se budou pohybovat ve výši miliard korun. České dráhy, Leo Express a RegioJet proto jednotně vyzvaly vládu k poskytnutí pomoci.

<sup>7</sup> *Koronavirus poslal České dráhy do ztráty dvě miliardy* [online]. Tisková zpráva, České dráhy, 2020 [vydáno: 10. 9. 2020]. Dostupné z <<http://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/aktualni-tema/-31617/>>.

<sup>8</sup> Mimořádná protiepidemická opatření vlády spočívající v omezení pohybu občanů mezi okresy platná od 1. 3. 2021.

<sup>9</sup> *ČD loni klesl počet cestujících o 35 procent na 117,7 milionu* [online]. ČTK, České noviny, 2020 [vydáno: 9. 3. 2021]. Dostupné z <<https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/cd-loni-klesl-pocet-cestujicich-o-35-procent-na-117-7-milionu/2006329>>.

Dopady pandemie nepocítily jen dopravci, ale i jejich objednatelé v souvislosti se zajišťováním dopravní obslužnosti. Kraje musely v roce 2020 z důvodu pandemie přistoupit k omezení některých spojů, a to buď formou přechodu na prázdninový režim, nebo formou úplného zrušení konkrétních spojů, jak uvedl Radek Polma, zástupce ředitele Kanceláře Asociace krajů ČR. „Kraje se jak v první, tak ve druhé vlně pandemie potýkají se zásadním poklesem přepravních výkonů v dopravní obslužnosti, kterou na svých územích zajišťují. Finanční ztráta autobusové a železniční dopravy za období od ledna do října 2020 kraje celkově vyčísly na 2,66 miliardy Kč. Do konce roku 2020 navíc ještě předpokládají další ztrátu za zhruba jednu miliardu. V případě každého kraje to bylo trochu jiné, ale obecně lze říci, že byly zrušeny řádově desítky procent spojů. To vše bude mít logicky dopad na plán financování krajské dopravní infrastruktury pro rok 2021, a to i s ohledem na skutečnost, že se stále pohybujeme v omezeních, která vláda zavedla a je otázkou, jak se bude pandemie covid-19 v roce 2021 dále vyvíjet“.<sup>10</sup>

### 2.3 Nákladní doprava

V souvislosti s pandemií a přijatými omezeními se na železnici zcela zásadně změnila situace v propustnosti železniční dopravní cesty a poukázala tak na silné i slabé stránky železniční dopravy. V důsledku vládních omezení osobní i nákladní dopravci omezili některé spoje, čímž se uvolnil prostor na hlavních koridorech i v denní době, která je nejvíce poptávána. Právě v období jara 2020, kdy došlo k tvrdému zastavení ekonomiky a pohybu obyvatel, se ukázala nezastupitelná úloha mezinárodní nákladní dopravy na železnici, která fungovala bezchybně, a to i napříč státy navzdory zavřeným hranicím. „Jako pozitivní lze hodnotit spolehlivost mezinárodní železniční nákladní dopravy během zavádění opatření v rámci nouzového stavu. Podobné zkušenosti byly zaznamenány i v okolních státech a dočasně vedly některé přepravce k převodu přepravy ze silnice na železnici. Bohužel většinou šlo pouze o krátkodobé případy. Díky vhodně nastaveným opatřením již v jarním období neměli železniční nákladní dopravci při znovuzavedení restriktivních opatření v průběhu podzimu větší problémy na ně adekvátně reagovat, uvedla Ing. Pavlína Tomková, vedoucí oddělení rozvoje železniční a kombinované dopravy z Ministerstva dopravy ČR pro Logistic News.“<sup>11</sup>

Znatelný pokles výkonů potvrzuje i Ing. Oldřich Sládek, výkonný ředitel ŽESNAD.CZ, který pro tentýž odborný časopis uvedl, že i přes postupné uvolnění a oživení během léta se tento pokles jen pomalým tempem vracel na původní čísla. „Nicméně – přes hranice jsme od začátku jezdili a jezdíme i při druhé vlně nyní a to bez omezení. Celá situace názorně všem předvedla, že železniční nákladní doprava je méně choulostivá na lidský faktor (méně přímých kontaktních úkonů mezi lidmi) a může nabídnout pro přepravce v přímé železniční přepravě nebo pro logistické společnosti a silniční dopravce v podobě kombinované dopravy do budoucna podstatně stabilnější řešení přepravy zboží.“<sup>7</sup> Zlepšení spolehlivosti

<sup>10</sup> Kraje čekají za rok 2020 ztrátu více než 3,6 miliardy korun. Dopravní noviny, České dopravní vydavatelství, 2021 [vydáno: 14. 1. 2021].

<sup>11</sup> Železnice v době koronavirové. Logistic News, Reliant, 2020 [vydáno: 8. 12. 2020]. Dostupné z <<https://www.logisticnews.eu/2020/>>, <<https://www.bohemiakombi.cz/media/cache/file/6e/Zeleznice-v-dobe-koronavirove.pdf>>.

železniční nákladní dopravy potvrdil i Ing. Vladimír Fišer, jednatel společnosti BOHEMIAKOMBI, spol. s r. o. „Prakticky ze dne na den ustaly problémy se zpoždováním nákladních vlaků. Rušené vlaky osobní přepravy uvolnily jindy přetížené kapacity hlavních železničních tratí, zároveň byl k dispozici dostatečný počet strojvedoucích pro vedení intermodálních vlaků. Jedním slovem praktická ukázka toho, jak nákladní expresní vlaky mohou jezdit v dobách, až jejich intenzitám bude přizpůsobena propustnost hlavních železničních koridorů.“<sup>7</sup>

Lepšímu využití železnice mimo zmíněné upřednostnění osobní dopravy z důvodu kapacity brání podle Ing. Pavlína Tomkové i chybějící vhodná infrastruktura – vlečkové napojení nebo terminály a obecně kapacita a parametry infrastruktury. „Jako zásadní problém se jeví i jediná vhodná přepravní cesta do Německa (Děčín – Bad Schandau), kde probíhala velká výluková činnost. To mělo za následek, že i v době koronavirových opatření nebylo možné této trasy plně využít pro potřeby jak našeho hospodářství, tak tranzitu zboží přes naše území.“<sup>7</sup>

Z výše uvedeného vyplývá, že by do budoucna mohla mít železniční nákladní doprava za určitých okolností daleko větší úlohu při zajišťování mezinárodní dopravy při obdobných pandemických opatřeních, pochopitelně nad rámec plnění cílů v oblasti snižování emisí a energetické náročnosti dopravy. Současná pandemická situace zároveň ukázala, že při nižším objemu osobní dopravy dokáže nákladní doprava jezdit rychle a prokazuje svoji konkurenceschopnost. Ale k tomu potřebujeme kapacitnější dopravní cestu s vyšší mírou propustnosti.

I když pandemie covid-19 způsobila propady přepravených objemů zboží po železnici napříč Evropou v důsledku poklesu evropského hospodářství, železniční spojení mezi Čínou a Evropou naopak v roce 2020 posilovalo. Jedním z faktorů nastalé situace byl výrazný pokles námořních a leteckých přeprav během nástupu pandemie, což vedlo ke snížení dostupnosti přepravního prostoru. Chyběly zrušené letecké linky z Asie a téměř o 30 % byla snížena i kapacita námořní dopravy. V roce 2020 přepisují počty vypravených nákladních vlaků jezdících mezi Čínou a Evropou historické tabulky. Za první půlrok bylo z Číny do Evropy vypraveno celkem 5 122 nákladních vlaků.<sup>12</sup>

### **3. Přijímaná opatření**

#### **3.1 Opatření proti šíření epidemie**

V souvislosti s epidemiologickou situací manažeři infrastruktury a dopravci v osobní dopravě přijali celou řadu opatření, jejichž cílem je zabránit šíření infekce covid-19. Manažeři infrastruktury, včetně Správy železnic, hned v počátcích epidemie instalovali na nádražích stojany s desinfekcí, zavedli krizová opatření pro své zaměstnance k zajištění kritické infrastruktury a začali poskytovat aktuální informace pro cestující o bezpečnostních opatřeních a při změnách v dopravě. Dopravci začali provádět intenzivní úklid a dezinfekci souprav. Zvláštní pozornost

---

<sup>12</sup> *Důsledek pandemie: Rekordní čínský vývoz do Evropy po železnici*. Česká pozice, 2020 [vydáno: 14. 9. 2020]. Dostupné z <[https://ceskapozice.lidovky.cz/tema/dusledek-pandemie-rekordni-cinsky-vyvoz-do-evropy-po-zeleznici.A200909\\_160947\\_pozice-tema\\_lube](https://ceskapozice.lidovky.cz/tema/dusledek-pandemie-rekordni-cinsky-vyvoz-do-evropy-po-zeleznici.A200909_160947_pozice-tema_lube)>.

věnují čištění všech součástí vybavení, se kterými přichází cestující do kontaktu (kliky, madla, tlačítka, klimatizace apod.), které se provádí i několikrát za den, dezinfikují odstavené soupravy – mj. ozonem, který odstraňuje viry, bakterie, zápach i plísňe účinněji než běžné způsoby chemického čištění. Některé země během první vlny pandemie na jaře 2020 zcela pozastavily na dlouhé období provoz mezistátních vlaků. Vláda ČR zastavila od 14. března 2020 veškerou mezistátní osobní železniční dopravu mezi ČR a sousedními zeměmi, kterou postupně začala obnovovat od 25. května 2020.

Cestující jsou vyzýváni k dodržování opatření, zejména povinnosti nosit roušky či respirátory, nákupu jízdenek přes on-line prodejní kanály a v případě nákupu jízdenek u pokladen ve stanicích k upřednostňování bezhotovostní platby. Zajímavostí je skutečnost, že ČR zavedla povinnost nosit roušky v prostředcích hromadné dopravy mezi prvními zeměmi v EU (již 18. 3. 2020), stejně tak jako jediná země uvolnila během epidemicky příznivějšího období opatření a umnožila cestování bez roušek v létě 2020. Mnoho evropských zemí povinnost nosit roušku zavedla až mnohem později (např. Švýcarsko až od 1. 7. 2020), tedy v době, kdy ČR od této povinnosti dočasně upustila. V mnoha zemích bylo zavedeno omezení počtu cestujících v dopravních prostředcích z důvodu bezpečného odstupu, např. formou obsazenosti pouze míst k sezení či obsazenosti jen 50 % míst k sezení, například ve formě šachovnicového uspořádání.

Společná studie výzkumné organizace Charité Research Organization a německého železničního dopravce Deutsche Bahn (DB) překvapivě odhalila, že lidé pracující na železnici nejsou vystaveni zvýšenému riziku nákazy koronavirem, jak se původně předpokládalo. Odborníci provedli testy v první fázi výzkumu na vzorku 1 070 zaměstnanců DB rozdělených do skupin dle výše úrovně kontaktu s cestujícími. Pouze 1,3 % průvodčích mělo pozitivní testy na protilátky, což znamená, že se v minulosti setkali s koronavirem. Ve skupině zaměstnanců bez kontaktu s cestujícími to přitom bylo 2,7 % – s virem se jich tedy setkalo zhruba dvakrát víc než průvodčích.<sup>13</sup>

Španělský dopravce Renfe získal dne 16. 6. 2020 certifikaci bezpečnosti pro přepravu cestujících od společnosti Aenor, v níž jsou ošetřeny procesy, jako je odbavení, přístup do vlaků, rozdělení cestujících, čištění a dezinfekce vlaků i ochranná opatření pro cestující a zaměstnance. Cílem této iniciativy je nabídnout cestujícím maximální jistotu při cestování a znovu získat jejich důvěru a návyky v oblasti mobility v době pandemie. Někteří dopravci v osobní dopravě (např. v Belgii, Francii, Španělsku) nabídli v druhém pololetí roku 2020 motivační či slevové programy na podporu cestování.

### **3.2 Opatření EU o prodloužení či odložení některých správních úkonů**

Rozšíření krize covid-19 vyvolalo mimořádné okolnosti v oblasti výkonu správních formalit a úkonů, které jsou nezbytné pro zachování dopravy při zachování souladu s příslušnými právními předpisy EU a které nebylo možné v době přijetí těchto opatření předvídat. Zejména dopravci nemusí být schopni zcela dostát nezbytným postupům a náležitostem ve věci obnovování

---

<sup>13</sup> [https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart\\_zentrales\\_uebersicht/Wissenschaftliche-Studie-Keine-Anzeichen-fuer-erhoehte-Corona-Gefahr-bei-Zugpersonal](https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Wissenschaftliche-Studie-Keine-Anzeichen-fuer-erhoehte-Corona-Gefahr-bei-Zugpersonal)

a prodlužování licencí, povolení, osvědčení nebo jiných nutných úkonů k zachování jejich platnosti po uplynutí jejich předepsaných lhůt. Za tímto účelem bylo vydáno nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2020/698 ze dne 25. května 2020, kterým se stanoví zvláštní a dočasná opatření, jež se týkají obnovení či prodloužení některých osvědčení, licencí a povolení a odkladu některých pravidelných kontrol a pravidelného školení podle určitých částí právních předpisů v oblasti dopravy. Účelem je přijmout taková opatření, která umožní tyto problémy řešit tak, aby bylo zajištěno řádné fungování dotčených právních aktů při zachování právní jistoty.

V tomto nařízení jsou mimo jiné stanovena zvláštní a dočasná opatření, jimiž se prodlužují lhůty osvědčení a licencí vztahující se k období od 1. 3. do 31. 9. 2020 o šest až sedm měsíců. Z důvodů trvání krize a opětovného zhoršení dopadů pandemie během čtvrtého čtvrtletí 2020 a prvního čtvrtletí 2021 bylo zřejmé, že se obnovení některých lhůt a licencí nepodaří zajistit, ani pro referenční období po 31. 9. 2020. V této souvislosti Evropský parlament a Rada vydala nařízení (EU) č. 2021/267<sup>14</sup> ze dne 16. 2. 2021, kterým dává možnost k individuálnímu prodloužení těchto lhůt o dalších 6 až 10 měsíců.

### 3.3 Opatření EU pro udržitelný železniční trh

Rozšíření krize covid-19 mělo vážný dopad na železniční dopravce z důvodu výrazného snížení poptávky po službách železniční dopravy. Někteří dopravci čelí značným problémům s likviditou, velkým ztrátám a v krajním případě riziku úpadku. V důsledku těchto nepříznivých změn bylo vydáno nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2020/1429 ze dne 7. října 2020, kterým se stanoví opatření pro udržitelný železniční trh s ohledem na rozšíření onemocnění covid-19.

Nařízením je řešena problematika, kdy mnozí železniční dopravci v kontextu této mimořádné situace nemusí být vždy schopni hradit poplatky za přístup k infrastruktuře (resp. cenu za použití dráhy). Jedním z nástrojů, kterým by se podařilo zmírnit negativní hospodářské dopady na osobní či nákladní dopravu, by mělo být umožnění tyto poplatky snížit, prominout nebo odložit. Podle čl. 31 odst. 3 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/34/EU nesmí být poplatky za přístup k infrastruktuře nižší než náklady vynaložené na provoz železniční dopravy. Nicméně, členské státy by měli mít možnost v rámci zmírnění dopadů krize covid-19 ve vymezeném referenčním období povolit manažerům infrastruktury transparentním, objektivním a nediskriminačním způsobem tyto poplatky snížit, prominout či odložit.

Obdobným způsobem by měla být řešena i problematika výběru tržních přírážek za použití dráhy a mělo by být umožněno manažerům infrastruktury posoudit schopnost segmentu trhu unést tuto zátěž v krizovém období, případně tyto přírážky taktéž snížit, prominout nebo odložit. Obdobně článek 36 směrnice 2012/34/EU stanoví režim poplatků za rezervaci kapacity, jež má být pobídkou k účinnému využívání kapacit. Rozšíření pandemie ve smyslu omezení pohybu obyvatel způsobilo závažné narušení železniční dopravy, jež ve svém důsledku

---

<sup>14</sup> Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2021/697 ze dne 16. 2. 2021, kterým se stanoví zvláštní a dočasná opatření s ohledem na rozšíření onemocnění covid-19, jež se týkají obnovení či prodloužení některých osvědčení, licencí a povolení a odkladu některých pravidelných kontrol a pravidelného školení podle určitých částí právních předpisů v oblasti dopravy.

zapříčinilo rozsáhlé rušení tras vlaků, které vedlo k dočasně nižšímu využití kapacity. I v tomto případě by manažeři infrastruktury měli mít relevantní možnost v určeném referenčním období tyto poplatky nevybírat.

Snížení poplatků povolené členskými státy v souladu s tímto nařízením by vedlo k odčerpání části finančních prostředků na příjmové straně manažerů infrastruktury. Tyto ztráty by tak měly být kompenzovány v souladu s čl. 8 odst. 4 směrnice 2012/34/EU.

### **3.4 Přehled opatření ve věci zpoplatnění dopravní cesty**

#### **Správa železnic (Česká republika)**

Uplatnila postup doporučený sdružením Evropských manažerů infrastruktury (EIM), tedy odložení plateb dopravců. Správa železnic prodloužila až do odvolání splatnost faktur za cenu za použití dráhy z původních 30 dnů na 60 dnů. Sankce za zrušení nebo odřeknutí kapacity se neuplatňuje od 12. 3. 2020 až do odvolání. Snížení přímých nákladů není plánováno, pokud však bude Správa železnic pověřena státem, cenová politika bude přizpůsobena požadavkům vlády.

#### **ADIF (Španělsko)**

ADIF zavedlo bonus pro provozovatele osobní dopravy do 31. 12. 2020 za účelem zvýšení počtu vlaků na vysokorychlostních a dálkových tratích jako pobídku bez kompenzace z rozpočtu. Dle nařízení (EU) č. 2020/1429 vláda zákonem snížila ceny za použití dráhy dopravcům pro rok 2021. Ministerstvo dopravy odškodní provozovatele dráhy za takto vzniklý rozdíl mezi poplatky.

#### **ACF (Lucembursko)**

Od 1. 4. 2020 do 30. 6. 2021 jsou všichni dopravci působící na lucemburské železniční síti osvobozeni od úhrady poplatků za užívání infrastruktury (rozhodnutí bylo učiněno po dohodě s ministerstvem). Byla však navýšena sankce za neuskutečněnou jízdu vlaku, aby bylo zabráněno zneužití objednávek tras.

#### **Banedanmark (Dánsko)**

Dosud žádné změny zavedeny nebyly. Banedanmark vede dialog s dánským ministerstvem dopravy ohledně pozastavení sankce za zrušení přidělené trasy. Dánská vláda zatím nezavedla žádná opatření dle nařízení (EU) č. 2020/1429.

#### **DB Netz (Německo)**

Zrušení tras v období od 17. 3. do 10. 5. 2020 bylo paušálně osvobozeno od sankcí za zrušení. Zrušení mimo uvedené období je osvobozeno od sankčních poplatků v případech vyšší moci nebo na základě úředních pokynů. DB Netz se poté vrátilo ke standardním pravidlům účtování. Na výslednou cenu má však vliv již dříve zavedený zákonný systém pobídek, jejichž výše se v jednotlivých letech liší dle rozhodnutí Spolkového sněmu SRN. Celková částka na podporu železnice z důvodu krize covid-19 nebyla měněna. Procentuální výše podpory je různá v různých letech a mění se i v průběhu roku. V Německu není zájem využít možnosti stanovit ceny za použití dráhy pod přímé náklady.

**HŽ Infra (Chorvatsko)**

Výkony v nákladní dopravě byly v době pandemie dokonce vyšší než obvykle z důvodu omezení provozu osobních vlaků. Poplatky byly účtovány v obvyklé výši. V osobní dopravě byly účtovány pouze ty výkony, které byly provedeny. Dopravci na chorvatské železniční síti byli osvobozeni od úhrady sankce za nevyužití kapacity během jara 2020. Vláda zatím nezavedla žádná opatření.

**Infrabel (Belgie)**

Belgická vláda oznámila finanční podporu pro železniční nákladní dopravu pro období od 1. 1. do 30. 6. 2021 (se zpětnou platností) v celkové výši 6,8 mil. eur. Cena za použití dráhy za uskutečněnou komerční nákladní dopravu se lineárně snižuje o 0,75 eur za vlakový kilometr. V tomto období jsou zrušeny poplatky za rezervaci a odřeknutí kapacity. Dále bude zvážena možnost prodloužení opatření i po 30. 6. 2021.

**ÖBB-Infrastruktur (Rakousko)**

Rakouská spolková vláda povolila ÖBB-Infrastruktur snížení ceny za přístup na trať dle nařízení (EU) č. 2020/1429. To vedlo k odpuštění ceny (přímé náklady a tržní přírůžky). V segmentech trhu nákladní doprava s manipulací/bez manipulace bylo od výběru ceny za přístup na trať zcela upuštěno od 1. 3. do 31. 12. 2020, v segmentu komerční osobní doprava od 8. 10. do 31. 12. 2020. Sankce za zrušení nebo odřeknutí kapacity není uplatňována z důvodu vyšší moci.

**PKP PLK (Polsko)**

Poplatek za zrušení trasy nebyl dopravcům účtován od 13. 3. až do 31. 8. 2020. V souvislosti s epidemií nejsou pro dopravce poskytovány žádné další slevy.

**ProRail (Nizozemí)**

Bylo rozhodnuto o prodloužení splatnosti faktur za všechny poplatky (za období únor – květen 2020) z 30 na 90 dní. Během období pandemie byly zrušeny rezervační poplatky. Žádné další slevy nejsou poskytovány.

**RFI (Itálie)**

Italská vláda vydala zákon, který nahradí RFI nižší příjem z poplatků za přístup na dopravní cestu způsobený snížením dopravy v důsledku pandemie covid-19. Dále tento zákon umožnil všem železničním dopravcům provozujícím vnitrostátní osobní a nákladní železniční dopravu snížení ceny za použití dráhy, a to za období od 10. 3. do 30. 6. 2020 v úplné výši a v částečné výši také za období od 1. 7. do 31. 12. 2020.

**SBB Infrastruktur (Švýcarsko)**

Byly zrušeny poplatky za zrušení či změny trasy. Švýcarská vláda nevydala žádná opatření dle nařízení (EU) č. 2020/1429. Parlament přijal opatření s cílem pomoci veřejné osobní a železniční nákladní dopravě, v celkové výši cca 900 mil. CHF, z toho cca 70 mil. CHF pro opatření v oblasti železniční nákladní dopravy. Parlament rovněž přijal opatření k zajištění likvidity Fondu železniční infrastruktury (BIF).



### **SNCF Réseau (Francie)**

Vláda má v úmyslu reagovat na dopady krize odpuštěním ceny za použití dráhy nákladním dopravcům v období od července do prosince 2020 a v roce 2021 snížením ceny za použití dráhy o polovinu. Zatím však není jasné, zda má manažer infrastruktury přímo snížit poplatky, nebo poplatky zůstanou na stejné úrovni a stát by dopravcům kompenzoval polovinu nákladů. Vláda doufá, že tato dvě opatření umožní snížit počet těžkých nákladních vozidel na silnicích o 20 tisíc. Vláda na tato opatření uvolní 63 mil. EUR v letošním i v příštím roce.

### **SŽ-I (Slovinsko)**

Ministerstvo nepřijalo žádná opatření podle nařízení (EU) č. 2020/1429. SŽ-I učinila rozhodnutí, že všichni dopravci působící ve slovinské železniční síti byli osvobozeni od úhrad sankcí za nevyužívání kapacity a sankcí v rámci režimu odměňování výkonu. Tato opatření platila v první vlně epidemie od poloviny března do konce června 2020. V současné době nejsou v platnosti žádné výjimky z plateb.

### **Trafikverket (Švédsko)**

Dočasně zrušeny veškeré poplatky za zrušené trasy. Byly prodlouženy lhůty splatnosti z 30 na 90 dní. Zásady účtování během pandemie nakonec nebyly změněny, ani nebyly poskytovány žádné další úlevy.

### **MÁV/VPE (Maďarsko)**

Po zveřejnění nařízení (EU) č. 2020/1429 se předpokládalo zavedení slevy, usnesení ministerstva je však takové, že podmínkou pro udělení snížení ceny za tzv. min. přístupový balíček je, aby došlo k významným poklesům výkonů v důsledku covid-19. Výkony na síti MÁV však naštěstí nevykazují výrazný pokles. Proto nejsou plánována žádná opatření v souvislosti s nařízením (EU) č. 2020/1429.

### **ŽSR (Slovensko)**

Poplatek za rezervaci kapacity se nevybírání. Ministerstvo podle nařízení (EU) č. 2020/1429 nepřijalo žádná opatření. ŽSR vybírají poplatky za přístup k železniční infrastruktuře, avšak nadále poskytují slevy z těchto poplatků na podporu nákladní dopravy, které však platí již od 1. 1. 2020 (netýkají se opatření covid-19).

## **4. Analýzy dopadů pandemie v evropském měřítku**

### **4.1 Analýza dopadů pandemie – Evropská komise**

Na základě údajů poskytnutých manažery infrastruktury vyžádaných Komisí k datu 1. 11. 2020 za období od 1. 3. 2019 do 30. 9. 2019 a od 1. 3. 2020 do 30. 9. 2020 společně s informacemi ve spojení s objemy dat dostupných v Eurostatu bylo zjištěno:<sup>15</sup>

- Železniční nákladní doprava prokázala v době krize určitou odolnost z hlediska objemů přepravy. Z hlediska ztráty na výnosech mohly mít významný dopad na trh nízké marže v železniční nákladní dopravě.

<sup>15</sup> Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2020/1429 ze dne 7. října 2020, kterým se stanoví opatření pro udržitelný železniční trh s ohledem na rozšíření onemocnění COVID 19 – článek 5.

- Pandemie zasáhla silněji segment osobní dopravy a v jeho rámci i komerční dopravu, s výrazně sníženou nabídkou ve všech členských státech. Tato skutečnost by mohla mít značný dopad na konkurenci osobní železniční dopravy. Někteří komerční dopravci pak během několika měsíců roku 2020 přestali nabízet své služby.
- Snížená mobilita lidí, zejména kvůli právním omezením při tvrdých uzávěrách služeb a podniků a zavedení práce na dálku měla významný dopad na využívání služeb železniční osobní dopravy. Tato opatření vydaná na vládní úrovni jednotlivých členských států způsobila, že mnoho průmyslových odvětví zastavilo svou výrobu, čímž se snížilo množství osob a zboží přepravovaného železničními dopravci.
- Omezení volného pohybu osob vážně zasáhla železniční odvětví v březnu, dubnu a květnu 2020. Údaje Eurostatu naznačují, že i když členské státy od května postupně tato omezení rušily, poptávka i nadále klesala v průměru do června 2020.
- Pandemie měla obecně vyšší dopad na osobní dopravu než dopravu nákladní:<sup>16</sup>
  - Mezi březnem a zářím 2020 se osobní doprava vyjádřená ve vlakokilometrech snížila o 16,9 % ve srovnání se stejným obdobím předchozího roku, nákladní doprava o 11,1 %. V dubnu 2020 zasáhla první vlna pandemie oba segmenty ještě silněji. Osobní doprava ve vlakokilometrech poklesla o 40,6 % a nákladní doprava o 19,9 % ve srovnání s dubnem 2019. V září 2020 celkové vlakové kilometry byly stále o 5,5 % nižší než v září 2019, zejména kvůli trvale nízkým hodnotám osobních vlakokilometrů, které byly nadále nižší o 6,0 %.
  - Mezi březnem a zářím 2020 se počet osobních vlaků v síti EU snížil o 11,1 %, počet nákladních vlaků o 8,2 % ve srovnání se stejným obdobím předchozího roku, v dubnu 2020 se tento podíl ještě prohloubil, u osobních vlaků na 33,9 % a u nákladních vlaků na 17 %. V září 2020 byl celkový počet vlaků pohybujících se v síti oproti září 2019 obdobný, ale se značnými rozdíly mezi segmenty. Zejména počet komerčních osobních vlaků byl stále pod úrovní hodnot z roku 2019, osobním vlakům se závazkem veřejné služby se pak podařilo vrátit na hodnoty z roku 2019.
- V segmentu osobní železniční přepravy měla pandemie závažný a přetrvávající dopad primárně na komerční služby. U vlaků v závazku veřejné služby mohou údaje vyjádřené ve vlakokilometrech dopad krize podhodnocovat, protože změny objednávek jsou v kompetenci příslušného úřadu.
  - Mezi březnem a zářím 2020 ve srovnání se stejným obdobím předchozího roku poklesla osobní doprava se závazkem veřejné služby ve vlakokilometrech o 12,2 %, komerční osobní doprava o 37,3 %. V dubnu 2020 byl zaznamenán pokles provozu osobní dopravy se závazkem veřejné služby ve vlako-kilometrech o 35,0 % a v komerční dopravě o 64,5 % ve srovnání s dubnem 2019. V září 2020 byly celkové osobní vlakokilometry stále nižší o 6,0 % než v září 2019, především z důvodu trvale nízkých

<sup>16</sup> Analýza členských států EU-27 nezahrnuje údaje z Lucemburska a Řecka, neboť jejich manažeři infrastruktury neposkytli požadované údaje včas.

vlakokilometrů v komerční osobní dopravě, které vykazovaly nadále pokles o 22,5 %.

- Mezi březnem a zářím 2020 ve srovnání se stejným obdobím předchozího roku se v EU-27 počet osobních vlaků se závazkem veřejné služby snížil o 10,8 %, počet komerčních osobních vlaků pak o 22,4 %. V dubnu 2020 se tento podíl ještě prohloubil. Počet osobních vlaků se závazkem veřejné služby klesl na 34,5 %, počet osobních komerčních vlaků pak na 42,8 %. V září 2020 byl celkový počet osobních vlaků pohybujících se v síti v porovnání se zářím 2019 obdobný, ale se značnými rozdíly mezi segmenty. Zejména počet osobních komerčních vlaků byl nadále o 9,3 % nižší než ve stejném měsíci roku 2019.
- Údaje provozovatelů infrastruktury (počet vlaků, vlakokilometry) jasně ukazují, jak výrazný je dopad pandemie covid-19 na poskytování služeb železniční dopravy a jeho nejistý a pomalý návrat během letního oživení trvajícím do září 2020. Čtvrtletní údaje Eurostatu o osobokilometrech a tunokilometrech přepravovaných po železnici v prvních dvou čtvrtletích roku 2020 ukazují vývoj poptávky zákazníků osobní a nákladní železniční dopravy. Tyto údaje, které jsou k dispozici do června 2020, ukazují na zásadní dopad v objemu poptávky během první vlny pandemie. Dále informují o možných důsledcích nastupující druhé podzimní vlny pandemie.
  - Doprava vyjádřená v osobokilometrech poklesla v prvním čtvrtletí 2020 o 16,8 % ve srovnání se stejným obdobím roku 2019. Ve druhém čtvrtletí roku 2020 byl pokles o 71,2 % ve srovnání se stejným obdobím roku 2019.
  - Doprava vyjádřená v tunokilometrech se v prvním čtvrtletí roku 2020 ve srovnání se stejným obdobím 2019 propadla o 8,3 %. Ve druhém čtvrtletí roku 2020 se pokles prohloubil o 15,9 % ve srovnání se stejným obdobím 2019.
- Pokud porovnáme segment osobních vlaků se závazky veřejné služby a segment osobních komerčních vlaků podle zemí EU, pak míra negativního dopadu pandemie na tyto segmenty byla rozdílná. Segmentu komerčních osobních vlaků se nepodařilo dostat zpět na úroveň z roku 2019.
  - Komerční osobní doprava během některých měsíců roku 2020 přestala v některých zemích nabízet své služby, zejména tam, kde objemy v komerční osobní dopravě vykazovaly nízké hodnoty již před pandemií.
  - V některých oblastech, kde komerční doprava byla odolnější, je úroveň provozu stále nízká a riziko přežití železničních podniků zůstává nejisté.
- Pandemie značným způsobem zasáhla vážně i segment vysokorychlostní osobní železniční dopravy. V zemích se zavedenou nabídkou služeb ve vysokorychlostní dopravě došlo k náhlému poklesu vlakokilometrů v komerční osobní dopravě.

Dostupné údaje naznačují, že v období od března do září 2020 měla pandemie covid-19 na odvětví železniční dopravy mimořádně negativní dopad, jenž pro některé železniční dopravce byl na hranici přežití. Komise rovněž podotýká, že s cílem zmírnění ekonomických dopadů pandemie na toto odvětví využily členské státy různé nástroje nabízené právními předpisy EU v oblasti železnice, včetně snížení poplatků za přístup na železniční dopravní cestu tak, jak to umožňuje nařízení (EU) č. 2020/1429 ze dne 7. října 2020.

## **4.2 Analýza dopadů pandemie – CER**

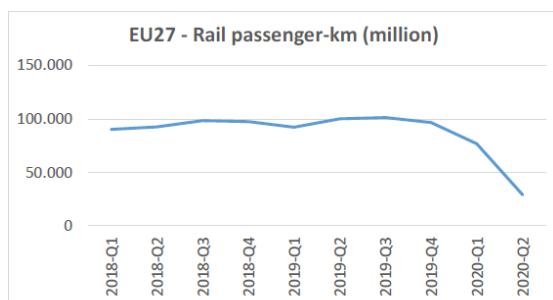
Na základě žádosti Evropské komise zpracovalo Společenství evropských železničních a infrastrukturních společností (CER) analýzu všeobecných dopadů na evropské železnice za období roku 2020. Žádost obsahovala otázky týkající se současných hospodářských dopadů na osobní dopravu, nákladní dopravu a infrastrukturu, včetně dopadů na podnikání a narušení služeb v odvětví železniční dopravy v jednotlivých členských státech EU.

### **4.2.1 Osobní doprava**

Odhadovaná ztráta obrátu v osobní železniční dopravě v EU-27 byla za rok 2020 vyčíslena ve výši 24,42 miliardy EUR. Pokud odhad porovnáme se stejným obdobím 2019, pak propad činí 42 %. V přepočtu pak průměrně 470 milionů EUR/týden. Nejvíce postižená byla mezistátní dálková osobní doprava (zejména Eurostar a Thalys). Po rychlém propadu na jaře 2020 se situace během letních měsíců mírně zlepšila, ale na podzim se ztráty začaly opět zvyšovat. V říjnu dosahovaly 43 %, v prosinci pak rekordních 50 %, více než 550 milionů EUR/týden).

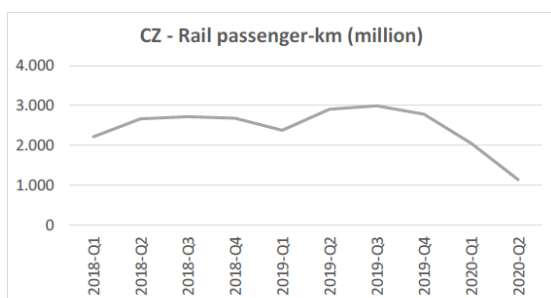
	1st half 2020	Jul-20	Aug-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	2020 YEARLY Estimate
(Weeks)	(26)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(52)
COMPANIES	%	%	%	%	%	%	%	%
Anonymised	-40%	-46%	-49%	-56%	-52%	-70%	-70%	-50%
Anonymised	-45%	-25%	-30%	-45%	-65%	-65%	-50%	-50%
Anonymised	-23%	-28%	8%	1%	n/a	n/a	n/a	n/a
Anonymised	-25%	-19%	-20%	-21%	-23%	-30%	-39%	-26%
Anonymised	-36%	-26%	-20%	-25%	-41%	-33%	n/a	-35%
Anonymised	-86%	-94%	-100%	-96%	-100%	n/a	n/a	-91%
Anonymised	-64%	-89%	-86%	-93%	-94%	-84%	-95%	-78%
Anonymised	-64%	-54%	-43%	-54%	-61%	-80%	-77%	-64%
Anonymised	-72%	-55%	-64%	n/a	n/a	n/a	n/a	-69%
Anonymised	-60%	-53%	-47%	-54%	-67%	-71%	-72%	-60%
Anonymised	-64%	-30%	-25%	-39%	-44%	-54%	-50%	-49%
Anonymised	-11%	-4%	-5%	-5%	-13%	18%	n/a	-3%
Anonymised	-52%	-43%	-35%	-41%	-59%	-73%	-63%	-51%
Anonymised	-38%	-22%	-23%	n/a	n/a	n/a	n/a	-25%
Anonymised	-56%	-58%	-57%	-63%	-69%	-71%	-65%	-60%
Anonymised	-23%	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Anonymised	-38%	-34%	-33%	n/a	n/a	n/a	n/a	-36%
Anonymised	-39%	-66%	-49%	-40%	-46%	-39%	-46%	-46%
Anonymised	-58%	-74%	-71%	-82%	n/a	n/a	n/a	-68%
Anonymised	-35%	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Anonymised	-47%	-35%	-37%	-44%	-65%	-65%	-61%	-49%
<b>Total weighted average loss (%)</b>	<b>-40,5%</b>	<b>-37,5%</b>	<b>-33,6%</b>	<b>-38,1%</b>	<b>-43,1%</b>	<b>-48,1%</b>	<b>-49,9%</b>	<b>-41,8%</b>
<b>WEEKLY loss in EU27 (€Mio)</b>	<b>-455</b>	<b>-421</b>	<b>-378</b>	<b>-428</b>	<b>-484</b>	<b>-540</b>	<b>-560</b>	<b>-470</b>
<b>TOTAL Loss in EU27 (€Mio)</b>	<b>-11833</b>							<b>-24423</b>
	1st half 2020	Jul-20	Aug-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	2020 YEARLY Estimate

Source: CER members

**Tabulka č. 1:** Ztráty obrátu v osobní dopravě v EU (zdroj: CER).


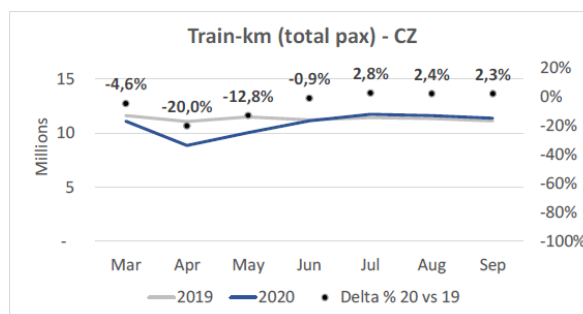
Source: Eurostat – AT, BE missing


**Schéma 1, 2:** Vývoj přepravního výkonu v osobní dopravě v Evropské unii (EU-27) v ukazatelích osobokilometr (mil.) a vlakový kilometr (mil.). Zdroj: CER, Eurostat.



Source: Eurostat

**Schéma 3, 4:** Vývoj přepravního výkonu v osobní dopravě v České republice v ukazatelích osobokilometr (mil.) a vlakový kilometr (mil.). Zdroj: CER, Eurostat.

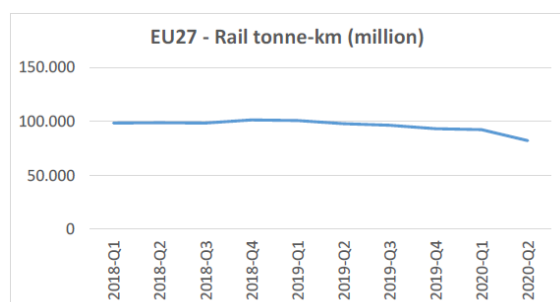


#### 4.2.2. Nákladní doprava

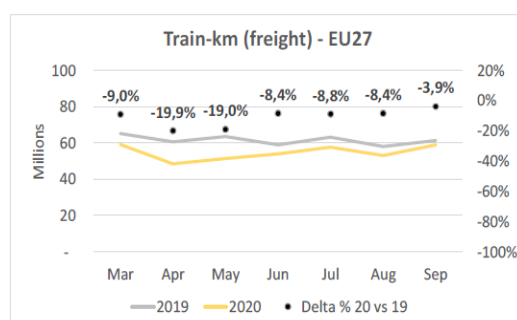
Odhadovaná ztráta obrátu v nákladní železniční dopravě v EU-27 byla za rok 2020 vyčíslena ve výši 1,9 miliardy EUR. V porovnání s rokem 2019 pak propad obrátu činí 12 %, resp. 36 milionů EUR/týden. I přesto, že se propad nákladní dopravy pohyboval také v červených číslech, byla nákladní doprava postižena podstatně méně než doprava osobní. Po jarním propadu se nákladní doprava začala stabilizovat a během léta a podzimu stále posilovala s počáteční ztrátou 14 % až na 6 % v měsíci listopadu a prosinci, s průměrnou týdenní ztrátou 18 milionů EUR/týden.

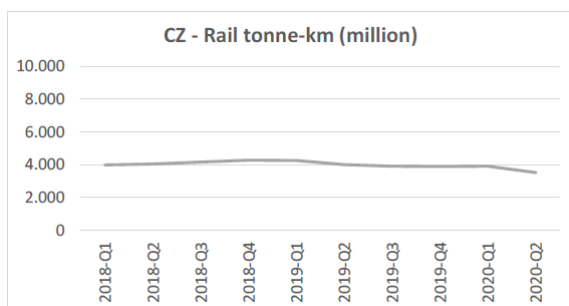
	1st half 2020	Jul-20	Aug-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	2020 YEARLY Estimate
(Weeks)	(26)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(4,5)	(52)
COMPANIES	%	%	%	%	%	%	%	%
Anonymised	-10%	-5%	-5%	-5%	-5%	n/a	n/a	n/a
Anonymised	-18%	-13%	-23%	-11%	-11%	-8%	-9%	-13%
Anonymised	-10%	-1%	-11%	11%	-4%	n/a	n/a	-6%
Anonymised	-24%	-22%	-33%	-32%	-29%	-29%	-32%	-26%
Anonymised	-16%	-16%	-15%	-12%	-7%	-7%	-4%	-13%
Anonymised	-12%	-7%	-7%	-2%	7%	-7%	-18%	-9%
Anonymised	-2%	-5%	-10%	n/a	n/a	n/a	n/a	-5%
Anonymised	-8%	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-13%
Anonymised	-13%	-14%	-13%	-10%	-9%	-8%	-8%	-12%
Anonymised	-11%	-14%	-11%	-12%	n/a	n/a	n/a	-12%
Anonymised	-10%	-9%	2%	3%	2%	0%	-9%	-6%
Anonymised	-13%	-13%	-13%	-13%	-13%	-3%	-8%	-12%
Anonymised	-22%	-27%	-25%	-2%	-15%	-6%	28%	-16%
Anonymised	-12%	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	-12%
Anonymised	-13%	-14%	-11%	-1%	7%	3%	-4%	-8%
Anonymised	-5%	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Anonymised	-23%	-14%	-14%	-16%	-6%	5%	15%	-15%
<b>Total weighted average loss (%)</b>	<b>-14,3%</b>	<b>-13,0%</b>	<b>-12,8%</b>	<b>-9,5%</b>	<b>-6,8%</b>	<b>-5,7%</b>	<b>-5,7%</b>	<b>-12%</b>
<b>WEEKLY loss in EU27 (€Mio)</b>	<b>-45</b>	<b>-41</b>	<b>-40</b>	<b>-30</b>	<b>-21</b>	<b>-18</b>	<b>-18</b>	<b>-36</b>
<b>TOTAL Loss in EU27 (€Mio)</b>	<b>-1169</b>							<b>-1891</b>
	1st half 2020	Jul-20	Aug-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	2020 YEARLY Estimate

Source: CER members

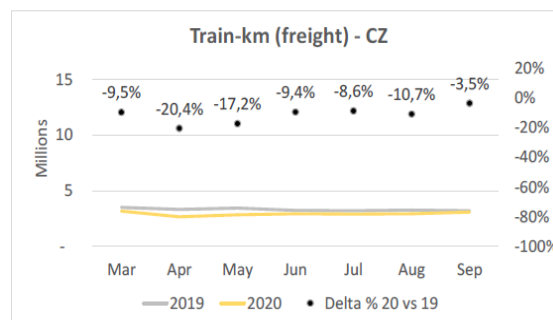
**Tabulka č. 2:** Ztráty obrátu v nákladní dopravě v EU (zdroj: CER).


Source: Eurostat – BE missing


**Schéma 5, 6:** Vývoj přepravního výkonu v nákladní dopravě v Evropské unii (EU-27) v ukazatelích tunokilometr (mil.) a vlakový kilometr (mil.). Zdroj: CER, Eurostat.



Source: Eurostat



**Schéma 7, 8:** Vývoj přepravního výkonu v nákladní dopravě v České republice v ukazatelích tunokilometr (mil.) a vlakový kilometr (mil.). Zdroj: CER, Eurostat.

#### 4.2.3 Celkové dopady na železniční sektor za 2020 v EU

Společenství evropských železničních a infrastrukturních společností (CER) dne 10. února 2021 vydalo zprávu, ve které shrnulo celkové odhady ztrát na evropské železnici v důsledku krize covid-19 za rok 2020. Celkový propad tržeb v osobní dopravě (v EU-27) v souvislosti s poklesem počtu cestujících za rok 2020 v porovnání s rokem 2019 se blíží ke 24,5 miliardám EUR (cca 637 miliard Kč), meziroční pokles činí 42 %. Průměrná rekordní měsíční ztráta byla zaznamenána v měsíci prosinci 2020, a to ve výši 550 milionů EUR (cca 14,3 miliard Kč) za týden, což je propad o 50 % ve srovnání s prosincem 2019. Celkový propad tržeb v nákladní dopravě (v EU-27) v souvislosti s poklesem objemu přepraveného zboží za rok 2020 v porovnání s rokem 2019 byl odhadnut na 1,9 miliardy EUR (cca 49,4 miliard Kč), tj. s meziročním poklesem o 50 %.

Z posledních údajů CER (dostupných od členů CER v lednu 2021) se potvrzují dřívější odhady o velkých ztrátách železnic souvisejících s krizí covid-19 v roce 2020 v Evropě. V roce 2020 se ztráty pohybovaly od 3 % do 32 % mezi provozovateli nákladní dopravy, zatímco rozdíly mezi provozovateli osobní dopravy byly obrovské: 3 % až 91 %. Situace byla obzvláště tvrdá v oblasti mezinárodní osobní dálkové dopravy (80 % až 100 %), zejména ve společnostech specializujících se na přeshraniční služby (jako např. Eurostar a Thalys). Údaje za leden 2021 zatím nevykazují žádné známky zlepšení u osobní ani nákladní dopravy.<sup>17</sup>

CER ve své analýze považuje za důležité, že železnice plní rozhodující sociálně-ekonomickou funkci zajišťování udržitelné dopravy šetrné k životnímu prostředí. Aby EU dosáhla svého cíle v oblasti klimatické neutrality v roce 2050, je podle CER naléhavě potřeba urychlit přechod od více znečišťujících druhů dopravy k železnici, což by se mělo promítnout v přístupu Evropské komise k veřejné podpoře.<sup>18</sup> CER je přesvědčen, že je naléhavě nutné, aby Evropská komise vyslala členským státům silný a jasný signál, že je zapotřebí odpovídajícím způsobem podporovat odvětví železniční dopravy. Cílená podpora železnic ke zmírnění negativních dopadů covid-19 je nezbytná pro oživení a budoucí růst

<sup>17</sup> COVID 19 economic impact: a difficult start to 2021 for railways. Tisková zpráva, CER, 2021 [vydáno: 18. 3. 2021]. Dostupné z <<http://www.cer.be/media/press-releases/covid-19-economic-impact-difficult-start-2021-railways>>.

<sup>18</sup> Viz také: State aid for railways to mitigate COVID-19 impact. Evropská komise, Brusel, 10. 2. 2021.



odvětví a je předpokladem pro vyšší modální podíl železnic v budoucnu. CER se proto domnívá, že by Komise měla povzbudit a usnadnit členským státům poskytování nezbytné pomoci železničním společnostem. CER vidí v právních předpisech EU o veřejné podpoře různé možnosti, které by byly v souladu nejen s politikou Komise v oblasti hospodářské soutěže, ale také s dopravní politikou a cíli Zelené dohody na podporu železničního sektoru.

### 4.3 Podpora členským státům EU

Jedním z opatření EU ke zmírnění socioekonomického dopadu pandemie covid-19 na členské země EU bylo vydání nařízení Rady (EU) č. 2020/672 ze dne 19. května 2020 o zřízení evropského nástroje pro dočasnou podporu na zmírnění rizik v důsledku onemocnění covid-19.<sup>19</sup> Na toto nařízení zareagovala ČR podáním žádosti adresované EU dne 7. 8. 2020 o finanční pomoc na řešení dopadu a socioekonomických důsledků krize covid-19 (jedná se o obecnou finanční pomoc, nikoli o pomoc pouze pro odvětví železniční dopravy).

**Česká republika** splnila podmínky pro získání finanční pomoci a obdržela půjčku ve výši 2 mld. EUR se splatností 15 let.<sup>20</sup> K tomuto programu se přihlásily také další členské státy EU. **Rakousku** byl dne 25. 11. 2020 schválen Komisí program na podporu provozovatelů železniční nákladní a osobní dopravy zasažených pandemií. **Bulharsku** byl schválen dne 15. 4. 2020 program na subvencování mezd ve výši 770 mil. EUR v odvětvích nejvíce postižených pandemií, včetně odvětví osobní dopravy. **Franci** byl dne 30. 7. 2020 schválen program ve výši 207 mil. EUR, který se mj. zaměří na osobní dopravu. Opatření poskytuje podporu ve formě přímých grantů, konkrétně subvencování mezd zaměstnancům. **Německo** získalo dne 7. 8. 2020 od Komise podporu programu ve výši 6 mld. EUR na odškodnění společností provozujících regionální osobní dopravu. **Nizozemsko** získalo dne 4. 11. 2020 podporu programu ve výši 1,5 mld. EUR na odškodnění dopravců provozujících regionální a dálkovou osobní dopravu. **Dánsku** byla dne 22. 12. 2020 schválena podpora ve výši 134 mil. EUR na náhradu škody provozovatelům osobní železniční dopravy a dne 23. 7. 2020 podpora programu ve výši 148 mil. EUR na náhradu škod utrpěných v odvětví cestovního ruchu a cestování. **Chorvatsko** dne 30. 6. 2020 získalo od Komise podporu programu na podporu podniků činných v odvětvích infrastruktury ve výši 80 mil. EUR.

## 5. Prognóza dalšího vývoje

Podle hospodářské prognózy Komise z podzimu 2020 utrpěla hospodářská činnost v Evropě v první polovině roku 2020 závažný otřes, přičemž se ve třetím čtvrtletí vzchopila, jakmile byla uvolněna opatření proti šíření nákazy. Opětovný vzestup pandemie na podzim 2020 ve spojení s opatřeními proti šíření nákazy, která byla znovu vládami zavedena, však vedl k opětovnému poklesu hospodářských činností. Prognóza tak byla vypracována v kontextu velké

<sup>19</sup> Prováděcí rozhodnutí Rady (EU) 2020/1345 ze dne 25. září 2020, kterým se České republice poskytuje dočasná podpora podle nařízení (EU) č. 2020/672 na zmírnění rizik nezaměstnanosti v mimořádné situaci v důsledku rozšíření onemocnění covid-19.

<sup>20</sup> Prováděcí rozhodnutí Rady (EU) 2020/1345 – článek 2 odstavec 1.

nejistoty, přičemž se předpokládalo výrazné zpřísnění opatření v oblasti veřejného zdraví ve čtvrtém čtvrtletí roku 2020 a postupné uvolňování v letech 2021 a 2022.

Poslední dostupný odhad indikátoru důvěry spotřebitelů<sup>21</sup>, zveřejněný Komisí v listopadu 2020, ukazuje negativní hodnoty jak u eurozóny (-17,6 bodu), tak celé EU (-18,7 bodu): v obou případech jsou pod dlouhodobými průměry, a to -11,2 bodu v případě eurozóny a -10,6 bodu v případě celé EU, a v porovnání s říjnem 2019 došlo k jejich poklesu. Podobný obrázek vykresluje ukazatel hospodářského klimatu, publikovaný Komisí, jenž byl zasažen zejména během první vlny pandemie a začal se zotavovat až v květnu 2020. Poslední dostupný průzkum Komise u podniků a spotřebitelů<sup>22</sup> ukazuje, jak se oživení ukazatele hospodářského klimatu v říjnu 2020 zastavilo jak v eurozóně, tak v celé EU, když kontinent zasáhla druhá vlna.

Během druhé vlny uplatňovaly členské státy vhodnější a méně přísná omezení volného pohybu osob. Tato opatření však mají i nadále negativní dopad na železniční provoz, přičemž finanční rovnováha železničních dopravců nadále trpí dopadem první vlny. Tiskové zprávy z různých zemí ukazují reakce železničních dopravců, kteří radikálně snížili svou nabídku a omezili služby.<sup>23</sup>

Propuknutí druhé vlny pandemie zabránilo rychlému oživení železničního provozu, zejména pokud jde o osobní železniční dopravu. V říjnu a listopadu 2020 členské státy znovu zavedly omezení mobility. Údaje dostupné do září 2020 a údaje, které jsou k dispozici o důvěře spotřebitelů, ukazují, že účinky zlepšení situace v oblasti veřejného zdraví, za předpokladu, že by k takovému zlepšení došlo v první polovině roku 2021, např. z důvodu dostupnosti vakcíny, se pravděpodobně projeví až se značným zpožděním. Na základě výše uvedeného považuje Komise za pravděpodobné, že negativní dopad pandemie na železniční provoz bude přetrvávat minimálně do poloviny roku 2021.

## 6. Závěr

Podle výše uvedených údajů získaných od subjektů železniční dopravy a obsažených v analýzách je patrné, že k nejzávažnějším dopadům na železniční sektor došlo zatím (v rámci období pokrytého tímto příspěvkem) v první vlně pandemie na jaře 2020, kdy byl železniční sektor bezprecedentně vystaven nečekanému a zcela novému fenoménu „zásahu vyšší moci“ v podobě pandemie covid-19. Tato mimořádná situace si vyžádala okamžitou reakci v podobě opatření ke zmírnění dopadů pandemie ze strany jednotlivých subjektů na železnici, národních vlád i EU jako celku. EU vydala v této souvislosti několik nových nařízení s cílem umožnit zúčastněným stranám v oblasti železniční dopravy, aby se lépe vypořádaly s finančními dopady pandemie. Přes všechny obtíže lze konstatovat, že železniční sektor jako celek ve srovnání s jinými odvětvími prokázal jistou odolnost vůči dopadům krize covid-19.

<sup>21</sup> [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/flash\\_consumers\\_2020\\_11\\_e.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/flash_consumers_2020_11_e.pdf)

<sup>22</sup> [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/full\\_bcs\\_2020\\_10en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/full_bcs_2020_10en.pdf)

<sup>23</sup> <https://www.brusselstimes.com/news/business/139117/thalys-suspends-trains-between-brussels-and-germany-izy-paris-coronavirus-crisis-amsterdam/>

S ohledem na pokračující krizi a další vlny pandemie v mnoha členských státech EU je nyní obtížné předvídat, jaký bude další vývoj a jeho další dopady na odvětví železniční dopravy. Navzdory absenci novějších údajů a prognóz dopadů dalších pandemických vln v Evropě nepanuje příliš optimistická předpověď rychlého oživení výkonů v železniční dopravě, zejména pak v osobní dopravě. Další omezení vlád jednotlivých členských zemí EU k zamezení šíření pandemie proces oživení zásadně zpomaluje s hrozbou rizika obnovení nových poklesů výkonů v železniční dopravě. Závěrem je nutné znovu zdůraznit, že ke komplexnějšímu vyhodnocení dopadů pandemie covid-19 na železniční sektor se bude možné vrátit s časovým odstupem až po jejím skončení.

Autor příspěvku by rád touto formou vyjádřil poděkování lektorům příspěvku za cenná doporučení i všem kolegům, kteří mu poskytli příslušné údaje a zdroje.

**Lektorovali:     Ing. Luboš Knížek**

Ministerstvo dopravy České republiky

**Ing. Libor Lochman, Ph.D.**

České dráhy, a.s.

výkonný ředitel CER – Společenství evropských  
železničních a infrastrukturních společností

(do 31. 12. 2020)

## 4. Rozvoj konvenční železnice v Rakousku

**Roman Štěrba<sup>24</sup>**

**Klíčová slova** železnice, konvenční, infrastruktura, financování, ÖBB

**Keywords** railway, conventional, infrastructure, financing, ÖBB

### **Anotace / Abstract**

Rakousko vnímá význam udržitelné mobility pro splnění klimatických cílů v dopravě. Rozvoj železnice vychází z Dopravní prognózy Rakousko 2025+, na jejímž základě byl zpracován Celkový dopravní plán, v němž si země vytýčila strategii rozvoje železniční infrastruktury Cílová síť 2025+. Pro období let 2021-2026 je schválen vládní master plán investic do železniční infrastruktury ve výši více než 17 mld. EUR.

### **The development of the conventional railway in Austria**

Austria perceives the importance of sustainable mobility in meeting the climate objectives in transport. The development of railway is based on the Transport Forecast Austria 2025+, on the basis of which the Overall Transport Plan was prepared, in which the country set out its strategy for the development of state railway infrastructure Target network 2025+. For the period 2021-2026, a master plan for investment in railway infrastructure of more than EUR 17 billion is approved by government.

### **1. Úvod**

Na dopravu v Evropské unii (EU) připadá čtvrtina skleníkových plynů a tento podíl stále roste. Zelená dohoda pro Evropu usiluje o 90% snížení těchto emisí do roku 2050 na cestě ke klimatické neutralitě. Zelená dohoda pro Evropu a její občany formuluje odhodlání Evropské komise (EK) řešit problémy způsobené změnou klimatu a životního prostředí. K tomuto snížení musí přispět jak silniční, tak i letecká, železniční a vodní doprava. Dosažení udržitelné dopravy znamená upřednostnit uživatele a nabídnout jim cenově dostupnější, dosažitelnější, zdravější a čistší alternativy k dopravním prostředkům, na které jsou v současnosti zvyklí. Prioritou bude přesun významné části vnitrozemské nákladní přepravy

---

<sup>24</sup> doc. Dr. Ing. Roman Štěrba, MBA – absolvent inženýrského a doktorandského studia na Fakultě dopravní ČVUT v Praze (1998), postgraduálního studia na TU Dresden (1996), College of Europe (2010), Cambridge Business School (2019) a vědecko-výzkumných stipendijních pobytů na Katalánské polytechnice Barcelona (1994) a TU Dresden (1998-2002). Docent na Ústavu logistiky a managementu dopravy, Fakulta dopravní ČVUT v Praze. Pracuje na pozici vedoucího oddělení koncepce a strategie Správy železnic, státní organizace.

(75%) ze silnic na železnici a vodní cesty. K tomu budou třeba opatření k navýšení kapacity železnic.[1]

Rakousko je členským státem EU s pověstným pozitivním vnímáním významu udržitelné mobility a může být vzorovou zemí pro splnění ambiciózních klimatických cílů v dopravě. Výchozím počinem pro dlouhodobý rozvoj železnice se stala „Dopravní prognóza Rakousko 2025+“<sup>25</sup>, zpracovaná vědeckými ústavy a univerzitami. Se znalostmi a zjištěními „Dopravní prognózy Rakousko 2025+“ byl zpracován „Celkový dopravní plán“<sup>26</sup>, v němž si Rakousko vytýčilo strategii rozvoje železniční infrastruktury „Cílová síť 2025+“. Cílem je kapacitní a výkonná železnice jako předpoklad pro více vlaků, cestujících a nákladu. Rozvoj železnice je odpovědí na dopravně-politické výzvy a bude determinován rámcovými master plány s jasným financováním. Cílová síť 2025+ je plánem pro moderní a výkonnou infrastrukturu a předpokladem pro udržitelnou mobilitu v 21. století. Master plán zahrnuje rozšíření a modernizaci železnice a bude realizován provozovatelem dráhy ÖBB-Infrastruktur ve shodě s prioritami Spolkového ministerstva ochrany klimatu, životního prostředí, energie, mobility, inovací a technologie (BMK) a Spolkovým ministerstvem financí. Pro období let 2021-2026 je schválen Rámcový plán<sup>27</sup> investic do železniční infrastruktury ve výši více než 17 mld. EUR.[2]



Obrázek č. 1: Na moderní infrastrukturu patří moderní vozidla. Moderní třísystemové lokomotivy ÖBB řady 1216 zajíždějí s netrakovými jednotkami railjet i do Prahy. Zdroj: autor

## 2. Rakouské spolkové dráhy

Koncern Rakouských spolkových drah (ÖBB) v roce 2019 přepravil 477 mil. cestujících, z toho 266,6 mil. osob v železniční dopravě. Regionální vlaky přepravily 228,4 mil. osob a 38,2 mil. osob cestovalo vlaky dálkové dopravy. Železniční nákladní doprava přepravila 105 mil. tun. 100 procent trakční elektrické

<sup>25</sup> VERKEHRSPROGNOSE ÖSTERREICH 2025+. Endbericht. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien, Juni 2009

<sup>26</sup> Gesamtverkehrsplan für Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien. 2012

<sup>27</sup> Rahmenplan 2021 - 2026 ÖBB-Infrastruktur AG. Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien. 2020

energie pochází z obnovitelných zdrojů. S plněním jízdního řádu na 96 procent se v roce 2019 státní dráhy řadily mezi špičku v Evropě. ÖBB ročně investují do infrastruktury kolem 2 mld. EUR. Koncern ÖBB zaměstnává téměř 42 tisíc pracovníků a k tomu 2000 učňů.

ÖBB provozují síť 4 827 km tratí, z toho je 3583 km elektrizovaných a 2708 km jednokolejných. Délka kolejí dosahuje téměř 9800 km. Od roku 2008 bylo nově postaveno na 170 km tratí a do roku 2028 je v plánu dalších 210 km. Na síti mají ÖBB 1048 stanic a zastávek a 7 terminálů nákladní dopravy. Na síti ÖBB provozuje vlakovou dopravu více než 60 dopravců

Osobní doprava ÖBB Personenverkehr dosahuje ročního obrátu tržeb téměř 2,3 mld. EUR, nákladní doprava ÖBB Rail Cargo Carrier 2,3 mld. EUR, provozovatel dráhy ÖBB Infrastruktur více než 1,0 mld. EUR. Konsolidovaný obrát tržeb koncernu ÖBB dosáhl v roce 2019 výše 4,4 mld. EUR, celkové výnosy 6,9 mld. EUR.[3]



Obrázek č. 2: Kombinace moderní infrastruktury a nových vozidel má v Rakousku pozitivní ohlas na přepravním trhu. *Zdroj: autor*

### **3. Dopravní prognóza Rakousko 2025+**

Dopravní prognóza Rakousko 2025+ (dále jen Prognóza) z roku 2009 je syntézou tehdejšího vývoje, která reflektuje a zobrazuje trendy společenské, politické, hospodářské a technologické. Prognóza je výchozím dokumentem, který identifikuje a kvantifikuje poptávku po přepravě. Následné dopravní plánování a především infrastrukturní záměry totiž kromě dopravní politiky potřebují i odborné zhodnocení a predikci budoucího vývoje přepravní poptávky. Přidanou hodnotou Prognózy je syntéza v zájmu multimodálně vyváženého dopravního systému ve smyslu koexistence různých druhů dopravy. Ke zmíněným trendům byl zpracován model osobní dopravy a model nákladní dopravy, vlastně modely rozložení přepravní poptávky v síti.

Zpracování Prognózy probíhalo ve fázích:

- a) v letech 2003–2006 probíhalo vytvoření modelu, jeho naplnění statistickými údaji, validace a prognostické výpočty.
- b) v letech 2007–2008 následovala aktualizace modelu, vyvolaná nejen novelizací relevantních zákonů, nýbrž i změnami v demografických prognózách a v neposlední řadě i vlivem upravené konfigurace dopravní sítě v Rakousku i v zahraničí, zvýšení sazeb mýtného, opravených odhadů vývoje inflace atpod.
- c) v roce 2009 následovalo expertní prověření, za jakých rámcových podmínek je model Prognózy platný a jaké varianty ze zpětného pohledu byly možné.[4]

Od března 2019 do 1. čtvrtletí 2022 probíhá aktualizace Prognózy 2025+ pro období 2040+. Update Prognózy reaguje na alternativní paliva, nové technologie a dále na sociodemografický, hospodářský a společenský vývoj. Pozornost je věnována i kooperaci dopravních módů, např. využití záchytných parkovišť P+R nebo terminály kombinované přepravy.

#### **4. Celkový dopravní plán**

Navazujícím dokumentem na Prognózu 2025+ je Celkový dopravní plán, který je z pohledu resortního spolkového ministerstva stěžejním dokumentem, který formuluje cíle a zásady dopravní politiky do roku 2025. Rakouská dopravní politika považuje dopravu a mobilitu za důležité předpoklady hospodářského rozvoje a společenské prosperity. K tomu je potřeba minimalizovat emise, nehody, čerpání neobnovitelných zdrojů a zábor půdy. S pomocí regulačních nástrojů může vláda pobízet, nařizovat a zakazovat. Celkový dopravní plán formuluje zásady rakouské dopravní politiky, konkrétní cíle a opatření k jejich splnění. Jde o konkrétní cíle pro sociální, bezpečný, ekologický a efektivní dopravní systém. Mezi cíle patří bezbariérová nádraží, snížení počtu obětí dopravních nehod na polovinu, redukce nehodovosti o 20 procent, snížení emisí CO<sub>2</sub> o 19 procent, omezení emisí pevných částic o 50 procent a emisí NO<sub>x</sub> o 70 procent do roku 2025 ve srovnání s rokem 2010. Ve stejném období má klesnout energetická náročnost dopravy z 240 na 210 petajoule (PJ). Jízdní doby na rakouských hlavních trasách se mají zkrátit o 30 minut na Západní dráze a o 90 minut na Jižní dráze.[5]



Obrázek č. 3: Rakouské železnice se v Alpách potýkají s náročnými klimatickými podmínkami. *Zdroj: autor*

#### 4.1 Cílová železniční síť 2025+

Strategie Cílová síť 2025+ z roku 2011 je odpovědí na dopravně-politické výzvy formulované v Celkovém dopravním plánu. Definuje jasné parametry, kdy je železnice efektivní a ekologická:

- v osobní dopravě je hranice stanovena na přepravu 2 tisíc cestujících na trati denně. Pokud tato hranice přepravního potenciálu není dosažena, nemůže být dráha optimálně využita,
- u nákladní přepravy je hranice 250 tisíc tun na trati ročně. Tratě s nižším potenciálem nemohou prokázat přínos v efektivitě a ekologii a tím veřejný zájem.

Plánování rozvoje rakouské konvenční železnice vychází z perspektiv:

- sítě a páteřních koridorů, reflektující zájmy akcionáře koncernu ÖBB, cíle korporátní strategie ÖBB a opatření provozovatele dráhy ÖBB-Infrastruktur AG,
- tratí a nádraží, reflektující nadřazenou perspektivu a konkretizující opatření v detailu tratí, stanic a zařízení
- jednotlivá opatření ke splnění cílů.

Cílová síť 2025+ je dlouhodobou infrastrukturní strategií státu a ÖBB Infrastruktur, jejímž cílem je:

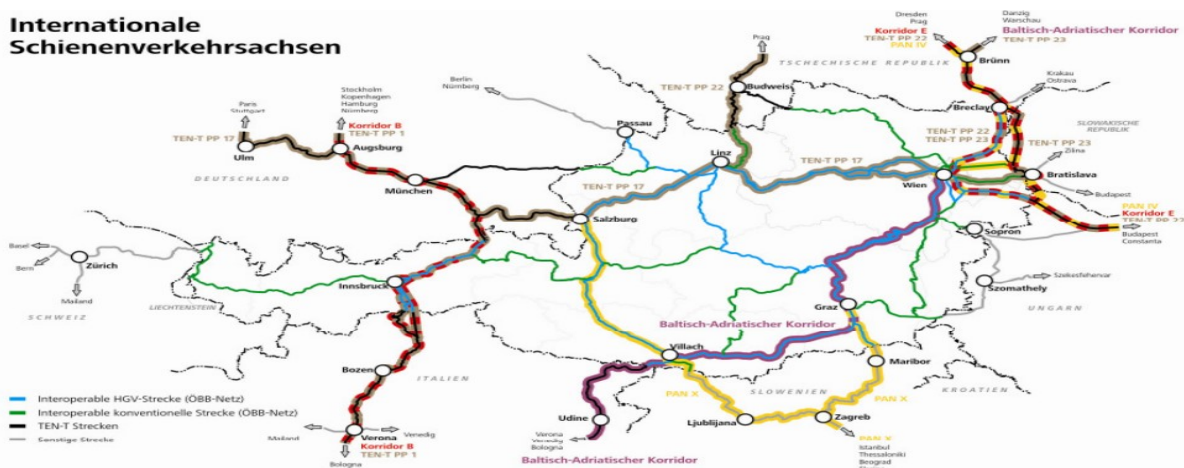
- posílit tržní pozici železnice
- zvýšit hospodárnost (cílem je samofinancování variabilních nákladů údržby a provozu) a
- posílit bezpečnost.



Cílová síť 2025+:

- prosazuje státní zájem na rozvoji jen perspektivních (vytížených) tratí definovaných minimálním objemem přepravy
- stanovuje měřitelný cíl:
  - udržet 15% podíl osobní přepravy po železnici v modal-split
  - nárůst vlakových km o 30%
  - udržet 34% podíl nákladní přepravy po železnici v modal-split

Cílová síť 2025+ je komplementární s Celkovým dopravním plánem z roku 2012, který vychází z Dopravní prognózy (VPÖ2025+) zpracované v letech 2003-2009. [6]



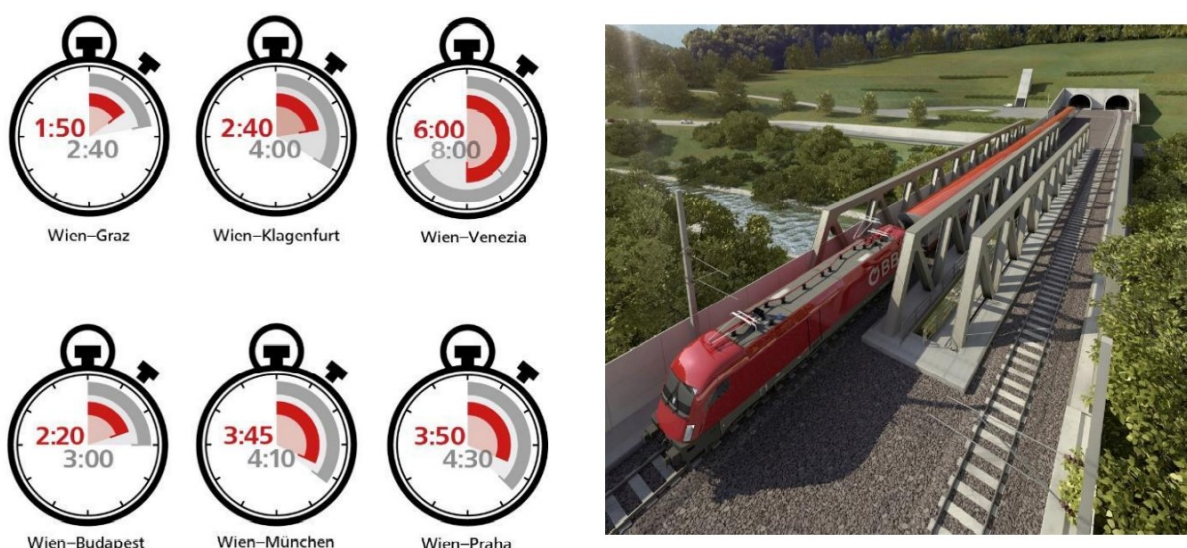
Obrázek č. 4: Páteří koridory Rakouských spolkových drah [6]

## 4.2 Rámcové střednědobé master plány investic do železniční infrastruktury

V návaznosti na Dopravní prognózu Rakousko 2025+, následně zpracovaný Celkový dopravní plán a strategii Cílová síť 2025+ uzavírá rakouská vláda se státním koncernem ÖBB rámcové střednědobé master plány garantovaných investic do modernizace a rozvoje konvenční železnice. Prvním počinem byl Rámcový plán pro období let 2011 – 2016 s investiční dotací ve výši 12,8 mld. EUR. Následoval druhý Rámcový plán na období let 2017 – 2022 s investiční dotací ve výši 15,2 mld. EUR.

Impulsem pro další zrychlení modernizace rakouské železnice se stala Zelená dohoda pro Evropu z roku 2019, která otevírá cestu strategii růstu a transformaci EU na moderní, konkurenceschopnou ekonomiku, jež účinně využívá zdroje a kde do roku 2050 nemají být emise skleníkových plynů, neboli jedná se o plán, jak zajistit udržitelnost hospodářství EU. Rakouská vláda závazek pochopila jako šanci přeměnit klimatické a environmentální výzvy v příležitost pro udržitelný rozvoj. Již v roce 2020 proto rakouská vláda odstartovala rekordní finanční

podporu moderní a ekologické železnice. V polovině října loňského roku schválila rakouská vláda rámcový investiční plán ÖBB Infrastruktur AG na období let 2021 až 2026 v rekordní výši 17,5 mld. EUR (cca 477,7 mld. Kč). Masivní investice do drážní infrastruktury mají podpořit železniční dopravu nejen na Transevropských koridorech a v sídelních aglomeracích, ale i v regionech. Od masivní podpory železnice si vláda slibuje nejen zlepšení klimatu, ale i lepší udržitelnost pracovních míst a zaměstnanosti. Jedním z cílů investičního plánu je klimaticky neutrální železnice. Podíl elektrizovaných tratí ÖBB přesáhl k 31.12.2019 73%, přičemž z pohledu vozby je 90% výkonů vedeno v ekologické elektrické trakci. Do roku 2035 má být elektrizováno dalších 500 km tratí a do roku 2035 mají být ÖBB klimaticky neutrální. [8]



Obrázek č. 5: Rakousko si od modernizace železnice slibuje kratší jízdní doby [7]

### 4.3 Komplex Brennerských tunelů se stane nejdelším na světě

Ke stěžejním projektům provozovatele dráhy ÖBB Infrastruktur AG patří výstavba úpatního tunelu pod frekventovaným Brennerským průsmekem, který spojí rakouský Innsbruck s obcí Franzensfeste/Fortezza v jihotyrolské Itálii. Od zaústění do železničního uzlu Innsbruck měří 64 km vč. Inntaltunel a tím se stane nejdelším podzemním železničním spojením na světě. Pod názvem úpatní tunel se ve skutečnosti skrývá celý soubor tunelů, který dosáhne délky 230 km, z nichž je již více než polovina je proraženo. Samotný Brennerský úpatní tunel bude dlouhý 55 km. S dokončením stavby a uvedením tunelu do provozu se významnělepší cestovní a přepravní možnosti železnice. Projekt je součástí transevropského páteřního koridoru ze Skandinávie do Středomoří, kde mezi městy Helsinky a Valletta žije na 110 mil. obyvatel. Evropská komise spolufinancuje tento projekt s nadnárodním významem v rozsahu až 50 procent z programu CEF a o zbylé náklady se spravedlivě dělí Rakouska a Itálie. CEF je program Connecting Europe Facility sloužící k podpoře výkonné infrastruktury s efektem do snížení spotřeby energie a zlepšení klimatu. EU hradila v letech 2015 až 2020 polovinu nákladů na průzkumnou štolu (cca. 303 mil. EUR) a dále 40% nákladů na hlavní tunelové roury

(téměř 880 mil. EUR). Dohromady téměř 31 mld. Kč. Náklady stavby tvoří ražba (60%), vybavení (15%), plánování, služby a interní náklady (10%), náklady územního náležitosti (1%) a rezerva na rizika stavby (14%).

Brennerský úpatní tunel odstraní nutnost pojiždění sklonově náročné více než 150 let staré Brennerské dráhy se sklonem až 25 promile na severní rampě a 22,5 promile na jižní rampě. Dosavadní trať přes Brennerský průsmyk stoupá až do výšky 1371 m.n.m., což je zároveň nejvyšší bod normálně rozchodné dráhy ÖBB. Na cestě z Innsbrucku do Brenneru je převýšení 796 m. Stávající trať má nejmenší poloměr oblouku 264 m. Zahájení stavby sahá do května 1994, kdy byl jižně od Innsbrucku otevřen tunel v údolí řeky Inn (Inntaltunnel). V tomto tunelu s délkou 12,7 km se nachází napojení na Brennerský úpatní tunel. Osobní a nákladní vlaky na tranzitní trati tak vedle úpatního tunelu mají pár km jízdy pod povrchem navíc. Dohromady 64 km tunelů se stane nejdelším podzemním spojením na světě. Samotný úpatní tunel bude mít délku 55 km. Úpatní tunel tvoří dvě tunelové roury o průměru 8,1 m vedoucí vedle sebe ve vzdálenosti 40-70 m. Každá roura bude jednokolejná a v rozestupech 333 m budou spojovací štolky sloužící jako nouzové únikové cesty. Tento koncept odpovídá nejvyšším bezpečnostním standardům pro tunely. Zvláštností úpatního tunelu bude průzkumná štola s průměrem 5 až 6 m vedoucí mezi oběma hlavními tunely, ale 12 m níže. Během přípravných prací na průzkumné štolce se zjišťuje geologický materiál s cílem snížit stavební náklady a minimalizovat dobu výstavby. Po zprovoznění úpatního tunelu bude průzkumná štola plnit důležitou úlohu odvodnění tunelového komplexu. Sklonové poměry v úpatním tunelu budou činit 4 - 7 ‰. Nejvyšší bod tunelu bude ve výšce 790 m.n.m., tedy o 581 m níže než Brennerský průsmyk. Od léta 2015 se pracuje na spojovacím tunelu mezi úpatním tunelem a stávající objízdnou tratí kolem Innsbrucku. Na průzkumné štolce je odpracováno od září 2015 s přestávkami do července 2019 na 15 km mezi obcemi Ahrental a Steinach. Od března 2017 se pracuje na hlavních rourách, kde po přípravných pracích jsou od jara 2019 nasazeny dva stroje. Západní tunel dosáhne státní hranice do konce roku 2021, východní bude pod Brenner proražen zhruba začátkem roku 2022. V úpatním tunelu se počítá s max. rychlostí vlaků osobní dopravy 250 km/h a nákladních vlaků 120 km/h. Napájení trakční energií bude o napětí 25 kV s kmitočtem 50 Hz. Zabezpečení jízdy vlaků bude výhradně ETCS Level 2. Celkové prognózované náklady vč. inflace mají dosáhnout výše téměř 8,4 mil. EUR (cca 218 mld. Kč). Dokončení stavby je plánováno v roce 2027.



Obrázek č. 6: Jižní portál Brennerského tunelu Zdroj: *bbt-se.com*

#### 4.4 Tunel Semmering na rakouské Jižní dráze

Druhým stěžejním rozvojovým projektem rakouské železnice je bezpochyby Jižní dráha. Provozovatel dráhy ÖBB Infrastruktur AG v současnosti pracuje na více než 100 dílčích stavbách revitalizace dráhy z Vídně na jih přes Semmering, která je součástí Baltsko-Jaderského koridoru. Modernizace se dočká na 200 kilometru tratě, 170 km bude nově postaveno, stěžejním se stane úpatní tunel Semmering s délkou 27,3 km a 150 nových mostů. Na projektech pracuje více než 5 tisíc lidí. Od konce roku 2027 zvládnou vlaky trasu z Vídně do Klagenfurtu za 2 hodiny a 40 minut, z Grazu do Klagenfurtu za 45 minut. Na trati s délkou 470 km projedou novými tunely Semmering a Koralpe, které umožní rychlost až 250 km/h. Stávající legendární trať přes Semmering je v dobré kondici, ačkoliv je nestarší horskou železnicí světa, slouží již přes 160 let. S počtem 180 vlaků za den patří k nejvyužívanějším tratím v Rakousku.

Úpatní tunel Semmering patří k nejvýznamnějším infrastrukturním projektům v srdci Evropy. Vedle mezinárodní tranzitní dopravy zrychlí i spojení mezi Dolními Rakousy a Štýrskem. Vlak urazí trasu z Vídně do Grazu za méně než 2 hodiny. Od roku 2026 propojí dolnorakouský Gloggnitz se štýrským Mürzzuschlagem. Tím se významně odlehčí původní historické trase přes hory. Význam to přinese i nákladním dopravcům, jejich těžké vlaky budou projíždět s menší trakcí. Každá tuna zboží přepraveného po železnici znamená až 15krát nižší emise CO<sub>2</sub> oproti kamionové dopravě. Pro vybudování drážního tunelu v délce 27,3 km bude celkem vyraženo 62 km tunelových rour. Nový tunel bude mít 2 paralelní roury o průměru 10 m vzdálených do 70 m a každých 500 m s propojovací chodbou. V tunelu bude max. rychlost 250 km/h, což přinese zkrácení jízdní doby z Vídně do Grazu o 30 min.

Tunel je projektován se sklonem 0,85%, což umožní dopravu těžkých nákladních vlaků jednou lokomotivou. Stanice Gloggnitz a Mürzzuschlag budou napojeny novou tratí. Součástí stavby je i přeložka silnice B27 a protipovodňové úpravy řeky Schwarza. Přístupová galerie o délce 1300 m bude postavena mezi částmi Grautschenhof a Fröschnitzgraben. Iniciační fáze stavby, hydro-inženýring, má

stavbu ochránit před povodněmi říčky Schwarza v regionu Gloggnitz. Práce zahrnou stavbu dvou nových železničních mostů, nový silniční most a propustek pod silnicí B27. Další práce zahrnou stavbu vstupů v Gloggnitz a Mürzzuschlag, dočasné přístupové silnice, pomocné otvory a ventilační šachty v Trattenbach a Sommerau. Pro napájení hnacích vozidel v tunelu trakční elektrickou energií se počítá s měnírnami v Gloggnitz a Langenwang. Investor počítá na stavbu tunelu v letech 2012 až 2027 s výdaji ve výši 3,3 mld. EUR. [9]

#### 4.5 Čtyřkolejné tratě

Třetím fenoménem rozvoje konvenční železnice v Rakousku je budování čtyřkolejných tratí. [10] Nárůst intenzity vlakové dopravy a výhled přesunu přepravy ze silnic na železnici nutí ÖBB ke zlepšení stávající infrastruktury konvenčních tratí. K účinným řešením patří výstavba čtyřkolejných hlavních tratí. ÖBB Infrastruktur začala stavět čtyřkolejné dráhy před více než 20 lety. V prosinci 1989 vyhlásilo rakouské Spolkové ministerstvo dopravy, inovací a technologií trať Vídeň – Linec (Westbahn / Západní dráha) za tzv. „vysoce výkonnou trať“. Od té doby byla postupně přeměněna z konvenční dvoukolejné na vysokokapacitní čtyřkolejnou trať. Trať s délkou 188 km, která spojuje Vídeň s hlavními městy Dolního a Horního Rakouska, se stala v roce 2015 zcela čtyřkolejnou dráhou. 32 procent vlaků na síti ÖBB jede na Západní dráze. Další vysokokapacitní trasou je 35 km dlouhý úsek železnice v údolí dolního Innu (Unterinntalbahn) mezi Innsbruckem a Jenbachem na trase severo-j jižního tranzitu z Německa do Itálie přes Brenner. Nachází se ve spolkové zemi Tyrolsko a je v provozu od roku 2012.

Do budoucna bude kapacitní Západní dráha prodloužena do Welsu. Stavba má být vysoutěžena v roce 2026. Čtyřkolejná expanze západního úseku mezi Lincem a Welsem patří k největším železničním projektů v Horním Rakousku. Začne čtyřkolejnou expanzí západního zhlaví hlavního nádraží v Linci a úseku Linec – Marchtrenk. I železnice v dolním údolí řeky Inn bude vylepšena o nový 23 km dlouhý čtyřkolejný úsek mezi uzlem Radfeld a stanicí Schafteuau (směrem k německým hranicím). Další vývoj v Tyrolsku bude realizován v opačném směru, směrem na Itálii, se zahájením 55 km Brennerského tunelu na rakousko-italské hranici. Konec stavebních prací je naplánován na rok 2028. Po dokončení tunelu bude rakouská část takzvané Brennerské dráhy (Innsbruck – Bolzano – Verona) z provozního hlediska čtyřkolejná (dvě nové a dvě stávající koleje). Další dva projekty čtyřkolejných tratí budou realizovány ve Vídni a okolí. Čtyřkolejné dráhy se objeví mezi stanicemi Vídeň Meidling a Mödling v Dolním Rakousku a také mezi Vídni a Wiener Neustadt. Po dokončení úpatního tunelu Semmering se úsek Gloggnitz – Mürzzuschlag na Jižní dráze stane z provozního hlediska čtyřkolejnou trasou (dvě koleje malebné horské dráhy přes Semmering a dvě nové koleje v úpatním tunelu).

Čtyřkolejné železnice poskytují výhody pro dopravce a zejména pro cestující. Úseky s vyšší kapacitou umožňují provozovateli dráhy nabídnout více tras pro vlakové spoje s kratší jízdou dobou. Se zahájením provozu na 60 km dlouhé čtyřkolejné trati mezi Vídni a St. Pöltenem v prosinci 2012 byla cesta zkrácena na 28 minut. Vlaky jezdí v tomto úseku rychlostí až 230 km/h. Čtyřkolejné tratě mají i další výhody. Čtyřkolejné rozšíření vytváří podmínky pro zvýšení kapacity v osobní a nákladní dopravě i pro kratší intervaly mezi spoji v regionální dopravě.

Kapacita a rychlost jsou důležitým předpokladem pro vyšší kvalitu a kratší dobu jízdy v železniční dopravě. Kromě toho kapacitní železniční infrastruktura posiluje a udržuje Rakousko konkurenceschopné v evropském i mezinárodním srovnání. Cestující v železniční dopravě dosáhnou svého cíle na koridorových tratích rychleji než autem. V důsledku toho se počet dálkových cestujících ve vlacích ÖBB za posledních deset let zdvojnásobil. V době změny klimatu to přispívá k pozitivní klimatické rovnováze a tím naplňuje očekávání vlády.



Obrázek č. 7: Čtyřkolejné dráhy zvyšují propustnou výkonost koridorů Zdroj: ÖBB

## 5. Závěr

Rakouská železnice patří mezi nejmodernější v Evropě. I bez vysokorychlostních tratí váže vysokou poptávku cestujících i dopravců v železniční nákladní dopravě. Na síti tratí o délce 4827 km ujede 57 dopravců svými vlaky ročně 156 mil. vlkm, čímž řadí tamní dráhy mezi nejproduktivnější v Evropě. Ročně přepraví více než 270 mil. cestujících a 105 mil. tun nákladu. [2] Rakouská vláda spatřuje přednost železnice tam, kde je střední a velká poptávka cestujících a dopravců. Takové páteřní tratě spolková vláda svými investicemi posiluje a rozvíjí. Méně frekventované a lokální tratě jsou s úspěchem nabízeny k převodu do majetku spolkových zemí.

Moderní infrastruktura je předpokladem pro intenzivnější a stále rychlejší drážní dopravu. Konkurenceschopnost dráhy na přepravním trhu se odvíjí od kratších jízdních dob, rostoucí kapacity a moderních stanic a terminálů. Úspěch železnice a její rostoucí podíl na přepravním trhu povede ke snížení emisí CO<sub>2</sub>. Rakousko investuje každý rok do modernizace dopravní cesty a nádraží téměř 3

mld. EUR. Suma převyšuje investice do silnic dvojnásobně. Prioritou jsou tratě tvořící Transevropskou dopravní síť.

## Literatura

- [1] Sdělení Komise Zelená dohoda pro Evropu. EK. Brusel. 11.12.2019. COM(2019) 640
- [2] ÖBB Infrastruktur AG. Wien. On-line. Zdroj: <https://infrastruktur.oebb.at>
- [3] Zahlen, Daten, Fakten. ÖBB KOMPAKT 2019/20. Wien. On-line. Zdroj: [https://konzern.oebb.at/dam/jcr:b17c14a2-d8a3-4d3c-8a40-912cbeefa6ab/OEBB\\_Zahlen\\_2020-2\\_de\\_web.pdf](https://konzern.oebb.at/dam/jcr:b17c14a2-d8a3-4d3c-8a40-912cbeefa6ab/OEBB_Zahlen_2020-2_de_web.pdf)
- [4] VERKEHRSPROGNOSE ÖSTERREICH 2025+. Endbericht. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien, Juni 2009
- [5] Gesamtverkehrsplan für Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien. 2012
- [6] Zielnetz 2025+. ÖBB-Infrastruktur AG. Wien. September 2011.
- [7] Rahmenplan 2017 – 2022. ÖBB-Infrastruktur AG. Wien. 12. Oktober 2016
- [8] Rahmenplan 2021 - 2026 ÖBB-Infrastruktur AG. Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Wien. 2020
- [9] Reidinger E. Opening of Semmering Base Tunnel delayed. International Railway Journal. 2020. On-line. Zdroj: <https://www.railjournal.com/passenger/high-speed/opening-of-semmering-base-tunnel-delayed/>
- [10] Zasiadko M. Austria expands four-track network. Railtech.com. 2020. On-line. Zdroj: <https://www.railtech.com/infrastructure/2020/03/05/austria-expands-four-track-network/?gdpr=accept>

## Lektorovali:

### Ing. Jan Sechter

Ministerstvo dopravy České republiky

náměstek ministra dopravy pro řízení Sekce nesilniční dopravy a mezinárodních vztahů

### Ing. Milan Pour

poslanec, člen podvýboru pro dopravu

## 5. Nová koncepce seřadovacích stanic

Daniel Pilát<sup>28</sup>

### Klíčová slova

železnice, nákladní doprava, seřadovací stanice, koncepce, multikriteriální analýza

### Keywords

railway, freight transport, marshalling yards, conception, multicriteria analysis

### Anotace / Abstract

Príspevek predstavuje novou koncepciu seřadovacích stanic na síti Správy železnic, státní organizace a deskripci důvodů vedoucích k její realizaci. Je uveden vývoj nového interního systému hodnocení vlakových stanic, včetně vysvětlení analýzy potřebných charakteristických prvků a vlastností související infrastruktury. Jsou představeny výsledky těchto analýz a z nich vyplývající souhrnná koncepce správy jednotlivých seřadovacích stanic.

### New concept of marshalling yards

The contribution presents a new concept of marshalling yards on the Czech railway infrastructure manager network and describes the reasons for its processing. The development of a new internal evaluating system for marshalling yards is described, including an explanation of the analysis of the necessary attributes and characteristics of related infrastructure. The results of these analyses and the resulting comprehensive concept of administration to individual stations are presented.

### 1. Úvod

Správa Železnic, státní organizace (dále jen „SŽ“) vydala na konci roku 2020 novou Koncepci seřadovacích stanic (dále jen „Koncepce“), která řeší strategii budoucí správy této konkrétní části české železniční infrastruktury z hlediska potřeb souvisejících se současným i předpokládaným vývojem nákladní dopravy.

Koncepce přináší nový přístup z hlediska analýzy a hodnocení stanic, na které navazuje návrh přístupu k jednotlivým stanicím za účelem racionalizace provozu celé sítě těchto stanic.

---

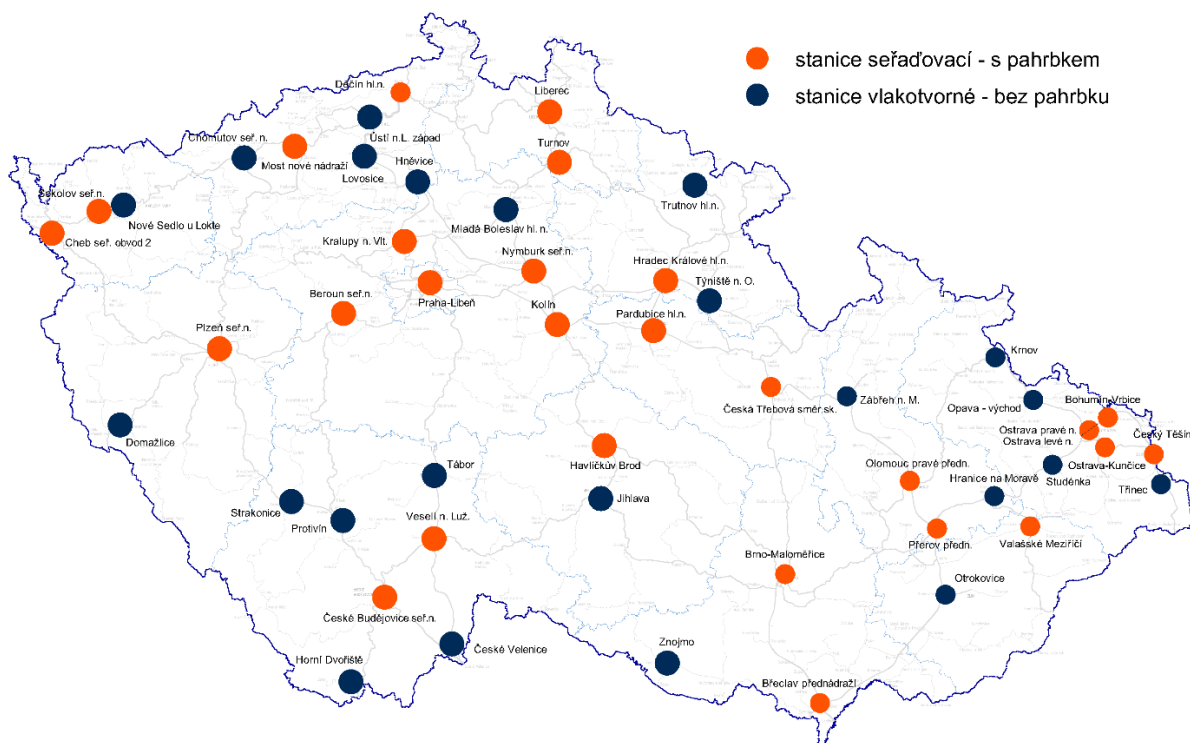
<sup>28</sup> Ing. Daniel Pilát – absolvent Fakulty dopravní ČVUT v Praze, v současné době student doktorského programu Logistika a řízení dopravních procesů na Fakultě dopravní ČVUT v Praze.



Tento článek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost s důvody a postupy tvorby nové Koncepce, výsledkem této tvorby a také předpokládaným výhledem dalšího pokračování racionalizační činnosti v oblastech souvisejících se správou sítě seřadovacích stanic.

## 2. Výchozí stav

V současné době je na železniční síti ve správě SŽ 51 stanic určených pro základní vlakovost železniční nákladní dopravy, z nich je **28 stanic seřadovacích**. To je odborný termín pro takové vlakovostní stanice, které jsou svým vybavením uzpůsobeny pro zpracování větších výkonů, **spádovištěm** pro rozřadování vlaků. Jedná se o svážný pahrbek zpravidla doplněný kolejovými brzdami a mechanizační nebo automatizační technikou. Mapa vlakovostních stanic s rozlišením dle vybavení spádovištěm je níže na obrázku 1.



Obrázek 1 Vlakovostní stanice v ČR, rozlišení dle vybavení spádovištěm

Uvedená spádovištní infrastruktura značně navyšuje investiční i údržbovou nákladovost, a proto je Koncepce zaměřena právě na tuto skupinu seřadovacích stanic; 28 takto vybavených seřadovacích stanic je vzhledem k velikosti české sítě mnoho a většina z nich disponuje nabídkou vyšší kapacity vůči dnešní i výhledové potřebě značné výkonové rezervy.

Z provedené analýzy stávajícího stavu vyplývá, že je nutné síť racionalizovat a zefektivnit její provoz. Základními principy pro řešení je **minimalizace a centralizace řadících prací**, což při správné aplikaci zajistí **efektivnější využití**

potřebných stanic a umožní snížit jejich celkový počet s nákladným spádovištním zařízením.

Vytýčeného cíle lze dosáhnout **postupnými kroky** a úpravami sítě. To je rušením stanic se spádovištěm v lokalitách s nedostatečným využitím, a dále **postupným přesunem seřadovacích prací do velkých uzlů**, které jsou umístěné na síti s hlavními přepravními proudy železniční nákladní dopravy, a jsou vhodné pro centralizaci. V případě potřeby bude provedena modernizace seřadovacích obvodů v těchto velkých uzlech s cílem dosažení efektivity.

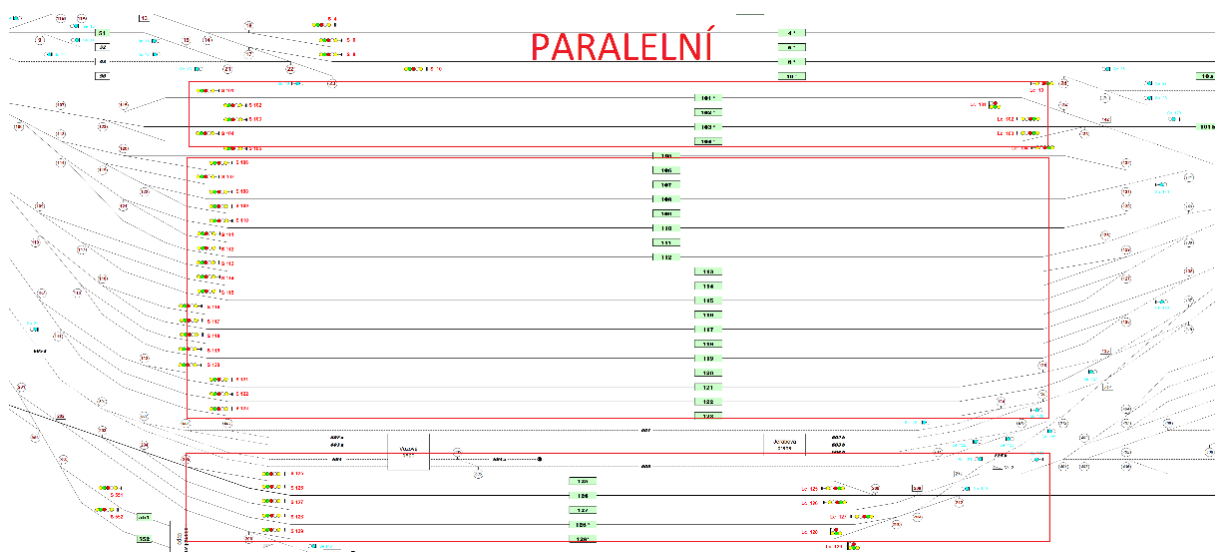
Bylo nutné rozhodnout, která spádoviště nemají pro současný provoz racionální význam a lze je zrušit. Rozhodování není jednoduché, protože na jedné straně bilance jsou nemalé náklady na opravy, údržbu a zejména reinvestice do vybavení seřadovacích stanic a na druhé straně se jedná o přepravu jednotlivých vozových zásilek (dále „JVZ“), pro které je síť těchto stanic nezbytná, a které by připravovanou optimalizací neměly být ohroženy.

Bylo hledáno takové řešení, které v souladu se současnou podporou segmentu JVZ analyzuje možnosti zefektivnění provozu infrastruktury.

### 3. Charakteristika stanic

Z důvodu racionálního rozhodnout o současné i budoucí efektivitě využití seřadovacích stanic, byla provedena analýza jejich infrastruktury a provozních výkonů a tyto informace byly sestaveny do komplexní jednotné znalostní báze seřadovacích stanic.

Nejdříve byla analyzována jejich územní stavba a uspořádání kolejí, jak lze vidět na příkladu paralelního uspořádání skupin seřadovacího obvodu na Obr. 2, a také počet vleček obsluhovaných danou stanicí.



Obrázek 2 Uspořádání skupin seřadovací stanice

Návazně pak byla provedena charakteristika spádovištní infrastruktury, která má vliv na seřadovací práce a výkonnost. Je zařazena také analýza nákladů na opravy a údržbu této infrastruktury, ve které jsou vyhodnoceny průměrné roční náklady vynaložené za sledované období 2010–2017 s rozdělením dle jednotlivých Správ, konkrétně ST (Správa tratí), SZST (Správa sdělovací a zabezpečovací techniky), SEE (Správa elektrotechniky a energetiky) a SBBH (Správa budova a bytového hospodářství) viz Tab. 1.

Stanice	Průměrné roční náklady [Kč]				
	ST	SZST	SEE	SBBH	Celkem
Kolín	3 985 164	11 761 543	12 701 621	1 219 705	29 668 032
Nymburk seř. n.	4 328 867	21 933 011	2 944 068	212 224	29 418 170
Brno-Maloměřice	17 705 647	4 276 369	3 994 175	1 493 564	27 469 755
Havlíčkův Brod	6 086 675	3 499 861	6 587 394	1 925 360	18 099 290
Ostrava pravé n.	4 664 619	4 388 194	6 770 701	486 099	16 309 612
Česká Třebová směr. sk.	4 563 523	9 271 618	1 368 131	-	15 203 271
Plzeň seř. n.	8 462 632	4 365 570	948 258	50 240	13 826 699
České Budějovice seř. n.	8 794 219	2 004 250	2 114 517	729 387	13 642 373
Ostrava levé n.	4 175 213	5 157 610	3 209 216	673 016	13 215 054
Beroun seř. n.	9 123 914	1 301 252	2 648 775	10 438	13 084 379
Most nové n.	5 340 350	2 977 523	3 794 385	58 435	12 170 693
Břeclav předn.	4 056 705	1 172 959	6 314 789	530 146	12 074 600
Český Těšín	8 501 157	781 593	2 496 375	236 237	12 015 362
Cheb seř. obvod 2	4 636 509	3 090 271	3 918 367	171 195	11 816 343
Kralupy nad Vltavou	5 948 973	271 347	3 343 954	435 211	9 999 485
Děčín hl. n.	3 000 667	2 795 749	1 890 602	403 566	8 090 584
Sokolov seř. n.	3 924 288	1 705 127	1 840 991	520 004	7 990 411
Hradec Králové hl. n.	3 830 950	-	3 104 137	-	6 935 087
Bohumín-Vrbice	4 660 709	99 468	1 730 873	17 730	6 508 780
Ostrava-Kunčice	898 750	2 311 427	2 351 725	60 698	5 622 600
Praha-Libeň	3 502 892	144 461	1 489 850	544 359	5 681 561
Přerov předn.	1 672 600	1 672 041	1 727 296	35 275	5 107 211
Pardubice	1 741 936	167 284	3 048 906	-	4 958 126
Veselí nad Lužnicí	3 360 893	498 625	742 082	61 331	4 662 932
Valašské Meziříčí	1 985 750	423 508	1 199 154	23 824	3 632 236
Olomouc pravé předn.	151 250	76 421	1 955 677	278 572	2 461 920
Turnov	103 375	-	1 885 731	-	1 989 106
Liberec	583 875	-	723 784	-	1 307 659

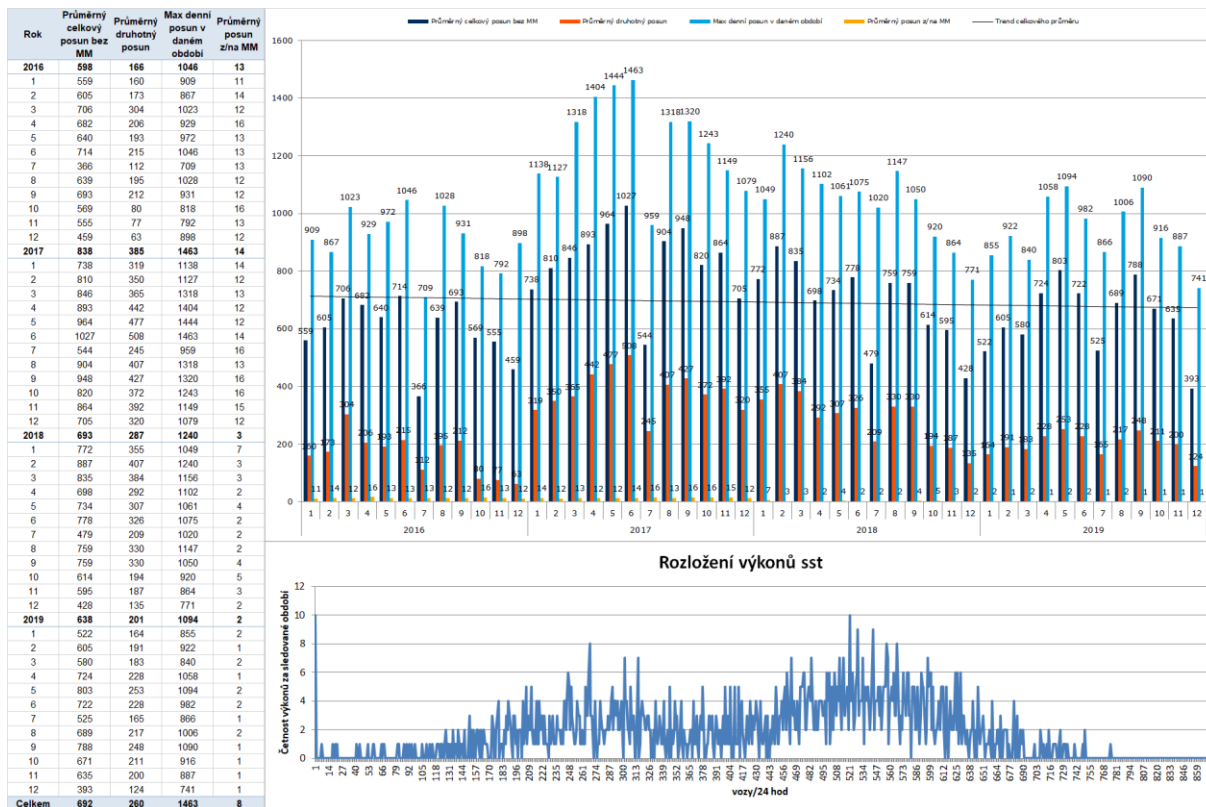
Tabulka 1: Průměrné roční náklady na opravy a údržbu infrastruktury seřadovacích stanic

Byla provedena analýza výkonů seřadovacích stanic, kde je uvedena majoritní skladba zpracovávaných vozů a důležité vazby na dopravní síť seřadovacích stanic.

Analýza výkonů představuje hlavní ukazatele, kterými byly zvoleny celkový a druhotný posun a posun z/na manipulační místa. Byly analyzovány denní průměry za jednotlivá období vždy v kombinaci s denním maximem pro zobrazení běžných průměrných a maximálních nárazových výkonů.

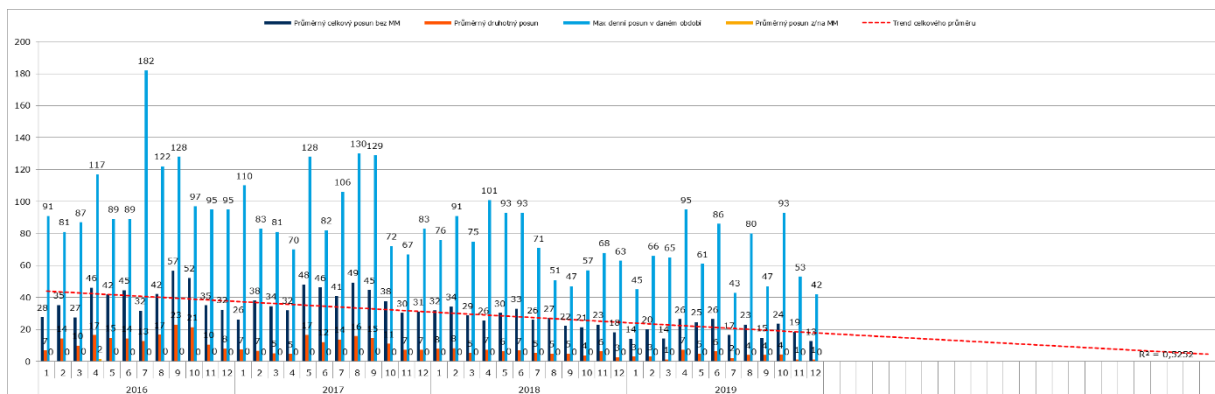
Byl zhodnocen také maximální rozptyl, tedy rozdíl maximálního množství a průměrné hodnoty řazených vozů, které se v rozlišeném období zpracovaly. Dále je analyzován druhotný posun z hlediska efektivity prací a také rozložení výkonů,

které má charakter pravděpodobnostního rozložení zatížení dané stanice (náhled příkladu zpracování analýzy pro jednu stanici z přílohy Koncepce seřadovacích stanic viz Obr. 3).



Obrázek 3: Analýza výkonů seřadovací stanice

Stanice byly zhodnoceny dle vývoje zmíněných výkonů za minulé období a je predikován pravděpodobný vývoj pro období následujících let. Pro tyto účely bylo použito vyhodnocovaných dat a základní exaktní numerické prediktivní metody lineární regrese, jejíž výsledky jsou graficky zpracovány do výkonových grafů. Příklad vykreslení trendu ukazuje Obr. 4. Tato metoda sice neodhaluje jakékoli vstupy ovlivňující objemy výkonů vstupních dat, toto však bylo vzato do úvahy, přičemž zobrazení trendu bylo využito zejména jako podklad pro komplexní evaluaci a predikci vývoje.



Obrázek 4: Grafické znázornění numerická lineární predikce vývoje výkonů seřadovací stanice

Pro každou stanici byla na základě analýzy výše zmíněných charakteristik vytvořena informační karta, která stručně shrnuje zmíněné specifikace a nabízí tak rychlý komplexní náhled na dispozice každé stanice (viz Obr. 5).

#### Děčín hl. n.

Paralelně uspořádané skupiny jsou kombinovány jako vjezd-ojezdová a směro-ojezdová. Uspořádání nabízí 13 směrůvých, z toho 10 reálných kolejí s max. užitečnou délkou 687 m. Výtažná kolej vedoucí na pahrbek má už. délku 576 m a není vybavena TV. [5, 14]

Spádovité je vybaveno systémem KOMPAS 3, který ovládá dvojici jednokolejnicových elektropneumatických kolejevých brzd umístěných v jednom sledu v rozvětvené rozpouštěcích koleji. Rychloběžné přestavníky výhybek jsou přestavované ústředně programově. [5, 14]

ST: žel. spodek z 19. stol., 17 kolejí ze 40. a 50. let 20. stol., 8 kolejí z 1990, většina výhybek 80. až 90. léta 20. stol. [5]

SZZT: PZZ 1980, rozhlas, EPS a kabelizace z 90. let 20. století. [5]

SEE: trafostanice 1991 a 2004, TV, rozvodny a DOÚO 2004. [5]

SBBH: stavědlo 2009, vážní domek 2010. [5]

Náklady na údržbu a opravy výše zmíněného vybavení z hlediska jednotlivých technologických oblastí v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15 Náklady na údržbu a opravy infrastruktury sst Děčín hl. n. [5]

Správa	Náklady na údržbu a opravy (Kč)								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Přůměr
ST	2 138 022	2 044 570	6 548 591	4 406 819	1 475 347	2 550 433	956 300	3 884 254	3 000 667
SZZT	1 226 954	4 623 758	10 078 360	1 187 940	1 026 792	2 018 555	1 156 912	1 046 720	2 795 746
SEE	1 526 215	2 354 128	1 985 214	1 222 505	2 123 541	2 256 321	2 204 589	1 452 301	1 890 602
SBBH	195 994	635 066	1 062 065	225 008	290 125	282 893	81 666	455 725	403 566
<b>Celkem</b>	<b>5 089 084</b>	<b>9 657 530</b>	<b>19 674 230</b>	<b>7 042 271</b>	<b>4 915 806</b>	<b>7 108 192</b>	<b>4 399 558</b>	<b>6 839 000</b>	<b>8 090 584</b>

Děčín je z hlediska polohy významnou stanicí hlavně díky blízkému přechodu do SRN Děčín/Bad Schandau a zařazením do Severomořsko-baltského a v budoucnu i do Východo-středomořského RFC, které zahrnují jak levobřežní, tak i pravobřežní trať. Jedná se o nejdůležitější přechod na síť DB. Stanice je zatížena zejména tranzitní dopravou. [5, 6]

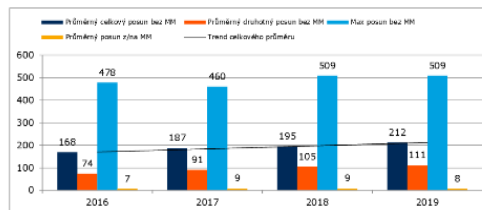
Děčín je stanicí s mírně podprůměrnými výkony z pohledu rozřazených vozů, trpí však malou kapacitou ještě sníženou hustotou obsazenosti kolejí jak vozy z přílehlé vlečky Ryko a.s.<sup>1</sup>, tak také čekajícími a odstavenými vlaky z různých důvodů před přechodem do SRN (často vyluky na německé straně) a hřacími vozidly, a z toho plynoucím velkým, z minoritní části technologickým, druhotným posunem tvořícím zpravidla polovinu objemu seřadovacích prací. Objem prací za sledované období je vyrovnaný se slabě rostoucí tendencí. Směny jsou zatížené srovnatelně a celkový výkon odpovídá dané infrastruktuře. Skokový nárůst prací se neočekává, předpokládá se pokračování stávajícího trendu. Výraznější navýšení výkonů stanice by bylo možné pouze za předpokladu snížení jejího obsazení vozy přílehlé vlečky.

Skutečné denní výkony v této stanici udává tabulka 16 a graf 8.

<sup>1</sup> V roce 2018 byla směrová skupina trvale obsazena cca 100 vozy, které se na vlečku nevrátily, v roce 2019 tento počet postupně narostl až na hodnotu přes 140 vozů. Na základě toho byl na počátku roku 2020 vydan zákaz nakládky, díky kterému se postupně snížil počet vozů na cca 40, kdy byl zákaz nakládky zrušen. Očekává se ovšem opět postupné navýšování počtu těchto čekajících vozů.

Tabulka 16 Skutečné výkony ve stanici Děčín hl. n. [6]

Rok	Průměrný celkový posun bez MM [vozy/den]	Průměrný druhotný posun bez MM [vozy/den]	Max posun bez MM [vozy/den]	Průměrný posun z/na MM [vozy/den]
2016	168	74	478	7
2017	187	91	460	9
2018	195	105	509	9
2019	212	111	509	8
<b>Celkem</b>	<b>191</b>	<b>95</b>	<b>509</b>	<b>8</b>



Graf 8 Skutečné výkony ve stanici Děčín hl. n. [6]

Obrázek 5 Informační karta seřadovacího obvodu stanice Děčín hl. n.

## 4. Multikriteriální analýza

Výše uvedenými kroky byla získána potřebná informační základna, se kterou bylo možné vytvořit systém hodnocení stanic. Pro tento účel byla zvolena multikriteriální analýza.

#### 4.1 Parametry

Navržené parametry transformují dříve zmíněné vlastnosti stanic do výpočetního modelu. Jsou exaktního charakteru s určitým vlivem na provoz, a to jak z hlediska intenzity a bezpečnosti, tak také z hlediska možného vlivu na okolí. Jejich hodnoty byly zvoleny tak, aby jejich velikost odrážela reálný vliv zmíněných vlastností stanic a jejich souhrn vyjadřoval celkovou důležitost stanice pro síť. Výčet použitých parametrů a jejich princip je popsán v Tab. 2.

Parametr	Popis parametru	Ohodnocení parametru [body]
<b>Výkon</b>	průměrný výkon za sledované období v počtech vozů za 24 hod	rozřazený vůz přidává 0,01 b
<b>Počet obsluhovaných vleček</b>	počet provozovaných vleček napojených přímo ze stanice	vlečka přidává 0,1 b
<b>Počet relačních kolejí</b>	počet relačních kolejí, resp. kolejí ve směrové skupině	kolej přidává 0,1 b
<b>Maximální užitečná délka relační koleje</b>	max. užitečná délka koleje ve směrové skupině	1 m koleje přidává 0,001 b
<b>Uspořádání skupin</b>	rozlišuje uspořádání vjezdové, směrové a odjezdové skupiny	paralelní 0 b, sériově-paralelní 0,5 b, sériové 1 b
<b>Pahrbek</b>	zohledňuje dispozici svážným pahrbkem	pahrbek přidává 1 b
<b>Trakční vedení pahrbek</b>	zohledňuje elektrizaci přísunové/výtažné koleje	trakční vedení přidává 1 b
<b>Kolejové brzdy</b>	počet sledů kolejových brzd	každý sled přidává 1 b
<b>Přestavníky v rozpouštěcí oblasti</b>	zohledňuje vliv vybavení na rychlost, plynulost a bezpečnost práce	mechanické 0 b, kombinace mech. a el. 0,25 b, elektrické 0,5 b, elektrické rychloběžné 1 b
<b>Ovládání výhybek</b>	zohledňuje stupeň mechanizace/ automatizace	ruční stavění 0 b, kombinace ruční/ústřední 0,25 b, ústřední individuální 0,5 b, ústřední programové 1 b
<b>Vazba na hraniční přechody</b>	počet návazných PPS	každá PPS přidává 1 b
<b>RFC</b>	poloha stanice na koridoru	každý koridor přidává 0,1 b
<b>Obytná zóna</b>	zohlednění vzdálenosti seřadovacího obvodu od obytné zástavby	přirozený logaritmus vzdálenosti v km s přesností na desítky m

Tabulka 2: Výčet parametrů MKA

Byla vytvořena také citlivostní analýza sloužící pro kalibraci jednotlivých parametrů, pomocí které je možno sledovat jejich podíl na celkovém hodnocení stanic.

## 4.2 Vyhodnocení

Vyhodnocení multikriteriální analýzy je základem pro seřazení daných lokalit dle jejich užité hodnoty v síti. Stanice jsou také porovnány v analýze celkových nákladů na opravy a údržbu. Jejich kombinaci vyobrazuje Tab. 3.

Stanice	Výsledná hodnota	Náklady
Nymburk seř. n.	20,32	29 418 170
Ostrava levé n.	18,15	13 215 054
Česká Třebová směr. sk.	17,20	15 203 271
Ostrava pravé n.	14,63	16 309 612
Břeclav předn.	13,25	12 074 600
Brno-Maloměřice	12,31	27 469 755
Most nové n.	12,16	12 170 693
Přerov předn.	10,89	5 107 211
České Budějovice seř. n.	10,74	13 642 373
Praha-Libeň	10,44	5 681 561
Kolín	10,39	29 668 032
Plzeň seř. n.	8,85	13 826 699
Havlíčkův Brod	7,89	18 099 290
Cheb seř. obvod 2	7,81	11 816 343
Kralupy nad Vltavou	7,64	9 999 485
Český Těšín	6,78	12 015 362
Valašské Meziříčí	6,50	3 632 236
Děčín hl. n.	6,09	8 090 584
Olomouc pravé předn.	5,80	2 461 920
Hradec Králové hl. n.	5,75	6 935 087
Ostrava-Kunčice	5,31	5 622 600
Pardubice	5,30	4 958 126
Beroun seř. n.	5,30	13 084 379
Bohumín-Vrbice	5,28	6 508 780
Sokolov seř. n.	4,60	7 990 411
Liberec	4,30	1 307 659
Veselí nad Lužnicí	2,23	4 662 932
Turnov	1,62	1 989 106

Tabulka 3 Výsledky MKA v kombinaci s výsledky analýzy nákladů OPEX

Uvedené hodnotící metody jsou vhodnou **podporou rozhodování**, nejsou však schopny posoudit a vyhodnotit veškeré aspekty provozu. V případě potřeby do hodnocení vstupují ještě další apriorní expertní znalosti, což jsou okrajové podmínky, které jsou známé, je třeba k nim přihlížet, ale není možno je pomocí MKA zohlednit.

## 5. Řešení koncepce

Na základě výstupu z analytické části je pak navržena koncepce pro jednotlivé stanice, kde je shrnuto, co lze od každé stanice do budoucna očekávat a jak k nim přistupovat v rámci přípravy investičních nebo opravných a údržbových prací.

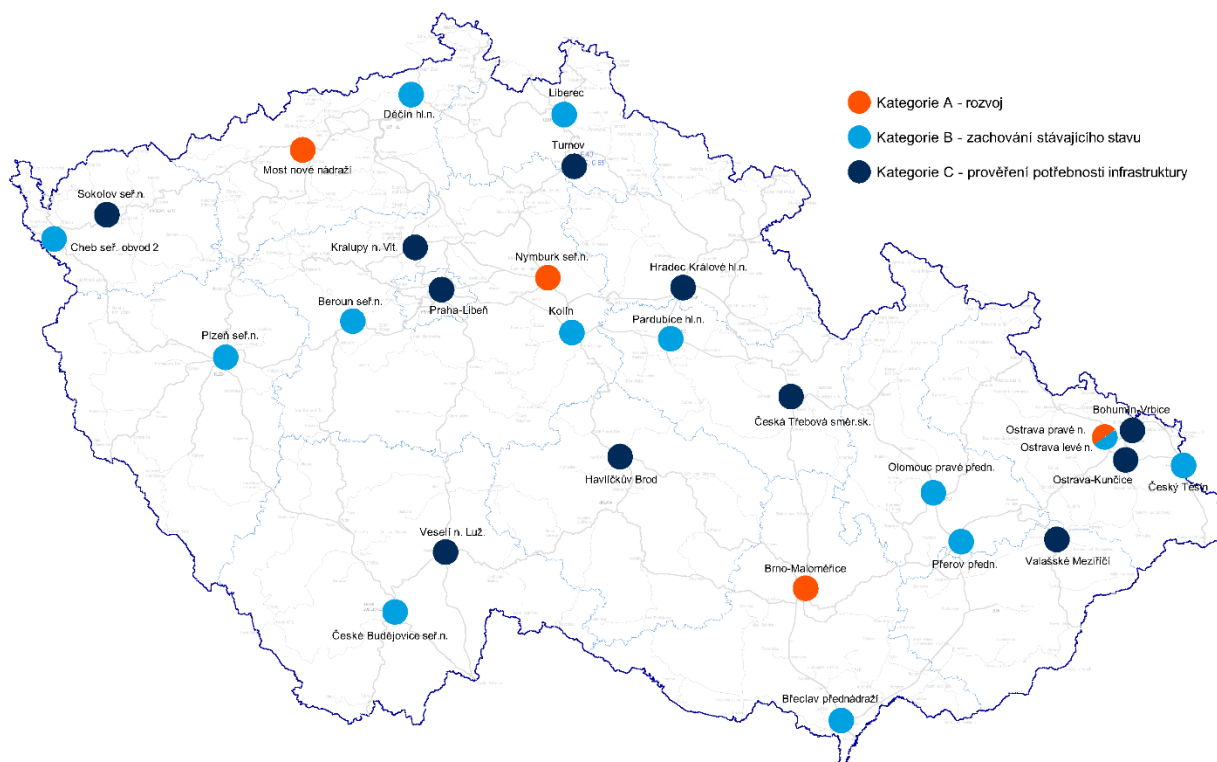
Lze předpokládat, že po úspěšné centralizaci bude na síti několik zásadních lokalit, ve kterých bude probíhat většina seřaďovacích prací. Tyto stanice budou provozovány s maximální efektivitou, tedy s vysokým stupněm vybavenosti spádoviště, čímž bude zajištěn plynulý provoz hlavních přepravních proudů v síti.

Tyto uzly reprezentují zejména seřaďovací stanice Nymburk, Ostrava, Brno a Most. Tyto stanice budou potřebovat jistou regionální podporu, u které je počítáno s malými, zejména místními, výkony. I tyto regionální stanice by měly být pokud možno postupně směřovány svým vybavením mezi vlakovorné, spádoviště bude zachováno jen v případě racionálního vyhodnocení jeho potřeby na základě expertního posouzení.

Pro přehlednost je vytvořena souhrnná **mapa koncepčního přístupu** pro následující období (viz Obr. 6), ve které jsou stanice zařazeny do tří kategorií, pro které je definován doporučený postup pro následující období, který by měl být zohledněn při jakémkoli plánování úprav. Zmíněnými kategoriemi jsou

- **rozvoj** (Nymburk seř. n., Ostrava pravé n., Brno-Maloměřice, Most nové n.);
- **zachování stávajícího stavu** (Beroun seř. n., Břeclav předn., České Budějovice seř. n., Český Těšín, Děčín hl. n., Cheb seř. obvod 2, Kolín, Liberec, Olomouc pravé předn., Ostrava levé n., Pardubice hl. n., Plzeň seř. n., Přerov předn.);
- **prověření potřebnosti infrastruktury** (Bohumín-Vrbice, Česká Třebová směr. sk., Havlíčkův Brod, Hradec Králové hl. n., Kralupy nad Vltavou, Ostrava-Kunčice, Praha-Libeň, Sokolov, Turnov, Valašské Meziříčí, Veselí nad Lužnicí).





Obrázek 6 Mapa koncepčního přístupu ke stanicím pro následující období

Zmiňovaná opatření však nejsou cílena na redukci kolejových kapacit v síti, ale na redukci zbytečných nákladů na údržbu drahé a často nevyužité spádovištní infrastruktury. Uvolněné kolejové kapacity i finanční prostředky lze využít pro jiné účely, a tyto možnosti by měly být při rušení spádovišť vždy v rámci projektové přípravy ověřovány.

## 6. Související témata

Koncepce je dokument, který je třeba aktualizovat a je k ní také tak přistupováno. Tato skutečnost je nejen zmíněna v dokumentu, je to zřejmé také z předpokládané etapizace racionalizace, kdy se předpokládá po několika letech zhodnocení současného postupu a aplikace dalších racionalizačních opatření v souladu s aktualizovanou analýzou provozu a predikcí vývoje.

Dokument zmiňuje také některá důležitá návazná témata, na která je doporučeno se dále zaměřit z důvodu možnosti budoucího rozšíření koncepce o další faktory přinášející vyšší efektivitu správy a provozu sítě.

Doporučuje se koncepci rozšířit o ostatní vlakové stanice a místa nakládky a vykládky.

Jedná se také o problematiku častého vyčerpání kapacity odstavenými vozy. Z toho důvodu je zdůrazněna potřeba systémového řešení otázek odstavných ploch a také motivace dopravců k využití těchto ploch na místo kolejiště v seřadovacích obvodech.

Je také doporučeno řešit metodiku určování technické životnosti spádovištní infrastruktury za účelem analýzy budoucích investičních výdajů.

Dále doporučuje zaměřit se na řešení optimalizace provozu spádoviště z hlediska časového využití, které by mělo řešit problematiku zbytečného obsazení pracovními zaměstnanci a nutnost plošného osvětlení v době, kdy není seřaďovací obvod využíván.

V závěru je doporučení zaměřit se na metodiku provozu spádoviště při jeho využití více dopravci.

## 7. Závěr

Příspěvek shrnuje důvody a postup zpracování nové koncepce seřaďovacích stanic na síti SŽ. Ta zavádí nový přístup k evaluaci potřebnosti infrastruktury spádoviště, čehož je docíleno pomocí následujících základních kroků:

- **analýza stávajícího stavu** – navržena ucelená znalostní báze sledovaných sst;
- **vyhodnocení stávajícího stavu** – navržena multikriteriální analýza pro základní koncepční posuzování sst;
- **návrh řešení koncepce** vedoucí k racionalizaci provozu sítě sst.

Koncepce prezentuje první krok vedoucí k racionalizaci sítě těchto stanic. Předpokladem je znalost a postupné naplňování strategie popsané koncepcí nejen všemi složkami zúčastněnými při přípravě investičních akcí, ale také kontinuální spolupráce dopravců při tvorbě a vyhodnocování jednotlivých kroků racionalizace.

Zmíněná témata navazující na koncepci seřaďovacích stanic jsou natolik obsáhlá, že se předpokládá jejich řešení separátně. Jejich výsledky budou potom promítnuty do aktualizace Koncepce. Předpokládá se, že aktualizace bude probíhat každých 4–5 let nebo při významné změně v dopravním sektoru, která má na tuto oblast zásadní dopad.

Je tedy zřejmé, že vydáním Koncepce práce v této oblasti nekončí. Je jen jedním z výchozích kroků vedoucích k naplnění vytýčených cílů z hlediska stále se zvyšujících nároků na ekonomickou i ekologickou efektivitu nákladní dopravy. Znalost a jednotná aplikace potřebné strategie umožňují pracovat jak na tvorbě a udržování efektivně provozované sítě, ale i na koncepci dalších souvisejících oblastí, jako jsou koncepce ostatních vlakových stanic, potřebné investice do související infrastruktury, moderní projekční metody využívané při návrhu celých sítí i jednotlivých stanic a příspěvek k potřebné digitalizaci a automatizaci dopravního sektoru.

## Zkratky

MKA	multikriteriální analýza
PPS	pohraniční přechodová stanice
RFC	železniční nákladní koridor (Rail Freight Corridor)
SBBH	správa budov a bytového hospodářství
SEE	správa elektrotechniky a energetiky
sst	seřaďovací stanice
SSZT	správa sdělovací a zabezpečovací techniky
ST	správa tratí
SZZ	staniční zabezpečovací zařízení
SŽ	Správa železnic, státní organizace
TV	trakční vedení
TŽK	tranzitní železniční koridor
už. d.	užitečná délka

## Literatura

- [1] Správa železnic, Koncepce seřaďovacích stanic, čj. 85938/2020-SŽ-GŘ-O26. Dostupné z [www.spravazeleznic.cz](http://www.spravazeleznic.cz)
- [2] MOJŽÍŠ, Vlastislav a Tatiana MOLKOVÁ. Technologie a řízení dopravy I: část železniční doprava. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-424-6.
- [3] GAŠPARÍK, Jozef a Jiří KOLÁŘ. Železniční doprava: technologie, řízení, grafikony a dalších 100 zajímavostí. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.

## Lektorovali:

**Ing. Renáta Slabá, Ph.D.**

Ministerstvo dopravy ČR

**prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.**

rektor VŠ logistiky o.p.s.

## 6. Lokalizace bludných proudů v blízkosti železničního nástupiště

**Jiří Cigánek<sup>29</sup>**

**Klíčová slova** nástupiště; proudová hustota; kolejnice; gabion

**Keywords** platform; current density; rail; gabion

### **Anotace / Abstract**

Článek se zabývá vyšetřením proudových polí v okolí drážního nástupiště typu SUDOP. Porovnáváme bezporuchový stav, kdy je kolejnice spojena s gabionem přes bleskojistku. A případ, kdy dojde k průrazu bleskojistky. K řešení využíváme program Comsol Multiphysics, který řeší parciální diferenciální rovnice pomocí metody konečných prvků.

### **Localization of current fields in the vicinity of a railway platform**

The article deals with an examination of current fields in the vicinity of a railway platform of the SUDOP type. It compares a fault-free state in which the rail is connected with a gabion through a lightning arrester and a case in which there occurs a breakdown of the lightning arrester. The solution is reached with the use of the Comsol Multiphysics program, which solves partial differential equations by means of the finite element method.

### **1. ÚVOD**

Velkým problémem v okolí železniční tratě je výskyt tzv. bludných proudů. Bludný proud, je proud, který prochází z kolejnice, při průjezdu drážního vozidla, do země a vrací se zpátky do napájecí stanice. Tyto proudy narušují betonové základy v okolí železničního spodku. Jedním z mnoha míst, kterými prochází tyto proudy, jsou rovněž nástupiště. V tomto příspěvku se zabývám vyšetřením těchto polí v drážním nástupišti typu SUDOP. Porovnávám bezporuchový stav, kdy je kolejnice spojena s gabionem přes bleskojistku za pomoci vodiče. A případ, kdy dojde k průrazu průrazky, nebo porušení izolace ukolejňovacího vodiče. Tedy na gabionu dochází k výraznému nárůstu napětí a tedy i k průchodu bludných proudů.

Pojmem nástupiště označujeme část železničního spodku (dopravní plochy a komunikace) určené k nástupu nebo výstupu cestujících a pro manipulaci s drobnými zásilkami. Gabion neboli gabionová konstrukce je prvek ve tvaru krychle

---

<sup>29</sup> Ing. Jiří Cigánek – absolvent inženýrského studia na Fakultě elektrotechniky a informatiky, Technické Univerzity v Ostravě (2006). Student doktorandského studia na Fakultě elektrotechniky a informatiky, Technické Univerzity v Ostravě. Energetik odboru strategie GŘ Správy železnic, s. o.

nebo kvádrů, vyrobený z šestibokého ocelového pletiva, svařovaných ocelových sítí, případně vysokopevnostních polymerových geomříží vyplněný přírodním kamenivem, lomovým kamenem, zeminou, recyklátem apod.

## 2. Matematický model

Základní polní veličinou popisující proudová pole je vektor hustoty proudu  $\mathbf{J}$ . Je veličinou diferenciální, určuje tedy v každém místě řešeného prostoru množství proudu, protékajícího elementární ploškou. Proudová hustota  $\mathbf{J}$  závisí na rezistivitě  $\rho$ , resp. na konduktivitě  $\sigma$  podle diferenciálního tvaru Ohmova zákona.

$$\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E} \quad (1)$$

V každém místě, kde lze určit intenzitu elektrického pole  $\mathbf{E}$  a kde je známá konduktivita, lze určit i vektor proudové hustoty. Jeho směr je v izotropním prostředí stejný, jako směr vektoru intenzity elektrického pole.

Komplikovanější způsob určení vektoru proudové hustoty je v anizotropním prostředí, kde vystupuje konduktivita ve tvaru tenzoru. Ve většině případů má tenzor jen diagonální složky, tedy ve směru různých souřadnic jsou různé konduktivity, ale intenzita elektrického pole ve směru jedné souřadnice neovlivní proudovou hustotu ve směru souřadnice jiné, tj. Například

$$J_x = \sigma_{xx} \cdot E_x, \quad J_y = \sigma_{yy} \cdot E_y, \quad J_z = \sigma_{zz} \cdot E_z, \quad (2)$$

Potom má diferenciální podoba Ohmova zákona tvar

$$\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E} = \sigma \cdot (-\text{grad } \varphi) \quad (3)$$

kde

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{ii} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{jj} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{kk} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Elektromagnetické problémy, spojené s řešením proudových polí v železničním svršku a spodku pracují obecně s výsledným proudem, resp. proudovou hustotou, která má vazbu na intenzitu resp. potenciál. Vnucenými veličinami jsou potenciály nebo primární (vnucená) intenzita el pole  $\mathbf{E}_v$ . Primární intenzita určuje rozdělení nábojů a proudů a slouží ke specifikaci tohoto rozdělení. Pro účel analýzy lze přijmout, že primární intenzita určuje sekundární rozdělení nábojů a proudů a odtud sekundární intenzitu  $\mathbf{E}_{\text{sec}}$ , t.j.:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t \quad (5)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_c \quad (6)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} \quad (7)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (8)$$

kde symbolem  $\rho_c$  není označena rezistivita, ale objemová hustota celkového náboje. Podobně jako intenzita  $\mathbf{E}$ , má i hustota proudu  $\mathbf{J}$  dvě složky, a to složku

hustoty proudu vnuceného  $J_v$  a hustotu vířivých proudů  $\sigma \cdot E$ . K těmto rovnicím je na rozhraní třeba připojit materiálové vztahy

$$D = \varepsilon \cdot E, \quad B = \mu \cdot H, \quad J = \sigma \cdot E \quad (9)$$

Dynamické řešení Maxwellových rovnic zahrnuje i vliv vířivých proudů a je zde vhodné použít spojitý vektorový potenciál

$$\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B} \quad (10)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = J_v + \sigma E = J_v - \sigma \cdot \partial A / \partial \tau \quad (11)$$

takže 
$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \mu (J_v - \sigma \cdot \partial A / \partial \tau) \quad (12)$$

V homogenních prostředích bez zdrojů platí pro skalární elektrický potenciál Laplaceova rovnice, zapsána v kartézské soustavě:

$$\nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \quad (13)$$

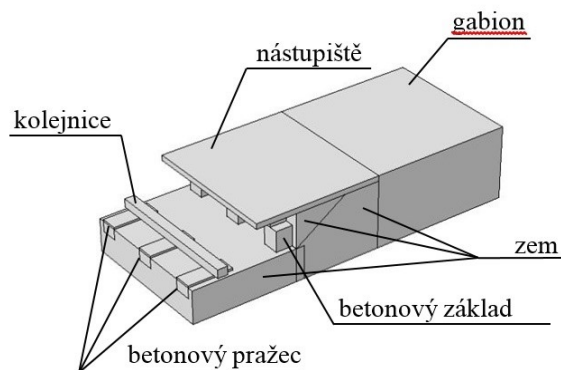
Při modelování proudových 3D stejnosměrných polí železniční trakce jsem využil duality stacionárního proudového pole s polem elektrostatickým nebo magnetostatickým.

### 3. Vytvoření modelu

Pro řešení jsem zvolil program Comsol Multiphysics. Tento program umožňuje řešit fyzikální úlohy popsané parciálními diferenciálními rovnicemi metodou konečných prvků. Tyto úlohy jsou obecně řešené na základě definice prostředí, které jsou popsány parciálními diferenciálními rovnicemi a na okrajových podmínkách zadaných v bodech, na hranách nebo plochách daného modelu. Výsledky lze získat v několika krocích.

#### 3.1 Geometrické uspořádání

Prvním krokem je zvolit a nakreslit geometrii řešení. Její dipoziční řešení je znázorněno na obrázku 1.



Obr. 1 Geometrické uspořádání modelu

V geometrii jsem udělal několik zjednodušení. Kolejnicí jsem nakreslil jako obdélník, jehož výška a šířka odpovídá skutečným rozměrům kolejnice. Další zjednodušení jsem provedl na gabionu. Ve skutečnosti se jedná o síť z drátů, jak je uvedeno výše. Zjednodušení spočívá v tom, že jsem místo drátů modeloval plnou plochu, Toto zjednodušení bylo nutné, kvůli zadání materiálových vlastností. Ostatní komponenty a jejich rozměry odpovídají skutečnosti.

Pro výpočet byly vytvořeny dva modely, první odpovídá bezporuchovému stavu, kdy je kolejnice spojena s gabionem přes průrazku. Model je vytvořen tak, že kolejnice není spojena s gabionem. Druhý případ modeluje situaci, kdy je průrazka proražena a kolejnice je v modelu spojena s gabionem izolovaným ocelovým vodičem.

### 3.2 Definice parametrů

Materiálové parametry byly definovány pomocí elektrické vodivosti  $\sigma$  a relativní permeability  $\mu_r$ . Což jsou primární parametry pro výpočet modelu.

Vodič spojující kolejnici s gabionem byl definován pomocí relativní permeability  $\mu_r = 4000$  a elektrické vodivosti  $\sigma = 1,12e7$  S/m. Izolace vodiče byla definována  $\mu_r = 1$  a  $\sigma = 1e-12$  S/m. Materiálové vlastnosti kolejnice byly nadefinovány pomocí změřené BH charakteristiky. Betonovým pražcům pod kolejnicí, betonovému základu pod nástupištěm a nástupišti jsme přiřadili tabulkové hodnoty  $\mu_r = 1$  a elektrickou vodivost  $\sigma = 10$  S/m. Gabion byl definován hodnotami relativní permeability  $\mu_r = 1$  a  $\sigma = 4,1e6$  S/m.

Nejtěžším úkolem bylo vypořádat se s nadefinováním různých typů země. Materiálové vlastnosti země je problematické přesně určit, protože neznáme její přesné složení. Rezistivita země závisí právě na jejím složení, u hlíny se může pohybovat v mezích  $\rho = 10^{-1} \div 10^2$   $\Omega\text{m}$ , rezistivita jílu je  $\rho = 10 \div 10^2$   $\Omega\text{m}$  a rezistivita písku  $\rho = 10^2 \div 10^5$   $\Omega\text{m}$ . Větší rezistivitu bude mít také podloží ze štěrku - v rozsahu  $\rho = 10^2 \div 10^5$   $\Omega\text{m}$ . Program Comsol vyžaduje zadávání pomocí elektrické vodivosti, proto jsem rezistivitu přepočítal na vodivost. Pro můj případ jsem zvolil hodnoty země takto: zhutněný nemrznoucí materiál  $\mu_r = 1$ ,  $\sigma = 0,1$  S/m, zpevněná plocha  $\mu_r = 1$ ,  $\sigma = 0,001$  S/m.

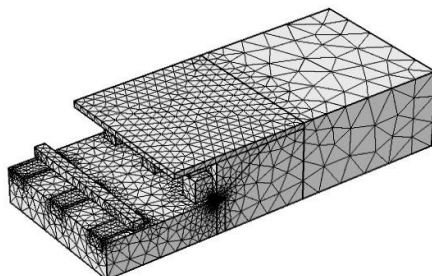
### 3.3 Zadání podmínek

Podmínky byly zadány, tak že na horní plochu kolejnice byla zadána podmínka elektrického potenciálu  $\varphi = 1000$  V. Hodnota elektrického potenciálu je nejvyšší předpokládaná hodnota, která se může na kolejnici objevit. Na spodní plochu modelu byla zadána podmínka nulového elektrického potenciálu  $\varphi = 0$  V. Ostatním vnějším hranicím byla přiřazena podmínka elektrické izolace  $\mathbf{n} \times \mathbf{J} = 0$ .

### 3.4 Pokrytí modelu sítí

Po nastavení okrajových podmínek je model připraven pro generování sítě, v jejichž uzlových bodech byly vypočteny potřebné parciální diferenciální rovnice. Parametry pro dělení sítě se dají nastavit ručně na jednotlivých objemech, plochách nebo čarách, dále je možné nastavit hustotu sítě. Čím hustší je síť, tím více je uzlových bodů a tím vyšší je počet parciálních diferenciálních rovnic, ale zároveň dochází ke zvýšení náročnosti výpočtu. Pro můj případ bylo postačující jemné dělení, které odpovídá cca počtu 750000 uzlových bodů. Jak je vidět z obr.

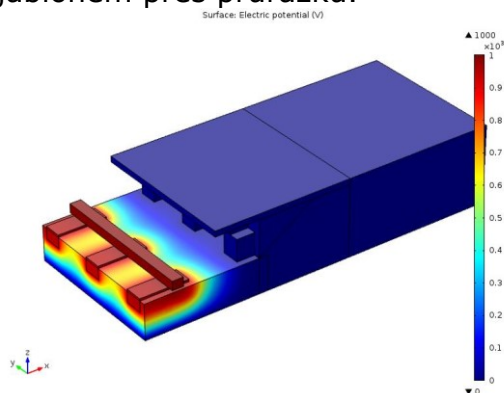
2 program intuitivně zhušťuje síť v menších oblastech. K řešení byl použit stacionární lineární řešič.



Obr. 2 Model pokrytí sítí

### 3.5 Výsledky simulace

Jak již bylo zmíněno výše, výsledky jsou počítány ve dvou modelech. Nejprve se budu zabývat modelem, který simuluje bezporuchový stav. Tedy kolejnice je spojena s gabionem přes průřezku.

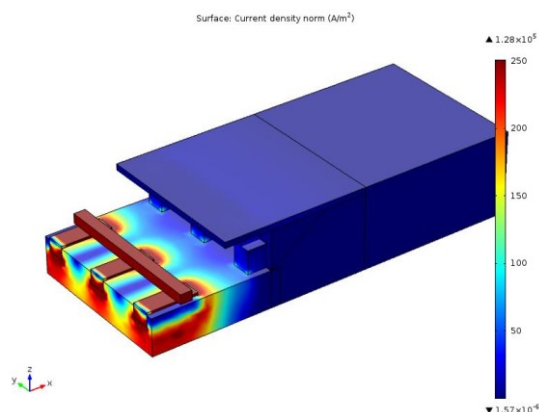


Obr. 3 Rozložení el. potenciálu, bezporuchový stav

Na obrázku 3 je znázorněno rozložení elektrického potenciálu v modelu. Z obrázku je patrné, že hodnota elektrického potenciálu se od kolejnice směrem k zemi snižuje. Hodnota elektrického potenciálu v nástupišti je přibližně 2 V, hodnota potenciálu v betonovém základu pod nástupištěm je 3 V a hodnota potenciálu v gabionu je kolem 1 V.

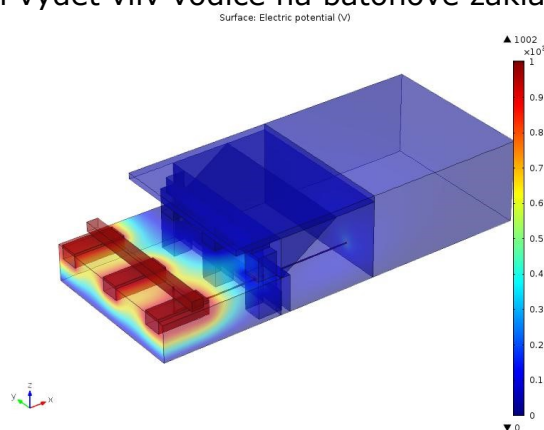
Větší vypovídající schopnost má rozložení proudové hustoty (Obr.. 4). Maximální hodnota proudové hustoty je v kolejnici,  $5,5e4 \text{ A/m}^2$ . V betonových základech pod nástupištěm, v části která je zakryta zemí je proudová hustota kolem  $150 \text{ A/m}^2$ , v části nad zemí je hodnota proudové hustoty asi 5 krát menší, tedy  $30 \text{ A/m}^2$ . V ploše nástupiště je hodnota proudové hustoty velmi malá kolem  $10 \text{ A/m}^2$ . V gabionu můžeme provažovat hodnotu proudové hustoty za  $0 \text{ A/m}^2$ , protože vypočtená hodnota je řádově  $10^{-5} \text{ A/m}^2$ .





Obr.4 Rozložení proudové hustoty, bezporuchový stav

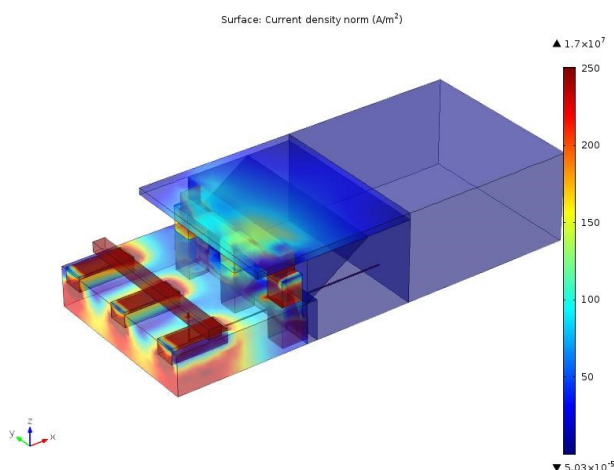
Druhý model simuluje průřez průrazky, kterou je jistě spojení mezi kolejnicí a gabionem. V modelu je vodič je ukotven na spodek kolejnice, mezi druhým a třetím pražcem a spojen s gabionem v hloubce 0,5 m pod povrchem země. Výsledky jsou zprůhledněny, aby byl vidět vliv vodiče na batonové základy.



Obr. 5 Rozložení el. potenciálu, stav při poruše

Maximální hodnota elektrického potenciálu je opět v kolejnici 1000V. (Obr. 5) Ovšem ostatní hodnoty jsou teď výrazně vyšší, než v případě bezporuchového stavu. V nástupišti je hodnota elektrického potenciálu kolem 40 V. V betonových základech dosahuje potenciál hodnot přibližně 60 V a hodnota elektrického potenciálu v gabionu je 20V.

Výrazně vyšších hodnot nabývá proudová hustota, což je vidět z obrázku 6.



Obr.6 Rozložení proudové hustoty, stav při poruše

Maximální hodnota proudové hustoty je opět v kolejnici. V betonových základech, v té části, která je pod úrovní země je proudová hustota závislá na blízkosti vodiče, který prochází mezi druhým a třetím betonovým základem. (Obr. 6) Tedy její hodnota je v rozmezí přibližně od 500 A/m<sup>2</sup>, platí pro nejbližší betonový základ až 2000 A/m<sup>2</sup>, což je hodnota třetího betonového základu. V úrovni nad zemí nabývá proudová hustota hodnot od 100 A/m<sup>2</sup> až 450 A/m<sup>2</sup>. Hodnota proudové hustoty v nástupišti je největší v místech mezi druhým a třetím betonovým základem, hodnota je 145 A/m<sup>2</sup>. V gabionu dojde také ke zvýšení proudové hustoty, oproti bezporuchovému stavu, na hodnotu přibližně 1,5 A/m<sup>2</sup>.

#### 4. Závěr

Cílem bylo prokázat, zda proudová hustota a potažmo bludný proud prostupuje betonovými základy. A v případě, že ano, jakých nabývá hodnot. Tato simulace byla počítána při maximální hodnotě elektrického potenciálu na kolejnici, například při průjezdu vlaku. Výsledné hodnoty dávají jistou představu o rozložení proudové hustoty a potažmo průchodu proudu uvnitř betonových základů, a také v zemi pod nástupištem. Simulované výsledky vyšly podle předpokladu, čím větší je hodnota elektrického potenciálu, tím větší je také hodnota normálové proudové hustoty. Jak vyplývá z modelů výše, bludný proud prochází z kolejnice do betonového pražce a vstupuje do země. Dále prochází přes svislé betonové základy. Část proudu teče přímo do země, zatímco část proudu teče přes plochu nástupišť a přes gabion do země.

V případě bezporuchového stavu jsou hodnoty proudové hustoty velmi malé a v některých částech dokonce zanedbatelné. Ale, i přes tuto skutečnost, je v betonových základech, pod povrchem země, hodnota proudové hustoty asi 150 A/m<sup>2</sup>. Což rozhodně nepůsobí příznivě na stárnutí betonu a v těchto místech může docházet k degradaci betonu. Nicméně mnohem horší případ nastane při průrazu průrazky. Zde jsou hodnoty proudové hustoty, v porovnání s bezporuchovým stavem, velmi vysoké. V nástupišti se hodnota proudové hustoty zvýší asi 5 krát. A beru-li v úvahu nejhorší případ, tak se hodnota proudové hustoty v betonových základech zvýší asi 13 krát, což je opravdu velmi vysoká hodnota.

Jak je vidět tato skutečnost nepříznivě působí na betonové pražce pod kolejnicí a také na betonové základy nástupiště. Jednou z možných příčin těchto bludných proudů je, že díky jejich výskytu dochází k degradaci betonu a následně k jeho praskání.

## Literatura

- [1]Ing.Wolf, Ing.Člupek, Ing.Veleta.:Protikorozní ochrana potrubí, ČPP Praha.
- [2]Prof.Ing.Horák,CSc.,Ing.Drábek,CSc., Ing.Paleček,CSc., Ing.Pokorný,CSc.: Energetika a trakce, VSDaS v Žilině.
- [3]SŽ (ČD) SR 5/7 (S) - Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů.
- [4]TP 124: 2000 Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací.
- [5]ČSN EN 13509:04 Měřicí postupy v katodické ochraně.
- [6]ČSN 03 8374 - Zásady ochrany podzemních kovových zařízení.
- [7]ČSN 03 8375 - Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi.
- [8]ČSN 34 1500 - Elektrotechnické předpisy - předpisy pro trakční zařízení.

## Lektorovali:

**Ing. Stanislav Zajaczek,**

Ph.D., FEI TU VŠB Ostrava

**Ing. David Hrabák,**

Správa železnic, OŘ Olomouc

## 7. Rozbor vlivu odporu z jízdy tunelem na výsledky trakčních výpočtů

Tomáš Michálek<sup>30</sup>,

Jindřich Řezníček<sup>31</sup>

**Klíčová slova:** odpor z jízdy tunelem, jízdní odpory, aerodynamický odpor, tunelový faktor, trakční výpočty, spotřeba energie

### Anotace / Abstract

Tento článek se zabývá problematikou nárůstu jízdního odporu vlaku v důsledku jízdy tunelem pro potřeby zohlednění vlivu tunelu v trakčních výpočtech. V první části jsou představeny různé přístupy ke kvantifikaci odporu z jízdy tunelem a na modelovém příkladu rozjezdu vlaku jsou demonstrovány rozdíly ve výsledcích trakčních výpočtů při různých způsobech zohlednění vlivu tunelu na jízdní odpor vlaku. Dále je pozornost věnována konkrétnímu příkladu plánované přeložky trati Ústí nad Labem–Drážďany, jejíž součástí má být přibližně 26 km dlouhý Krušnohorský tunel. S využitím trakčních výpočtů je provedeno porovnání staré a nové trati z hlediska jízdních dob a spotřeby trakční energie vybraných vlaků osobní a nákladní dopravy.

### Influence analysis of running resistance in tunnels on traction calculations

This article deals with the problem of running resistance increase caused by tunnels for the purposes of its application in traction calculations. At first, different approaches to the quantification of the tunnel resistance are presented and their influence on the traction calculation results is demonstrated on a model example of a train acceleration. Then, attention is paid to a specific case of the planned railway line Ústí nad Labem–Dresden, including the new – approximately 26 km long – Erzgebirge Base Tunnel. By using of the traction calculations, a comparison of the old and new railway lines is performed from the point of view of running time and traction energy consumption for selected passenger as well as freight trains.

---

<sup>30</sup> Ing. Tomáš Michálek, Ph.D.; odborný asistent na Oddělení kolejových vozidel Katedry dopravních prostředků a diagnostiky Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice; adresa: Dislokované pracoviště DFJP, Nádražní 547, 560 02 Česká Třebová; e-mail: tomas.michalek@upce.cz.

<sup>31</sup> Bc. Jindřich Řezníček; absolvent studijního oboru Dopravní prostředky – zaměření Kolejová vozidla na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice; e-mail: jindrareznicek@seznam.cz.

## 1. Úvod

V současné době je v podmínkách české železnice připravována výstavba sítě tzv. rychlých spojení (RS), jež jsou tvořena kombinací modernizovaných tratí a novostaveb tratí vysokorychlostních. Součástí těchto tratí se mají stát i železniční tunely o délkách doposud v ČR nevídaných, s traťovou rychlostí 200 km/h nebo vyšší. Dlouhé tunely jsou prostředkem, jak i v nepříznivém terénu docílit směrových poměrů nutných pro provoz vysokými rychlostmi při zachování přijatelných hodnot podélných sklonů (které jsou ovlivněny provozním určením trati). Přínosem těchto tunelů je většinou výrazné zkrácení délky trati, které spolu s vyšší traťovou rychlostí přispívá ke zkrácení jízdních dob. Jejich negativem je naopak zvýšení aerodynamického odporu, které je umocněno vyšší rychlostí zde provozovaných vlaků. Konečným důsledkem překonávání vyššího odporu vzduchu při jízdě vlaku tunelem je pak zvýšená spotřeba trakční energie.

V roce 2020 byla na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice vypracována bakalářská práce [1], jež se zabývá právě rozbořem vlivu odporu z jízdy vlaku tunelem. V práci jsou jednak ukázány dva rozdílné přístupy k zohlednění odporu z jízdy tunelem v trakčních výpočtech a na modelovém příkladu plánovaného Krušnohorského tunelu je dále demonstrován vliv odporu z jízdy tunelem na výsledky těchto trakčních výpočtů, tedy na jízdní doby a zejména na spotřebu trakční energie. Výsledky a nejvýznamnější závěry práce jsou představeny v tomto článku.

## 2. Odpor z jízdy vlaku tunelem v trakčních výpočtech

Základní úlohy trakční mechaniky, tedy zejména výpočty tachogramů, díky kterým lze stanovit jízdní dobu a spotřebu trakční energie vyšetřovaného vlaku ve vyšetřovaném traťovém úseku, je možné řešit numerickým integrováním pohybové rovnice vlaku (viz [2]). Ta může být ve svém základním tvaru vyjádřena v jedné z následujících podob:

$$\sum_{(i)} (m_i \cdot (1 + \rho_i)) \cdot \frac{dv}{dt} = F_{ok} - B - O_v - O_t, \quad (1)$$

$$\sum_{(i)} (m_i \cdot (1 + \rho_i)) \cdot \frac{dv^2}{2 \cdot dx} = F_{ok} - B - O_v - O_t, \quad (2)$$

kde význam jednotlivých veličin je následující:

- $m_i$  [kg] reprezentuje hmotnost jednotlivých vozidel řazených ve vlaku;
- $\rho_i$  [-] reprezentuje součinitel rotačních hmot jednotlivých vozidel;
- $v$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ] je aktuální rychlost jízdy vlaku;
- $t$  [s] je čas (pohybová rovnice vlaku ve tvaru (1) se využívá pro řešení časového tachogramu, tedy závislosti rychlosti na čase);
- $x$  [m] je ujetá dráha (pohybová rovnice vlaku ve tvaru (2) se využívá pro řešení dráhového tachogramu, tedy závislosti rychlosti na ujeté dráze);
- $F_{ok}$  [N] je celková tažná síla na obvodu kol hnacích dvojkolí;
- $B$  [N] je celková brzdná síla všech vozidel;
- $O_v$  [N] je celkový vozidlový odpor vlaku;

- $O_t$  [N] je celkový traťový odpor vlaku.

## 2.1 Kvantifikace jízdnicích odporů v trakčních výpočtech

Je zřejmé, že jízdnicí odpory (vozidlové a traťové) ovlivňují pohyb vlaku velmi významně. Pro **vyjádření vozidlového odporu** se přitom běžně používá tzv. Davisův vztah:

$$O_v = A + B \cdot V + C \cdot V^2, \quad (3)$$

kde  $V$  [ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ] reprezentuje rychlost jízdy vlaku a konstanty  $A$ ,  $B$  a  $C$  jsou buď získány experimentálně pro konkrétní sestavu vlaku, nebo se využívá tzv. typů jízdnicího odporu, které jsou definovány jako měrné vozidlové odpory  $o_v$  [ $\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$ ]:

$$o_v = \frac{O_v}{M \cdot g} = a + b \cdot V + c \cdot V^2, \quad (4)$$

kde  $M$  [t] je hmotnost vlaku,  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  je tíhové zrychlení a hodnoty konstant  $a$ ,  $b$  a  $c$  opět vycházejí z výsledků experimentů, ale pro praktické použití jsou pro různé kategorie vlaků dány příslušným předpisem. V podmínkách české železnice se jedná o předpis V 7 *Trakční výpočty* [3], přičemž zatím poslední aktualizace vzorců měrného vozidlového odporu proběhla v roce 1992 na základě výsledků měření realizovaných v roce 1991 v podmínkách VÚŽ. Na potřebu další aktualizace stávajících vtaů pro vozidlové odpory pak poukazují například výsledky provozních výběrových zkoušek kontejnerových vlaků společnosti METRANS Rail, provedených v letech 2013 až 2016 na trati mezi Brnem a Břeclaví, které jsou shrnuté v příspěvku [4].

**Traťový odpor**, který zahrnuje odpor ze sklonu koleje  $O_s$  [N] a odpor z jízdy obloukem koleje  $O_R$  [N], může být určen pomocí vztahu:

$$O_t = O_s + O_R = s_n \cdot M \cdot g, \quad (5)$$

kde  $s_n$  [‰] je tzv. náhradní (redukovaný) sklon, který v sobě kromě podélného sklonu  $s$  [‰] zahrnuje i měrný odpor z jízdy obloukem  $o_R$  [ $\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$ ]; tedy:

$$s_n = s + o_R = s + \frac{k_1}{R - k_2}, \quad (6)$$

kde  $R$  [m] je poloměr oblouku a konstanty  $k_1$  a  $k_2$  jsou závislé na volbě metody odhadu měrného vozidlového odporu.

## 2.2 Problematika odporu z jízdy tunelem – různé přístupy

Za povšimnutí stojí, že **odpor z jízdy vlaku tunelem** stojí poněkud mimo toto klasické dělení jízdnicích odporů na vozidlové a traťové. V oblasti trakčních výpočtů se tak dnes používají dva odlišné přístupy k zohlednění odporu z jízdy vlaku tunelem:

- odpor z jízdy tunelem je považován za odpor traťový a je formou (konstantní) přírážky přičítán k náhradnímu (redukovanému) sklonu;
- odpor z jízdy tunelem je zahrnut v odporu vozidlovém.

Logiku prvně uvedeného přístupu lze spatřovat v tom, že železniční tunel je typickou součástí infrastruktury, a tudíž by odpor vznikající při průjezdu vlaku měl být považován za odpor traťový. Tento (fyzikálně ne zcela korektní) přístup je zakotven i v příslušných českých předpisech. Například dobová odborná literatura [5] z roku 1966 k tomu uvádí: „*Odpor v tunelu vzniká silným vířením vzduchu při jízdě vlaku tunelem. Respektujeme ho podle praxe švýcarských drah zvýšením traťového odporu o 1 kp/Mp (resp. o 1 ‰) u dvoukolejného a o 2 kp/Mp u jednokolejného tunelu (vzhledem k menšímu průřezu tunelu je proudění vzduchu intenzivnější). V tunelu je navíc menší obsah kyslíku potřebného pro spalování paliva u parních a motorových lokomotiv, což může do jisté míry i ovlivnit jejich výkon. Rovněž u značného počtu tunelů se vyskytuje prosakování pramenů spodní vody, která zvyšuje náchylnost trakčních vozidel k prokluzu kol. Je-li tunel (v praxi postačí uvažovat tunely delší než 300 m) v úseku stoupání, je zapotřebí vzhledem k výše uvedenému uvažovat při výpočtech příslušně zvýšený odpor v délce tunelu.*“ Je tak zřejmé, že vliv tunelu na jízdu vlaku je zde hodnocen v širších – byť dobových – souvislostech. Předpis ČSD V 7 [3] z roku 1982 pak odpor z jízdy tunelem zahrnuje do redukovaného traťového profilu následujícím způsobem: „*V tunelech, jejichž délka je větší než 100 m, se ke skutečnému stoupání přidávají ještě +2 ‰, která se započtou obdobně jako odpor z oblouku.*“

Přestože může výše uvedený přístup v určitých případech poskytovat dobré výsledky, ve své podstatě není správný. Jak ostatně naznačuje i zdůvodnění vzniku odporu z jízdy tunelem, uvedené v [5], pravou příčinu je nutné hledat v oblasti aerodynamiky. Podle Newtonova zákona odporu ve zobecněném tvaru je možné velikost odporové síly při pohybu tělesa v látkovém prostředí, v našem případě tedy ve vzduchu, stanovit s využitím známého vztahu jako:

$$O_{vzd} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot \rho_{vzd} \cdot v_{rel}^2, \quad (7)$$

kde význam jednotlivých veličin je následující:

- $C_x$  [-] je tvarový součinitel odporu vzduchu;
- $S$  [m<sup>2</sup>] je čelní plocha tělesa, resp. vozidla/vlaku;
- $\rho_{vzd}$  [kg·m<sup>-3</sup>] je hustota (měrná hmotnost) vzduchu;
- $v_{rel}$  [m·s<sup>-1</sup>] je velikost relativní rychlosti tělesa vůči vzduchu.

Klíčem k vyšetřování aerodynamického odporu při jízdě vlaku tunelem je právě tvarový součinitel odporu vzduchu  $C_x$ . Při jízdě vlaku tunelem dochází – v porovnání s jízdou otevřenou krajinou – vlivem stísněného prostoru k nárůstu jeho hodnoty, což lze pro potřeby trakčních výpočtů postihnout vztahem:

$$C_{x,tun} = \tau \cdot C_x, \quad (8)$$

kde  $\tau$  [-] je tzv. **tunelový faktor**, vyjadřující právě nárůst tvarového součinitele odporu vzduchu v tunelu oproti stavu v otevřené krajině. Do detailu vzato je problematika aerodynamiky vlaku při jízdě tunelem, především při vysokých rychlostech, podstatně komplikovanější a úzce souvisí se vznikem a šířením tlakových vln (viz například [6]). Z nestacionární podstaty těchto dějů pak vyplývá mimo jiné i skutečnost, že tvarový součinitel odporu se reálně při průjezdu vlaku tunelem chová jako v čase proměnná veličina, závislá na mnoha faktorech

(tvarová členitost a délka vlaku, tvar a délka tunelu atd.). Avšak pro běžné potřeby zohlednění vlivu tunelu v trakčních výpočtech si lze vystačit se střední hodnotou tunelového faktoru, zavedeného ve vztahu (8), což lze následně promítnout do Davisova vztahu (3), který je pak možné zapsat ve tvaru:

$$O_v = A + B \cdot V + \tau \cdot C \cdot V^2. \quad (9)$$

V tomto případě je tak odporu z jízdy tunelem začleněn do charakteristiky vozidlového odporu vlaku a otázka věrohodného zohlednění účinku tunelu na vozidlový odpor se redukuje na vhodnou volbu hodnoty tunelového faktoru  $\tau$ .

### 2.3 Ukázka vlivu způsobu zohlednění odporu z jízdy vlaku tunelem na výsledky trakčních výpočtů

Aby bylo možné demonstrovat vliv způsobu zohlednění odporu z jízdy vlaku tunelem, byl proveden modelový výpočet rozjezdu vlaku na teoretické vodorovné přímé koleji v tunelu. Uvažovaný vlak byl tvořen moderní čtyřnápravovou elektrickou lokomotivou (hmotnost lokomotivy: 89 t, součinitel rotačních hmot: 0,1, trakční výkon: 6 400 kW), jejíž trakční charakteristika je znázorněna na obr. 1 (adhezní omezení je uvažováno v souladu s článkem 4.2.8.1.2., odst. 9 TSI LOC&PAS [7]), a deseti čtyřnápravovými rychlíkovými vozy (hmotnost soupravy vozů: 551 t, součinitel rotačních hmot: 0,04). Celková hmotnost uvažovaného vlaku tedy činí 640 t a pro jednoduchost je vozidlový odpor celého vlaku uvažován jako „typ jízdního odporu R“ pro případ vozů s podvozky GP 200 (kotoučová brzda, CZE) dle aktuálního znění předpisu V 7 [3]. Měrný vozidlový odpor celého vlaku je tak uvažován ve tvaru:

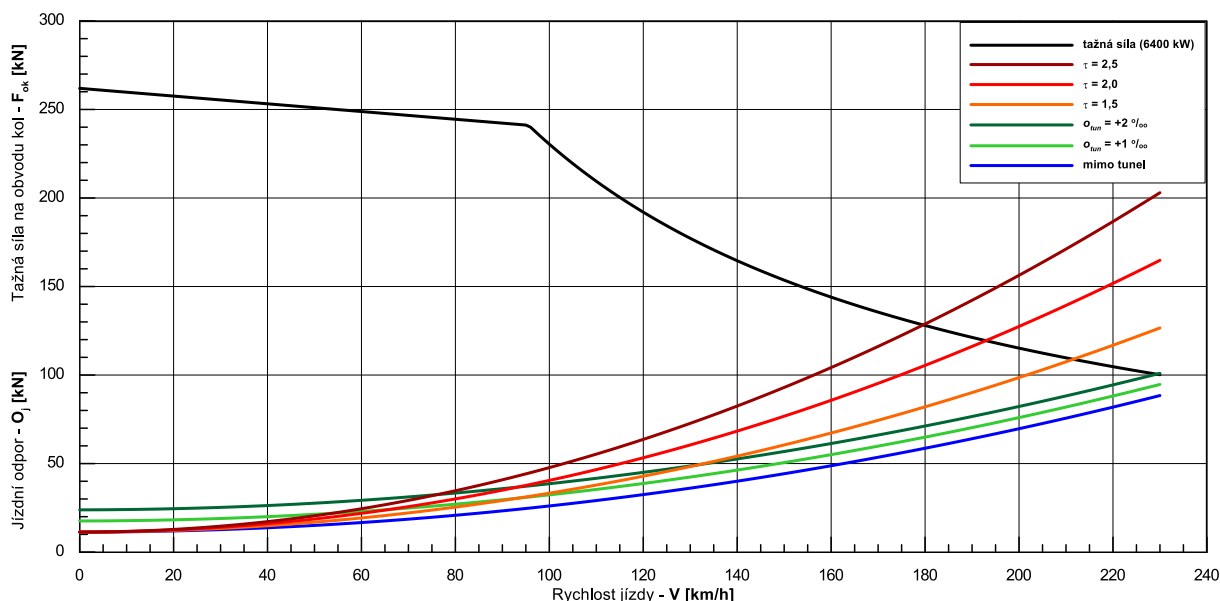
$$o_v = 1,8 + 0,000\ 5 \cdot V + \tau \cdot 0,000\ 23 \cdot V^2. \quad (10)$$

Příslušné výpočty byly provedeny jednak pro jízdu vlaku otevřenou krajinou ( $\tau = 1$ ) a také pro jízdu tunelem, přičemž vliv tunelu byl uvažován:

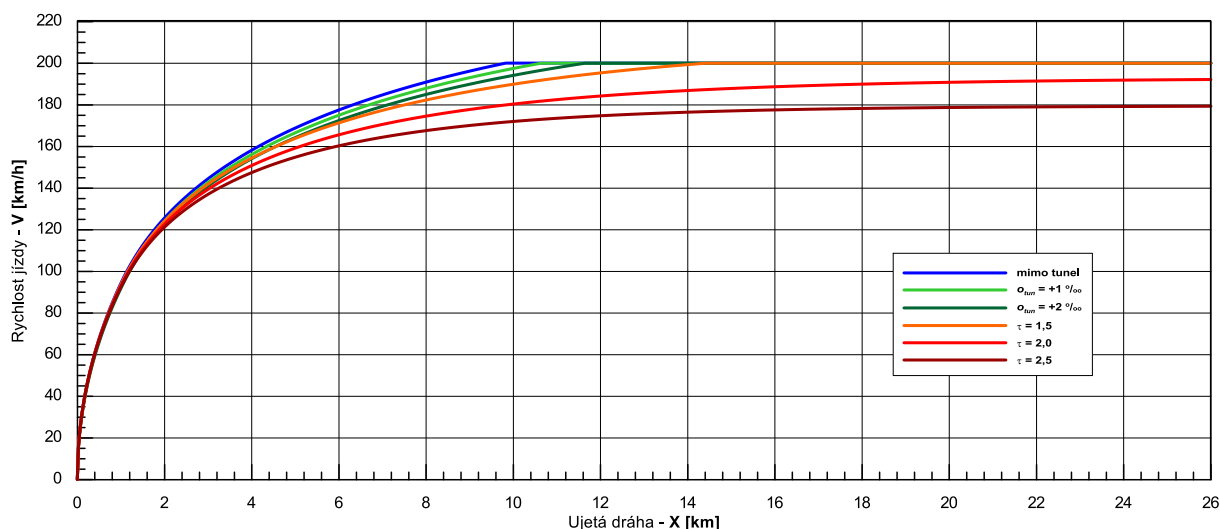
- buď v podobě konstantní přírážky k měrnému jízdnímu odporu o hodnotě 1 ‰, resp. 2 ‰,
- nebo v podobě různých hodnot tunelového faktoru  $\tau$  (byly uvažovány hodnoty 1,5, 2,0 a 2,5).

Charakteristiky celkového jízdního odporu takto uvažovaného vlaku jsou pro jednotlivé případy rovněž uvedeny v grafu na obr. 1. Z tohoto grafu je evidentní, že různé přístupy k zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdní odpor začínají poskytovat výrazněji rozdílné výsledky zhruba od rychlosti 100 km/h; v rychlostním pásmu kolem 200 km/h jsou pak příslušné rozdíly zcela zásadní. Zatímco v případě, kdy je účinek tunelu uvažován jako fixní přírážka k náhradnímu sklonu o hodnotě +2 ‰, představuje takto vzniklý odpor při rychlosti 200 km/h nárůst vozidlového odporu uvažovaného vlaku o necelých 20 %, tunelový faktor o hodnotě 2 pak za daných podmínek představuje zvětšení vozidlového odporu vlivem tunelu o více než 80 %.





Obr. 1 Trakční charakteristika lokomotivy uvažovaného vlaku a charakteristiky jízdního odporu tohoto vlaku ve vodorovné koleji při různých způsobech zohlednění odporu z jízdy tunelem.



Obr. 2 Dráhové tachogramy při rozjezdu uvažovaného vlaku na rychlost 200 km/h ve vodorovné koleji v tunelu při různých způsobech zohlednění odporu z jízdy tunelem.

Dopad této skutečnosti na jízdu vlaku je ukázán na obr. 2, kde jsou vykresleny dráhové tachogramy pro rozjezd uvažovaného vlaku na rovině v různých podmínkách, resp. pro různé způsoby zohlednění odporu z jízdy vlaku tunelem. Za pozornost jistě stojí skutečnost, že zatímco pro jízdu uvažovaného vlaku ve vodorovné koleji v otevřené krajině rychlostí 200 km/h postačuje trakční výkon cca 3 900 kW, tak při uvažování tunelového faktoru o hodnotě 2 ani využití plného trakčního výkonu 6 400 kW nestačí k dosažení této rychlosti. Při uvažování tunelového faktoru 2,5 pak uvažovaný trakční výkon postačuje za daných podmínek k dosažení ustálené rychlosti „jen“ 180 km/h. A různé způsoby

zohlednění vlivu tunelu se v modelovém příkladu projeví i na dynamice rozjezdu. Zatímco v otevřené krajině je při plném využití trakční charakteristiky dle obr. 1 dosaženo rychlosti 160 km/h na dráze cca 4 km a konstantní přírážka k měrnému jízdánímu odporu +2 ‰ prodlužuje tuto dráhu cca o 400 m, tunelový faktor o hodnotě 2,5 má za následek prodloužení dráhy potřebné pro rozjezd vlaku na rychlost 160 km/h za jinak stejných podmínek až na 6 km.

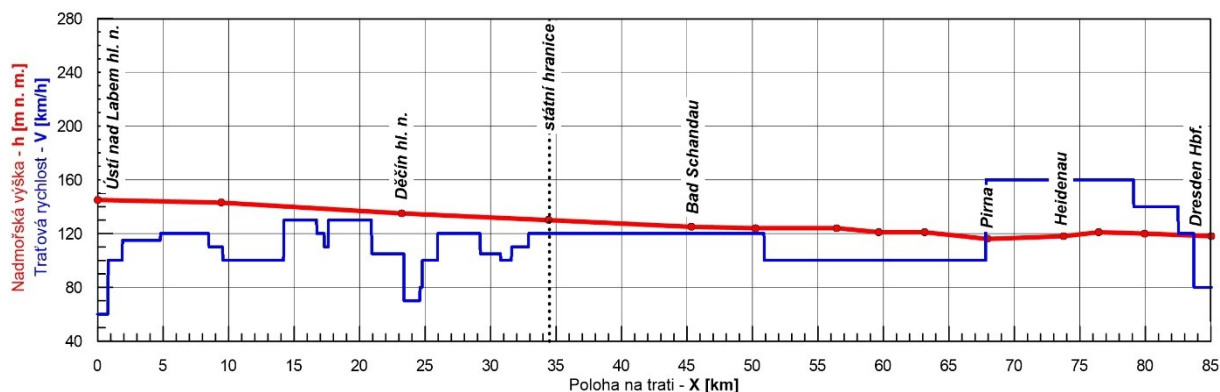
### 3. Praktický příklad: stará a nová trať Ústí nad Labem–Drážďany

S cílem ukázat důsledky výše uvedených zjištění v širších souvislostech byla vybrána trať, na které je ve střednědobém časovém horizontu plánována přeložka obsahující dlouhý tunel. Jedná se o plánované nové spojení Ústí nad Labem a Drážďan s využitím nového – cca 26 km dlouhého – tunelu pod Krušnými horami, jež je součástí tzv. RS4 (podrobnější informace k celému projektu lze najít například na stránkách [8, 9]). Nová trať má umožnit výrazné zkrácení jízdání doby (jak vlivem zkrácení délky trati oproti jejímu původnímu trasování přes Děčín a Bad Schandau, tak i zvýšením traťové rychlosti), jednak zvýšit kapacitu železničního spojení ČR a Německa a v neposlední řadě také odvést nákladní dopravu z údolí Labe, a eliminovat tak hluk v této lokalitě. V rámci práce [1] proto byly provedeny výpočty jízdání dob a spotřeby trakční energie pro vybrané vlaky osobní a nákladní dopravy, a to jak na původní trati údolím Labe, tak na plánované trati, vedené Krušnohorským úpatním tunelem. Výsledky trakčních výpočtů, které jsou prezentovány dále v kap. 3, poukazují jak na přínosy, tak ale i na některé problematické aspekty převedení mezinárodní železniční dopravy mezi ČR a Saskem z Labského údolí do podzemí.

#### 3.1 Popis stávající trati

Stávající trať z Ústí nad Labem do Drážďan je v provozu zhruba od poloviny 19. století a prakticky kopíruje levý břeh řeky Labe. Jedná se dvoukolejnou trať, která je od roku 1987 elektrifikována – na české straně stejnosměrným napájecím systémem 3 kV, na německé straně střídavou soustavou 15 kV 16,7 Hz. Celý úsek z Ústí nad Labem hl. n. do stanice Dresden Hbf. měří přibližně 85 km, z toho se 34,4 km nachází na území ČR.

S trasováním trati velmi úzce souvisí její výškový, ale i rychlostní profil (viz obr. 3), kdy trať ve směru do Německa klesá, převážně s absolutní hodnotou podélného sklonu do 1 ‰, což zde vytváří ideální sklonové poměry pro provoz nákladní dopravy. Rychlostní profil rovněž odpovídá poloměřům oblouků, jimiž trať kopíruje v přeshraničním úseku tok řeky Labe. Traťová rychlost se tak většinou pohybuje v rozmezí 100 až 120 km/h, pouze v úseku mezi Pirnou a Drážďany dosahuje traťová rychlost hodnoty 160 km/h. Při pohledu na rychlostní profil trati ve směru z Ústí nad Labem do Drážďan, vyznačený na obr. 3, stojí za povšimnutí rozdílný přístup k návrhu rychlostního profilu na české a na německé straně. Zatímco německý úsek se vyznačuje poměrně dlouhými úseky s konstantní traťovou rychlostí, na české straně je rychlostní profil naopak velmi členitý a ke změnám traťové rychlosti zde dochází velmi často.



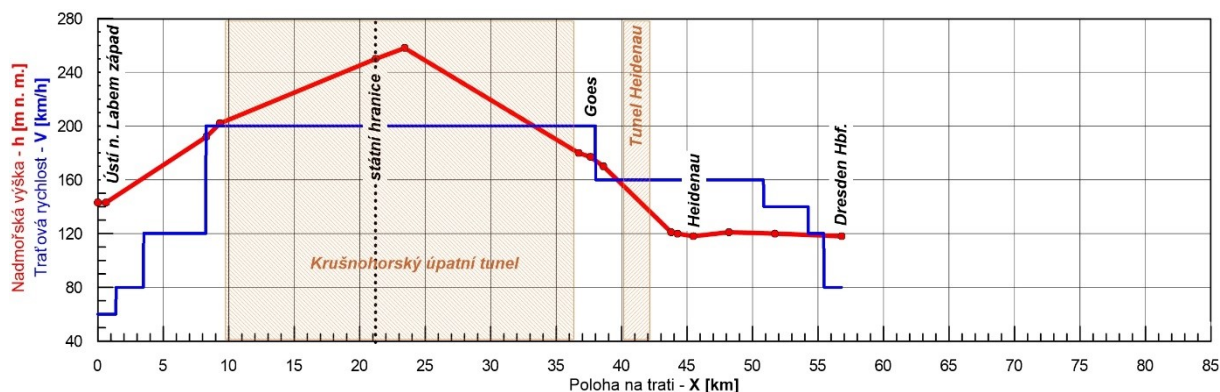
Obr. 3 Výškový a rychlostní profil stávající trati Ústí nad Labem–Drážďany.

### 3.2 Nová trať

Pro porovnání se stávajícím stavem byla v rámci řešení práce [1] vyšetřována jízda vybraných vlaků mezi stanicemi Ústí nad Labem západ a Dresden Hbf. Dominantou této trati je právě Krušnohorský tunel, jehož různé varianty jsou znázorněny na obr. 4. Pro příslušné trakční výpočty byla zvolena varianta G (na obr. 4 zcela nahoře červenou barvou), která sestává ze samotného – cca 26,5 km dlouhého – úpatního tunelu mezi českým portálem u obce Chlumeck (Stradov) a německým portálem u výhybny Goes a dále přibližně 2 km dlouhého tunelu mezi výhybnou Goes a napojením na stávající trať z Pirny do Drážďan u obce Heidenau. Pro potřeby porovnávacích trakčních výpočtů bylo na české straně až k odbočce na novostavbu trati u obce Chabařovice uvažováno využití stávající trati (případně souběžně vedené nové trati) ze stanice Ústí nad Labem západ do Teplic s předpokládanou traťovou rychlostí 120 km/h. Celý vyšetřovaný úsek ze stanice Ústí nad Labem západ do stanice Dresden Hbf. měří v této variantě přibližně 57 km, z toho se 21,2 km nachází na českém území. Nová trať mezi Ústím nad Labem a Drážďany je tak asi o 28 km – tedy prakticky o celou třetinu – kratší.



Obr. 4 Varianty trasování novostavby trati Ústí nad Labem–Drážďany v úseku Chlumeck–Heidenau; zdroj: [10].



Obr. 5 Uvažovaný výškový a rychlostní profil trati Ústí nad Labem–Dražďany v nové trase.

Uvažovaný rychlostní profil nové trati je znázorněn modře na obr. 5. Jak již bylo řečeno, tak za výjezdem ze stanice Ústí nad Labem západ je zde až po nájezd na novostavbu uvažována traťová rychlost 120 km/h. Následuje úsek s traťovou rychlostí 200 km/h, který pokrývá celý Krušnohorský tunel a od výhybny Goes navazuje úsek s traťovou rychlostí 160 km/h, na níž je navrženo i napojení novostavby na stávající trať u obce Heidenau. V provedených výpočtech byla uvažována jednotná napájecí soustava na celém vyšetřovaném úseku. Vlivu možného umístění změny napájecího systému však bude dále rovněž věnována pozornost.

Červenou čarou je pak na obr. 5 vyznačen výškový profil nové trasy. Je na první pohled zřejmé, že v porovnání se sklonovými poměry staré trati je nová trasa podstatně méně příznivá, neboť dosahuje (ve variantě G) ve vrcholovém bodě tunelu nadmořské výšky téměř 260 m n. m. To je způsobeno faktem, že trať v tunelu musí být vedena v určitém minimálním podélném sklonu z důvodu, aby bylo zajištěno odvodnění tunelu. Tento minimální sklon zde představuje 4 ‰ na české straně tunelu, čemuž pak na německé straně odpovídá sklon téměř 6 ‰. Výhybna Goes se z důvodu snazšího rozjezdu zde zastavivších nákladních vlaků nachází ve sklonu jen 2,5 ‰. A mezi výhybnou Goes a odbočkou Heidenau pak převažuje sklon téměř 10 ‰.

### 3.3 Uvažované vlakové soupravy

V rámci práce [1] byl vyšetřován pohyb dvou vlakových souprav. V prvním případě šlo o soupravu vlaku dálkové osobní dopravy, tvořenou lokomotivou a deseti rychlíkovými vozy typu UIC-Z. Druhý případ potom reprezentuje vlak kombinované dopravy, tvořený lokomotivou a 25 kontejnerovými vozy typů Sggrs a Sggnss. Uvažovaná lokomotiva, jejíž trakční charakteristika je znázorněna na obr. 1, přibližně odpovídá typu Siemens Vectron, přičemž je zde pro potřeby realizace trakčních výpočtů aplikováno adhezní omezení tažné síly dle TSI LOC&PAS [7], tzn. maximální součinitel adheze  $\mu_0 = 0,3$  při nulové rychlosti. V obou případech tedy byly předlohou typické soupravy vlaků (EC, Nex), které jsou na dané relaci v současnosti době provozované. Základní parametry uvažovaných

souprav jsou uvedeny v tab. 1. Za zmínku stojí uvažovaná („výpočtová“) délka vlaku, která zde vychází z předpokladu uvažované délky každého vozidla 26 m, odpovídající délce integračního kroku pohybové rovnice vlaku (2), která byla zvolena tak, aby umožňovala jednoduše zohlednit délku vlaku a rozložení jeho hmotnosti.

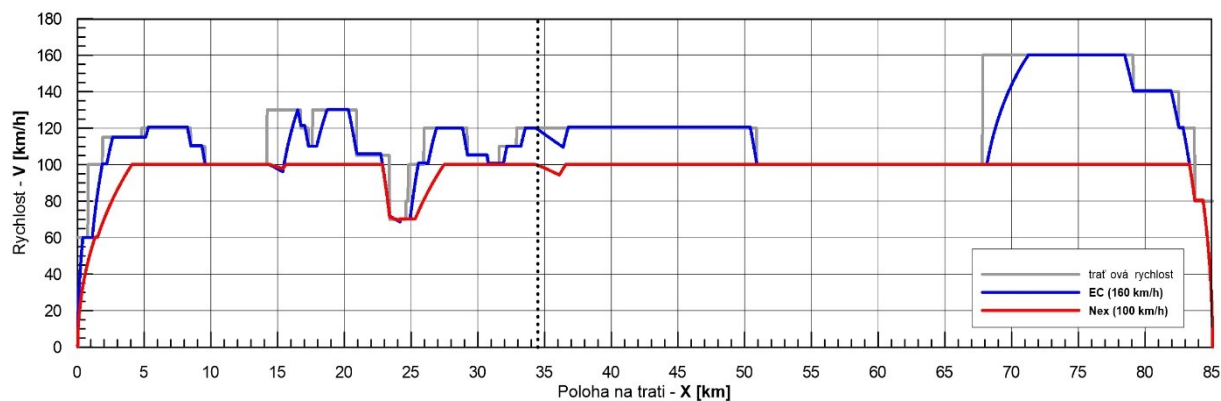
Tab. 1 Základní parametry vyšetřovaných vlakových souprav.

Souprava vlaku	Dálkový osobní vlak (EC)	Kontejnerový vlak (Nex)
Hmotnost soupravy vozů	551 t	1 911 t
Součinitel rotačních hmot vozů	0,04	0,03
Hmotnost lokomotivy	89 t	
Součinitel rot. hmot lokomotivy	0,1	
Trakční / brzdný výkon lokomotivy	6 400 kW	
Maximální tažná síla lokomotivy	260 kN	
Maximální brzdná síla EDB	150 kN	
Hmotnost vlaku vč. lokomotivy	640 t	2 000 t
Vzorec měrného jízdního odporu	$1,8 + 0,0005 \cdot V + 0,00023 \cdot V^2$	$1,3 + 0,00015 \cdot V^2$
Maximální rychlost	200 km/h	100 (120) km/h
Výpočtová délka vlaku	286 m	676 m
Počet náprav (včetně lokomotivy)	40 (44)	126 (130)
Prům. nápravové zatížení (vč. lok.)	13,8 t (14,5 t)	15,2 t (15,4 t)
Měrný výkon	10 kW/t	3,2 kW/t

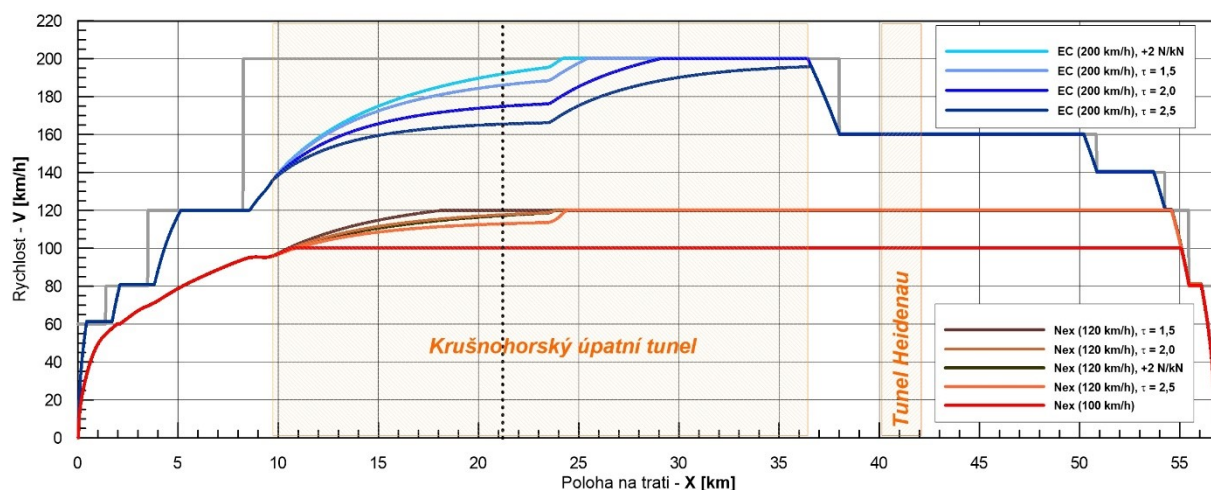
#### 4. Výsledky provedených trakčních výpočtů

Při modelování jízdy vyšetřovaných vlaků ve vyšetřovaných traťových úsecích v rámci řešení práce [1] bylo postupováno numerickou integrací pohybové rovnice vlaku (2), přičemž byl – jak již bylo zmíněno – zvolen integrační krok délky 26 m, který umožňuje snadné zohlednění délky vlaku, a to při zachování dostatečné přesnosti řešení. Tímto způsobem byly vypočteny dráhové tachogramy a následně i jízdní doby a ukazatele spotřeby trakční energie. Všechny výpočty byly provedeny za podmínky maximálního využití trakční charakteristiky lokomotivy (viz obr. 1) a maximálního využití rychlostního profilu (samozřejmě s ohledem na omezenou maximální rychlost vlaku). Oproti reálné situaci tak například nebyla modelována jízda výběhem před místem omezení traťové rychlosti. I z tohoto důvodu tak byla

při výpočtech uvažována poměrně konzervativní hodnota brzdného zpomalení, a to  $0,35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



Obr. 6 Dráhové tachogramy pro případ vyšetřovaného vlaku dálkové osobní dopravy a kontejnerového nákladního vlaku při jízdě po staré trati ve směru z Ústí nad Labem do Drážďan.



Obr. 7 Dráhové tachogramy pro případ vyšetřovaného vlaku dálkové osobní dopravy ( $V_{\max} = 200 \text{ km/h}$ ) a kontejnerového nákladního vlaku ( $V_{\max} = 100/120 \text{ km/h}$ ) při jízdě po nové trati ve směru z Ústí nad Labem do Drážďan – výsledky trakčních výpočtů pro různé způsoby zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdní odpor.

Vypočtené tachogramy pro jízdu vlaků z Ústí nad Labem do Drážďan po staré trati jsou uvedeny na obr. 6, kde je modře znázorněn průběh rychlosti uvažovaného vlaku osobní dopravy a červeně průběh rychlosti kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 100 km/h. Uvažovaný traťový úsek obsahuje místo změny napájecí soustavy (3 kV DC – 15 kV 16,7 Hz) na státní hranici, které je v tachogramu zřetelné v důsledku mírného poklesu rychlosti. Tento pokles je zapříčiněn dobou, po kterou hnací vozidlo nemůže po stažení sběrače a změně systému vyvíjet tažnou sílu; zde je uvažována doba 60 s.

Dráhové tachogramy pro případ jízdy vyšetřovaných vlaků po novostavbě trati z Ústí nad Labem do Drážďan, vedené Krušnohorským úpatním tunelem (ve variantě G), jsou uvedeny na obr. 7. V případě trakčních výpočtů jízdy

uvažovaného vlaku osobní dopravy (znázorněno v odstínech modré barvy) a kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 120 km/h (v odstínech hnědé barvy) jsou prezentovány výsledky pro různé způsoby zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdní odpor. Jen v případě kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 100 km/h je na obr. 7 (červenou čarou) vykreslen pouze tachogram odpovídající tunelovému faktoru o hodnotě  $\tau = 2$ , zohledněnému ve vzorci (měrného) vozidlového odporu; ostatní uvažované způsoby zohlednění vlivu tunelu (tunelový faktor o hodnotě 1,5, resp. 2,5, stejně jako použití konstantní přírážky +2 ‰ k náhradnímu sklonu) totiž v daném případě vedou k velmi podobným výsledkům.

Prezentované výsledky potvrzují, že způsob modelování vlivu tunelu hraje významnou roli zejména při vysokých rychlostech. Tvar vypočteného tachogramu vlaku kategorie EC je tak zvoleným přístupem ovlivněn zcela zásadně. Zatímco při uvažování přírážky +2 ‰ k náhradnímu sklonu (dle předpisu V 7 [3]) vlak dosáhne rychlosti 200 km/h v km 24,2, tedy přibližně 800 m za vrcholem tunelu, při zohlednění vlivu tunelu tunelovým faktorem o hodnotě 2,0 je rychlost 200 km/h dosažena až v km 29,1, cca o 5 km dále. Při uvažování tunelového faktoru o hodnotě 2,5 pak k rozjezdu vyšetřovaného vlaku na rychlost 200 km/h v tunelu nedojde vůbec, a to i přesto, že je plně využíván trakční výkon 6,4 MW a kolej se od vrcholu tunelu v km 23,4 nachází v klesání 6 ‰ (v tomto případě tak vlak opouští tunel v km 36,3 rychlostí 196 km/h a následně začíná brzdit).

Dráhové tachogramy stanovené pro kontejnerový vlak s maximální rychlostí 120 km/h pak ukazují, že v daném případě vede tunelový faktor o hodnotě 2,0 k téměř stejným výsledkům jako „klasický přístup“ dle předpisu V 7 [3] (tj. uvažování konstantní přírážky k náhradnímu sklonu o hodnotě +2 ‰). Oproti tomu zde tunelový faktor o hodnotě 1,5 vede k rozjezdu vyšetřovaného vlaku na rychlost 120 km/h již ve stoupání (konkrétně v km 18,1) a tunelový faktor o hodnotě 2,5 naopak omezuje rychlost vlaku, která je ve stoupání dosažitelná.

#### 4.1 Výpočty jízdních dob

S výpočtem tachogramů úzce souvisí stanovení teoretických jízdních dob. Vypočtené jízdní doby vyšetřovaných vlaků jsou zde uvedeny (bez započítání jakýchkoliv přírážek k jízdním dobám a po zaokrouhlení nahoru na celé půlminuty) v tab. 2. Přínos tunelové přeložky původní trati, související s výrazným zkrácením a se zrychlením, je z hlediska jízdních dob naprosto zásadní. I přesto, že je v provedených výpočtech uvažováno využití stávající trati mezi Ústím nad Labem a nájezdem na novostavbu u Chabařovic (s maximální rychlostí 120 km/h), trvá jízda vlaku EC po nové trati téměř o polovinu kratší dobu než jízda po původní trati trasované labským údolím. Kontejnerový vlak s maximální rychlostí 100 km/h pak potřebuje pro jízdu z Ústí nad Labem do Drážďan (nebo obráceně) přibližně o třetinu kratší čas a využití maximální rychlosti 120 km/h může případně přinést zkrácení jízdní doby přibližně o další 4 minuty.

Tab. 2 Vypočtené teoretické jízdní doby vyšetřovaných vlaků po zaokrouhlení na celé půlminuty.

Směr jízdy	Trať	EC	Nex (100 km/h)	Nex (120 km/h)
Ústí nad Labem → Drážďany	stará trať	47,0 min.	55,0 min.	---
	nová trať (var. G)	24,5–25,0 min.	38,5 min.	34,0–34,5 min.
Drážďany → Ústí nad Labem	stará trať	47,5 min.	56,0 min.	---
	nová trať (var. G)	24,5–25,5 min.	38,0 min.	34,0–34,5 min.

Z hlediska vlivu způsobu zohlednění tunelu v trakčních výpočtech na vypočtené jízdní doby je možné konstatovat, že zatímco v případě jízdy nákladního vlaku s maximální rychlostí 100 km/h jsou rozdíly provedených variant výpočtu v řádu jednotek sekund, a tedy zanedbatelné, v případě uvažovaného vlaku kategorie EC se rozdíly v jízdních dobách pohybují zhruba do jedné minuty. To ostatně vyplývá i z výrazně rozdílného průběhu rychlosti jednotlivých výpočetních variant na obr. 7. V případě kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 120 km/h se pak rozdíly ve výsledcích pohybují přibližně v rozmezí jedné půlminuty.

## 4.2 Výpočty spotřeby energie

Kromě zkrácení jízdních dob byl sledován i vliv nové trati a způsobu zohlednění vlivu tunelu na spotřebu trakční energie. Pro každou variantu výpočtu byla vyčíslena trakční práce, vykonaná tažnou silou na obvodu kol, a práce brzdné síly elektrodynamické rekuperační brzdy. Zatímco výpočet trakční práce pracuje s trakční charakteristikou (viz obr. 1), při výpočtu práce brzdné síly byla využita teoretická brzdná charakteristika, která je limitována maximálním výkonem EDB 6,4 MW (na obvodu kol) a uvažovanou maximální brzdou silou EDB 150 kN (viz též tab. 1). Pro potřeby stanovení spotřeby trakční energie pak byly uvažovány následující hodnoty účinnosti vzájemné přeměny elektrické a mechanické energie:

- účinnost lokomotivy (resp. přeměny elektrické energie na trakční práci): 85 %;
- účinnost rekuperace (resp. přeměny práce brzdné síly na elektrickou energii): 70 %.

Sledovanými veličinami přitom byla jak spotřeba trakční energie, tak množství energie rekuperované, ale také rozdíl těchto hodnot, který je možné obecně vyjádřit jako:

$$E_v = E_{tr} - E_{rek} = \frac{1}{\eta_{lok}} \cdot \int_{(x)} F_{ok} \cdot dx - \eta_{rek} \cdot \int_{(x)} B_{ERB} \cdot dx, \quad (11)$$

kde význam jednotlivých veličin je následující:

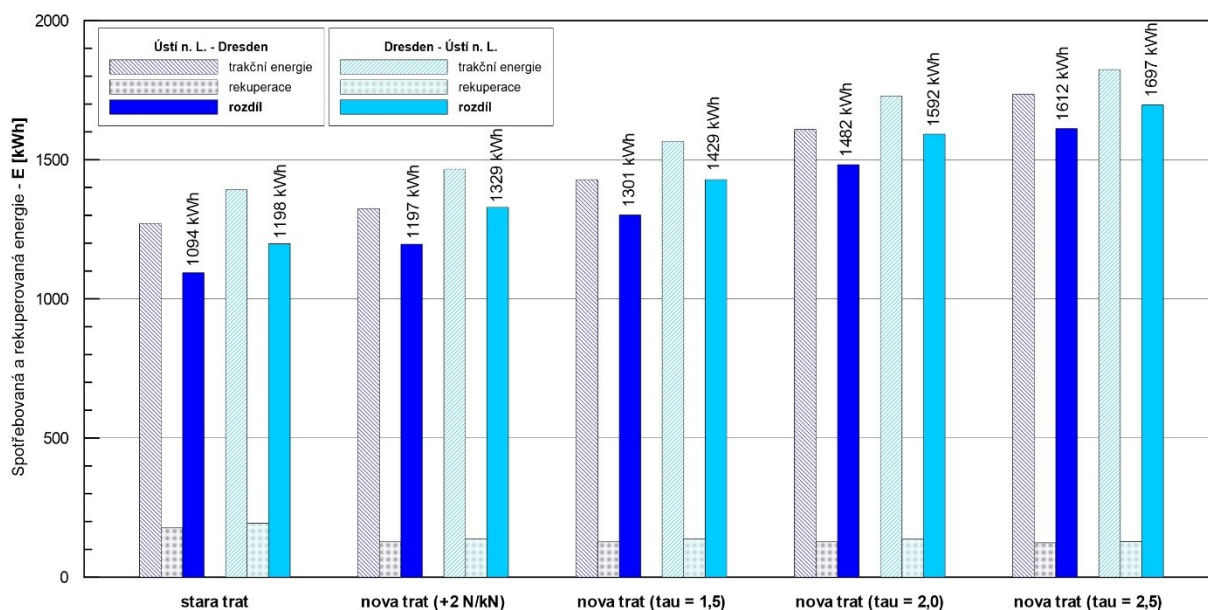
- $E_v$  [J] je výsledná spotřeba trakční energie (tedy rozdíl energie spotřebované a rekuperované);
- $E_{tr}$  [J] je spotřebovaná trakční elektrická energie (bez vlivu rekuperace);
- $E_{rek}$  [J] je rekuperovaná elektrická energie;
- $\eta_{lok}$  [-] je účinnost lokomotivy;
- $\eta_{rek}$  [-] je účinnost rekuperace;



- $F_{ok}$  [N] je tažná síla lokomotivy na obvodu kol;
- $B_{ERB}$  [N] je brzdná síla elektrodynamické rekuperační brzdy na obvodu kol;
- $x$  [m] je ujetá dráha.

Na obr. 8 jsou uvedeny výsledky výpočtů spotřeby energie pro případ vlaku kategorie EC. Pro jednotlivé výpočtové varianty jsou zde vždy znázorněny dvě trojice sloupců, pro každý směr jízdy jedna. V rámci této trojice sloupců vždy první sloupec (šrafovaný) reprezentuje spotřebu energie (bez vlivu rekuperace), druhý sloupec (tečkovaný) pak energii rekuperovanou a třetí sloupec (plný, s popiskem) výslednou spotřebu energie (tedy rozdíl energie spotřebované a rekuperované). Jednotlivé výpočtové varianty jsou reprezentovány jednak starou tratí a jednak novou tratí, pro níž jsou napočítány čtyři různé sady výsledků, lišící se právě způsobem zohlednění vlivu tunelu. Na základě prezentovaných výsledků trakčních výpočtů je možné konstatovat následující závěry:

- spotřeba energie vlaku EC (bez započtení i se započtením vlivu rekuperace) je vždy vyšší ve směru do ČR, a to přibližně o 5 až 10 %, což do určité míry souvisí i s rozdílem nadmořských výšek počátku a konce vyšetřovaného úseku;
- potenciál úspor energie rekuperačí představuje za daných podmínek na staré trati zhruba 15 % spotřeby; na trati nové pak přibližně 7 až 10 %, přičemž vyšší tunelový faktor vede k nižším relativním úsporám, neboť roste celková spotřeba (absolutní rekuperovaná energie se přitom v závislosti na způsobu zohlednění vlivu tunelu téměř nemění a pohybuje se většinou cca do 130 kWh ve směru do Německa, resp. do 140 kWh ve směru opačném);
- všechny sledované výpočtové varianty jízdy vlaku po nové trati vykazují vyšší spotřebu energie, a to i přes zkrácení délky trati o třetinu oproti staré trati (např. při uvažování tunelového faktoru  $\tau = 2$  jde o nárůst spotřeby přibližně o čtvrtinu, není-li započítán vliv rekuperace, resp. o třetinu v případě, že se hodnotí rozdíl spotřebované a rekuperované energie). Jedná se o důsledek méně příznivého výškového profilu nové trati v kombinaci s negativním ovlivněním aerodynamiky vlaku tunelem v podmínkách jízdy vyššími rychlostmi;
- je-li účinek tunelu modelován s využitím tunelového faktoru (viz též vztah (9)), vede pochopitelně vyšší hodnota tunelového faktoru k vyšší spotřebě energie; přístup dle předpisu V 7 [3], kdy je tunel v trakčním výpočtu zohledněn přírážkou +2 ‰ k náhradnímu sklonu, vede v daném případě k (výrazně) nižší hodnotám spotřeby energie (v porovnání s variantami výpočtu pro všechny zde uvažované hodnoty tunelového faktoru).

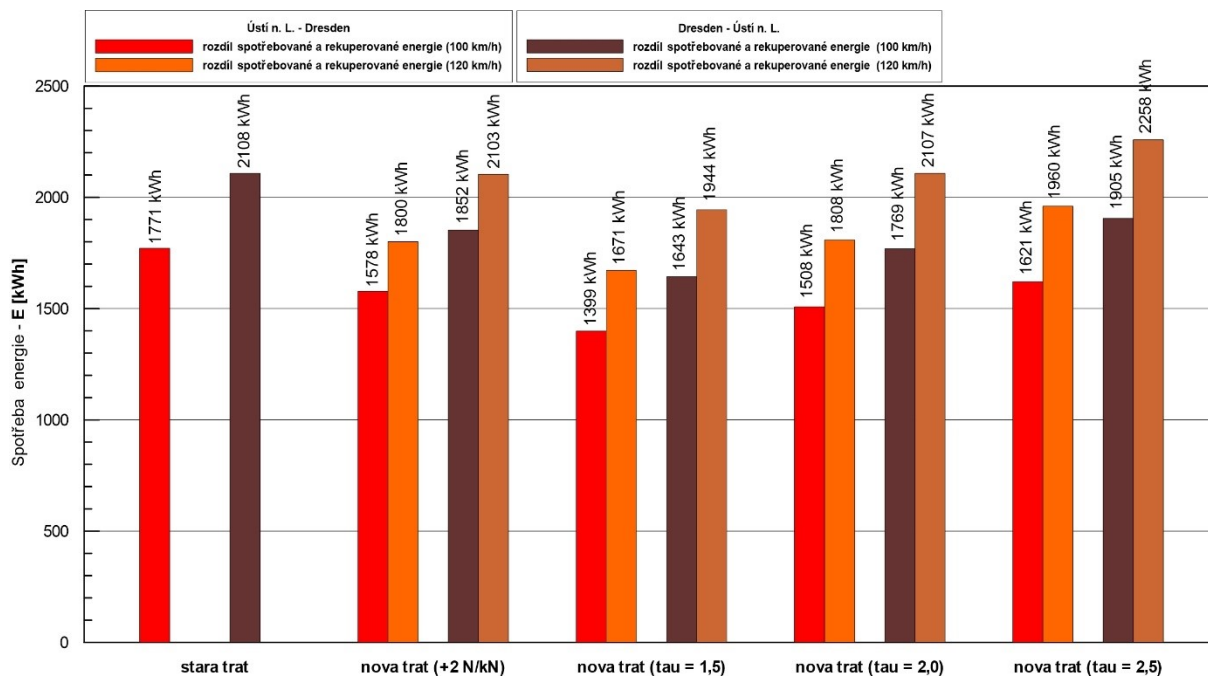


Obr. 8 Spotřebovaná a rekuperovaná energie a rozdíl těchto energií pro případ vyšetřovaného vlaku dálkové osobní dopravy při jízdě po staré trati ( $V_{\max} = 160$  km/h) a po nové trati ( $V_{\max} = 200$  km/h) při různých způsobech zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdni odpor.

Na obr. 9 jsou pak znázorněny výsledky výpočtů spotřeby energie pro uvažovaný vlak kombinované dopravy. Na nové trati je kromě základní varianty s maximální rychlostí 100 km/h uvažována i varianta s maximální rychlostí 120 km/h. V tomto případě jsou v grafu vykresleny pouze výsledky reprezentující výslednou spotřebu energie, určenou jako rozdíl energie spotřebované a rekuperované, a to pro oba směry jízdy, přičemž jsou na nové trati opět uvažovány varianty lišící se způsobem zohlednění vlivu tunelu. Zde je možné konstatovat následující závěry:

- výsledná spotřeba energie vlaku Nex je ve všech sledovaných případech opět vyšší ve směru z Německa, a to přibližně o 17 % v podmínkách nové trati, resp. o 19 % na trati původní;
- v případě jízdy vlaku s maximální rychlostí 100 km/h vede jízda po nové trati ve všech vyšetřovaných případech k nižší výsledné spotřebě trakční energie; tato úspora se v závislosti na použitém způsobu zohlednění vlivu tunelu pohybuje přibližně v rozmezí 10 až 20 %; v daném případě se tak pozitivně projevuje vliv zkrácení délky trati oproti původní trase, byť je značně degradován výškovým profilem nové trasy a aerodynamickými účinky jízdy vlaku tunelem;
- v případě jízdy vlaku maximální rychlostí 120 km/h dochází v podmínkách nové trati v porovnání s vlakem s maximální rychlostí 100 km/h k nárůstu výsledné spotřeby energie přibližně o 20 % v případě modelování vlivu tunelu tunelovým faktorem (a to téměř nezávisle na hodnotě tunelového faktoru), zatímco přístup dle předpisu V 7 [3] vede k nárůstu vypočtené výsledné spotřeby energie vlivem zvýšení rychlosti jen o cca 14 %;
- v případě modelování jízdy vlaku maximální rychlostí 120 km/h jsou již hodnoty výsledné spotřeby energie na nové trati (velmi) blízké hodnotám dosaženým na staré trati při maximální rychlosti 100 km/h;

- hodnoty výsledné spotřeby energie získané modelováním účinku tunelu jednak tunelovým faktorem o hodnotě  $\tau=2$  a jednak přiřázkou k náhradnímu sklonu o hodnotě  $+2 \text{ ‰}$  jsou zde téměř totožné, a to jak při rychlosti jízdy 100 km/h, tak i při rychlosti 120 km/h.



Obr. 9 Rozdíl spotřebované a rekuperované energie pro případ vyšetřovaného kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 100 km/h a 120 km/h při jízdě po staré trati a po nové trati při různých způsobech zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdní odpor.

Jako poslední je potom sledována výsledná měrná spotřeba energie, tedy rozdíl mezi vypočtenou spotřebovanou a rekuperovanou energií, vztažený na jednotku hmotnosti vlaku a kilometr trati. Příslušné výsledky jsou prezentovány pro jednotlivé směry jízdy na obr. 10; tab. 3 obsahuje hodnoty výsledné měrné spotřeby, zprůměrované pro oba směry jízdy. Zatímco výsledky trakčních výpočtů jízdy vyšetřovaných vlaků popůvodní trati vedou k hodnotám výsledné měrné spotřeby energie přibližně 21 kWh/1000 hrtnkm v případě vlaku kategorie EC, resp. cca 11 kWh/1000 hrtnkm v případě kontejnerového vlaku, hodnoty získané modelováním jízdy vlaků po nové trati jsou výrazně vyšší. Jak již bylo zmíněno, důvodem je kombinace několika faktorů, mezi které patří vedle vlivu tunelu také méně příznivý výškový profil nové trati a v případě vlaku osobní dopravy i výrazně vyšší rychlost. Pokud je např. vliv tunelu na jízdní odpor zohledněn tunelovým faktorem o hodnotě 2,0, je pro jízdu vlaku po nové trati v porovnání s jízdou po původní trati pozorován nárůst průměrné hodnoty výsledné měrné spotřeby energie o 100 % v případě vlaku kategorie EC, resp. přibližně o čtvrtinu v případě kontejnerového vlaku jedoucího maximální rychlostí 100 km/h. Využití rychlosti 120 km/h u tohoto vlaku pak znamená další nárůst měrné spotřeby, a to asi o 20 %.

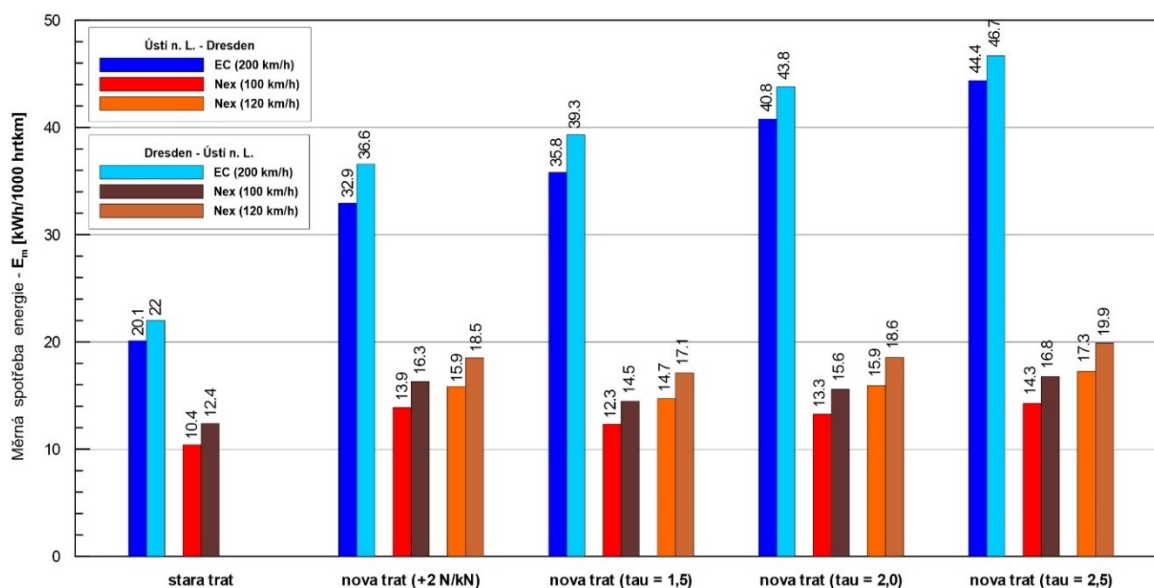
Tab. 3 Vypočtené hodnoty výsledné měrné spotřeby energie, zprůměrované pro oba směry jízdy.

<b>Trať</b>	<b>Vliv tunelu</b>	<b>EC</b>	<b>Nex (100 km/h)</b>	<b>Nex (120 km/h)</b>
stará trať	---	21,1 Wh/(hrt·km)	11,4 Wh/(hrt·km)	---
nová trať (var. G)	+2 ‰ (V 7)	34,8 Wh/(hrt·km)	15,1 Wh/(hrt·km)	17,2 Wh/(hrt·km)
	$\tau = 1,5$	37,6 Wh/(hrt·km)	13,4 Wh/(hrt·km)	15,9 Wh/(hrt·km)
	$\tau = 2,0$	42,3 Wh/(hrt·km)	14,4 Wh/(hrt·km)	17,2 Wh/(hrt·km)
	$\tau = 2,5$	45,5 Wh/(hrt·km)	15,5 Wh/(hrt·km)	18,6 Wh/(hrt·km)

V kontextu uvedených výsledků stojí za povšimnutí referenční hodnoty měrné spotřeby energie, jež jsou v současné době na síti Správy železnic využívány u hnacích vozidel závislé trakce bez funkčního systému měření spotřeby za účelem rozúčtování trakční elektrické energie v rámci tzv. hybridního modelu. Dle údajů uvedených v příloze č. 1 dokumentu [11] jsou na střídavé napájecí soustavě aktuálně uvažovány následující paušální hodnoty:

- 24,5 kWh/1000 hrtkm pro vlaky kategorií Ex a R;
- 34,5 kWh/1000 hrtkm pro osobní zastávkové vlaky;
- 14,75 kWh/1000 hrtkm pro vlaky nákladní dopravy.

Zatímco v případě modelování jízdy na původní trati, ale i v případě nákladního vlaku jedoucího rychlostí do 100 km/h se výsledky výpočtů vejdou do těchto hodnot, dálkový vlak jedoucí vysokou rychlostí dlouhým tunelem tyto hodnoty velmi výrazně překračuje.



Obr. 10 Výsledná měrná spotřeba energie pro případ vyšetřovaného vlaku dálkové osobní dopravy a vyšetřovaného kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 100 km/h a 120 km/h při jízdě po staré trati a po nové trati při různých způsobech zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdní odpor.

### 4.3 Vliv umístění místa styku trakčních napájecích soustav

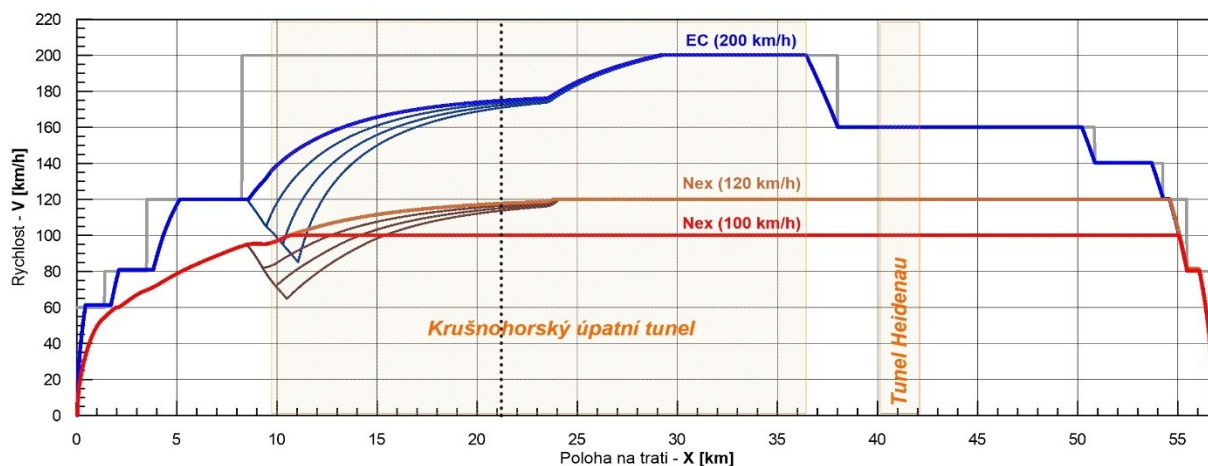
Výsledky práce [1] byly pro potřeby tohoto článku dále rozšířeny o odhad vlivu umístění místa styku trakčních napájecích soustav na tvar tachogramu, ale také především na jízdní dobu. V současné době jsou elektrizované tratě v severní části České republiky napájeny stejnosměrnou soustavou 3 kV. Protože jsou tratě v Německu elektrizovány střídavým systémem 15 kV 16,7 Hz, je při jízdě mezi oběma zeměmi nutné překonat změnu napájecích soustav. Na této skutečnosti v principu nic nezmění ani plánovaná konverze stejnosměrné napájecí soustavy 3 kV v ČR na střídavý systém 25 kV 50 Hz. Styk soustav bude i poté nutné překonat, avšak pro přeshraniční provoz budou nově postačovat pouze střídavá (dvoufrekvenční) vozidla, která jsou technicky jednodušší a také levnější. Nutno poznamenat, že přechod hranic neznámá jen změnu napájecí soustavy, ale též změnu rádiového spojení a zabezpečení (po přechodu na výhradní provoz pod plným dohledem ETCS L2 půjde o tzv. „handover“).

Z hlediska průjezdu vlaku přes styk napájecích soustav je významné, že hnací vozidlo závislé trakce jede po určitou dobu jako nečinné, neboť místo styku (neutrální pole) je nutné překonat výběhem – s vypnutým hlavním vypínačem, resp. staženým sběračem. Průjezd stykovým místem se tedy obecně skládá z těchto fází:

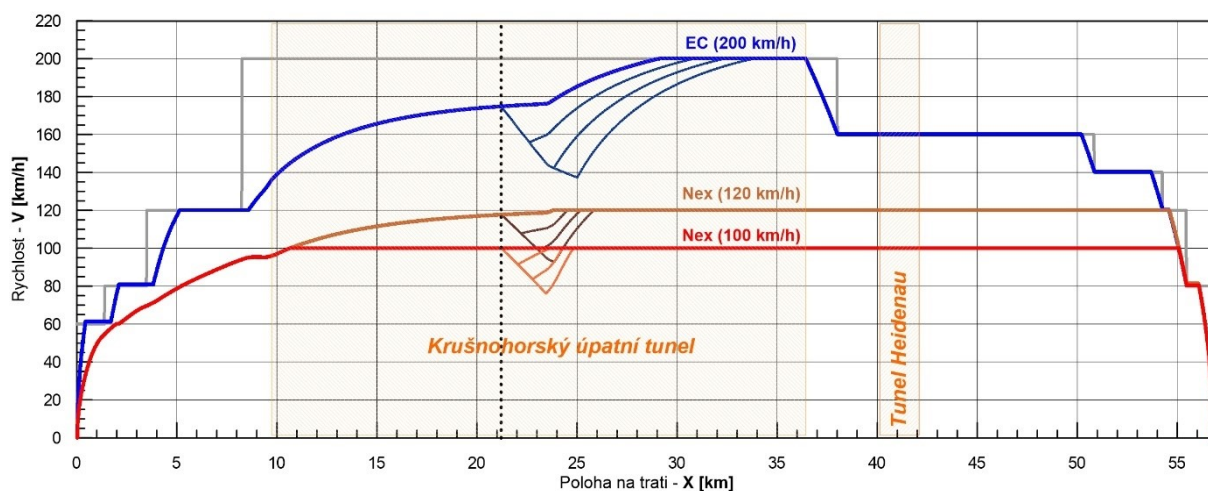
- snížení trakčního výkonu (resp. tažné síly) na nulu;
- vypnutí hlavního vypínače, resp. stažení sběrače;
- průjezd místem styku napájecích soustav výběhem;
- zvednutí sběrače a zapnutí hlavního vypínače;
- obnovení požadované tažné síly, resp. trakčního výkonu.

Především u moderních interoperabilních elektrických lokomotiv však ještě po změně napájecího napětí trvá určitý (nezanedbatelný) čas, než je povolena trakce, tedy než je vozidlo opětovně schopno vyvíjet tažnou sílu. Tento čas se pohybuje v řádu desítek sekund a konkrétní hodnota je závislá na konkrétním technickém řešení příslušného hnacího vozidla. Aby bylo možné posoudit vliv doby, po kterou jede vlak výběhem, na celkový průběh rychlosti a zejména na výslednou jízdní dobu, byly výsledky původních výpočtů (kde byla změna napájecího systému zanedbána) doplněny právě o varianty zohledňující toto specifikum. V rámci těchto výpočtů byly uvažovány jednak tři případy z hlediska doby jízdy výběhem a jednak tři různé varianty umístění styku napájecích soustav. Oproti původní variantě, jež nezohledňuje průjezd místem styku soustav, tak byly dopočítány případy, kdy byla uvažována doba přerušení tažné síly 30, 60 a 90 s. Pro jednoduchost je zde uvažováno skokové snížení tažné síly na nulu a stejně tak i opětovné skokové obnovení tažné síly. Tato doba přitom zahrnuje jak samotný průjezd místem styku soustav (neutrální pole), tak i následnou dobu do obnovení tažné síly. Co se týče uvažovaného umístění styku soustav, byly uvažovány následující případy:

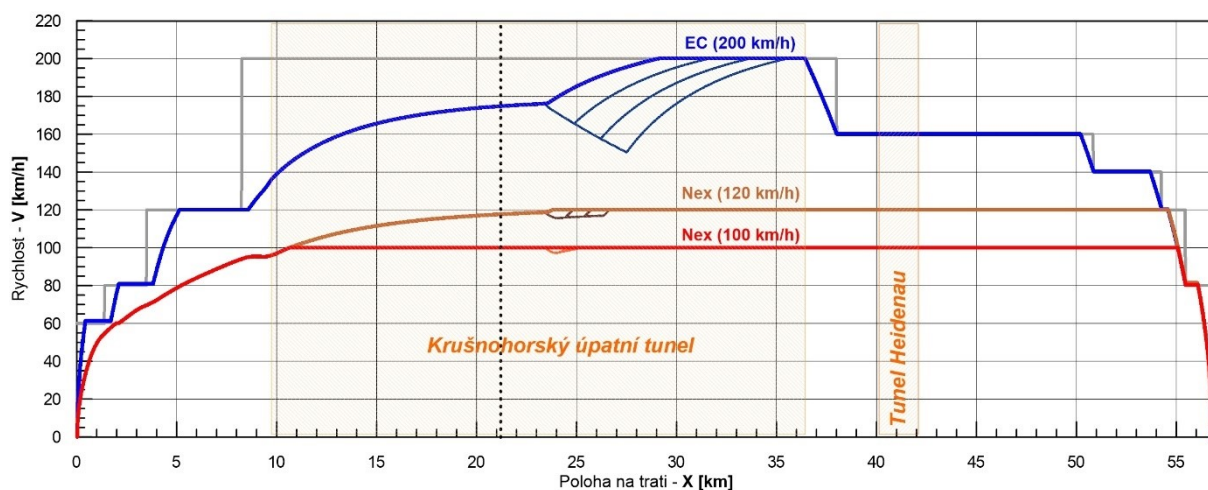
- varianta A – styk trakčních napájecích soustav v km 8,5, tedy v místě, kde se novostavba u Chabařovic odklání od stávající trati z Ústí nad Labem směrem na Teplice. Nevýhodou tohoto umístění styku soustav je skutečnost, že se zde trať ve směru do Německa nachází ve stoupání (cca 10 ‰) a navíc zde dochází k rozjezdu vlaků, zastavujících v Ústí nad Labem. Výhodou je naopak fakt, že se v tomto případě místo styku napájecích soustav nenachází v tunelu, což by představovalo zvýšené bezpečnostní riziko;
- varianta B – styk trakčních napájecích soustav v tunelu v km 21,2, tedy na státní hranici. Trať ve směru do Německa se v tomto místě nachází ve stoupání 4 ‰;
- varianta C – styk trakčních napájecích soustav ve vrcholovém bodě tunelu v km 23,4. Od tohoto místa trať ve směru do Německa klesá se sklonem cca 6 ‰.



Obr. 11 Dráhové tachogramy pro případ jízdy vyšetřovaných vlaků po nové trati ve směru z Ústí nad Labem do Drážďan – vliv doby přerušení tažné síly po změně napájecího systému ( $t_{akt} \in \{30; 60; 90\}$  s) při umístění styku soustav v km 8,5 (var. A) za podmínky, že lze vliv tunelu na jízdní odpor popsat tunelovým faktorem  $\tau = 2$ .



Obr. 12 Dráhové tachogramy pro případ jízdy vyšetřovaných vlaků po nové trati ve směru z Ústí nad Labem do Drážďan – vliv doby přerušení tažné síly po změně napájecího systému ( $t_{akt} \in \{30; 60; 90\}$  s) při umístění styku soustav v km 21,2 (var. B) za podmínky, že lze vliv tunelu na jízdní odpor popsat tunelovým faktorem  $\tau = 2$ .



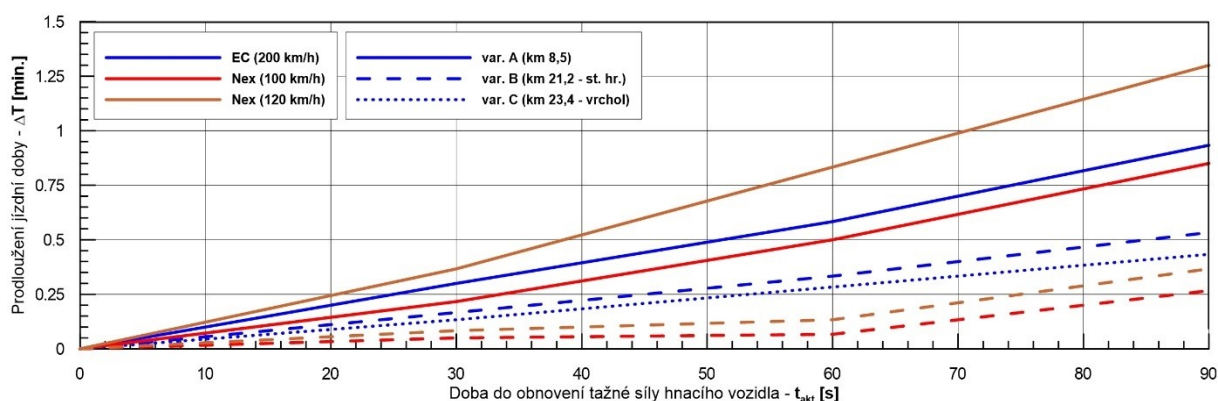
Obr. 13 Dráhové tachogramy pro případ jízdy vyšetřovaných vlaků po nové trati ve směru z Ústí nad Labem do Drážďan – vliv doby přerušení tažné síly po změně napájecího systému ( $t_{akt} \in \{30; 60; 90\}$  s) při umístění styku soustav v km 23,4 (var. C) za podmínky, že lze vliv tunelu na jízdní odpor popsat tunelovým faktorem  $\tau = 2$ .

V grafech na obr. 11 až 13 jsou znázorněny dráhové tachogramy vyšetřovaných vlaků jedoucích z Ústí nad Labem do Drážďan. Pro jednotlivé uvažované varianty umístění místa styku napájecích soustav jsou vždy vykresleny tachogramy jednak pro jízdu bez přerušení tažné síly (znázorněno silnějšími čarami) a dále pak pro případ přerušení působení tažné síly po dobu 30, 60 a 90 s. Ve všech případech byl vliv tunelu na jízdní odpor zohledněn pomocí tunelového faktoru o hodnotě 2,0. Odpovídající prodloužení jízdní doby je vykresleno v závislosti na době přerušení tažné síly v grafu na obr. 14. Dosažené výsledky je možné shrnout následujícím způsobem:

- nejvýraznější vliv na jízdní dobu (pro jízdu směrem do Německa) má umístění místa změny styku napájecích soustav ve variantě A (tedy v km

8,5). V tomto případě je pozorován největší relativní pokles rychlosti, k němuž navíc dochází v situaci, kdy se žádný z uvažovaných vlaků ještě nepohybuje svojí maximální rychlostí. K vyrovnání průběhu rychlosti s tachogramem stanoveným pro jízdu bez přerušení tažné síly ve všech sledovaných případech však dojde nejdále ve vrcholovém bodě tunelu (a u kontejnerového vlaku s maximální rychlostí 100 km/h pak dokonce ještě v první části tunelu, tedy ve stoupání). Přerušení vyvíjení tažné síly po dobu jedné minuty zde přitom vede u vyšetřovaných vlaků k prodloužení teoretické jízdní doby zhruba o 0,5 až 1 minutu;

- pokud bychom uvažovali jízdu opačným směrem, bude mít umístění místa styku napájecích soustav ve variantě A naopak na jízdní dobu vliv minimální, resp. prakticky žádný. Negativem tohoto umístění však bude neschopnost hnacích vozidel závislé trakce využívat v dotčeném úseku (vyznačujícím se poměrně velkou hodnotou klesání) rekuperační elektrodynamickou brzdou;
- nejmenší vliv na jízdní dobu má umístění místa změny styku napájecích soustav ve variantě C (tzn. v km 23,4 ve vrcholovém bodě tunelu). To je dáno tím, že se zde mění znaménko podélného sklonu. V případě uvažovaných kontejnerových vlaků se takto situovaný styk soustav v teoretických jízdních dobách neprojeví prakticky vůbec, což je ostatně zřejmé také z tachogramů na obr. 13. V případě vlaku kategorie EC sice dochází i při takto umístěném styku soustav k poměrně významnému propadu rychlosti, avšak jím způsobené prodloužení jízdní doby se pohybuje pouze v řádu nízkých desítek sekund (viz čárkovanou čáru na obr. 14). Každopádně se v tomto případě značně omezuje délka úseku, na níž může vlak uvažovaných parametrů reálně využít rychlost 200 km/h. Velmi podobné závěry platí pro variantu C i v případě opačného směru jízdy;
- z hlediska spotřeby energie je ve všech případech vliv umístění styku soustav malý – dochází k mírnému poklesu spotřeby, maximálně v řádu desítek kWh.



Obr. 14 Vliv doby do obnovení tažné síly po změně napájecí soustavy na prodloužení teoretické jízdní doby jednotlivých vyšetřovaných vlaků jedoucích po nové trati Ústí nad Labem–Drážďany pro různá umístění místa styku trakčních napájecích soustav (varianta A: km 8,5; varianta B: km 21,2; varianta C: km 23,4).



## 5. Závěr

Tento článek je věnován problematice trakčních výpočtů, tedy výpočtů jízdních dob a spotřeby energie vlaků, v podmínkách dlouhých tunelů a vyšších rychlostí. Na příkladu konkrétního záměru (převedení dálkové dopravy mezi Českou republikou a Saskem z původní trati, trasované údolím Labe, na novostavbu vedenou tunelem pod Krušnými horami) byly provedeny trakční výpočty, jejichž výsledky jednak ukazují na zásadní vliv způsobu zohlednění vlivu tunelu při určování jízdního odporu na vypočtené ukazatele spotřeby trakční energie a také dávají rámcovou představu o přínosu plánované stavby z hlediska jízdních dob a energetické náročnosti. Pozornost je věnována rovněž vlivu potenciálního umístění styku trakčních napájecích soustav na jízdní doby. Na základě prezentovaných výsledků výpočtů a rozborů lze konstatovat následující závěry:

- Stávající přístup ke kvantifikaci odporu z jízdy vlaku tunelem podle předpisu V 7 [3], kdy je v délce tunelu uvažována fixní přírážka +2 ‰ k náhradnímu sklonu, ve své podstatě neodpovídá fyzikální realitě (tj. vliv tunelu na tvarový součinitel odporu vzduchu). Při použití přibližně do rychlosti 120 km/h však poskytuje pro vlaky běžných parametrů co do velikosti vypočteného jízdního odporu výsledky, jež jsou blízké výsledkům získaným s pomocí tunelového faktoru o hodnotě 2, zavedeného do Davisova vztahu pro vozidlový odpor (viz vztah (9)). Pro potřeby modelování jízdy nákladních vlaků se tak tento přístup jeví jako vyhovující.
- Vyšetřování jízdy vlaků v podmínkách dlouhých tunelů a vyšších rychlostí však vyžaduje odklon od „klasického“ přístupu dle předpisu V 7. Jako vhodný způsob zohlednění vlivu tunelu na celkový jízdní odpor se přitom jeví právě zavedení tunelového faktoru do vzorce pro vozidlový odpor. V takovém případě je ovšem zcela zásadní úlohou určení velikosti tohoto faktoru pro dané podmínky. Jelikož jsou projevy aerodynamiky závislé na mnoha faktorech (tvarová členitost vlaku, poměr čelní plochy vlaku a plochy průřezu tunelové trouby, délka tunelu, ale též rychlost proudění vzduchu v tunelu, jež může být ovlivněno jízdou předchozího a/nebo následujícího vlaku apod.), jedná se o úlohu poměrně komplikovanou. Z tohoto důvodu se jeví jako velmi žádoucí využít např. i praktické zkušenosti z provozu v prvních delších železničních tunelech v ČR (tunely Ejovice).
- Výsledky porovnávacích trakčních výpočtů, provedených pro vybrané vlakové soupravy na stávající a nově plánované trati Ústí nad Labem – Drážďany ukazují, že výrazné zkrácení délky trasy – jakkoliv přínosné z hlediska zkrácení jízdních dob – nemusí být postačující podmínkou i pro snížení energetické náročnosti dopravy. Z tohoto hlediska se velmi negativně projevuje jednak podstatně méně příznivý výškový profil nové trati a jednak výrazně zhoršené aerodynamické poměry (dané kombinací jízdy tunelem v podstatné části trasy a vyšší rychlosti).
- Výsledky provedených výpočtů naznačují, že v případě provozu rychlých vlaků v dlouhých tunelech dochází ke značnému nárůstu měrné spotřeby energie, a to výrazně nad rámec v současnosti nastavených paušálních hodnot, užívaných na síti Správy železnic pro potřeby rozúčtování spotřeby energie. Pokud by tyto „paušály“ měly být využívány i v budoucnosti, jeví

se jako nezbytné stanovit pro podmínky provozu v dlouhých tunelech, resp. obecně pro provoz na tratích sítě RS, nová směrná čísla.

- Výsledky provedeného rozboru dále také ukazují, že zdánlivý detail, kterým je umístění styku trakčních napájecích soustav, může mít nezanedbatelný vliv na jízdní doby. Problematiku umístění styku napájecích soustav je přitom potřeba vnímat v širších souvislostech, zahrnujících nejen parametry hnacích vozidel, ale i požadavky na bezpečnost v tunelech nebo provozní potřeby související s (ne)možností využití rekuperačního brzdění při jízdě po spádu. Přitom je nutné mít na paměti, že v současné době navržené řešení nové trati bude ovlivňovat technologii vozby minimálně po dobu několika desítek let.

### Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu ev. č. SGS\_2021\_010 „Vybrané aspekty z oblasti dopravních prostředků a infrastruktury řešené na DFJP“ Univerzity Pardubice.

### Literatura

- [1] ŘEZNÍČEK, J.: *Trakční výpočty v podmínkách dlouhých tunelů. Bakalářská práce, 73 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2020. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/75907> [cit. 2021-01-31].*
- [2] MICHÁLEK, T. – ZELENKA, J.: *Trakční mechanika. 1. vydání, 104 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta J. Pernera, 2018. ISBN 978-80-7560-175-9.*
- [3] FEDERÁLNÍ MINISTERSTVO DOPRAVY: *ČSD V 7. Trakční výpočty. Praha: NADAS, 1979. (Účinnost od 23. 5. 1982.)*
- [4] MICHÁLEK, T. – ŠIMRAL, P.: *Návrh úpravy metodiky výpočtu vozidlového odporu kontejnerových vlaků. In: Současné problémy v kolejových vozidlech 2017: XXIII. konference s mezinárodní účastí, Sborník příspěvků, s. 283–290. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta J. Pernera, 2017. ISBN 978-80-7560-085-1. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/69910> [cit. 2021-02-03].*
- [5] SCHNEIDER, V. – KOLÁŘ, Z. – ONDRÁČEK, J.: *Dynamika železniční dopravy. 2. přepracované vydání, 268 s. Praha: NADAS, 1966.*
- [6] NIU, J. – SUI, Y. – YU, Q. – CAO, X. – YUAN, Y.: *Aerodynamics of railway train/tunnel system: A review of recent research. In: Energy and Built Environment, Vol. 1 (2020), Issue 4, s. 351–375. ISSN 2666-1233.*
- [7] *NARÍZENÍ 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. Brusel: EK, 2014.*
- [8] *Eisenbahn-Neubaustrecke Dresden-Prag. [on-line] Webová prezentace spolkové země Sasko. Dostupné z: <https://www.nbs.sachsen.de> [cit. 2021-02-05]*

- [9] *Nové železniční spojení Drážďany – Praha*. [on-line] Webová prezentace Správy železnic, s.o. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/vrt/vrt-drazdany-praha> [cit. 2021-02-05].
- [10] DB NETZE: *Unterlagen zum Raumordnungsverfahren für die Eisenbahn-Neubaustrecke Dresden – Prag. Anlagen zu Teil B: Verkehrliche und technische Beschreibung*. Leipzig, 16. 12. 2019.
- [11] SPRÁVA ŽELEZNIC: *Smlouva o dodávkách trakční elektrické energie*. [on-line] Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50172200/sml-dodavky-tee-2019.pdf> [cit. 2021-03-03].

**Lektorovali:**

**Ing. Rudolf Mrzena, Ph.D.**

Správa železnic, státní organizace

**Ing. et Ing. Lumír Gregor, Ph.D.**

ČD, a.s.

## 8. Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem liniové elektrizace a modernizace vozového parku

Jan Perůtka<sup>32</sup>,

Jiří Huzlík<sup>33</sup>

**Klíčová slova:** emise, elektrizace, železniční tratě, dopravní výkony, akumulátory, úspory energie

**Keywords:** emissions, electrification, railway lines, traffic performance, battery, energy savings

### Anotace / Abstract

Příspěvek se zabývá porovnáním závislé elektrické a nezávislé dieselové trakce především z hlediska potenciální úspory emisí CO<sub>2</sub>. V železniční dopravě je možné emise skleníkových plynů eliminovat zejména zvýšením podílu elektrizované železniční sítě nebo využitím dvouzdrojových elektricko-akumulátorových vozidel. Jejich nasazením lze vhodně doplnit liniovou elektrizaci na tratích, kde by elektrizace nebyla ekonomicky výhodná nebo technicky proveditelná. V příspěvku je kromě dosažených výstupů popsána i použitá metodika výpočtu produkce emisí CO<sub>2</sub>. V případě elektrizace všech tratí analyzovaných ve studii by došlo k úspoře 80 286 t CO<sub>2</sub>/rok. Dalších 20 728 t CO<sub>2</sub>/rok lze uspořit na posunu nasazením elektricko-akumulátorových vozidel namísto stávající dieselové trakce.

### Confirmation of potential elimination CO<sub>2</sub> emissions due to linear electrification and rolling stock modernization

The paper deals with the comparison of electric and diesel traction, especially in terms of potential savings in CO<sub>2</sub> emissions. In railway transport, greenhouse gas emissions can be eliminated mainly by increasing the share of the electrified railway network or by using of dual mode electric-battery vehicles. By using them, it is possible to suitably supplement the continuous electrification where electrification would not be economically viable or technically feasible. In addition

---

<sup>32</sup> Ing. Jan Perůtka je absolventem oboru Dopravní prostředky a ochrana životního prostředí v dopravě na Dopravní fakultě Jana Pernera v Pardubicích (2014). V současné době pracuje na pozici vedoucího oblasti železniční dopravy v Centru dopravního výzkumu, v.v.i. v Brně.

<sup>33</sup> RNDr. Jiří Huzlík, Ph.D. je absolventem oboru Chemie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. V současné době pracuje na pozici výzkumný pracovník v oblasti analýzy složek životního prostředí v Centru dopravního výzkumu, v.v.i. v Brně.

to achieved outputs, the paper also presents the methodology used to calculate CO<sub>2</sub> emissions. In the case of electrification of all lines analyzed in the study, there would be a saving of 80,286 t CO<sub>2</sub>/year. Another 20,728 t CO<sub>2</sub>/year can be saved on shunting movements by using electric-battery vehicles instead of the existing diesel traction.

## 1. Úvod

Tento příspěvek prezentuje výstupy studie zaměřující se na možnosti snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem změny trakce a liniové elektrizace na železniční síti Správy železnic. Studie byla zpracována v Centru dopravního výzkumu, v.v.i. koncem roku 2020.

Správa železnic, státní organizace, vědoma si rozhodujícího významu elektrické trakce na železnici pro plnění klimatických závazků a pro snižování emisí CO<sub>2</sub> v dopravě, zadala v roce 2020 veřejnou zakázku na „Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem změny trakce a liniové elektrizace na železniční síti SŽ“. K účasti na řešení byli přizváni i dopravci, sdružení ŽESNAD.CZ a výrobci hnacích kolejových vozidel. Výsledek lze považovat za reprezentativní pohled železničního sektoru na potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem sjednocení trakční napájecí soustavy na AC 25 kV, 50 Hz, pokračování v liniové elektrizaci tratí a uplatnění nových pohonů.

Elektrická trakce se dlouhodobě jeví jako nejefektivnější zdroj pohonu na železnici. V porovnání s nezávislou diesellovou trakcí má elektrická trakce řadu předností. Mezi největší výhody elektrického pohonu patří především vysoká energetická účinnost, nízká uhlíková stopa, nulové místní emise, možnost využití rekuperačního brzdění a v neposlední řadě i relativně nízké provozní náklady. Hlavní nevýhodou realizace elektrické trakce je naopak její vysoká investiční náročnost.

Příspěvek dokládá potenciální úspory emisí CO<sub>2</sub> za předpokladu realizace elektrizace u všech analyzovaných železničních tratí uvedených ve studii. Kromě přínosů liniové elektrizace se příspěvek dále zabývá možným nasazením dvouzdrojových elektricko-akumulátorových železničních vozidel a jejich možného přínosu ke snížení produkce skleníkových plynů z dopravy.

## 2. Výhody elektrické trakce

V této části jsou popsány hlavní výhody liniové elektrizace v porovnání s nezávislou diesellovou trakcí.

Nižší energetická účinnost a vyšší uhlíková stopa diesellového pohonu je primárně dána skutečností, že spalovací motor přeměňuje zhruba dvě třetiny energie výhřevnosti paliva na ztrátové teplo a jen jednu třetinu na mechanickou práci. Paliva pro spalovací motory jsou v ČR navíc téměř výhradně tvořena fosiliemi (ropa a zemní plyn). Při jejich spalování se fosilní uhlík přesouvá v podobě oxidu uhličitého do zemského obalu a podílí se na vzniku skleníkového efektu. Uhlíková stopa elektrické vozby je i při současném energetickém mixu elektrické energie v ČR se zhruba 50% podílem fosilních elektráren nižší než uhlíková stopa

spalovacích motorů. S postupnou přeměnou elektrárenství (odstavování uhelných elektráren) se bude tato situace dále zlepšovat.

Velký potenciál má u elektrického pohonu rekuperace brzděné energie. Při zastavovacím brzdění lze využít kinetickou energii a při brzdění spádovou energii potenciálně. Část této energie je možné do trakční soustavy vrátit a ihned využít pro jiné vozidlo odebírající výkon v relativní blízkosti. Rekuperaci je proto možné považovat za formu obnovitelného zdroje energie, která dále snižuje spotřebu energií a emisí oxidu uhličitého. Tato úspora může dosahovat v závislosti na konkrétních podmínkách až desítky procent. V případě elektricko-akumulátorových vozidel lze rekuperovanou energii uložit do akumulátoru a není nutné řešit její okamžité využití jiným vozidlem.

Nízkých provozních nákladů lze dosáhnout i díky vyšší energetické účinnosti elektromotoru a obecně nižší energetické náročnosti elektrické trakce. Další úspory vznikají rovněž při údržbě, kdy odpadají poměrně vysoké náklady spojené s údržbou dieselového agregátu sloužícího jako zdroj energie.

Z pohledu nákladní dopravy je elektrická trakce prakticky jediná udržitelná forma pohonu především vzhledem k vysokým výkonovým požadavkům, které dieselová trakce není schopna efektivně přenést. Důležitou roli hrají i nižší provozní náklady, což umožňuje konkurenceschopnost se silniční nákladní dopravou. Nezanedbatelných energetických úspor a tím i snížení emisí CO<sub>2</sub> lze v nákladní dopravě dosáhnout nasazením dvouzdrojových elektricko-akumulátorových vozidel. Tato vozidla jsou vhodná na dopravní výkony, které by bez ohledu na plánovanou elektrizaci probíhaly i na dále ve většině případů v závislé trakci (např. staniční posun a manipulační vlaky).

Celkově lze konstatovat, že elektrizace tratí přispívá ke zvýšení kapacity železničních tratí, kdy zejména v osobní dopravě elektrická trakce přispívá k vyšší oběhové rychlosti (rychlejší rozjezdy). Především pak v osobní dopravě lze dosáhnout nezanedbatelných úspor výše zmíněnou rekuperací brzděné energie.

### **3. Vývoj elektrizace a výhled do budoucnosti**

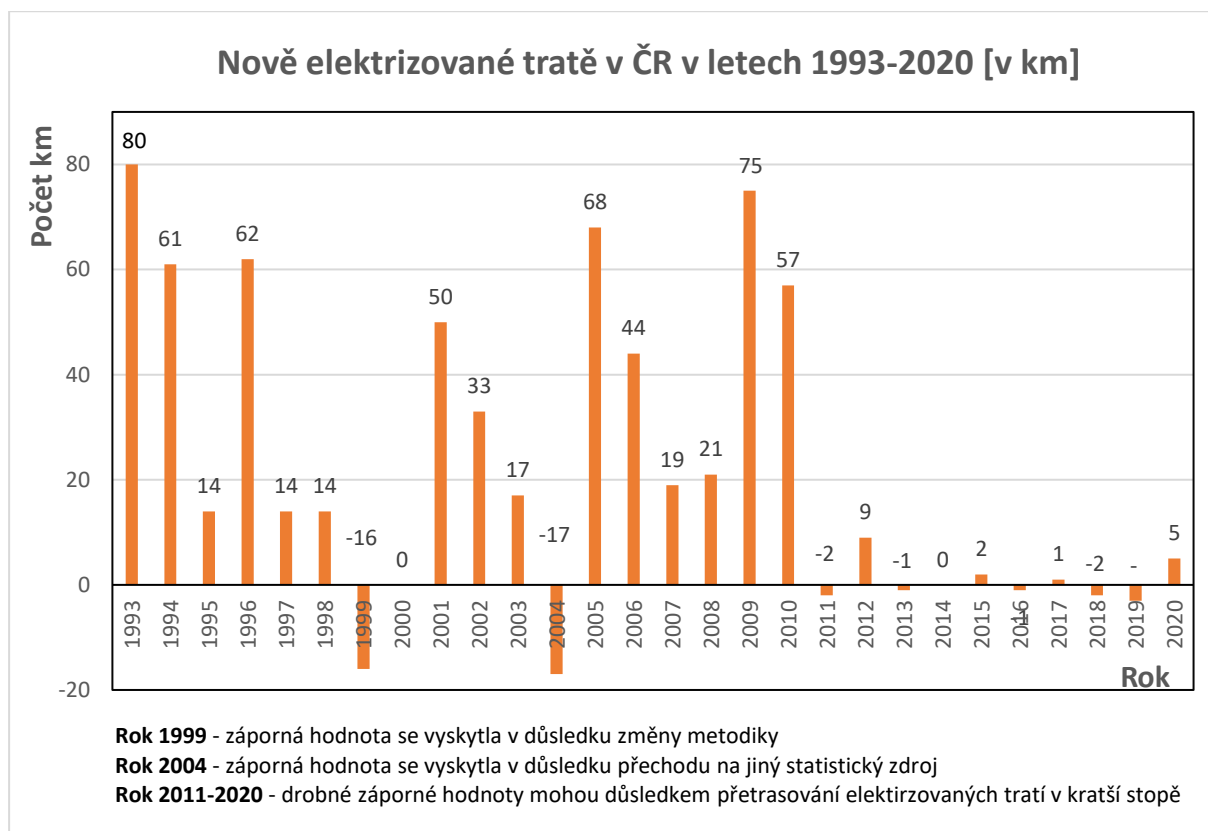
Vybudování elektrické trakce je zatíženo poměrně vysokými investičními náklady. Před zahájením realizace elektrizace je nezbytné provést detailní posouzení, zda je uvažovaná investice ekonomicky rentabilní. Bez detailních výpočtů, na základě dosavadních zkušeností z provozu lze pouze konstatovat, že realizace liniové elektrizace je vhodná na železničních tratích s vyšším dopravním a přepravním výkonem (jedná se např. o tratě s velkým objemem nákladní dopravy).

Po uvážení všech výše uvedených výhod elektrické trakce je žádoucí vytipovat a prověřit vhodné tratě k elektrizaci a v co nejkratším čase ji realizovat. V současnosti jde prakticky o jedinou možnost, jak konkurovat silniční dopravě a zároveň výrazně snížit produkci skleníkových plynů.

Ohlédnutím do historie elektrizace tratí v ČR je zřejmé, že masivní realizace elektrizace začala již v 50. letech 20. století rozvojem stejnosměrné soustavy DC

3 kV. Později v 60. letech se začala ve velkém měřítku prosazovat i střídavá trakce AC 25 kV, 50 Hz. Do současnosti byla elektrizována přibližně třetina železniční sítě ČR s délkou přes 3 200 km tratí.

Za 70 let systematické elektrizace připadá v průměru 45 km nově elektrizovaných tratí za rok. V následujícím grafu je zobrazen roční přírůstek nově elektrizovaných tratí od roku 1993. Z grafu lze jednoznačně vyčíst, že v poslední dekádě jsou roční přírůstky minimální, a to z různých důvodů (nedostatek financí, konverze elektrické trakce, územní průchodnost apod.).



Obrázek 1: Orientační roční přírůstek elektrizovaných tratí v ČR [1], [2], [3], [4]

Pro dosažení bezemisní železnice do roku 2050 prostřednictvím kombinace elektrické trakce a elektricko-akumulátorových vozidel bude nutné elektrizovat řadu celostátních a regionálních tratí. Dosažení tohoto cíle vyžaduje výrazně vyšší roční přírůstky elektrizace. To je nutné podpořit jednoznačnou prioritizací těchto stavebních akcí, zvýšením finanční i procesní podpory ze strany státu a v neposlední řadě rozšířením možností čerpání finančních prostředků z fondů EU.

#### 4. Výpočet produkce emisí CO<sub>2</sub> vlivem elektrizace

Následující část se detailněji zaměřuje na postup výpočtu produkce emisí CO<sub>2</sub>. Konkrétně pak na potenciál snížení uhlíkové stopy prostřednictvím liniové elektrizace a nasazením bezemisních elektricko-akumulátorových vozidel. Výpočet produkce emisí skleníkových plynů je ve studii zpracován na celou analyzovanou

sít, která čítá přes 120 celostátních a regionálních tratí. Výstupy jsou vztaženy jak k celku, tak i jednotlivě pro každou trať samostatně.

#### 4.1 Analyzované železniční tratě

Seznam analyzovaných tratí vychází z podkladů Správy železnic uvedených v mapě výhledové elektrizace z roku 2017. Ta představuje v současnosti nejaktuálnější oficiální návrh budoucí elektrizace z pohledu správce železniční infrastruktury. Všechny prověřované tratě jsou vyznačeny na následující mapě zelenou a oranžovou barvou.



Obrázek 2: Vyznačení tratí se schválenou SP elektrizace (zelená) a tratí k prověření (oranžová)

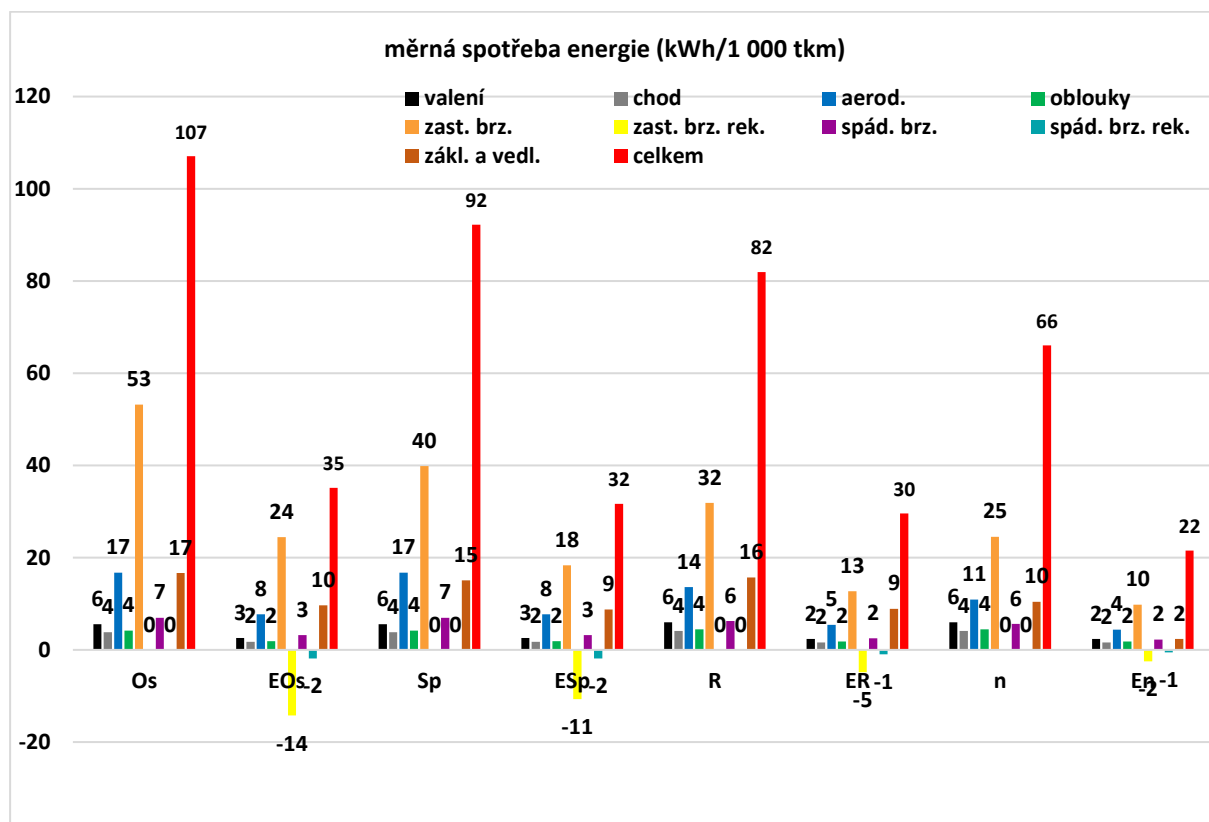
#### 4.2 Metodika a postup výpočtu

Pro analýzu tratí byla použita data o jízdách všech vlaků na vybrané železniční síti s nezávislou trakcí z databáze Správy železnic. Pro samotný výpočet měrné spotřeby energie byl sestaven matematický model, který zohledňuje různé kategorie osobních a nákladních vlaků. Model je proveden složkovou metodou se zahrnutím jednotlivých odporů, které při jízdě vlaku vznikají. Jedná se o valivý odpor, odpor neklidného chodu, aerodynamický odpor, odpor sklonu, odpor z oblouku, odpor zastavovacího brzdění a odpor spádového brzdění. [6]



Současně je také započtena základní a vedlejší spotřeba. V energetickém řetězci je uvažována jak účinnost trakčního pohonu, tak i účinnost vstupních zařízení vozidla. V případě elektrické vozby navíc i účinnost pevných trakčních zařízení v rozmezí vstup trakční napájecí stanice – sběrač vozidla. Je počítáno s rekuperací energie v míře tak, jak ji dovolují příslušná vozidla. Hodnota některých odporů se může lišit právě v závislosti na kategorii vlaku (Os, Sp, R, Mn, Pn+Nex), na charakteristice traťového úseku, případně i typu použitého hnacího vozidla. [6]

Na následujícím obrázku je graficky zobrazen vliv dílčích odporů na traťovém úseku Jaroměř – Trutnov.



Obrázek 3: Vliv dílčích odporů na celkový jízdní odpor. Modelový příklad pro traťový úsek Jaroměř – Trutnov.

### 4.3 Prognóza dopravního výkonu k cílovému roku 2030

Pro naplnění národních a mezinárodních cílů uvedených ve strategických dokumentech se ve studii předpokládá postupné převádění silniční nákladní dopravy na železnici, avšak s ohledem na kapacitní možnosti stávajících tratí. V tomto ohledu se ve studii uvažuje s plošným navýšením dopravních výkonů nákladní dopravy o 15 % k roku 2030. Výjimku tvoří tratě, kde byla stanovena individuální prognóza související s benefitem elektrizace trati pro nákladní dopravu, kterou provedlo sdružení ŽESNAD. Příčina tohoto navýšení spočívá ve výrazném zvýšení hospodárnosti, produktivity a atraktivity nákladní dopravy na vybraných tratích jejím převedením do elektrické vozby. V současnosti je proto

řada železničních tratí bez nákladní dopravy, kterou místo železnice zajišťuje v daném směru silniční doprava. V jiném případě jsou nákladní vlaky často vedeny po delší trase po přetížených elektrizovaných tratích.

Předpokládané navýšení dopravních výkonů se týká především kategorie ostatních vlaků (mezi které jsou ve studii zařazeny průběžné vlaky a nákladní expresy). Jedná se například o následující tratě:

- **Trať č. 331 Otrokovice – Vizovice:** Nárůst o 20 % (kontejnerové překladiště společnosti Metrans v obci Lípa).
- **Trať č. 310 Opava východ – Krnov:** Nárůst téměř na 3násobek současného dopravního výkonu (zatraktivnění průmyslové oblasti Slezska, přesun nákladní dopravy ze silnice na železnici).
- **Trať č. 071 Mladá Boleslav – Nymburk:** Nárůst o 40 % (výrobní závod automobilky Škoda Auto v Mladé Boleslavi). Dosavadní výkony realizované po trati č. 070 Mladá Boleslav – Všetaty by v případě elektrizace trati Mladá Boleslav – Nymburk byly navíc přesměrovány právě na tuto trať.
- **Trať č. 032 Jaroměř – Trutnov:** V případě elektrizace dojde k odlehčení silnice – přeprava štěpky pro elektrárnu Trutnov.

#### 4.4 Postup výpočtu energetické náročnosti

Pro každý traťový úsek je na základě jízdních odporů a oběhové rychlosti stanovena potřebná měrná energie v kWh/hrtkm pro jednotlivé druhy trakce a jednotlivé typy vlaků osobní a nákladní dopravy. Tato hodnota je nezávislá na konkrétním typu hnacího vozidla.

Pro každý traťový úsek jsou zadány dopravní výkony v hrtkm a vlkm a dále, dle prognóz nárůstu dopravy, vypočteny předpokládané objemy dopravy pro rok 2030. Výsledné hodnoty spotřeb jednotlivých typů vlaků ve variantách pro obě trakce jsou výsledkem vynásobení měrné spotřeby pro daný typ vlaku s jeho předpokládanými výkony v roce 2030.

Do výpočtu vstupuje také hodnota „podíl rekuperace“. Ta vyjadřuje procentuální hodnotu použití elektro dynamické brzdy (EDB). U kategorie osobních vlaků je tato hodnota 100 %, moderní elektrické jednotky EMU (se kterými se na nově elektrizovaných tratích počítá), brzdí výhradně rekuperační EDB brzdou a mechanická třecí brzda je využívána jen pro dobrzdění z velmi nízké rychlosti a pro zajištění stojícího vlaku. U ostatních kategorií vlaků se počítá s přibrzdováním ostatních typů brzd (mechanická, pneumatická). U rychlíků se ve výpočtu počítá s hodnotou 60 % a u nákladních vlaků s hodnotou 40 %. [6]

Další hodnotou vstupující do výpočtu je účinnost rekuperace. Tu lze stanovit mezi 67-70 %. Hodnota 67 % byla přiřazena ke kategorii osobní vlak, kde se zpravidla používají EMU, které mají o něco nižší účinnost rekuperace, než lokomotivy – těm je ve výpočtu přiřazena hodnota 70 %. [6]

## 4.5 Výpočet vyprodukovaných emisí

V této části příspěvku je popsán výpočet měrných emisí zvláště pro elektrickou a dieselovou trakci.

### Dieselová trakce

Měrná uhlíková stopa z motorové nafty je pro současný stav vypočtena na 0,266 kg/kWh. Do budoucna (v roce 2040) se však počítá se směsnou motorovou naftou s větším podílem biosložek až 10 % a tím by se mělo docílit snížení měrných emisí na hodnotu 0,239 kg/kWh. Do výpočtu je brána hodnota 0,253 kg/kWh dle roku 2030 s 5% podílem biosložek. [7]

### Elektrická trakce

Ze Státní energetické koncepce (MPO ČR 2015, schváleno usnesením vlády ČR č. 362/2015) byly převzaty hodnoty pro výhledovou spotřebu elektrické energie v ČR a energetický mix až do roku 2040. Ve výhledu se počítá s postupným navyšováním podílu bezemisní výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a jaderných elektráren ze současných cca 50 % až na hodnotu 71,6 %, čímž dojde k poklesu stávající hodnoty měrných emisí na 0,255 kg/kWh v roce 2040. Pro výpočet byla použita hodnota 0,443 kg/kWh dle výhledu pro rok 2030. [7]

## 4.6 Přehled a popis výsledků

Výstupem studie je tabulka s uvedením ročních hodnot klíčových ukazatelů. Ke každé analyzované trati je vypočtena:

- hodnota spotřebované energie v případě provozu dieselových vozidel
- hodnota spotřebované energie v případě provozu elektrických vozidel
- hodnota vyprodukovaných emisí v případě provozu dieselových vozidel
- hodnota vyprodukovaných emisí v případě provozu elektrických vozidel
- průměrná úspora rekuperací
- přibližná finanční úspora energie a emisí
- přibližné náklady na elektrizaci (v těchto nákladech je zohledněna i případná výstavba TNS)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
č.t. Druh vlaku	Trat'/úsek	Spotřebovaná energie D (2030) [kWh]	Spotřebovaná energie E (2030) [kWh]	Úspora energie [%]	Vyprodukované emise D (2030) [t]	Vyprodukované emise E (2030) [t]	Úspora emisí [%]	Úspora emisí [t/km]	Průměrná úspora rekuperací [%]	Předpokládaná nutnost výstavby TNS	Finanční úspora energie a emisí [mil. Kč]	Náklady na elektrizaci [mil. Kč]
032	Trutnov – Jaroměř	24 284 846	8 133 091	66,5	6 133	3 606	41,2	48,6	23	Ano	8	645
Os	Trutnov – Jaroměř	16 892 620	5 835 110	65,5	4 266	2 587	39,4	32,3	27	-	-	-
Nák	Trutnov – Jaroměř	7 392 227	2 297 981	68,9	1 867	1 019	45,4	16,3	15	-	-	-

Obrázek 4: Přehledová výsledná tabulka pro modelovou trať Jaroměř – Trutnov

## 5. Úspora emisí CO<sub>2</sub> vlivem modernizace vozového parku

Sdělení Evropské komise COM (2019) 640 (Green deal) stanovilo cíl ukončit do roku 2050 používání dopravních prostředků produkujících emise, tedy spalovacích motorů. Proto v současnosti není ekonomicky výhodné pořizovat nová vozidla používající k pohonu jen spalovací motor, neboť jejich ekonomická životnost skončí až po roce 2050. Vedle intenzivního programového rozvoje liniové elektrizace je proto potřebné řešit bezemisní vozbu i na neelektrizovaných tratích. Technický pokrok v oblasti zásobníků energie významně pokročil a jedna z nejvhodnějších možností, jak zajistit bezemisní provoz na neelektrizovaných tratích je právě využití dvouzdrojových elektricko-akumulátorových jednotek jak v osobní dopravě, tak i v dopravě nákladní.

Především by se mělo jednat o postupnou eliminaci používání dieselových vozidel jak na neelektrizovaných, tak i na elektrizovaných tratích. Například v nákladní dopravě zajišťují v ČR dieselová hnací vozidla roční dopravní výkon cca 3,5 mld. tkm na neelektrizovaných tratích a zhruba 2 mld. tkm na elektrizovaných tratích. Přitom doprava dieselových nákladních vlaků na elektrizovaných tratích zbytečně zvyšuje emise CO<sub>2</sub> až o 60 %.

Nízký podíl dopravních výkonů v dieselové trakci (8 %) u ČD Cargo se jeví na první pohled příznivý. Jedná se však i o aplikace, na kterých pracují dieselová vozidla energeticky velmi nevhodně. K traťovým výkonům je nutné přičíst výkony, které samy o sobě produktivní dopravou nejsou, ale tento proces podmiňují. Jde o vlakotvorný posun ve vybraných stanicích a další místní výkony - např. posun u manipulačních a vlečkových vlaků. Ujeté kilometry na těchto výkonech tvoří u dieselové trakce dalších více jak 30 % nad rámec dopravních výkonů. Z výše uvedeného vyplývá, že náklady na trakční naftu pro 8 % dopravních výkonů dopravce ČD Cargo tvoří přibližně 50 % nákladů na trakční elektrickou energii.

Velký efekt může přinést náhrada motorových hnacích vozidel na místních výkonech a na staničním posunu, kde postačí nižší instalovaný výkon hnacího vozidla, a naopak využití vyšší tažné síly, což je důležitý parametr pro rozjezdy. Ten má vliv na spotřebu paliva, neboť vysoce výkonné spalovací motory pracují v těchto režimech nevhodně.

Z pohledu osobní dopravy umožňuje použití elektricko-akumulátorových jednotek BEMU obsluhovat osobní dopravou jak elektrizované, tak i neelektrizované tratě. Na elektrizovaných úsecích se pohybují jako běžné elektrické vlaky a dynamicky zde dobíjejí akumulátory (případně staticky ve stanicích). Na zbylé části neelektrizované trati využívají energii uloženou v akumulátorech. V současnosti jsou schopny jednotky BEMU dosáhnout dojezdu 80 až 120 km – to ale úzce souvisí s energetickou náročností tratě. Liniová elektrizace se s provozem elektricko-akumulátorových vozidel vhodně doplňují a s rozvojem elektrizace se výrazně zlepšují možnosti nasazení těchto vozidel. [5]

## 5.1 Výpočet úspory emisí CO<sub>2</sub> na posunu k roku 2030

Pro výpočet snížení uhlíkové stopy vlivem nasazení dvouzdrojových elektricko-akumulátorových hnacích vozidel na posunu bylo využito dat získaných ze Sbírek oběhů vozidel ČD Cargo pro JŘ 2019/2020. Další nezbytná data pro výpočet se týkala posunů ve stanicích a jejich měřených dopravních výkonů.

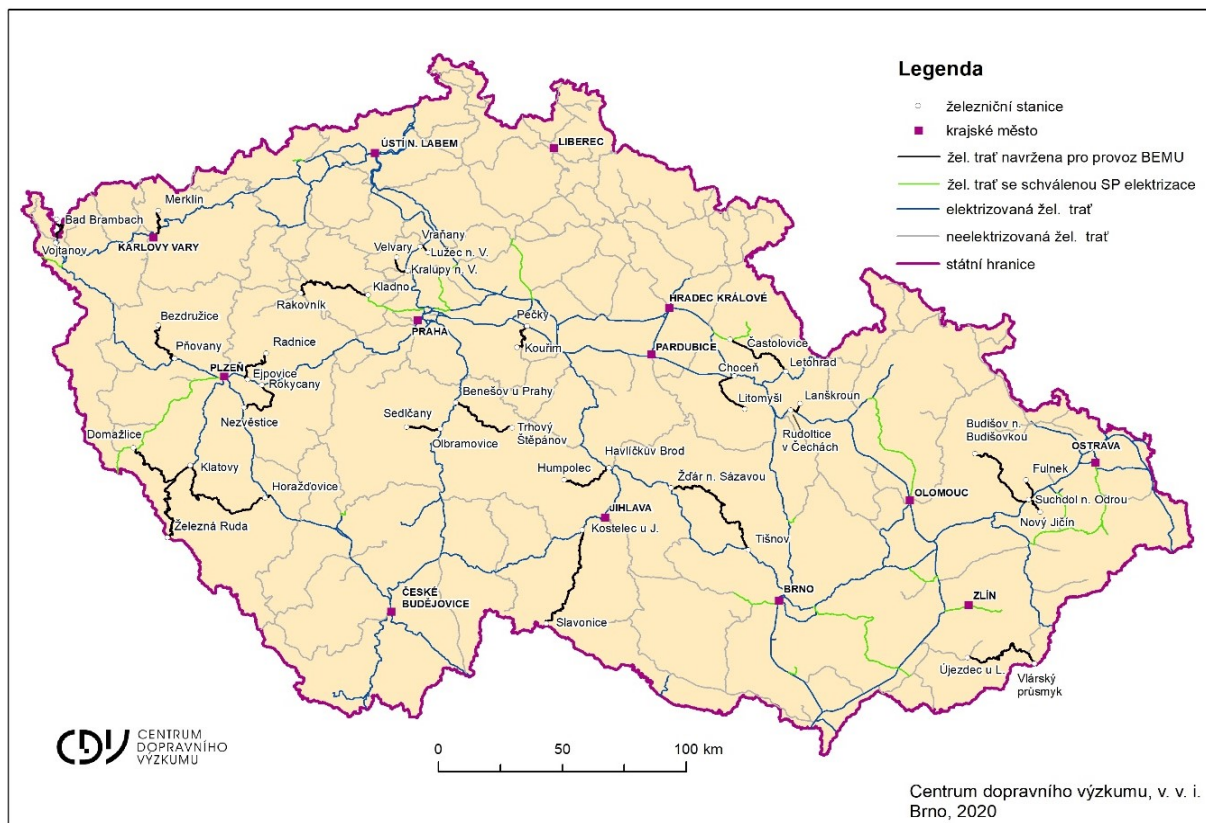
Vypočtený potenciál úspory energie k roku 2030 v úrovni 69 277 MWh/rok za stávajícího stavu elektrizace a potenciál úspory emisí CO<sub>2</sub> v úrovni 20 728 t představuje ideální stav, ke kterému se lze přiblížit kombinací aplikace různých technologií. Dle možností jednotlivých posunových pracovišť se může jednat o kombinaci liniové elektrizace, použití dvouzdrojových elektricko-akumulátorových nebo elektricko-dieselových vozidel. Poměrně vysokých hodnot úspory emisí CO<sub>2</sub> u dvouzdrojových vozidel lze dosáhnout právě eliminací volnoběžného provozu posunovacích hnacích vozidel. Ten představuje u dieselových vozidel nezanedbatelnou část spotřebované energie.

Pro výpočet snížení uhlíkové stopy nasazením dvouzdrojových vozidel u manipulačních vlaků byla rovněž využita data ze Sbírek oběhů vozidel ČD Cargo týkající se provozu manipulačních vlaků v průběhu prosince 2019 (dieselová vozba, HV řady 742 a 731) a dubna 2020 (elektrická vozba, HV řady 130,163 a 363). Potenciál úspory emisí CO<sub>2</sub> k roku 2030 zde byl spočten v hodnotě 2 140 t pro stávající stav elektrizace, respektive 4 586 t s výhledem po dokončení plánované elektrizace.

## 5.2 Výpočet úspory emisí CO<sub>2</sub> v osobní dopravě k roku 2030

Ve spolupráci se společnostmi ČD byly identifikovány regionální železniční tratě, kde se jeví jako vhodné nasadit dvouzdrojová elektricko-akumulátorová vozidla. Na základě dostupných údajů o dopravních výkonech byly vyčísleny úspory ve spotřebované energii a vyprodukovaných emisích CO<sub>2</sub>. Vytipovaných bylo 24 regionálních tratí vhodných pro nasazení elektricko-akumulátorových vozidel, které jsou vyznačeny na následujícím obrázku.

Vypočtený potenciál snížení emisí CO<sub>2</sub> dosahuje na všech analyzovaných tratích až 6 852 t CO<sub>2</sub> za rok. To představuje snížení emisní zátěže přibližně o 35 % v porovnání s dieselovým pohonem.



Obrázek 5: Trati vhodné pro provoz BEMU

Všechny hodnoty vypočtené pro cílový rok 2030 mají však potenciál dalšího růstu v následujících letech i pro roce 2030. Důvodem je postupné snižování měrných emisí pro výrobu elektřiny v elektrárnách, čemuž přispívá postupné navyšování podílu bezemisních zdrojů elektrické energie v energetickém mixu ČR.

## 6. Závěr

### Liniová elektrizace

Evropská unie dlouhodobě usiluje o zefektivnění dosavadního vývoje dopravy v osobní i nákladní dopravě především ve prospěch životního prostředí. Základní dokumenty (Bílá kniha, Green Deal) stanovují cíle, ke kterým by členské státy měly směřovat. Mezi ty nejvýznamnější pro rok 2030 patří např. převedení 30 % dálkové silniční nákladní dopravy na jiné druhy dopravy (v podmínkách ČR se jedná o železnici) a snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> z dopravy o 50 %. K naplnění těchto základních cílů může zásadním způsobem přispět právě rozsáhlá liniová elektrizace železniční sítě. Z výstupů studie vyplývají nesporné výhody elektrizovaných tratí (nižší provozní náklady, nižší uhlíková stopa nebo vyžití potenciálu rekuperace jako zdroje bezemisní elektřiny), které samy o sobě k naplnění cílů zásadně přispívají a zároveň vytváří prostor pro větší konkurenceschopnost železniční dopravy ve vztahu k silniční.

V případě, že by se podařilo elektrizovat všech 123 analyzovaných železničních tratí, došlo by na základě použité metodiky k celkové úspoře emisí až 80 286 t CO<sub>2</sub>/rok. Tuto hodnotu lze rovněž vyjádřit ve formě ušetřené elektrické energie, což představuje přes 500 GWh/rok. Takové množství ušetřené energie odpovídá přibližně veškeré vyrobené elektřině v ČR za 2 dny.

Potenciál snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> vlivem elektrizace nevzniká jen díky úspornějšímu provozu elektrické trakce, ale vzhledem ke zvýšení atraktivnosti železniční dopravy její elektrizací se předpokládá i přesun části silniční nákladní dopravy na železnici. Ve studii je proto uvažováno s navýšením dopravního výkonu železniční dopravy na většině předmětných tratí o 15 %. V roce 2030 to představuje na všech analyzovaných tratích celkem 657,9 mil. hrtkm. Dá se předpokládat, že tento objem dopravy se přesune ze silnice na železnici a tím lze uspořit cca 0,95 % emisí CO<sub>2</sub> vyprodukovaných těžkou silniční nákladní dopravou.

### **Dvouzdrojová vozidla**

Z provedených výpočtů lze vyvodit závěr, že výměnou hnacích vozidel nezávislé trakce za elektricko-akumulátorová dojde k nezanedbatelným úsporám v ušetřené energii. Zejména u staničních záloh je nemalá část zmařena volnoběžným provozem motorů a samotnou nízkou účinností přeměny energie obsažené v naftě na energii mechanickou. Zásadním přínosem je ale úspora emisí, která v případě osobní dopravy vychází v průměru 34,9 %.

V případě, že by se povedlo nahradit současná diesellová vozidla zajišťující dopravní obslužnost na regionálních tratích včetně nákladních manipulačních vlaků a vozidel vykonávajících posun v elektrizovaných stanicích, bylo by možné k roku 2030 dosáhnout celkových ročních úspor emisí CO<sub>2</sub> ve výši až 15 500 t.

Zkušenosti s provozem zejména v osobní dopravě jsou již v některých okolních státech Evropy. Obecně lze konstatovat, že dvouzdrojová elektricko-akumulátorová vozidla lze s vysokou užitnou hodnotou nasadit i na tratích, kde se ve výhledovém období zvažuje plná elektrizace. V době před elektrizací je možné v relativně krátkém časovém horizontu výrazně přispět k přechodu na bezemisní železnici nasazením těchto vozidel. Pro větší dojezdové vzdálenosti, které jsou za limity současných akumulátorů je možno jako náhradu za diesellová vozidla využít vozidla poháněná vodíkovými články. Z důvodu neekonomické přepravy vodíku je ale nezbytné uvažovat s budováním plnicích stanic vodíku v blízkosti jeho produkce. Vzhledem k jeho vysoké ceně je zároveň potřebné aktivní zapojení státu ve smyslu podpory vodíkových technologií v rámci přechodu k bezemisní a konkurenceschopné železnici.

## Poděkování

Tento článek byl financován prostředky Správy železnic v rámci projektu smluvního výzkumu s názvem „Ověření potenciálu snížení emisí CO<sub>2</sub> vlivem změny trakce a liniové elektrizace na železniční síti Správy železnic“.

## Literatura

- [1] Výroční zprávy 2004-2019. Správa železnic [online]. [cit. 2021-03-05].  
Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/publikace/vyrocní-zprávy>
- [2] Ročenky dopravy 1995-2003. SYDOD [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.sydos.cz/cs/rocenky.htm>
- [3] TIKMAN, Pavel; VACHTL, Martin. Rozvoj železniční sítě České republiky. Urbanismus a územní rozvoj, ročník III, číslo 5, 2010 [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: [https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2010/2010-05/08\\_rozvoj.pdf](https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2010/2010-05/08_rozvoj.pdf)
- [4] PELC, Jiří; PODHRADSKÝ, Jiří. Studie proveditelnosti změny trakce z DC 3 kV na AC 25 kV, 50 Hz v oblasti „Ostravsko a Přerovsko“. SUDOP Brno, 2019.
- [5] Pohl, J. Elektrická vozba na železnici a obnovitelné zdroje energie. Vědeckotechnický sborník ČD č. 44/2017. Elektrická vozba po [online]. [cit. 1.9.2020]. Dostupné na: [https://vts.cd.cz/documents/168518/195504/4415\\_Pohl\\_Elektrick%C3%A1+vozba+na+%C5%BEeleznici+a+obnoviteln%C3%A9+zdroje+energie.pdf/2234bb9a-deac-4b78-8ccd-8632001fc329](https://vts.cd.cz/documents/168518/195504/4415_Pohl_Elektrick%C3%A1+vozba+na+%C5%BEeleznici+a+obnoviteln%C3%A9+zdroje+energie.pdf/2234bb9a-deac-4b78-8ccd-8632001fc329)
- [6] Pohl Jiří, Siemens Mobility: Metodika výpočtu energetické a emisní náročnosti dopravních systémů, Praha, 2020.
- [7] IPCC (2006): IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. IPCC. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Iges. Japonsko.

## Lektorovali:

**Dr. Ing. Václav John,**

Správa železnic, státní organizace

**doc. Dr. Ing. Roman Štěrba, MBA,**

Fakulta dopravní ČVUT