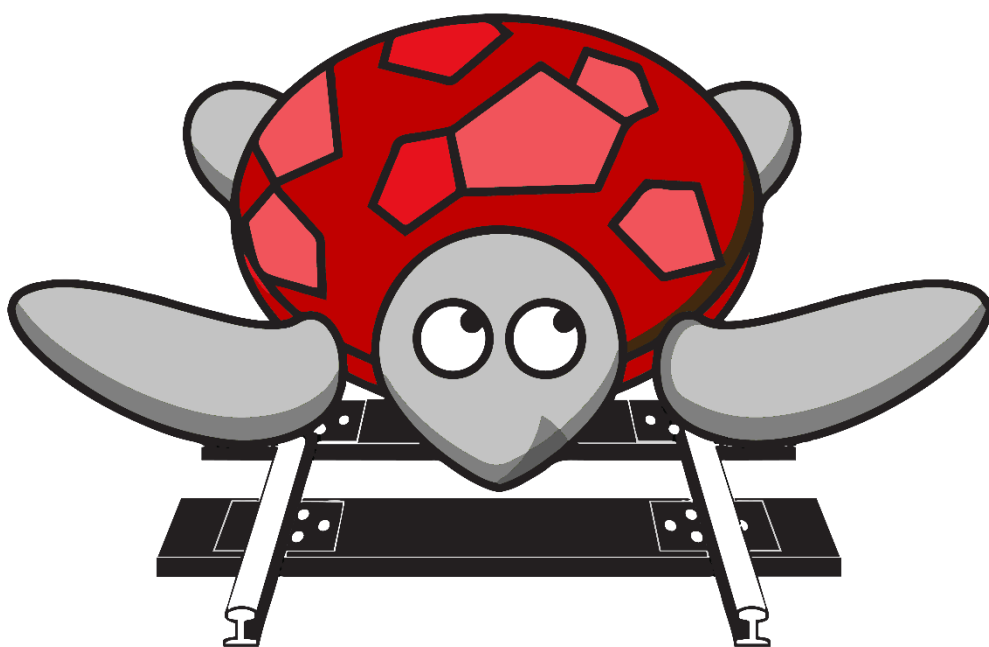


SBORNÍK STUDENTSKÉ VĚDECKÉ KONFERENCE
ŽELEZNIČNÍ VÝZKUMNÉ AKTIVITY

3. ročník

14. – 15. ZÁŘÍ 2021
ZRUČ NAD SÁZAVOU



ŽELVA 2021



Sborník příspěvků Želva 2021

Studentská vědecká konference
Železniční výzkumné aktivity

3. ročník

14. – 15. Září 2021

Zruč nad Sázavou

GARANT KONFERENCE / SUPERVISOR
doc. Ing. Martin Lidmila, Ph.D.

EDITOR SBORNÍKU / EDITOR
Bc. Magdalena Křečková

PŘÍPRAVNÝ VÝBOR KONFERENCE / ORGANIZING COMMITTEE
Ing. Ondřej Bret
Bc. Magdalena Křečková

POŘADATEL
Katedra železničních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 2077/7, Praha 6 – Dejvice, 166 29
mail: <http://kzs.fsv.cvut.cz>
tel. (+420) 224 355 460

Úvodní slovo

Vážení kolegové, přátelé, milí studenti,

právě držíte v rukou sborník 3. ročníku studentské vědecké konference nazvané "ŽELVA" - Železniční výzkumné aktivity, která je pořádána Fakultou stavební ČVUT v Praze, Katedrou železničních staveb.

Po prvních dvou ročnících pokračuje – i díky podpoře z grantového fondu ČVUT – tradice zářijové konference určené pro doktorandy, studenty a mladé akademické pracovníky z oboru kolejových staveb, drážní dopravy a příbuzných oborů. S potěšením lze konstatovat, že zájem o účast na konferenci, která se na konec mohla naštěstí konat v tradiční prezenční formě, neovlivnila ani nynější „doba covidová“ a kromě nás z akademické půdy, dorazili se podělit se svými zkušenostmi i naši vrstevníci z praxe. S potěšením tak lze říci, že ŽELVA už našla místo v našich diářích a lze ji po prvních ročnících považovat za etablovanou konferenci.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří na konferenci aktivně vystoupili se svým příspěvkem. Jak jsme viděli na místě, diskuze se rozběhla téměř o každém příspěvku, a všechny příspěvky lze označit za zajímavé a rozšiřující naše obzory, což je – v mých očích – jedním z hlavních poslání podobné konference. Kromě „klasických“ stavařských a dopravních témat jsme letos mohli nahlédnout i do problematiky návrhu a projednání tramvajové tratě v rozvojovém území, přes ochranu dalších účastníků provozu při střetu s kolejovým vozidlem, až například po otázky bezbariérových úprav ve vztahu k MHD. I když některým z nás časové vytížení nedovolilo napsat plnohodnotný několikastránkový příspěvek, jsou – jak uvidíte dále – uvedeny všechny příspěvky a témata prezentovaná na konferenci alespoň formou abstraktu.

V poslední větě bych rád poděkoval všem, kteří se podíleli nejen na organizování tohoto, ale i obou předchozích ročníků a doufám, že za rok v září se opět setkáme.

Ing. Ondřej Bret
hlavní organizátor konference ŽELVA
Katedra železničních staveb
Fakulta stavební ČVUT v Praze

Obsah – seznam příspěvků

Heller, Š. Současný stav vysokorychlostních tratí v USA	7
Kruntorád, J. Modely pěších proudů	19
Křečková, M., Bret, O. Porovnání tvrdosti tramvajových kol, kolejnic a kolejových konstrukcí	26
Okřinová, P. Bezbariérovost jako součást staveb veřejné dopravy ve městech	33
Petýrek, M., Horníček, L. Stanovení kritické rychlosti zemin v trase vybraných úseků VRT v České republice	44
Purkart, P. Zkouška citlivosti metody STEM modifikované pro prioritizaci přidělení kapacity dopravní cesty	53
Seidl, J. Kompatibilita tramvají při nehodě s osobními automobily	62
Velehrach, J. Železnice – příležitost pro přírodu	70

Současný stav vysokorychlostních tratí v USA

Bc. Štěpán Heller¹

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 - Dejvice

e-mail_1: stepan.heller@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Příspěvek se snaží ve stručnosti seznámit čtenáře se současným stavem vysokorychlostních tratí ve Spojených státech amerických. Snahou bylo představit řešenou problematiku jak z hlediska legislativy, tak na konkrétních příkladech vysokorychlostních tratí, ať už stávajících, připravovaných nebo výhledově uvažovaných, a to včetně historického a politického kontextu. Příspěvek vysvětluje rozdílné funkce železniční dopravy v USA oproti zemím EU a důsledky pro stavbu vysokorychlostních tratí v USA z toho plynoucí.

Klíčová slova

vysokorychlostní trať, Spojené státy americké, unitární železnice, Federální železniční úřad, Northeast Corridor, Acela Express

Current State of High-speed Rail in the United States

Abstract

The article tries to describe the current state of high-speed rail in the United States of America. The aim was to present the issues addressed both in terms of legislation and on specific examples of high-speed rail, whether existing, planned or prospectively considered; including the historical and political context. The article explains different functions of rail transport in the U.S. compared to EU countries, including the reasons and consequences for the realization of high-speed rail.

Keywords

high-speed rail, United States of America, unitary railway, Federal Railroad Administration, Northeast Corridor, Acela Express

1. Úvod

Vysokorychlostní železnice patří pro obyvatele velkého množství vyspělých zemí k běžnému prostředku osobní meziměstské a dálkové dopravy. Ve Spojených státech amerických tomu tak není, přestože při pohledu na mapu a vzdálenosti jednotlivých aglomerací mezi sebou by se mohlo zdát, že vysokorychlostní železniční doprava má v USA slušný potenciál prosadit se. V následujících odstavcích bude objasněno, že se nejedná o náhodu, ale o důsledek jak podmínek ustanovených již od prvopočátků budování americké železnice, tak série politických kroků z minulého století, které napomohly k utvoření rozdílného chápání železnice u místních obyvatel, než které známe my v Evropě.

2. Historie železnice v USA

Historie železniční dopravy ve Spojených státech amerických sahá do 1. poloviny 19. století. V té době přirozenou dopravní cestu tvořila lodní doprava, ta však měla jednu zásadní nevýhodu. Většina řek totiž teče směrem ze severu na jih, a tudíž lodní doprava nemohla být využita pro cesty z východu na západ. Vzhledem k tomu, že přeprava koňmi a povozy byla v té době velmi nebezpečná, hlásí se o slovo právě doprava železniční. [1]

2.1. Transkontinentální železnice

Projekt železnice spojující východní a západní pobřeží Spojených států amerických, později známý jako tzv. transkontinentální železnice, případně Pacifická železnice, dostal zelenou v roce 1862, kdy byl prezidentem Lincolnem vydán Zákon o železnici, tzv. Pacific Railroad Act. Ten určoval, že na stavbě první transkontinentální železnice se budou podílet nově založené společnosti Central Pacific a Union Pacific. Každá společnost měla roční podmínku položení 50 mil kolejí a při splnění podmínky dostala zapláceno za každou postavenou míli dle náročnosti stavby. Odměnou za splnění podmínky bylo také přenechání pozemků podél nově postavené trati společnosti, která úsek postavila.

První transkontinentální železnice celkové délky 3077 km byla uvedena do provozu v roce 1869 a zkrátila dobu cesty napříč Amerikou z šesti měsíců na týden. Trasa byla postupně propojena se stávajícími tratěmi a její konečná délka přesahovala 5600 km. Do konce 19. století byly vybudovány další dvě transkontinentální železniční tratě, na kterých byl stejně jako u první transkontinentální tratě uplatňován režim tzv. unitární železnice, tedy že společnosti, které trať postavily, se staly jejími vlastníky a podle zákona na trati fungovaly i jako dopravci.

Tratě Pacifické železnice byly stavěny s rozchodem koleje 1435 mm. Tento standardní anglický rozchod byl používán i na všech dalších drahách severních a západních, zatímco v jižních státech byl používán jižní rozchod koleje 1524 mm a v oblastech blízko hranic s Mexikem byl používán úzký

rozchod 914 mm. Do roku 1883 (jiné zdroje uvádí 1886) byla většina tratí v USA převedena na normální rozchod 1435 mm. [1] [2]

2.2. Železniční doprava v USA ve 20. století

Ještě v 90. letech 19. století probíhalo rozšiřování železniční sítě ve vysokém tempu. Už před první světovou válkou se dostavila první krize a až čtvrtina drah byla nucena přejít do konkurzu. Přesto ještě v roce 1916 přepravovala drážní doprava 77% meziměstské nákladní dopravy a 98% meziměstské osobní dopravy. Vstup Spojených států do první světové války v roce 1917 znamenal prudký nárůst zejména nákladní železniční dopravy, na který nebyly drážní společnosti kapacitně připraveny. Věci vzal do svých rukou prezident Woodrow Wilson, který dočasně do roku 1920 převedl všechny dráhy pod federální řízení.



Obr. 1. Mapa železniční sítě v USA v roce 1918, zdroj: Wikipedia [12]

Ve 20. letech 20. století začala zejména osobní meziměstské železniční dopravě růst konkurence v podobě dopravy automobilové, což mělo za následek úpadek meziměstské osobní železniční dopravy. Drážní společnosti na to zareagovaly změnou strategie a nabídku služeb směřovaly na osobní a nákladní dopravu velkých vzdáleností.

Druhá světová válka znamenala opět nárůst poptávky po železniční dopravě, ovšem 50. a 60. léta 20. století přinesla rapidní zhoršení situace. Vliv na to měla zejména politika čelních představitelů USA, ti na úkor železniční dopravy podporovali komerční leteckou dopravu a stavbu velkokapacitní mezistátní dálniční sítě. Alespoň malou ziskovost drážním společnostem přinášela nákladní doprava. Osobní doprava byla, až na pár

případů vytižených koridorů, ztrátová, ale zákon ukládal drážním společnostem povinnost nadále ji provozovat. Finanční ztráty pramenící z provozu těchto linek a poměrně malé finanční injekce ze strany státu zabraňovaly drahám provést větší modernizaci tou dobou již poměrně zastaralých tratí, což znemožňovalo šanci na opětovné zvýšení poptávky po železnici u obyvatel. Postupná modernizace tratí zahrnující aplikaci bezстыkových kolejí, zařízení na mechanizovanou údržbu trati a zvýšení bezpečnosti díky využití počítačů se tak protáhla až do konce 80. let 20. století.

V roce 1967 bylo založeno Národní sdružení železničních cestujících NARP, jehož cílem bylo lobování za zachování osobní železniční dopravy. Poslanci na úsilí sdružení příliš nereagovali, až krach železniční společnost Penn Central v roce 1970 u nich vzbudil větší rozruch. Reakce z kongresu přišla poměrně záhy vydáním zákona o železniční osobní dopravě, kterým byla zřízena národní společnost NRPC, jejíž náplní je dotování a dohled na provoz meziměstských osobních vlaků. O rok později vznikla federálně financovaná drážní společnost AMTRAK spadající pod NRPC, která převzala linky osobní železniční dopravy od 26 železničních společností. Trati zůstaly ve vlastnictví původních majitelů, kterým odpadla povinnost provozovat linky meziměstské osobní dopravy. Tyto kroky napomohly doslova k přežití osobní železniční dopravy ve Spojených státech amerických.

Obdobně kongres reagoval i na pokles u nákladní železniční dopravy v 70. letech 20. století. Vydání zákona o regionální železniční reorganizaci v roce 1973 a zákona o revitalizaci železnic o tři roky později, regulační reformy a ustanovení federální korporace Conrail, která pod sebe sdružila některé bankrotující drážní společnosti, dokázalo krizi zpomalit a pomohlo drahám k ekonomické stabilizaci v průběhu 80. a 90. let. I přes rozmach kombinované a kontejnerové dopravy tvořila v roce 1987 železniční doprava 36% meziměstské nákladní a 3% meziměstské osobní dopravy. [1] [3] [11]

3. Železniční doprava v USA dnes

Celková délka železniční sítě v USA je 228 tisíc km, rozchod koleje je normální 1435 mm. Většina drážních podniků si zachovala formu tzv. unitární železnice, tedy že jsou jak dopravci, tak vlastníky tratí. Přístup na trať vlastněnou jinou drážní společností je obvykle řešen individuální smluvní dohodou s vlastníkem trati, již několik let však probíhají debaty o vzniku zákona, který by definoval jednotné podmínky práv přístupů na dopravní cestu cizí železniční společnosti.

Osobní železniční dálkovou dopravu na území USA provozuje v současné době pouze společnost AMTRAK. V porovnání s jinými druhy dopravy je její podíl velmi zanedbatelný (0,1%), což je hlavní důvod každoroční vysoké ztrátovosti společnosti. Meziměstská a příměstská železniční doprava, na níž se podílí i jiné společnosti (např. ACE, Virgin Trains USA), je o něco využívanější, v kontextu jiných druhů dopravy se však stále jedná o podíl téměř zanedbatelný (méně než 1%).

Nákladní železniční doprava se v USA zásadně podílí na převozu uhlí a ropy. Vlaky pohybující se napříč zemí konkurují námořní přepravě Panamským průplavem. Vlakové soupravy se často skládají z více než sta vagónů, které jsou taženy až pěti lokomotivami najednou, případně jsou doplněny vloženými lokomotivami v soupravě. Přepravují nejčastěji kontejnery, které mohou být uspořádány i ve dvou vrstvách nad sebou na speciálních vozech. Neobvyklé nejsou ani přepravy silničních návěsů. V posledních 30 letech došlo k výraznému zefektivnění nákladní železniční dopavy. Výrazně byl zredukován počet tratí, zrušením málo užívaných tratí se délka sítě zkrátila téměř na polovinu a zvýšilo se využití hlavních tratí. Dále bylo možné zredukovat počet zaměstnanců, díky tomu se nákladní přeprava zlevnila, což zvýšilo poptávku na trhu. V současné době je podíl železnice na nákladní dopravě v USA 43%, pro srovnání v zemích EU je přibližně 8%. [3] [11]

4. Vysokorychlostní tratě

Zatímco v Evropě a Asii se obecně za vysokorychlostní trať považuje železniční dráha s traťovou rychlostí 250 km/h a větší u novostaveb a 200 km/h a větší u rekonstrukcí, v oficiálních dokumentech USA najdeme hned několik rozdílných definicí a pohledů na tuto problematiku.

Kodex zákonů Spojených států amerických definuje VRT (High-speed rail, zkráceně HSR) jako „železniční dopravu, u níž lze s rozumem očekávat, že dosáhne trvalé rychlosti přesahující 125 mph (200 km/h)“.

Americké ministerstvo dopravy je definuje jako „železniční dopravu s nejvyšší rychlostí 110 mph (180 km/h) až 150 mph (240 km/h) nebo vyšší“. Tuto definici pak mírně upřesňuje v následujícím rozdělení koridorů používaném zejména v projekční činnosti:

- **High-Speed Rail – Express:** přímá konkurence dálnic a komerční letecké dopravy, VRT spojující nejlidnatější velkoměsta vzdálená 320 – 965 km od sebe, s několika mezizastávkami, maximální rychlost nejméně 150 mph (240 km/h), provozní model trati s výhradním využitím pro vysokorychlostní jednotky, v koncových oblastech trati je přípustný model smíšeného provozu;
- **High-Speed Rail – Regional:** o něco méně frekventovaná VRT spojující populační centra vzdálená od sebe 160 – 800 km, s několika mezizastávkami, maximální rychlost 125 – 150 mph (201 – 240 km/h), kombinace provozních modelů s výhradním využitím pro vysokorychlostní jednotky a smíšeného provozu;
- **Emerging High-Speed Rail:** rozvoj koridorů o délce 160 – 800 km se silným potenciálem pro budoucí HSR Express nebo HSR Regional, nejvyšší rychlost až 90 – 110 mph (145 – 177 km/h), zcela smíšený provozní model;
- **Conventional Rail:** tradiční meziměstská osobní železniční doprava o délce více než 100 mil (160 km), nejvyšší rychlost 79 – 90 mph (127 - 140 km/h), na sdílené trati.

Federální železniční úřad (Federal Railroad Administration, FRA) ještě do roku 2008 popisoval vysokorychlostní trať jako trať, která umožňuje provoz rychlostí přes 95 mph (150 km/h). Od roku 2009 používá definici ministerstva dopravy i s rozdělením koridorů do jednotlivých skupin. Zároveň všechny železniční tratě dělí do tříd podle kvality trati. Třídy následně určují nejvyšší možnou rychlost jízdy na trati. Pro VRT připadají skupiny č. 8 a č. 9 (Class 8, Class 9):

Tabulka 1: Rozdělení tratí do tříd podle FRA s příslušnými nejvyššími rychlostmi jízdy

Označení třídy tratě	Rychlosti nákladních vlaků	Rychlosti osobních vlaků
Excepted	<10 mph (16 km/h)	nelze
Class 1	10 mph (16 km/h)	15 mph (24 km/h)
Class 2	25 mph (40 km/h)	30 mph (48 km/h)
Class 3	40 mph (64 km/h)	60 mph (97 km/h)
Class 4	60 mph (97 km/h)	80 mph (130 km/h)
Class 5	80 mph (130 km/h)	90 mph (140 km/h)
Class 6	110 mph (180 km/h)	
Class 7	125 mph (201 km/h)	
Class 8	160 mph (260 km/h)	
Class 9	220 mph (350 km/h)	

Jinou definici lze najít v Knihovně Kongresu. Ta definuje HSR jako „železniční dopravu s nejvyšší rychlostí jízdy vyšší než 150 mph (240 km/h)“ a také definuje pojem Higher-speed rail (někdy označována jako Almost high-speed rail, tedy v překladu Skoro vysokorychlostní trať) jako „železniční dopravu s nejvyšší rychlostí jízdy nižší než 150 mph (240 km/h) a zároveň vyšší než 80 mph (130 km/h)“. Stejnou definici používají i některé Rady vlád jednotlivých států, např. Texasu. Ale třeba Rady vlády států Minnesota a Oklahoma ji upravily a jako hranici mezi High-speed rail a Higher-speed rail určily rychlost 125 mph (200 km/h). [4] [5] [9]

4.1. Stávající VRT v USA

Jedinou tratí v USA, která na některých svých úsecích splňuje podmínky Federálního železničního úřadu pro klasifikaci HSR, je severovýchodní koridor (Northeast Corridor) o celkové délce 457 mil (735 km), který spojuje města Washington D.C. a Boston. Většina části trati splňuje spodní hranici HSR – Regional, dva úseky s možnou rychlostí až 160 mph (257 km/h) splňují HSR – Express. Současný vozový park s jednotkami Acela Express však neumožňuje jet rychlostí vyšší než 150 mph (240 km/h). Trať je elektrifikována, průběžně se na ni vystřídají tři různé střídavé trakce: 25kV

60Hz, 12,5 kV 60 Hz a 12,5 kV 25 Hz, mezi nimiž používané vlakové jednotky přepínají. Na čtyřkolejně trati klasické konstrukce s kolejovým ložem jezdí mimo vysokorychlostních jednotek Acela také konvenční vlaky. Jednotky Acela využívají pouze 16 vlakových stanic z celkového počtu 109 na koridoru.

V roce 2010 představila společnost AMTRAK, provozovatel osobní dopravy na koridoru a současně vlastník jednoho z jeho úseků, projekt na novou generaci vysokorychlostního severovýchodního koridoru. První fáze projektu spočívala v modernizaci některých úseků trati s cílem navýšení traťové rychlosti a formálně má být dokončena v roce 2022 nahrazením všech stávajících jednotek Acela novými jednotkami Avelia Liberty, které s maximální provozní rychlostí 160 mph (257 km/h) budou moci maximálně využít dispozice trati. V dalších letech má začít druhá fáze. Tou bude výstavba nové vysokorychlostní trati oddělené od stávajícího koridoru, což bude vyžadovat i výstavbu zcela nových železničních stanic. Trať bude umožňovat jízdu rychlostí až 350 km/h. Úsek z New York City do Washingtonu D. C. má být hotový v roce 2030, celá trať z Bostonu do Washingtonu D. C. má být dokončena v roce 2040.

Druhá fáze však může být pozdržena nejen covidovou krizí, ale také aktivitami společnosti Northeast Maglev, která v Kongresu vášnivě lobuje o doplnění severovýchodního koridoru o vysokorychlostní trasu na principu Maglev, tedy magnetické levitace. Ke konci roku 2021 má společnost představit studii této varianty pro úsek z Washingtonu D. C. do Baltimoru. [4] [9]

4.2. Přípravované VRT v USA

California High-speed Rail

V roce 2008 v referendu státu Kalifornie byla schválena Kalifornská vysokorychlostní trať (California High-speed Rail), která bude financována z veřejných peněz. Plánováním a stavbou dráhy byl pověřen úřad s názvem California High-Speed Rail Authority (CAHSR). Po dokončení výstavby bude CAHSR vlastníkem tratě a hlavním dopravcem, v prvních letech provozu mu s řízením provozu bude pomáhat společnost DB International USA patřící do koncernu Deutsche Bahn. Dvoukolejná trať klasické konstrukce s kolejovým ložem bude využívána i konvenčními vlaky, bude se tedy jednat o provozní model smíšený konvenční. Trať bude elektrifikována střídavou trakcí 25 kV 60 Hz a bude provozována rychlostí až 220 mph (350 km/h).

Stavba trati je rozdělena do dvou fází. Ve fázi 1 má být postavena trať dlouhá 840 km, která povede městy San Francisco, Los Angeles a Anaheim. Fáze 2 počítá s prodloužením hotové trati z fáze 1 o přibližně 460 km a to severně do Sacramento a jižně do San Diega. Celková délka Kalifornské vysokorychlostní tratě by tedy měla činit 1300 km.

Výstavba byla zahájena v lednu 2015 úsekem v Central Valley a pověřena jí byla společnost Cordoba Corporation. V současné době je ve výstavbě okolo 192 km tratě. První úsek dlouhý celkem 275 km spojující města Merced a Bakersfield s mezizastávkami ve městech Fresno a Kings-Tulare má být

uveden do provozu v roce 2029. Celá fáze 1 měla být optimisticky dokončena do roku 2033, nicméně již nyní je jasné, že tento termín se splnit nepodaří. Fáze 2 je v současné době ve stadiu tvorby projektové dokumentace. [9]

Brightline West

Vysokorychlostní trať Brightline West má propojit jižní část státu Kalifornie s městem Las Vegas v Nevadě. Jejím majitelem a zároveň hlavním dopravcem bude společnost Brightline, za níž stojí investiční společnost Fortress Investment Group. Na projektu s původním názvem XpressWest se finančně podílí také stát Kalifornie. Trať o délce 270 km má vést z Las Vegas do města Victorville, které se nachází nedaleko Los Angeles, jímž má vést California High-Speed Rail. Je zde tudíž šance na budoucí prodloužení Brightline West o přibližně 150 km a propojení dvou vysokorychlostních tratí. Jízdní soupravy mají dosahovat rychlosti až 200 mph (320 km/h). Výstavba měla být zahájena na jaře 2021 a dokončena v roce 2024. Podle posledních zpráv má ale společnost Brightline problémy s financováním a projekt Brightline West byl o rok odložen. [8] [9] [10]



Obrázek 2 Mapa California High-speed Rail a Brightline West, zdroj: CAHSR, dostupné na Pinterest [13]

Texas Central Railway

První myšlenky na vybudování vysokorychlostní tratě ve státě Texas vznikaly již v 90. letech 20. století. Tehdejší projekt na propojení tzv. Texaského trojúhelníku, tedy měst Houston, Dallas a San Antonio, byl

potopen v roce 1994 zejména díky silnému lobování letecké společnosti Southwest Airlines.

V roce 2012 oznámila soukromá společnost Texas Central Railway Company, že do roku 2024 hodlá vybudovat vysokorychlostní trať mezi městy Dallas a Houston. Na projektu se finančně podílí i japonská společnost Central Japan Railway Company, provozující systém Tokaido Shinkansen na trase Tokio – Osaka. Právě technologie vycházející ze systému Tokaido Shinkansen, konkrétně z jednotek N700 Series bude použita na této vysokorychlostní trati a společnost Central Japan Railway Company bude během prvních let pomáhat s řízením provozu.

V roce 2020 bylo výstavbou pověřeno sdružení firem vedené italskou společností Webuild SpA (dříve Salini Impregilo SpA), přičemž kontrakt byl oficiálně podepsán v červnu 2021. Provozovatelem nové dráhy budou španělské státní dráhy Renfe společně se španělským správcem drážní infrastruktury Adif. Výstavba by měla být zahájena nejpozději na jaře 2022 a zahájení provozu má proběhnout v roce 2026.

Dvoukolejná trať bude napájena střídavou trakcí 25 kV 60 Hz a vlaky se na ní budou pohybovat rychlostí 186 – 205 mph (299 – 330 km/h). Přibližně polovina trasy z celkové délky 390 km bude vedena po mostních konstrukcích. Vzhledem k inspiraci tohoto projektu japonskými vysokorychlostními technologiemi není vyloučeno, že se bude jednat o první vysokorychlostní trať v USA s konstrukcí na principu pevné jízdní dráhy. Napovídat by tomu mohl delší proces schvalování a připravování požadavků pro tento projekt ze strany Federálního železničního úřadu. Tyto spekulace zatím nebyly ani potvrzeny, ani vyvráceny. [6] [7] [9]

4.3. Výhledově uvažované VRT v USA

V předchozích odstavcích byly zmíněny vysokorychlostní tratě, u nichž je jejich vznik pravděpodobně už jen otázkou času. Ovšem nejsou to rozhodně jediné úseky, kde se uvažuje o VRT. V roce 2009 vydal Federální železniční úřad strategický plán rozvoje vysokorychlostních tratí v USA a o všech úsecích zmíněných v plánu proběhla minimálně diskuze, někdy bylo zadáno i vypracování studie. Současný stav několika vybraných tratí uvedených ve strategickém plánu shrnou následující odstavce.

Pacific Northwest Corridor je stávající 750 km dlouhý koridor propojující město Eugene v Oregonu s kanadským Vancouverem. Patří do kategorie higher-speed rail, v některých místech je trať navržena na maximální rychlost 125 mph (201 km/h), v současnosti tu však vlaky jezdí rychlostí nižší než 180 km/h. V roce 2018 byla státem Washington zafinancována studie „ultra high-speed rail“, vysokorychlostní trati z Portlandu do Vancouveru s rychlostí přepravy vyšší než 250 mph (400 km/h), která by byla postavena podél stávajícího koridoru.

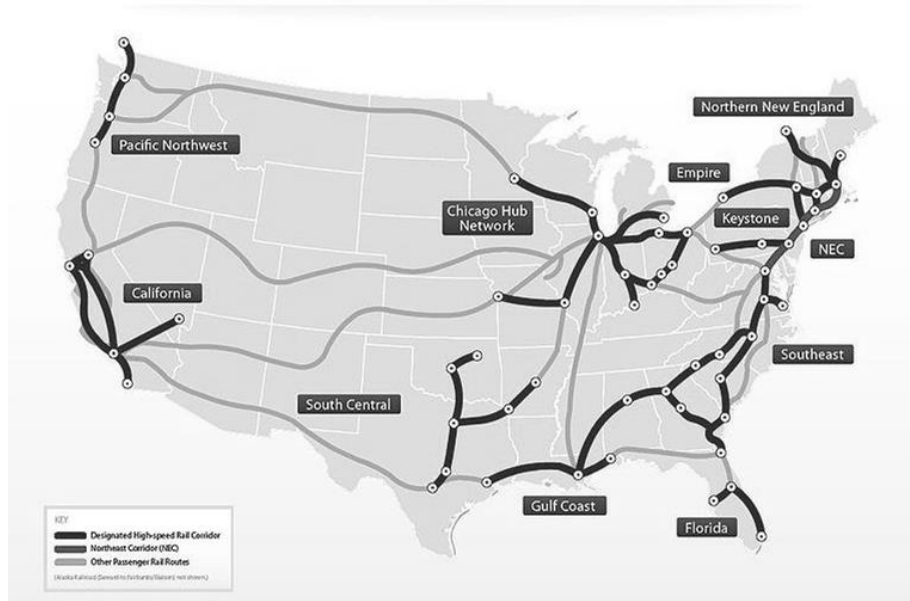
Florida High-Speed Corridor je nyní již zastavený projekt vysokorychlostní trati mezi městy Tampa a Orlando s výhledovým prodloužením do města Miami. Trať měla vést podél stávající dálnice a vlaky by se na ní pohybovaly

rychlostí až 186 mph (300 km/h). Mimo jiné stávající trať Miami – West Palm Beach na Floridě vlastní a provozuje společnost Brightline, zmíněná u projektu Brightline West, a ta výhledově plánuje prodloužení trati do města Orlando. V novém úseku by vlaky mohly jet až rychlostí 125 mph (201 km/h), tedy rychlostí na spodní hranici HSR Regional.

Southeast High-Speed Rail Corridor je projekt propojení stávajícího Northeast Corridor s budoucí vysokorychlostní tratí na Floridě, která byla zmíněna v předchozím odstavci. Projekt je v rané fázi projekční dokumentace. Byly navrženy studie se třemi variantami provozní rychlosti: 130 mph (209 km/h), 180 mph (290 km/h) a 220 mph (354 km/h). Preferovaná varianta zatím nebyla vybrána.

Chicago Hub Network je soubor několika navrhovaných konvenčních a vysokorychlostních tratí na středozápadě USA. Středobodem těchto tratí by mělo být město Chicago, které je již dnes hlavním uzlem osobní železniční dopravy a končí zde několik linek společnosti AMTRAK. Trati v okolí Chicaga mají být v nejbližší době modernizovány na rychlosti do 110 mph (180 km/h), o dalších budoucích modernizacích se zatím nerozhodlo. V některých zveřejněných plánech se hovoří o rychlostech na hlavních tratích v rozmezí 110 až 220 mph (180 až 350 km/h). [9]

VISION *for* HIGH-SPEED RAIL *in* AMERICA



Obrázek 3 Strategický plán rozvoje vysokorychlostních tratí v USA vydaný FRA v roce 2009, zdroj: Wikipedia [9]

5. Závěr

Spojené státy americké jsou oproti jiným vyspělým a bohatým státům ve stavbě vysokorychlostní železniční sítě velmi pozadu. Dáno je to hned několika faktory. Prvním je nízká poptávka po osobní železniční přepravě. Železnice je pro obyvatele USA spíše okrajovým způsobem dopravy, mnohem více využívají leteckou a automobilovou dopravu. Druhým faktorem je velice omezená možnost vzniku vysokorychlostní tratě modernizací stávajících tratí, jinými slovy téměř nutnost stavět novostavby tratí. Tento faktor je pozůstatkem historického vývoje železniční dopravy v USA, jehož následkem je nynější rozdrobenost vlastnictví stávající železniční sítě, kdy většinu tratí vlastní společnosti zajišťující nákladní železniční dopravu, u které je spíš než na rychlost kladen důraz na objem přepraveného nákladu. Současným majitelům tratí se tudíž finančně nevyplatí rekonstruovat tratě na rychlosti zajišťující vysokorychlostní přepravu.

V současné době (září 2021) je v USA jedna stávající trať splňující ve svých úsecích požadavky na vysokorychlostní tratě, jedna vysokorychlostní trať ve výstavbě a další dvě tratě, jejichž výstavba by měla začít v roce 2022.

Literatura

- [1] DE CET, Mirco; KENT Alan. Encyklopedie – Lokomotivy. Nakladatelství Rebo Productions CZ, 2007.
- [2] BAZALA, Jaroslav. Stavba první transkontinentální železnice aneb 23 000 km zajižďka přece není problém. Logistická akademie. [Online]. [Citace: 21. duben 2021.] <https://www.logisticaakademie.cz/blog/zajimave-projekty/stavba-prvni-transkontinentalni-zeleznice-aneb-23->
- [3] TOMEŠ, Zdeněk. Konkurence a výkonnost na evropských železnicích. Habilitační práce. Masarykova univerzita, 2014.
- [4] BALOUN, Jan. Vysokorychlostní tratě v USA. Seminární práce. Fakulta dopravní ČVUT v Praze, 2009.
- [5] SCHORUNG, Matthieu. High-speed Rail in the United States: An Original Model of Establishment. International Congress on High-Speed Rail. Technologies and Long Term Impacts, 2017.
- [6] Texas Central Railroad FAQ. Texas Central. [Online] Texas Central Railroad. [Citace: 24. duben 2021.] <https://www.texascentral.com/facts/>.
- [7] V USA vznikne soukromá trať pro rychlovlaky. Postaví ji Italové, japonské vlaky budou provozovat Španělé. Z Dopravy. [Online] Avizer Z, s.r.o., 13. říjen 2018. [Citace: 24. duben 2021.] <https://zdopravy.cz/v-usa-vznikne-soukroma-trat-pro-rychlovlaky-postavi-ji-italove-japonske-vlakou-budou-provozovat-spanele-17527/>.
- [8] Full speed ahead: Work on Las Vegas to Los Angeles high-speed rail expected to begin this year. The Points Guy. [Online] 21. duben 2021.

- [Citace: 24. duben 2021.] <https://thepointsguy.com/news/brightline-la-vegas-rail/>.
- [9] High-speed rail in the United States. Wikipedia. [Online] Creative Commons, 10. duben 2021. [Citace: 23. duben 2021.] https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_rail_in_the_United_States.
- [10] Brightline West. GoBrightline. [Online] Brightline. [Citace: 9. září 2021.] <https://www.gobrightline.com/west-coast-expansion>.
- [11] SOUŠEK, Radovan. Američané jsou ohleduplní řidiči. A na železnici nám ujeli. Trade news. Pardubice : Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, 26. duben 2019.
- [12] Železniční doprava ve Spojených státech amerických. Wikipedia. [Online] Creative Commons, 10. duben 2021. [Citace: 22. duben 2021.] https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_doprava_ve_Spojen%C3%BDch_st%C3%A1tech_americk%C3%BDch.
- [13] California bullet train headed first to San Jose. Pinterest. [Online] Pinterest Inc., 10. duben 2021. [Citace: 23. duben 2021.] <https://cz.pinterest.com/pin/331647960050242829/>.

Poděkování

Tento příspěvek vychází ze stejnojmenné seminární práce, za jejíž vedení autor děkuje doc. Ing. Haně Krejčířkové, CSc.

Modely pěších proudů

Ing. Bc. Jan Kruntorád¹

ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů
Konviktská 20, 110 00, Praha 1 – Staré Město
e-mail_1: krunjtjan@fd.cvut.cz

Abstrakt

Článek představuje vybrané matematické modely popisující pěší proud. Dále popisuje jejich základní členění dle úrovně detailu pohledu. V závěru jsou stručně popsány možnosti práce se softwarem SimWalk.

Klíčová slova

fundamentální diagram, model sociálních sil, pěší proud, SimWalk

Models of Pedestrian Flows

Abstract

The paper introduces some of the mathematical models of pedestrian flow. Their classification by level of detail is set. Finally, the possibilities of SimWalk software are described.

Keywords

fundamental diagram, social force model, pedestrian flow, SimWalk

1. Úvod

Ve 2. polovině minulého století započaly výzkumy na téma popisu zákonitostí pěších proudů. Jejich pochopení je důležité pro účelné plánování a navrhování zařízení pro pěší dopravu, jakými jsou např. komunikační plochy na veřejném prostranství, v dopravních terminálech či v obchodních domech. Simulační nástroje, které umožňují zkoumání pěších proudů za různých podmínek, pracují s matematickými modely. Následující kapitola představí vybrané takové modely.

2. Dělení modelů

Podle úrovně detailu rozlišujeme modely na makroskopické, mikroskopické a mezoskopické.

V makroskopickém měřítku se na proud pohlíží jako na jeden celek, aniž by byly rozlišeny jednotlivé entity. Makroskopický výzkum se původně věnoval pohybu silničních vozidel, ze kterého se postupně vyvinuly modely pěšího proudu. Výsledkem makroskopických modelů jsou jednak matematické vztahy mezi základními dopravními charakteristikami, jednak matematické modely popisující pohyb pěšího proudu.

V úrovni mikroskopické je pozornost soustředěna na jednotlivé účastníky proudu a jejich interakce. O vývoj mikroskopického modelování se ve značné míře zasadil rozvoj výpočetní techniky, když se staly dostupnými rychlejší a automatizovaný sběr a zpracování dat.

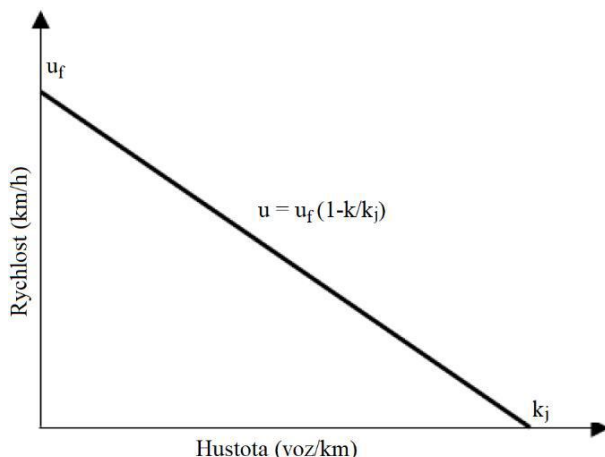
Mezoskopické modely kombinují vlastnosti makroskopických a mikroskopických modelů. Popisují dopravní proud a zároveň rozlišují jednotlivce, ale už neřeší jejich vzájemné interakce.

2.1. Fundamentální diagramy

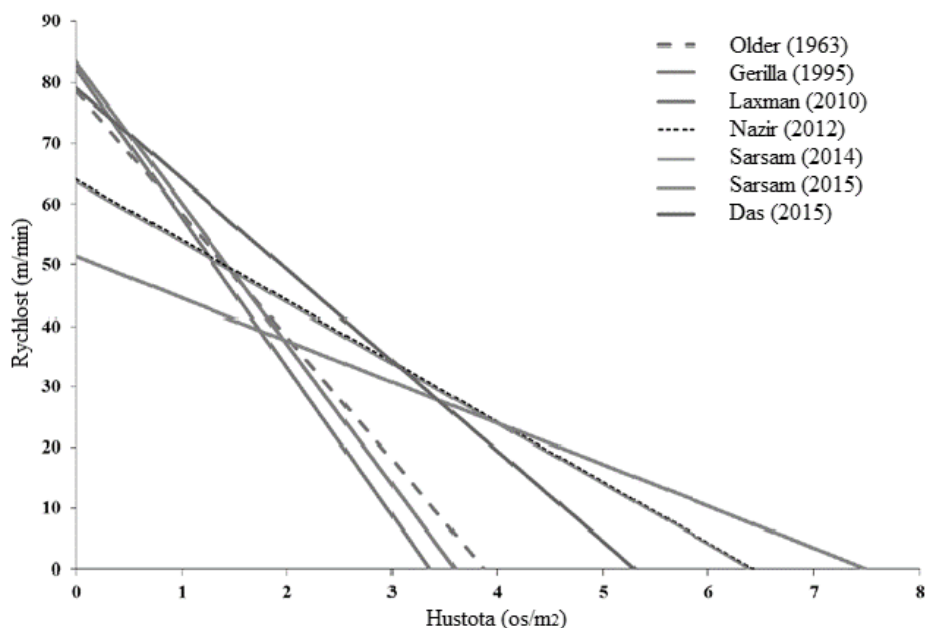
Charakteristiky pěšího proudu jsou makroskopické veličiny pro sdružené skupiny chodců. Rozlišujeme základní veličiny:

- rychlost u [m/s];
- proud q [os/m·s];
- hustota k [os/m²];
- rychlost volného proudu u_f [m/s];
- hustota při kongesci k_j [os/m²].

Vztahy mezi veličinami rychlost – intenzita – hustota jsou vyjádřeny fundamentálními diagramy. Základním modelem vyjadřujícím lineární vztah mezi rychlostí a hustotou proudu silničních vozidel, ze kterého vychází i mnohé modely pěšího proudu, je Greenshieldsův model [1], viz Obr. 1.



Obr. 1. Greenshieldsův model závislosti rychlost – hustota.

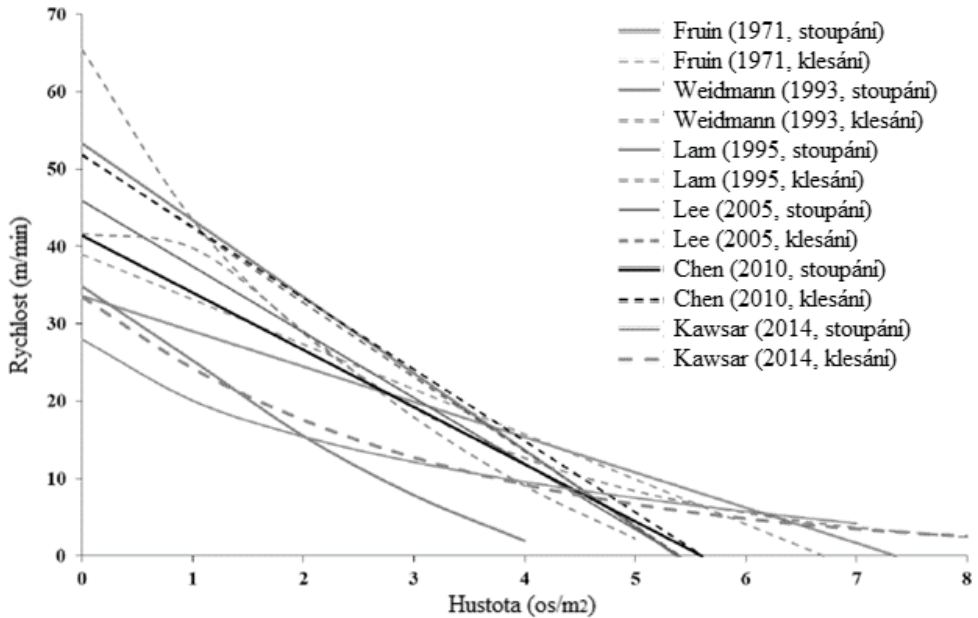


Obr. 2. Srovnání modelů rychlost-hustota na chodnicích.

Schodiště a eskalátory jsou zařízení, která umožňují pěším změnu výškové úrovně. Na rozdíl od výtahů neumožňují pohyb v ryze vertikálním směru, ale současně také ve směru horizontálním. Schodiště umožňují snadný pohyb jen určité části společnosti (obecně jedincům s dostatečnou fyzickou zdatností), eskalátory toto omezení stírají a pohyb na nich je možný pro širší základnu společnosti (tedy včetně jedinců s horší mobilitou).

Zkoumání pohybu na schodištích se nejčastěji zaměřuje na rychlost, pohlaví a věk. Z hlediska směrovosti rozlišujeme pohyb jednosměrný (buď všichni pouze stoupají, nebo všichni pouze klesají) a dvousměrný (část chodců stoupá a část klesá).

Závislost mezi rychlostí a hustotou při stoupání a klesání na schodech zobrazuje Obr. 3, který zároveň také srovnává hodnoty zjištěné několika autory. Rozpětí hodnot naměřených při neovlivněném pohybu (hodnota hustoty se limitně blíží k nule) je značné jak při stoupání (27–54 m/min), tak při klesání (34–65 m/min). Při klesání si pěší udržují větší odstup, aby snížili riziko kontaktu s lidmi před nimi a případného pádu dolů, na základě tohoto principu je hodnota hustoty při kongesci k_j pro klesání nižší než pro stoupání. Příčinu vyšší rychlosti chůze při klesání lze hledat ve vyšší potenciální energii jedince, a tedy nižším vynaloženým úsilím pro cestu z místa výše položeného do níže položeného.



Obr. 3. Srovnání modelů rychlost-hustota na schodištích.

2.2. Model sociálních sil

Jedním z nejrozšířenějších mikroskopických modelů pěšího proudu je model sociálních sil, který byl představen v roce 1995 Dirkem Helbingem a Péterem Molnárem [3]. Tento model popisuje pomocí matematických vztahů vlivy, které na chodce při jeho pohybu působí. Podkladem pro stanovení zákonitostí chování pěších proudů byla empirická pozorování a sociální studie. Poloha chodce α v prostoru dána silou $f_\alpha(t)$, která určuje trajektorii jeho pohybu. Tuto sílu lze podle Pöschla [4] rozložit na jednotlivé složky:

$$f_\alpha(t) = f_\alpha^0 + f_{\alpha B} + \sum_{\beta} f_{\alpha\beta} + \sum_i f_{\alpha i}(t) + \varphi_\alpha(t)$$

Složka f_{α}^0 vyjadřuje motivaci chodce pro přesun z výchozího do cílového bodu. Chodec se pohybuje základní rychlostí danou jeho anatomickými a fyziologickými vlastnostmi, přičemž v důsledku různých okolností dochází k odchylkám od této rychlosti.

Snahu chodce udržovat si odstup od pevných překážek (např. stěny, sloupy) nebo hranic pochozího prostoru (např. hrana nástupiště) tak, aby nedošlo k jeho zranění, představuje složka $f_{\alpha B}$. Čím blíže je chodec překážce B , tím více se cítí při chůzi nepohodlně a snaží se jí vyhnout.

Třetí složka $\Sigma_{\beta} f_{\alpha\beta}$ představuje udržení odstupů od ostatních chodců β . Důvodem je snaha nenarušit osobní prostor a neovlivnit rychlost chůze. Velikost této síly není do všech směrů stejná, protože chodec potřebuje pro svůj pohyb volný prostor zejména před sebou, méně po stranách a prostor za sebou vnímá pouze minimálně.

Složka $\Sigma i f_{\alpha i}(t)$ zohledňuje sociální síly působící na chodce a popisuje určitou samovolnou organizaci skupiny chodců. Pokud se některý účastník skupiny od zbývajících částí skupiny odchýlí, například vlivem přitažení pozornosti ke konkrétnímu objektu (navigační cedule apod.), snaží se k nim následně připojit zpět. Oproti druhé a třetí složce se jedná o sílu přitažlivou, navíc s větším dosahem.

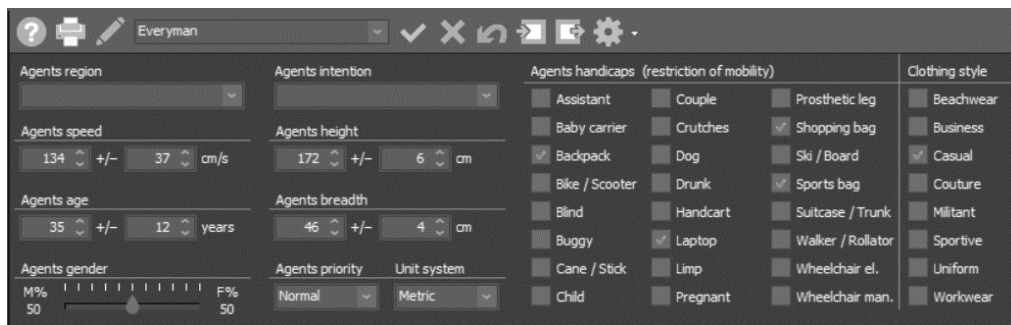
Poslední složka $\varphi_{\alpha}(t)$ reprezentuje náhodnou složku, která zohledňuje individualitu v chování každého jedince.

3. SimWalk

SimWalk je specializovaný software na mikrosimulaci pěšího pohybu od švýcarského výrobce Savannah Simulations AG. Nabízí dva výpočetní přístupy – model sociálních sil a metodu nalezení nejkratší cesty – simulace však probíhá vždy s jediným přístupem. V úvodních krocích je třeba definovat prostředí simulace, které lze importovat z externích souborů BIM/CAD/GIS nebo vytvořit přímo v prostředí SimWalk. Pro změnu výškové úrovně lze nadefinovat schody, eskalátory a výtahy.

SimWalk nabízí přednastavené profily (sady vlastností osob), které jsou běžně použitelné, například každodenní dojíždění, obchodní cesta, volný čas, nakupování, cestování nebo kulturní událost. Kromě toho umožňuje nastavení jednotlivých vlastností pěších, například:

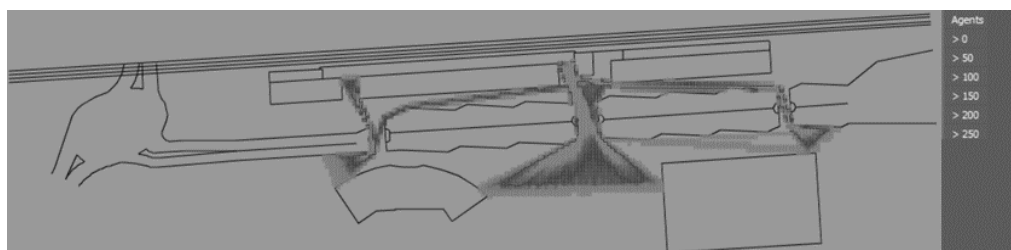
- rychlost pohybu (střední hodnota včetně směrodatné odchylky),
- věk (střední hodnota včetně směrodatné odchylky),
- výška (střední hodnota včetně směrodatné odchylky),
- šířka v ramenech (střední hodnota včetně směrodatné odchylky),
- podíl mužů a žen,
- omezení pohybu (těhotná žena, stav opilosti, nesení nákupních tašek a zavazadel, užívání berlí, chodítka, hole nebo invalidního vozíku).



Obr. 4. Nastavitelné parametry jednotlivců v software SimWalk Transport 5.2. (zdroj: [5])

Po dokončení simulace lze vytvářet statistické výstupy, a to jak v podobě datových matic, tak i grafických reprezentací výstupů, například:

- mapa se změnou rychlostí osob,
- mapa intenzit využití plochy (heatmapa),
- mapa hustot, resp. úrovně kvality pěší dopravy.



Obr. 5. Grafická vizualizace využití plochy (heatmapa) v software SimWalk Transport 5.2. (zdroj: [5])

4. Závěr

Aplikace modelů do simulačních nástrojů umožňuje zkoumat závislosti parametrů dopravní infrastruktury a jedinců na chování pěšího proudu. Vytvořením samotného modelu výzkum nekončí, dále je třeba se věnovat kvalitě vstupních dat a kalibraci modelu. Jedině tak lze dospět k realistickým výsledkům simulací.

Literatura

- [14] GREENSHIELDS, Bruce, J. BIBBINS, W. CHANNING a H. MILLER. A study of traffic capacity. Highway Research Board Proceedings. 1935, 14(1), 448-477.
- [15] BANERJEE, Arunabha, Akhilesh MAURYA a Gregor LÄMMEL. Pedestrian flow characteristics and level of service over different pedestrian facilities. In: Collective Dynamics: A17. Forschungszentrum

Jülich, 2018, , s. 1-52. ISSN 2366-8539. Dostupné z:
doi:10.17815/CD.2018.17

- [16] HELBING, Dirk a Péter MOLNÁR. Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E. American Physical Society*, 1995, 51(5), 4282-4286. ISSN 1063-651X. Dostupné z:
doi:10.1103/PhysRevE.51.4282
- [17] PÖSCHL, David a Lukáš TÝFA. Simulační modely pěších proudů. *Perner's Contacts*. 2011, 6(1), 249-255, 437 s. Dostupné také z:
<https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/801>.
- [18] SAVANNAH SIMULATIONS. *SimWalk Transport 5.2 [software]*. [cit. 2021-08-31].

Poděkování

Tento příspěvek byl realizován za podpory Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze v rámci projektu č. SGS20/137/OHK2/2T/16 „Chování pěších v terminálech VHD a na přístupových komunikacích k nim“.

Porovnání tvrdosti tramvajových kol, kolejnic a kolejových konstrukcí

Bc. Magdalena Křečková¹, Ing. Ondřej Bret²

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 - Dejvice

e-mail_1: magdalena.kreckova@fsv.cvut.cz,

e-mail_2: ondrej.bret@@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Poměr tvrdosti ve vztahu kolo-kolejnice ovlivňuje mimo jiné i deformace jak kolejnic, tak kol. Což dále ovlivňuje provoz tramvajových tratí a tramvajových vozů. Příspěvek představuje výsledky měření tvrdosti kolejnic, kolejových konstrukcí a tramvajových kol.

Klíčová slova

Tvrdost, tramvajové kolo, kolejnice

Comparison of hardness of tram wheels, rails and rails structures

Abstract

Relations between tram wheel and rail influence deformations both of them (rail as well tram wheel). Tram lines and tram are affected by this relations. The paper presents the results of measuring the hardness of rails, track structures and tram wheels.

Keywords

Hardness, tram wheel, rail

1. Úvod

Tvrdot je jednou z mechanických vlastností materiálů, která vyjadřuje odpor, který materiál klade proti vnikání cizího tělesa do povrchu zkoušeného materiálu. Tato charakteristika je také klíčová pro kovy a v železničním stavitelství je klíčová především pro kolejnice a kola, a to hlavně ve vztahu problematiky styku kolo – kolejnice. Z hlediska tvrdosti je pro vztah kolo – kolejnice důležitý poměr tvrdosti kolejnice a kola, resp. pojížděných částí těchto prvků. Tento poměr ovlivňuje mimo jiné i ojetí a deformace jak kolejnic, tak kol, což má dále také vliv na údržbu jak kolejnic, tak kol.

2. Měření tvrdosti

Stanovit tvrdost lze obecně 3 způsoby – metodami vrypovými, vnikacími a odrazovými. [2],[3] Během metod vrypových se rýpe do povrchu látky jinou látkou, obvykle tvrdou čepelí nebo diamantovým hrotem. V metodách vnikacích se do povrchu látky vtlačuje určitou silou jiné těleso – obvykle kulička, kužel nebo jehlan (toto těleso je přesně definované a je z tvrdého kovu nebo z diamantu). V metodách odrazových se měří hodnota odskoku určitého tělesa spuštěného na povrch měřeného materiálu z určité výšky nebo určitou rychlostí.

K měření pro tuto práci byl využit tvrdoměr KT-C (viz Obr.1). Tento přístroj je určen k měření tvrdosti:

- všech typů ocelí, litin a barevných kovů;
- konstrukčních a uhlíkatých ocelí;
- dalších materiálů – za předpokladu kalibrace přístroje na kontrolních vzorcích nebo měrkách.



Obr. 1 Tvrdoměr KT-C

Tvrdoměr je určen k měření tvrdosti a meze pevnosti σ . Mez pevnosti měřena nebyla, protože není klíčová pro další práci. Byla tedy měřena pouze tvrdost, pro kterou byla využita odrazová metoda.

Přístroj je dovoleno používat při teplotě okolního prostředí 0 – 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu do 98% při teplotě 35 °C. Tyto podmínky byly splněny při všech provedených měřeních.

K přístroji je možné připojit několik sond, které se od sebe liší především energií úderu. V rámci tohoto měření byla využita sonda G. Tato sonda má zvětšený úderník a zvýšenou energii úderu pro měření tvrdosti masivních dílů. Minimální tloušťka kovu proto musí být minimálně 10 mm, což bylo splněno při všech provedených měřeních.

Vzhledem k použité sondě byla použita stupnice tvrdosti HLG, což je jedna ze základních stupnic tohoto přístroje. Rozsah měření tvrdosti při použití této stupnice při měření nelegované oceli, nízkolegované oceli, korozivzdorné oceli a dalších ocelí je 0 – 1000 HLG. Hranice základní přípustné absolutní odchylky měření tvrdosti nelegované oceli, nízkolegované oceli, ocelolitinu při použití základní stupnice při výpočtu průměrné hodnoty s počtem měření nejméně na 10 měřkách tvrdosti jsou uvedeny v Tab. 1.

Tabulka 2: Hranice přípustné relativní odchylky tvrdoměru KT-C

Typ sondy G	Rozsah měření	Přípustná relativní odchylka
	100 - 450 HLG	± 4,0%
	450 - 600 HLG	± 3,0%
	Více než 600 HLG	± 2,0%

Měření bylo provedeno na několika kolejových konstrukcích v tramvajové síti a dále na několika jízdnicích plochách tramvajových kol.

2.1. Výsledky měření

Celkem bylo provedeno 50 měření z toho 16 měření na vozech a 34 měření na kolejových konstrukcích v tramvajové síti. Výsledky měření jsou uvedeny v následujících tabulkách a jsou rozděleny dle jednotlivých typů konstrukcí, na kterých bylo měření provedeno.

Tabulka 2: Výsledky měření tvrdosti – kolejnice

Č. měření	Kolejnice	Místo měření	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření			
				abs.	%	HLG			
1	v oblouku	hlava	459	12	2,6	446	460	470	
2	v přímé	hlava	494	13	2,6	489	513	491	484
3	v přímé	hlava	524	2	0,4	522	526	525	
4	v přímé	hlava	515	5	1,0	512	513	521	

Tabulka 3: Výsledky měření tvrdosti – jazyk výhybky

Č. měření	Jazyk	Místo měření	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření			
				abs.	%	HLG			
1	pružný	hrot	603	5	0,9	597	604	607	
2	pružný	hrot	602	15	2,5	584	611	610	
3	pružný	hrot	441	3	0,6	438	442	443	
4	pružný	hrot	464	5	1,1	470	465	460	459
5	pružný	kořen	575	7	1,2	581	568	577	
6	pružný	kořen	456	6	1,3	462	450	456	
7	čepový	hrot	414	9	2,2	424	406	413	
8	čepový	hrot	400	8	2,0	396	394	409	
9	čepový	hrot	476	7	1,5	468	481	480	

Tabulka 4: Výsledky měření tvrdosti – srdcovka

Č. měření	Srdcovka	Místo měření	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření			
				abs.	%	HLG			
1	konstrukce	pojížděná plocha	466	13	2,9	472	451	476	
2	konstrukce	pojížděná plocha	472	8	1,8	469	481	462	477
3	konstrukce	pojížděná plocha	492	13	2,6	507	483	487	
4	hrot	pojížděná plocha	451	6	1,2	445	451	456	
5	hrot	pojížděná plocha	471	7	1,4	461	474	473	475
6	hrot	pojížděná plocha	474	1	0,1	475	474	474	
7	hrot	pojížděná plocha	545	10	1,8	543	556	537	
8	hrot	pojížděná plocha	501	7	1,4	496	499	509	

Tabulka 5: Výsledky měření tvrdosti – žlábek

Č. měření	Žlábek	Místo měření	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření			
				abs.	%	HLG			
1	kolejnice	dno	388	8	2,0	397	386	382	
2	kolejnice	dno	314	23	7,5	331	287	323	
3	kolejnice	dno	569	17	3,0	588	555	563	
4	srdcovka	dno	668	12	1,8	680	666	652	672
5	srdcovka	dno	680	9	1,3	678	689	672	
6	srdcovka	dno	541	12	2,3	544	527	551	
7	srdcovka	dno	516	26	5,1	504	553	514	493
8	srdcovka	dno	664	6	0,9	661	671	660	
9	srdcovka	dno	649	89	13,8	710	630	724	530

Tabulka 6: Výsledky měření tvrdosti – dilatace

Č. měření	Dilatace	Osa	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření			
				abs.	%	HLG			
1	výběh	hlava	516	7	1,4	523	516	509	
2	výběh	hlava	524	6	1,1	523	530	525	516
3	náběh	hlava	574	23	3,9	574	597	552	
4	náběh	hlava	561	18	3,2	560	543	579	

Tabulka 7: Výsledky měření tvrdosti – provozovaná kola

Č. měření	Kolo	Místo měření	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření			
				abs.	%	HLG			
1	provozované	3.osa	532	5	0,9	527	532	537	
2	provozované	4.osa	522	12	2,3	519	535	512	
3	provozované	2.osa	525	3	0,5	527	526	522	
4	provozované	2.osa	540	5	0,8	536	539	545	
5	provozované	1.osa	557	5	0,8	552	561	557	
6	provozované	2.osa	569	2	0,3	567	570	569	
7	provozované	1.osa	571	5	0,8	570	576	567	
8	provozované	3.osa	569	10	1,7	556	574	578	568

Tabulka 8: Výsledky měření tvrdosti – nová kola

Č. měření	Kolo	Místo měření	Průměrná hodnota tvrdosti HLG	Směrodatná odchylka měření		Jednotlivá měření		
				abs.	%	HLG		
1	nové	-	489	13	2,6	496	496	474
2	nové	-	497	9	1,8	502	487	503
3	nové	-	518	7	1,3	524	511	519
4	nové	-	502	10	2,0	513	493	501
5	nové	-	554	11	1,9	546	550	566
6	nové	-	549	23	4,2	516	566	562 553
7	nové	-	528	11	2,0	543	518	525 524
8	nové	-	543	6	1,2	536	548	546

3. Vyhodnocení výsledků

Data z jednotlivých měření byla následně zpracována do souhrnné tabulky (Tab. 9 – Celkové výsledky). V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty tvrdostí pro jednotlivé kolejové konstrukce a tramvajová kola. Dále je v tabulce uvedena směrodatná odchylka jednotlivých hodnot.

Tabulka 9: Celkové výsledky

Měřené místo		Průměrná hodnota tvrdosti	Směrodatná odchylka měření	
		HLG	abs.	%
kolejnice	oblouk	459	12	2,6
	přímá	510	16	3,1
jazyk	pružný - hrot	522	78	14,9
	pružný - kořen	516	66	12,7
	čepový	430	36	8,4
srdcovka	konstrukce	477	15	3,2
	hrot	487	33	6,9
žlábek	kolejnice	424	115	27,0
	srdcovka	618	77	12,4
dilatace	výběh	520	7	1,3
	náběh	568	20	3,5
kolo	provozované	549	21	3,7
	nové	524	26	4,9

Z tabulky je zřejmé, že tvrdost kolejnice je ovlivněna její křivostí, přičemž kolejnice v přímém úseku má tvrdost HLG větší než v oblouku. Dále je zřejmý rozdíl v tvrdosti HLG u odlišných konstrukcí jazyků tramvajových výhybek,

příčemž tvrdost HLG jazyku by měla být přibližně konstantní v celé délce jazyku.

Průměrná hodnota tvrdosti HLG žlábků je závislá na umístění žlábků (kolejnice x srdcovka). Průměrná hodnota tvrdosti HLG žlábků u kolejnice (kde by žlábek neměl být pojížděn) činí 424 HLG. Průměrná hodnota tvrdosti HLG žlábků v srdcovce (u mělkých srdcovek, kde je žlábek pojížděn) činí 618 HLG.

Kola provozovaných vozů dosahují asi o 5 % vyšších hodnot tvrdosti než kola nová. Zároveň kola provozovaných vozů dosahují asi o 7 % vyšších hodnot než pojížděné hlavy kolejnic.

4. Závěr

Průměrná hodnota tvrdosti HLG pojížděné hlavy kolejnic, resp. srdcovek, jazyků a dil. zař. je 503 HLG (průměr všech výsledných hodnot). Průměrná hodnota tvrdosti HLG kol provozovaných vozů činí 549 HLG, což je zhruba o 8 % více než je průměrná hodnota tvrdosti HLG pojížděných hlav kolejnic a kolejových konstrukcí.

Literatura

- [1] Stavební hmoty, Luboš Svoboda a kolektiv, Praha 2013, ISBN 978-80-260-4982-2
- [2] B.Kopec: Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí, CERM, Brno 2009, ISBN 978-80-7204-591-4
- [3] ONDRIAŠOVÁ, P. Metody kontroly železničních kol v současné technické praxi. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 31 s. Dostupné online: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=83881

Poděkování

Tento příspěvek byl realizován za podpory projektu Fakulty stavební ČVUT SGS21/049/OHK1/1T/11.

Bezbariérovost jako součást staveb veřejné dopravy ve městech

Ing. Petra Okřinová¹

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Veveří 331/95, 602 00 Brno-střed
e-mail_1: okrinova.p@fce.vutbr.cz

Abstrakt

Problematika bezbariérové přístupnosti pro osoby se specifickými potřebami bývá často považována za okrajovou nebo takřka opomíjenou záležitost, i když z etického hlediska jde o velmi důležité téma zajišťující základní předpoklad možnosti užívání navrhovaných staveb. Samotné prvky dopravních staveb, jako jsou zastávky, nástupní perony a dopravní uzly jsou veřejným prostorem/stavbami, pro které je stavebně-technická přístupnost řízena technickými předpisy, normativy a požadavky Vyhl. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb [1]. V rámci komplexního návrhu a jeho posouzení by měla být zohledněna i bezbariérová návaznost vozového parku. Cílem článku je poukázat na konkrétní bezbariérová, stavebně-technická řešení dopravních staveb v rámci tramvajových linek v Brně, s ohledem na jejich bezbariérovou přístupnost.

Klíčová slova

bezbariérový, přístupnost, hendikep, dopravní stavba, tramvaj, nástupiště, osoba se specifickými potřebami

Název příspěvku v angličtině

Abstract

The issue of barrier-free accessibility for people with special needs is often considered a marginal or almost neglected issue, although from an ethical point of view it is a very important topic providing a basic prerequisite for the possibility of using the proposed buildings. The very elements of transport structures, such as stops, boarding platforms and transport junctions, are public spaces / structures for which the construction-technical accessibility is governed by technical regulations, standards and requirements. 398/2009 Sb. Decree on general technical requirements ensuring barrier-free use of buildings [1]. As part of the comprehensive design and its assessment, the continuity of the vehicle fleet as well as its barrier-free accessibility should be taken into account. The aim of the article is to point out specific barrier-free, construction-technical solutions of transport structures within tram lines in Brno, with regard to their accessibility and connection to the wider environment.

Keywords

barrier-free, accessibility, handicap, transport construction, tram, platform, person with special requirement

1. Úvod

Bohužel, nejen u starých realizací, ale i u nových návrhů tramvajových linek bývá často opomíjená stavebně technická přístupnost. Požadavky na výstavbu nových či revitalizace stávajících tramvajových linek a jejich zastávek vychází zejména z norem [2][3][4][5][6] a technických předpisů [7], ve kterých jsou již zohledněny i potřeby na bezbariérové užívání staveb, které vychází ze závazné Vyhl. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb [1].

Vyhláška 398/2009 Sb. stanoví obecné technické požadavky na stavby a jejich části tak, aby bylo zabezpečeno jejich bezbariérové užívání i skupinou osob se specifickými potřebami, kam spadají všechny osoby s pohybovým, zrakovým, sluchovým či mentálním postižením, ale i osoby pokročilého věku, těhotné ženy, osoby doprovázející dítě v kočárku nebo dítě do tří let, dále do této skupiny patří také osoby s úrazem, osoby obézní a případně i osoby se zavazadly.[1] Mluvíme-li ve spojení se zmiňovanou skupinou o zajištění bezbariérového prostředí, jedná se o vytvoření takových podmínek přístupnosti (prostoru, informací apod.), tak aby došlo k případné kompenzaci specifických potřeb (hendikepu) u těchto znevýhodněných osob.

Zmiňovaný legislativní předpis a jím odkazované další návazné normy jsou závazné pro všechny nové i úpravy všech stávajících staveb sloužící veřejnosti - tzn. pro tramvajovou dopravu, že jak stavby samotných zastávek tramvají, tak i jejich širší návaznost na okolí by měly být řešeny, tak aby byly přístupné všem bez rozdílu, jelikož se jedná o veřejná prostranství. Velmi často není dořešena právě samotná návaznost zastávek na širší okolí, díky čemuž jsou pak následně uživatelé se specifickými potřebami vystaveni situacím, kdy se ocitají na nově správně řešené bezbariérové zastávce, která bohužel ale nenavazuje na okolní komunikace pro pěší, nebo díky kombinaci špatného umístění zastávky (do části směrového oblouku) a technologiím vozového parku je znemožněno užití výsuvné plošiny. I samotná přístupnost užití soupravy může být překážkou, proto je třeba vybírat obslužný vozový park pro linku s ohledem na provedení na nástupišt' na trase.

2. Kapitola Bezbariérová přístupnost tramvajových zastávek – Brno

Od roku 1998 městka hromadná doprava, tedy i ta tramvajová, je v městě Brně provozovaná Dopravním podnikem města Brna a.s. (dále již jen DPMB). V rámci toho je DPMB spravováno 11 pravidelných tramvajových linek se 177 zastávkami (tzn. Cca 374 nástupišti) [8]. Z toho počtu není řešena ani ne polovina nástupišt', jako zcela bezbariérových vyhovujících normovým požadavkům [9].

Pro lepší orientaci cestujících se specifickými potřebami DPMB tramvajové zastávky kategorizuje dle jejich přístupnosti do čtyř kategorií, které jsou převážně označeny piktogramem a slovním popisem přístupnosti – blíže viz Tab. 1 níže

Tabulka 1- Přehled kategorizace tramvajových zastávek dle DPMB [8]

Kategorie přístupnosti	Označení piktogramem	Slovní popis
Bezbariérové nástupiště		Nástupiště opatřeno nájezdovými rampami, výška nástupní hrany odpovídá normě, výsuvná plošina z tramvaje splňuje předepsaný sklon.
Nízké nástupiště		Nástupiště opatřeno nájezdovými rampami, ale s vysokou nástupní hranou. Sklon výsuvné plošiny z tramvaje je strmější, než jsou požadavky na bezbariérové nástupiště. Je možné užití výsuvné plošiny, ale pouze na vlastní nebezpečí a s asistencí.
Vysoké nástupiště		Nástupiště opatřeno nájezdovými rampami, ale s nízkou nástupní hranou. Mezera mezi nástupní hranou a vozem – nástup a výstup je možný pouze bez užití výsuvné plošiny s asistencí a na vlastní nebezpečí. Nelze vysunout plošinu!
Bez označení	X	Nástupiště bez nájezdových ramp – nepřístupné z širšího okolí pro osoby s pohybovým hendikepem, velký výškový rozdíl a bez nájezdových ramp.

Zastávky jsou děleny na: zastávky s bezbariérovým nástupištěm, zastávky s nízkým nástupištěm, zastávky s vysokým nástupištěm a zastávky bez označení (ty jsou zcela nepřístupné pro osoby se specifickými potřebami). Po zařazení zastávky do konkrétní kategorie je označena dodatkovou tabulkou s piktogramem na označnické – viz Obr. 1.



Obr. 1 Příklad umístění označení bezbariérové kategorizace na označnicku zastávky – zastávka Rybkova směr do města (vlevo) a zastávka Rybkova směr z města (vpravo).

Dle přepravního řádu DPMB je řidič povinen na požádání (výzvu) vysunout plošinu na všech zastávkách se zvýšenou nástupní hranou. V některých případech je možné využívat vysunutou plošinu pouze jen na vlastní nebezpečí, a to v doprovodu asistenta. V zastávkách bez zvýšené nástupní hrany je zcela zakázáno z tramvaje plošinu vysouvat, jelikož technicky ji nelze užít (zastávka umístěná ve směrovém oblouku) nebo mezi vozem a plochou nástupiště je velký výškový rozdíl (plošina nedosáhne až na plochu), čímž se tyto zastávky pro některé osoby se specifickými potřebami stávají zcela nepřístupnými.

DPMB se nově budované či nově rekonstruované tramvajové zastávky snaží budovat zcela, jako bezbariérově přístupné pro širokou škálu osob se specifickými potřebami. Však ne vždy, i když Vyhl. 398/2009 to ukládá, je provedená revitalizace stávající zastávky do bezbariérové formy úspěšná. Jak už bylo zmíněno výše samotné stavby zastávek a drážního celku má v gesci DPMB, bohužel ostatní okolní plochy, chodníky a komunikace jsou ve správě jednotlivých městských částí Brna, města Brna, nebo dokonce Jihomoravského kraje, což má mnohdy za příčinu silný nesoulad v návaznosti realizovaných staveb, plánování nových investic a nekoordinované komunikaci mezi jednotlivými interními složkami či přímo navzájem mezi správci.

Z bližšího průzkumu lze konstatovat, že samotnou příčinou nebývá pouze neznalost předepsaných požadavků, nebo jejich nezohlednění v návrhu, ale často vznikají chybná řešení v případech, kdy dochází k špatné synchronizaci projektových záměrů, jak finančně (neucelené etapy, zastaralý vorový park apod.), tak i s ohledem na stávající/budoucí stav (obnova pouze nástupní plochy bez návaznosti na okolí, nízká nástupní hrana nevyhovující pro

stávající ani budoucí vozový park atd.). Díky tomu se pak následně dostáváme do situace, kdy sice máme správně zrekonstruované některé jednotlivé části (zastávka, komunikace pro chodce, přechody a místa pro přecházení apod.), ale bohužel bez návaznosti jednotlivých částí na sebe, což je mnohdy důležitější, nežli samotné přemístění cestujících mezi jednotlivými zastávkami HMD. Nebo jsou naopak korektně vynaloženy finanční prostředky na obnovu trasy, kde jsou modernizovány nástupiště s vyvýšenými hranami a plochami pro bezbariérový přístup, ale řešená trasa je obsluhována soupravami umožňující pouze bariérový nástup (výstup) do (z) vozu přes vstupní schodiště. Souhrnně by se dalo říci, že mezi nejčastější příčiny nekorektního bezbariérového řešení patří zejména: neznalost regulí (TP, ČSN, Vyhl. 398/2009 Sb.), subjektivní výklad požadavků (z pohledu projektanta či posuzující strany), koordinace výstavby (časově i mezi jednotlivými správními celky), kreativita pracovníků, chyba realizace (materiál, kombinace, ...), převzetí stavby s nevyhovujícím řešením, kombinace realizačních týmů apod.

Díky výše zmiňovaným příčinám dochází k realizaci nejrůznějším chybným řešením, která znemožňují bezbariérové užití částí nebo dokonce i celé trasy. Především se jedná o následující chyby: výška nástupní hrany, absence varovných pásů, nedostatečný hmatný kontrast, neodsazení signálního pásu, absence kontrastní hrany, neřešený barevný kontrast, volba obslužného vozového parku, nevhodné umístění mobiliáře, špatný technický stav atd. V následujících odstavcích si představíme konkrétní realizace správných i chybných řešení.

2.1. Výška nástupní hrany

V rámci stavebně-technického řešení je v Brně ve stávající zástavbě řešeno 49 tramvajových zastávek, jako zastávky s výstupem do vozovky, což není bezbariérovým řešením – v těchto zastávkách z pravidla nelze užít výsuvných plošin a vstup do vozovky je nebezpečný, a to zejména pro děti a osoby se zrakovým hendikepem. Příklady vybraných řešení nástupních hran viz Obr. 2



NÍZKÁ NÁSTUPNÍ HRANA

VYSOKÁ NÁSTUPNÍ HRANA
(VÍDEŇSKÁ ZASTÁVKA)

NÁSTUP/VÝSTUP Z VOZOVKY

Obr. 2 Příklady řešení nástupních hran u tramvajových nástupišť dle jejich výšky.

Dále jsou uvedeny dva příklady špatně řešené tramvajové zastávky (Obr. 2) a správně řešené tramvajové zastávky s dentálním komentářem (Obr. 3).



Obr. 2 Příklad špatného stávajícího řešení nebezpečné zastávky Tererova (směr do centra) s nástupem/výstupem do vozovky.

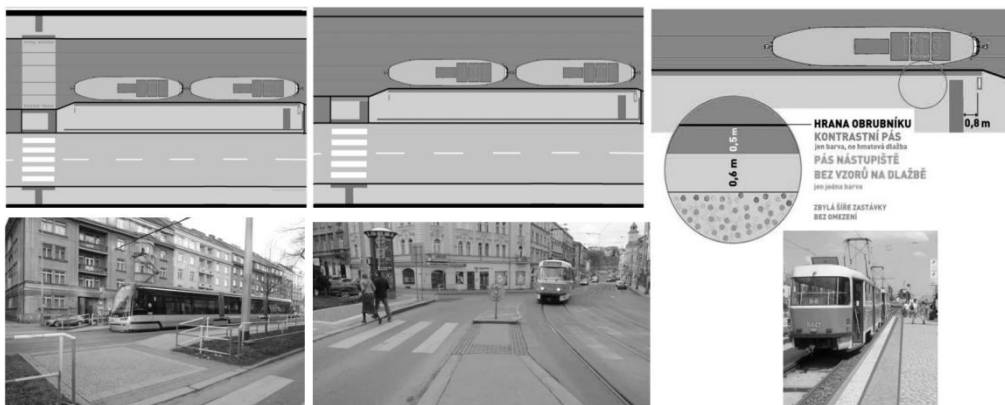


Obr. 3 Příklad nové revitalizace tramvajové zastávky na ulici Údolní, zastávka se vstupem do vozovky – řešení s vysokou nástupní hranou.

2.2. Řešení vodících linií

Samotné řešení a kombinace vodících linií, konkrétně signálních a varovných pásů, bývá jednou z nejčastějších chyb realizace. Jejich korektní a přesná realizace šířek, umístění a vzájemné návaznosti jsou důležité skrze

jejich použitelnost pro osoby se zrakovým hendikepem, od níž se odvíjí schopnost těchto lidí samotně cestovat MHD. Přesné požadavky a správně aplikovaná řešení jsou uvedeny Obr. 5.



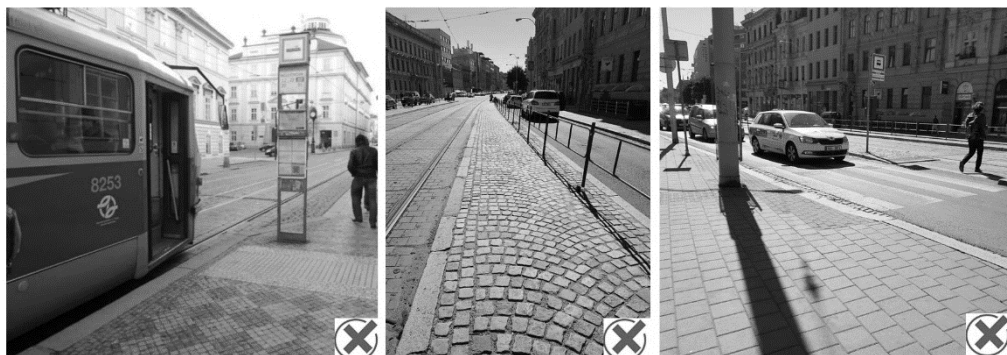
Obr. 4 Schéma a příklady reálných aplikací základních vodicích linií na tramvajových zastávkách **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**



Obr. 5 Příklad nové revitalizace tramvajové zastávky Vlhká se správnou realizací a rozmístěním vodicích linií.

2.3. Vizuální a hmatový kontrast

Vizuální a hmatový kontrast bývá při realizacích často opomíjen či velmi kreativně ztvárněn (bohužel v negativním slova smyslu) – jejich špatná řešení jsou uvedena na Obr. 7. U vizuálního kontrastu se především jedná o kontrast barev jednotlivých pásů, nástupních hran a hmatových pak zejména o variace užitých materiálů a různých typů reliéfních dlažeb.



Obr. 7 Příklad špatně řešeného vizuálního a hmatového kontrastu.

Zmiňované kontrasty jsou pro pohyb a orientaci osob se zrakovým hendikepem velmi důležité, jelikož varují osoby před nebezpečím, nebo upozorňují na možnost změny ať už cíle nebo trasy. Do samotného návrhu i realizace kontrastu v rámci měst, zejména pak historického centra, zasahuje často Památkový úřad, který určuje konkrétní materiálové provedení a schvaluje návrh aplikovaného řešení. Mnohdy se dostáváme do situací, kdy konečná realizace v historické zóně je pro osoby s hendikepem skrze regulovaná omezení ze strany památkářů, je takřka nepoužitelná. Na Obr. 8 je uvedeno i funkční bezbariérové řešení vodících linií a hmatového kontrastu vycházející z diskuze pantkářů a projektantů v Brně na ulici Joštova.



Obr. 6 Příklad řešení vizuálního a hmatového kontrastu v rámci historického centra města.

2.4. Návaznost na širší okolí

Poslední a takřka tou nejdůležitější je samotná návaznost na širší okolí, dále za realizovaný projekt. Návaznost z širšího pohledu není nikterak legislativně předepsaná, projekty jsou řešeny a posuzovány jako dílčí celky, což samotnou návaznost odkazuje pouze na tzv. „selský rozum“. Jelikož vytvoření sebelepší bezbariérové zastávky, v oblasti nebo jejím těsném okolí, které není bezbariérově řešené, se stává v provozu zcela nefunkčním

řešením. Je nutné pohlédnout dále a koordinovat nové řešení se stávajícím stavem okolí či z procesovat nové stavební úpravy okolí tak, aby návaznost byla zajištěna komplexně.



Obr. 7 Komentované příklady realizací v terénu – z pohledu širší návaznosti.

3. Závěr

Každá osoba v rámci svého životního cyklu může být zařazena, dokonce i několikrát, do skupiny se specifickými potřebami, což potvrzují i dlouhodobé statistické průzkumy, které udávají, že každý cca desátý občan České republiky je omezen hendikepem. Problematika bezbariérové přístupnosti se tak dotýká ne zrovna zanedbatelné skupiny obyvatelstva, z čehož plyne důležitost potřebných úprav u nových i stávajících staveb. Aby se jednalo z tohoto hlediska o ucelený plně fungující dopravní celek (linku, dopravní uzel apod.) je nutné bezbariérové úpravy aplikovat i v návaznosti na širší okolí, jako součást návrhu, kde je nutné je zohlednit i u přístupnosti samotného obslužného vozového parku, a to ideálně s výhledem na jeho rozvoj do budoucna. Základními hlavními předpoklady pro úspěšnou bezbariérovou přístupnost tramvajových linek, zůstává zejména koordinace projektových záměrů mezi jednotlivými správními celky (správci měst, krajů, obcí, územních celků i provozovatelů dopravy) a systematická kontrola od fáze návrhu až po převzetí realizace s následnou, pravidelnou údržbou.

Literatura

- [1] Vyhl. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb
- [2] ČSN 73 6425-1. ČSN 73 6425-1: Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště - Část 1: Navrhování zastávek. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] ČSN 73 6425-2. ČSN 73 6425-2: Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky, přestupní uzly a stanoviště - Část 2: Přestupní uzly a stanoviště. Praha: Český normalizační institut, 2009.

- [4] ČSN 73 6405. ČSN 73 6405: Projektování tramvajových tratí. Praha: Český normalizační institut, 1966.
- [5] ČSN 73 6412. ČSN 73 6412v: Geometrické uspořádání koleje tramvajových tratí. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [6] ČSN 28 0318. ČSN 28 0318: Průjezdne průřezy tramvajových tratí. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [7] Směrnice T08: TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO PROVOZ A ÚDRŽBU TRAMVAJOVÝCH TRATÍ DPMB. Rev. 6. Dopravní podnik města Brna, 2020. Dostupné také z: <https://josephine.proebiz.com/sk/tender/9652/summary/download/72301>
- [8] Seznam tramvajových nástupišť s nájezdovými rampami. DPMB [online]. Brno: Dopravní podnik města Brna, 2021, 2021 [cit. 2021-9-16]. Dostupné z: <https://dpmb.cz/cs/download/1106>
- [9] Informace pro tělesně postižené. DPMB [online]. Brno: Dopravní podnik města Brna, 2020, 2021 [cit. 2021-9-16]. Dostupné z: <https://dpmb.cz/cs/telesne-postizeni>
- [10] BRET, Ondřej. Přednášková prezentace – Tramvajové tratě a doprava. Katedra železničních staveb FSv ČVUT, 2020.

Stanovení kritické rychlosti zemin v trase vybraných úseků VRT v České republice

Ing. Michal Petýrek¹, Ing. Leoš Horníček, Ph.D.²

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 - Dejvice

e-mail_1: michal.petyrek@fsv.cvut.cz,

e-mail_2: leos.hornicek@fsv.cvut.cz

Abstrakt

V článku jsou uvedeny zahraniční zkušenosti k tematice stanovení kritické rychlosti zemin, které jsou využity pro výpočet kritické rychlosti zemin ve vybraných úsecích plánovaných vysokorychlostních tratí v České republice. Popsány jsou výsledky rešerše vstupních parametrů pro různé typy zemin dle jejich aktuální klasifikace a představen je návrh postupu výpočtu kritické rychlosti zemin.

Klíčová slova

kritická rychlost zeminy, Rayleighovo vlnění, vysokorychlostní trať

Determination of critical soil speed in the route of selected sections of HSL in the Czech Republic

Abstract

The article presents a foreign experience on the topic of determining the critical speed of soils, which will be used to outline the determination of the critical speed of soils in selected sections of planned high-speed lines in the Czech Republic. The input parameters for different types of soils according to the current classification system will be described and a proposal of the procedure for calculating the critical speed of soils will be presented.

Keywords

critical soil velocity, Rayleigh's wave, high-speed line

1. Úvod

Provoz vysokorychlostních vlaků s sebou přináší nové problémy, které dosud nebylo nutné v podmínkách České republiky řešit. Mezi ně patří i odezva podloží železniční trati na projíždějící vlaky, která může vyústit v tzv. zemní třesk. K němu dojde, pokud se rychlost pohybu zdroje vlnění (vlaku) přiblíží nebo rovná tzv. kritické rychlosti zeminy. Tehdy dochází k interferenci a k několikanásobnému nárůstu intenzity vibrací. Tento jev je ve své fyzikální podstatě obdobný jako aerodynamický třesk při překročení rychlosti zvuku [1].

Významný nárůst intenzity vibrací se může negativně projevit na stabilitě geometrické polohy koleje, stabilitě zemního tělesa, základech přilehlých budov a konstrukcí. V krajním případě může dojít vlivem fázového posunu vibrací a interferencí vlnění ke zdvihům koleje přímo pod nápravami vlaků [2].

Kritická rychlost je materiálová konstanta zemin. Její velikost odpovídá rychlosti šíření Rayleighova vlnění (povrchových seismických vln) zeminou. Jako nejvíce problematická se z hlediska nízkých kritických rychlostí zemin jeví místa s vrstvami jemnozrnných zemin s vysokou plasticitou, tj. vrstvami tvořených hlínami (MH, MV, ME) a jíly (CH, CV a CE). Rizikové jsou zejména, pokud jsou v podloží železniční trati zastoupeny ve vrstvách o velkých mocnostech.

U měkkých jílovitých zemin se pohybuje okolo 200–300 km/h, ve velmi nepříznivých podmínkách může být i nižší. Se vzrůstající tuhostí zemin vzrůstá i jejich kritická rychlost až po 600 km/h, příp. více pro velmi tuhé podložní zeminy [1-2].

Cílem je řešeného projektu je zjistit rozsah kritické rychlosti pro jednotlivé třídy zemin vyskytujících se v České republice. Na jejich základě pak bude zpracována mapa rizikových úseků v trasách vybraných částí plánovaných vysokorychlostních tratí (VRT).

2. Postup výpočtu kritické rychlosti zemin

Výpočet kritické rychlosti zeminy je poměrně složitý, neboť se jedná o třífázové prostředí s komplikovanými vazbami. Pro přibližný výpočet kritické rychlosti zeminy lze využít výpočet pro stanovení rychlosti šíření smykových vln v homogenním pružném poloprostoru. A tuto rychlost přepočítat na rychlost šíření Rayleighova vlnění, která je shodná s kritickou rychlostí zeminy. Pro výpočet rychlosti šíření smykových vln platí následující vztah [3]:

$$b = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2(1+\nu)\rho}}$$

Kde b je rychlost šíření vln v pružném prostředí, ν je Poissonovo číslo, E je modul pružnosti a ρ je objemová hmotnost. Pro kritickou rychlost zeminy platí následující vztah [4]:

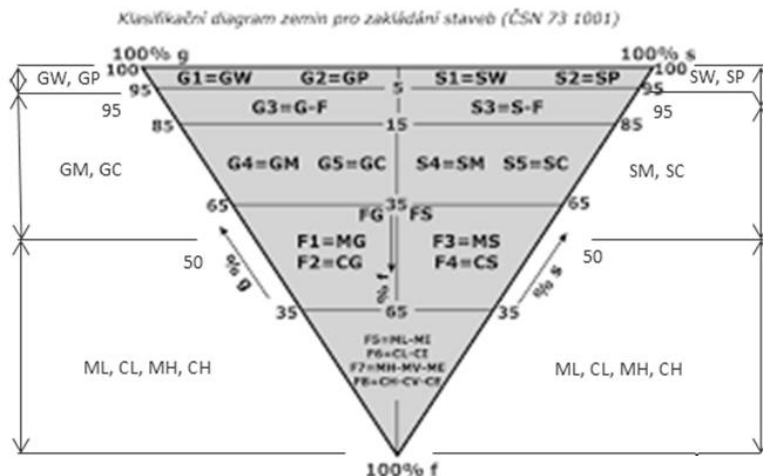
$$c_R = b \left(\frac{0,87 + 1,12\nu}{1 + \nu} \right)$$

kde c_R je kritická rychlost zeminy, b je rychlost šíření smykových vln a ν je Poissonovo číslo.

Je nutné zdůraznit, že parametry zeminy vstupující do výpočtu se v čase mění mimo jiné se změnou vlhkosti zeminy. Výpočet tedy dává pouze přibližné hodnoty kritické rychlosti zeminy a nezohledňuje případné vrstvy zemin s různými parametry. Pro stanovení přibližných hodnot kritické rychlosti zemin a tím definování úseků s možnou nízkou kritickou rychlostí zeminy toto řešení postačuje [5].

3. Parametry pro výpočet kritické rychlosti zemin

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, pro výpočet přibližné hodnoty kritické rychlosti zeminy je potřeba znát hodnoty Poissonova čísla, modulu pružnosti a objemové hmotnosti zeminy. Poissonovo číslo a objemová hmotnost se v geotechnických výpočtech běžně používá a není problém je pro jednotlivé zeminy klasifikované dle normy ČSN 73 1001 dohledat. Výše zmíněná norma již není platná, ale pro klasifikaci zemin se stále běžně používá vedle platné normy ČSN EN 1997-1. V případě modulu pružnosti je situace komplikovanější, neboť pro zeminy se běžně nestanovuje. Provedenou rešerší literatury se podařilo tyto hodnoty dohledat. Bohužel u některých zdrojů není uvedeno přesné zařazení zeminy podle normy, případně je využita pro zařazení jiná norma, než je nebo dříve byla v ČR běžně používána. V těchto případech byly na základě porovnání metodik zařazení zemin podle jednotlivých norem přiřazeny hodnoty modulu pružnosti příslušným třídám zeminy dle ČSN 73 1001. Často zmiňovanou jinou klasifikací zeminy je metodika USCS (Unified Soil Classification System). Hranice pro jednotlivé třídy přesně neodpovídají normě ČSN 73 1001, ale odchylka není tak velká, aby nebylo možné překlasifikaci provést. Porovnání obou klasifikačních systémů je uvedeno na následujícím obrázku. V trojúhelníku je klasifikace dle ČSN 73 1001, vně trojúhelníku jsou vyznačeny třídy zemin dle klasifikace USCS.



Obr. 1 Porovnání klasifikačního systému dle ČSN 73 1001 a USCS[6-7]

Z porovnání je patné, že pro zařazení štěrků platí následující. Třída GW (dle USCS) odpovídá přibližně třídě G1, GP (dle USCS) odpovídá přibližně třídě G2. Pro třídy GM a GC (dle USCS) je převod složitější, neboť odpovídají třídě G3, G4 a G5, a částečně třídě F1 a F2 v závislosti na obsahu jemnozrnných částic (hlína nebo jíl). Pro písčité zeminy je situace analogická. Třída SW (dle USCS) odpovídá přibližně třídě S1, SP (dle USCS) odpovídá přibližně třídě S2. Pro třídy SM a SC (dle USCS) je převod složitější, neboť odpovídají třídě S3, S4 a S5, a částečně třídě F3 a F4 v závislosti na obsahu jemnozrnných částic (hlína nebo jíl). U jemnozrnných zemín třídy ML, CL, MH, a CH (dle USCS) odpovídají částečně třídám F1-F4 a F5-F8.

Při přiřazování hodnot modulu pružnosti jednotlivým třídám zeminy dle ČSN 73 1001 byl u třídy G1, G2, S1 a S2 přepokládána shoda a modul pružnosti zeminy byl převzat rovnou podle třídy GW, GP, SW nebo SP. Pro třídy G4, G5, S4 a S5 bylo postupováno analogicky a byly převzaty hodnoty dle třídy GM, GC, SM a SC. Třídě G3 (S3) byly přiřazeny hodnoty modulu pružnosti tak, aby jejich rozsah pokryl rozsah tříd GM a GC (SM, SC). Třídám F5, F6, F7 a F8 byly přiřazeny hodnoty dle tříd ML, CL, MH, a CH. Třídám F1, F2, F3, F4 byly přiřazeny hodnoty modulu pružnosti tak, aby jejich rozsah pokryl rozsah tříd dle tříd ML, CL, MH, a CH a GM, GC, SM a SC. U tříd ML, CL, MH, a CH byly uvažovány lepší parametry, než jaké byly uvažovány pro třídy F5, F6, F7 a F8, pokud bylo jemnější dělení k dispozici.

Pokud nebyl systém zařazení uveden, byly hodnoty přiřazeny dle pojmenování jednotlivých typů zeminy k přibližně odpovídajícím třídám zeminy.

3.1. Poissonovo číslo, objemová hmotnost

Hodnoty Poissonova čísla a objemové hmotnosti byly převzaty z Příručky k ČSN EN 1997-1; 1997-2. Jedná se o běžné hodnoty doporučované pro

výpočty při navrhování geotechnických konstrukcí. Hodnoty pro jednotlivé třídy zeminy dle ČSN 73 1001 jsou uvedeny v následující tabulce [8].

Tabulka 1 - Hodnoty Poissonova čísla a objemové hmotnosti

třída zeminy	ν	γ	ρ
	-	kN.m-3	kg.m-3
F1 MG	0,35	19,0	1900
F2 CG	0,35	19,5	1950
F3 MS	0,35	18,0	1800
F4 CS	0,35	18,5	1850
F5 ML/ MI	0,40	20,0	2000
F6 CL/ CI	0,40	21,0	2100
F7 MH/MV/ME	0,40	21,0	2100
F8 CH/CV/CE	0,42	20,5	2050
S1	0,28	20,0	2000
S2	0,28	18,5	1850
S3	0,30	17,5	1750
S4	0,30	18,0	1800
S5	0,35	18,5	1850
G1	0,20	21,0	2100
G2	0,20	20,0	2000
G3	0,25	19,0	1900
G4	0,30	19,0	1900
G5	0,30	19,5	1950

3.2. Modul pružnosti

Přehled hodnot modulu pružnosti pro jednotlivé třídy zeminy dle ČSN 73 1001 získaných rešerší je uveden v následující tabulce. V záhlaví každého sloupce je v hranaté závorce uveden odkaz na literaturu, ze které byly hodnoty převzaty.

Z tabulky je patrné, že různé zdroje uvádějí pro stejné třídy různé hodnoty. Rozptyl hodnot modulu pružnosti udávaných v různých zdrojích je značný. Dále je patrné, že pro většinu tříd zeminy je ve většině zdrojů uváděn široký interval hodnot. Velikost hodnoty modulu pružnosti závisí na okamžitém stavu zeminy, zejména vlhkosti, a v čase se mění, dále závisí na zrnitostním složení zeminy. Zejména u jemnozrnných typů zemin se v závislosti na obsahu vody mění výrazně jejich vlastnosti. Pro některé zeminy není v některých přehledech modul pružnosti vůbec uveden. V posledním sloupci tabulky jsou uvedeny hodnoty, kterou budou použity pro výpočet kritické rychlosti zeminy. Hodnoty pro výpočet byly zvoleny tak, aby obsáhly všechny zjištěné hodnoty v každé třídě zeminy.

Tabulka 2 - Modul pružnosti zeminy

třída zeminy	E [9]	E [10]	E [11]	E [12]	E [13]	E pro výpočet
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
F1 MG	8 - 200	12-30	30-320	-	70-170	8-320
F2 CG	25 - 200	12-30	30-320	-	10-200	10-320
F3 MS	20 - 150	7-30	5-20	40	10-50	5-150
F4 CS	20 - 150	7-30	25-250	30-300	10-200	7-300
F5 ML/ MI	10 - 60	8-80	7-21	2-200	10-50	2-200
F6 CL/ CI	12 - 60	5-70	15-100	10-130	10-200	5-200
F7 MH/MV/ME	12 - 60	6-60	7-21	5-200	-	5-200
F8 CH/CV/CE	-	4 - 32	2-25	10-130	6-14	2-130
S1	20 - 60	30 - 320	30-320	45-62	28-69	20-320
S2	25 - 60	10 - 80	10-81	30-85	28-69	10-85
S3	20 - 60	10 - 80	10-81	30-84	28-69	10-84
S4	20 - 150	12- 30	25-250	40	28-69	12-250
S5	20 - 150	12- 30	5-20	30-300	28-69	5-300
G1	100 - 400	30 - 320	30-320	-	70-170	30-400
G2	100 - 400	30 - 320	30-320	-	70-170	30-400
G3	100 - 400	7 - 320	30-320	-	70-170	30-400
G4	8 - 200	7-30	30-80	-	70-170	7-200
G5	25 - 200	7-30	30-80	-	70-170	7-200

4. Výpočet kritické rychlosti zeminy

Pro každou třídu zemin dle normy ČSN 73 1001 byla spočtena kritická rychlost zemin pro horní a dolní mez intervalu. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce. Kritické rychlosti byly spočteny podle vzorců uvedených v kapitole 2.

Tabulka 3 - Tabulka kritických rychlostí zemin

třída zeminy	c_R min	c_R max
	km.h ⁻¹	km.h ⁻¹
F1 MG	133	841
F2 CG	147	830
F3 MS	108	591
F4 CS	126	825
F5 ML/ MI	64	640
F6 CL/ CI	99	625
F7 MH/MV/M	99	625
F8 CH/CV/CE	63	508
S1	208	832
S2	153	446
S3	157	454
S4	169	772
S5	106	825
G1	253	925
G2	259	947
G3	263	961
G4	126	672
G5	124	663

5. Závěr

Jak je patrné z předchozí tabulky, rozsah kritických rychlostí napříč všemi třídami zemin je značný. Nejnižší hodnoty kritické rychlosti vyšly u jemnozrnných zemin. Je třeba zdůraznit, zejména pro jemnozrnné zeminy, že spodní hranice rychlostního intervalu postihuje zeminy, jejichž geotechnické vlastnosti nejsou pro výstavbu železniční trati vhodné. Prakticky ovšem nelze v tuto chvíli jejich výskyt v trase plánovaných VRT vyloučit. Lze předpokládat, že při výstavbě budou tyto nevyhovující zeminy zlepšeny nebo nahrazeny a tím dojde i ke změně modulu pružnosti podloží pod železniční tratí. S ohledem na tuto skutečnost bude dalším krokem výzkumu zpřesnění odhadu kritické rychlosti zemin tak, aby bylo možné lépe popsat riziková místa v trasách plánovaných VRT v České republice.

Literatura

- [1] HU Jing, BIAN Xuecheng a JIANG Jianqun. Critical Velocity of High-Speed Train Running on Soft Soil and Induced Dynamic Soil Response. In: *Procedia Engineering: Advances in Transportation Geotechnics 3. The 3rd International Conference on Transportation Geotechnics* [online]. Elsevier, 2016, s. 1034–1042 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816305422>.
- [2] Technicko-provozní studie Technická řešení VRT. SUDOP Praha, 2017.
- [3] KOLOUŠEK Vladimír. *Stavebné konštrukcie namáhané dynamickými účinkami*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1967.
- [4] VIKTOROV I.A., *Rayleigh and Lamb Waves: Physical Theory and Applications*, Plenum Press (1970).
- [5] KRYLOV V.V. a LEWIS B.. Assessment of locations along the proposed HS2 Routes that are likely to experience ground vibration boom from high-speed trains. *Proceedings of the Institute of Acoustics*. 2016, 38[6].
- [6] Klasifikační diagram. Cvičení z inženýrské geologie: 6. Popis a zatřídění skalních hornin a zemin podle ČSN [online]. VŠB - TU Ostrava [cit. 2021-9-10]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/cviceniinzenyrskageologie/KAPITOLY/6_CSNNormy/6_CSNNormy_5do_soubory/image064.jpg
- [7] UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM [online]. CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (CAL TRANS) [cit. 2021-9-10]. Dostupné z: <https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/maintenance/documents/office-of-concrete-pavement/pavement-foundations/uscs-a11y.pdf>
- [8] ČIHÁKOVÁ, Tereza, David RUPP a Ivan VANÍČEK. *EC 7 Navrhování geotechnických konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997-1; 1997-2*. Praha: Česká geotechnická společnost ČSSI, 2016. ISBN 978-80-87920-03-9.
- [9] PÍCHAL, Zdeněk. *Praha a inženýrská geologie*. Praha: Československá vědeckotechnická společnost, 1979
- [10] Soil Young's modulus. Geotechdata [online]. [cit. 2021-9-10]. Dostupné z: <http://www.geotechdata.info/parameter/soil-young-s-modulus>
- [11] Typical Soil Elastic Modulus (Young's Modulus) Values. STRUCTURAL ENGINEERING RESOURCES [online]. [cit. 2021-9-10]. Dostupné z: https://structx.com/Soil_Properties_003.html
- [12] MORAVČÍK, Milan a Martin MORAVČÍK. *Mechanika železničních tratí: 1. díl Teoretická analýza a simulácia úloh mechaniky železničních tratí*. Žilinská univerzita, 2002. ISBN 80-7100-983-0.

- [13] Some Useful Numbers on the Engineering Properties of Materials (Geologic and Otherwise) [online]. The University of Texas at Austin [cit. 2021-9-10]. Dostupné z: <https://www.jsg.utexas.edu/tyzhu/files/Some-Useful-Numbers.pdf>

Poděkování

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS21/103/OHK1/2T/11.

Zkouška citlivosti metody STEM modifikované pro prioritizaci přidělení kapacity dopravní cesty

Ing. Pavel Purkart¹

ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů

Horská 3, 128 03 Praha 2

e-mail_1: purkapav@fd.cvut.cz

Abstrakt

ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů, se zabývá ve svém výzkumu problematikou přidělování kapacity železniční dopravní cesty. Kapacita jakékoli dopravní cesty je omezujícím prvkem z pohledu její funkčnosti. Ne vždy lze tak vyhovět všem požadavkům a přidělcce stojí před otázkou, jak kapacitu přidělit, a to tak, aby to bylo co nejučelnější a dosáhl co nejvíce celospolečenských přínosů. Vědecký tým se zabývá touto problematikou a pro jeho výzkum využívá modifikovanou metodu STEM (Step Method), což je nástroj lineární optimalizace. Článek čtenáře seznamuje s užitím této metody na železniční trati Plzeň – Žatec na území České republiky. Především se zabývá její citlivostí při změně parametru počtu cestujících v jednotlivých segmentech osobní železniční dopravy. Zde vznikají požadavky na přidělení kapacity dráhy od jednotlivých objednatelů osobní dopravy v závazku veřejné služby (často nejen tyto požadavky), nicméně infrastruktura není schopna pojmout smysluplně všechny. V článku je představena simulace tří variant počtů cestujících očekávaných ve spěšných vlacích, což právě reprezentuje možnosti přidělení kapacity různým segmentům vlaků v případě takové kapacity dopravní cesty, která není schopna uspokojit všechny požadavky.

Klíčová slova

kapacita železniční dopravní cesty, požadavky dopravců a objednatelů, organizování veřejné dopravy, metoda STEM, trať Plzeň – Žatec, optimalizace

Sensitivity Test of the STEM Method Modified to Prioritize the Allocation of Traffic Path Capacity

Abstract

CTU in Prague Faculty of Transportation Sciences, Department of Transport Systems, deals in its research with the issue of allocating the capacity of a railway transport path. The capacity of any transport route is a limiting element in terms of its functionality. It is not always possible to meet all requirements and the allocator has to decide how to allocate capacity, so that it is as efficient as possible and achieves as many societal benefits as possible. The research team deals with this issue by using a modified STEM (Step Method) method for its research, which is a tool for linear optimization. The article presents the use of this method on the railway line Plzeň – Žatec in the Czech Republic. It deals with its sensitivity while changing the parameter of the number of passengers in the individual segments of the passenger rail transport. There are many requirements for the allocation of railway capacity, but the infrastructure is not able to satisfy all of them. The article presents a simulation of three variants of the number of passengers expected in regional expresses. This represents the possibility of allocating capacity to different train segments in situations when the infrastructure cannot satisfy all requirements for railway capacity allocation

Keywords

railway infrastructure capacity, requirements of carriers operators and orderers, regional public transport managers, STEM method, Plzeň – Žatec railway line, optimization

1. Úvod

Kapacita železniční dopravní cesty je jednoznačně parametrem, který ovlivňuje její využitelnost. Nejen v České republice, ale ve všech vyspělých zemích, kde se železniční doprava využívá jako páteř dopravní obsluhy regionů, se jedná o významný problém. Je tak nastolena otázka, jak realizovat provoz vlaků tak, aby toto bylo s ohledem na omezující infrastrukturu co nejučelnější. Neexistují přitom jednotné postupy a prakticky každý stát k této problematice přistupuje jinak.

2. Popis metody STEM

Metoda STEM má tu výhodu, že vyžaduje minimální spolupráci mezi zadavatelem úlohy a jejím řešitelem oproti jiným metodám. Metoda stanoví váhy pro jednotlivá kritéria vlastním výpočtem a následně se zadavatel musí rozhodnout, zda je výsledek pro něj akceptovatelný či nikoli. Metoda se tak skládá jednak z procesu výpočetního, a jednak z procesu rozhodovacího. Pokud zadavatel rozhodne, že výsledek výpočtu je pro něj akceptovatelný, výpočet je konečný. Pokud tomu tak není, musí zadavatel informovat řešitele úlohy o změně vybraných kritérií nebo úpravě jejich počtu a výpočet je proveden znovu.

Metoda STEM se skládá z následujících kroků:

1. Řešitel spočte optimální řešení pro jednotlivá kritéria (účelové funkce) zvlášť. Počet výpočtů tedy odpovídá počtu kritérií.
2. Řešitel vyčíslí váhy jednotlivých kritérií na základě následujícího vzorce:

$$w_i = \frac{z_{ii} - \min_{j=1, \dots, k} z_{ij}}{z_{ii}} \frac{\alpha}{\sqrt{\sum_{i=1}^n c_{ij}^2}} \quad (1)$$

kde:

z_{ij} – prvek matice hodnot optimalizačních kritérií pro optimalizaci pro jednotlivá optimalizační kritéria (z_{ij} je hodnota optimalizačního kritéria $j = 1, \dots, k$ v případě optimalizace podle kritéria $i = 1, \dots, k$ [-])

c_{ij} – prvek tzv. „cenové matice“ – prvek matice koeficientů jednotlivých optimalizačních kritérií [-] [-]

Hodnota α se získá z následující rovnice:

$$\sum_{i=1}^k \frac{z_{ii} - \min_{j=1, \dots, k} z_{ij}}{z_{ii}} \frac{\alpha}{\sqrt{\sum_{i=1}^n c_{ij}^2}} = 1 \quad (2)$$

V praxi musíme nejdříve vypočítat hodnotu tohoto koeficientu a pak teprve můžeme vyčíslit váhy jednotlivých kritérií. Pokud je zadavatel spokojen s vybranými hodnotami optimalizačních kritérií, pak stanoví hodnotu $w_i = 0$.

Pokud váha pro více kritérií splňuje podmínku $w_i > 0$, řešitel přidá novou proměnnou $d \geq 0$ a řeší model s novým optimalizačním kritériem:

$$\min f(x, d) = d \quad (3)$$

Pro korektní výpočet se zavede jednoduchá omezující podmínka:

$$w_{ii}(z_{ii} - \sum_{j \in J} c_{ij} X_j) \leq d \quad (4)$$

Pokud podmínka $w_i > 0$ platí pouze pro jedinou hodnotu $i = 1, \dots, k$, řešitel smí zjednodušit omezující podmínku takto:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^k w_{ii}(z_{ii} - \sum_{j \in J} c_{ij} X_j) \quad (5)$$

3. Řešitel prezentuje výsledky zadavateli. Pokud výsledek pro zadavatele není uspokojivý, ten musí upravit kritéria, případně jiná přidat nebo použítá zčásti odebrat. Následně se řešitel vrací k výpočtům dle bodu 2. Pokud je zadavatel s výsledky spokojen, řešitele nalezl tzv. kompromisní řešení. Pokud dosáhne při řešení problému hodnota $d = 0$, bylo dosaženo řešení optimálního.

3. Úprava modelu a konkrétní stanovení stabilních hodnot veličin

Hodnotící kritéria pro jednotlivé linky byla stanovena pro modifikovanou metodu STEM následovně:

Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v omezujícím úseku v tisících

Parametr vyjadřuje denní průměrný počet cestujících na lince v omezujícím úseku, tj. v úseku s nejnižší propustností. Hodnota vyjadřuje využití vlaků dané linky v tomto úseku.

Denní předpokládaný průměrný počet cestujících v rámci celé linky v tisících

Parametr vyjadřuje denní průměrný počet cestujících na celé lince, resp. logicky omezeném provozním úseku linky. Parametr poskytuje hodnocení celkového využití linky. Není dostačující uvažovat potenciál pouze na omezujícím úseku, ale je klíčové hodnotit i potenciál linky jako celku.

Využití traťové rychlosti v logicky ohraničeném úseku

Nezřídka se vyskytují případy, kdy na trati v logicky ohraničeném úseku (zde patrně nevhodněji v omezujícím úseku) jezdí soupravy nižší rychlostí bez schopnosti využít plné traťové parametry. Pokud je souprava schopna vyvinout rychlost v omezujícím úseku železniční trati dle traťové rychlosti určených pro daný traťový profil, pak poměr bude činit 1 (100 %). Pokud toto dosaženo nebude, poměr se bude snižovat. Pokud tak na trati v omezujícím

úseku bude traťová rychlost až 100 km/h a souprava bude schopna vyvinout maximální rychlost pouze 80 km/h, poměr se logicky sníží na 0,8 (80 %).

Ohodnocení systémových přípojových vazeb na lince v logicky vymezeném úseku

Parametr je nastaven z důvodu hodnocení návazností na další linky, cílem je určit míru síťového charakteru linky. Celkové ohodnocení parametrů je součtem následujících bodů za všechny přestupní uzly v logicky ohraničeném úseku linky. Přestupní uzly/body se ohodnotí následovně:

- 2 body – železniční přestupní uzel se systémovými návaznostmi na linky alespoň do tří dalších směrů (tj. minimálně křižovatková železniční stanice, spíše však uzlová) v gesci železniční dopravy s možností systémových vazeb i na veřejnou linkovou dopravu či MHD;
- 1 bod – železniční přestupní bod se systémovými návaznostmi na linky alespoň do jednoho nebo dvou dalších směrů v působnosti železniční dopravy s možností systémových vazeb i na veřejnou linkovou dopravu či MHD, případně přestupní bod s možností četných systémových vazeb pouze na veřejnou linkovou dopravu či MHD.

Je-li linka trasována přes důležitý přestupní uzel, za tento uzel obdrží 2 body. Za každý přestupní bod (tj. přestupní uzel s nižší důležitostí) obdrží 1 bod. Čím vyšší součet bodů, tím jsou návaznosti četnější a důležitější, a tudíž je provoz linky klíčový pro účelnou funkci dalších linek veřejné dopravy.

Porovnání cestovních dob IAD a dané linky ve třech nejzatíženějších relacích na lince

Parametr je nastaven za účelem porovnání konkurenceschopnosti vlakové linky vůči IAD. V logicky ohraničeném úseku linky budou vybrány tři nejvytíženější relace a stanoven poměr cestovní doby IAD v daném úseku vůči cestovní době při využití spoje dané linky. Pro tyto relace bude stanovena hodnota zvlášť a následně spočítán průměr tří hodnot, který vstoupí do hodnocení. Z výše uvedeného principu plyne, že překračuje-li hodnota číslo 1, veřejná doprava je v daném vějíři relací průměrně rychlejší než IAD.

Pro test modelu byla vybrána trať Plzeň – Žatec. Trať vede z krajského města Plzeň v západní oblasti České republiky do aglomerace v Podkrušnohorské pánvi v severní části státu (města Žatec, Chomutov, Most a Jirkov). Zejména v plzeňské aglomeraci je propustnost železniční infrastruktury na této trati velmi omezující, proto byla vybrána jako testovací. Metoda STEM byla modifikována z původního použití primárně pro hodnocení projektů, kdy poskytuje hodnocení a výsledky pro výběr projektů při omezených finančních možnostech. Nově je dáno obsazení kapacitně

limitujícího úseku železniční dopravní cesty za daný časový interval, kterým mají projet takové vlaky, aby celospolečenský přínos byl maximalizován.

Je uvažováno, že na trati zhruba ve stávajícím stavu infrastruktury dojde ke střetu následujících požadavků objednatelů veřejné hromadné dopravy v působnosti železniční dopravy:

- linka R fast train category Plzeň – Most v intervalu 120 minut;
- linka Sp Plzeň – Žihle v intervalu 120 minut;
- linka Os č. 1 Plzeň – Žihle v intervalu 60 minut;
- linka Os č. 2 Nýřany – Plzeň – Plasy v intervalu 60 minut.

Takto stanovené linkové vedení zajišťuje dosažení souhrnného intervalu rychlého segmentu vlaků v úseku Plzeň – Žihle v intervalu 60 minut a v případě osobních vlaků souhrnného intervalu osobních vlaků ve špičkovém období 30 minut.

S ohledem na skutečnost, že základní interval nejrůznějších zastoupených segmentů vlaků činí 120 minut, byla i tato hodnota zvolena jako výchozí pro stanovení délky hodnotícího období. Uvažujeme rovnoměrný provoz v obou směrech, je tím pádem pro každý směr je v tomto období k dispozici kapacita dráhy se započtením všech úkonů (rušení a stavění vlakových cest apod.) 60 minut, vyjádříme-li ji počtem minut, nikoli počtem tras, jak je v modelu uvažováno. Aby nedošlo ke stupeň obsazenosti 100 %, je tato hodnota snížena na 50 minut. V tomto případě je zároveň uvažováno, že ve špičkových obdobích je provoz nákladních vlaků na této trati minimální, tudíž pro ně nejsou vyžadovány pravidelné trasy, jinak by tato hodnota musela být snížena ještě více.

Z nákrešného jízdního řádu plyne, že nejzásadněji omezujícím úsekem je úsek Horní Bříza – Kaznějov. Ten je pro výpočet uvažován s tím, že pro jednotlivé linky je uvažován následující čas obsazení:

- linka R 8 minut;
- linka Sp 9 minut;
- linky Os 10 minut.

4. Test citlivosti metody STEM modifikované na dopravní problém přidělení kapacity železniční dopravní cesty

Citlivost metody STEM byla prakticky otestována na změnách v počtech cestujících. Změna byla provedena na segmentu spěšných vlaků, které prakticky dnes nejsou na trati provozovány, ale pro rychlé a četnější napojení severního Plzeňska na krajské město Plzeň je ke zvážení tyto vlaky provozovat. Cílem testu bylo pokusit se stanovit, od zhruba jaké hranice cestujících je tyto vlaky vhodné vést na úkor jiných segmentů osobní dopravy.

Jako vstupní data (var. 0) byly zvoleny tyto denní hodnoty počtu cestujících (shrnuty v tabulce 1):

Tabulka 1: Počty cestujících – var. 0

linka	počet cestujících v omezujícím úseku [tis. cestujících za 24 hodin]	počet cestujících v rámci celé linky [tis. cestujících za 24 hodin]
R	0,9	1,4
Sp	0,8	0,9
Os č. 1	0,5	1,5
Os č. 2	0,3	2,5

Pro tuto variantu byl sestaven model, a to s výsledkem, že preferovány jsou linky **R**, **Sp** a **Os č. 2**, přičemž hodnota $d = 0,167$. Jedná se tak o řešení kompromisní. To lze reprezentovat již tak, že uvedený denní počet cestujících pro spěšné vlaky je dostačující k vyvození závěru, že je účelné je provozovat na úkor jiných linek.

Pro další test tak byly denní počty cestujících spěšných vlaků sníženy. Ve variantě A tak byly sníženy předpokládané počty cestujících ve spěšných vlacích dle tabulky 2:

Tabulka 2: Počty cestujících – var. A

linka	počet cestujících v omezujícím úseku [tis. cestujících za 24 hodin]	počet cestujících v rámci celé linky [tis. cestujících za 24 hodin]
R	0,9	1,4
Sp	0,7	0,8
Os č. 1	0,5	1,5
Os č. 2	0,3	2,5

I v případě varianty A je byl modelem kalkulován výsledek linkového vedení shodný s hodnotou $d = 0,1638$. Opět se tak jedná o řešení kompromisní, nikoli globální optimum.

Z výše uvedeného plyne, že stále nebyla zjištěna hrubá hladina přepínací hodnoty, kdy bude upřednostněna jiná linka. Byl tak proveden třetí test ve variantě B, přičemž počty cestujících ve spěšných vlacích byly sníženy o dalších sto cestujících denně. Vstupní počty cestujících varianty B shrnuje tabulka 3:

Tabulka 3: Počty cestujících – var. B

linka	počet cestujících v omezujícím úseku [tis. cestujících za 24 hodin]	počet cestujících v rámci celé linky [tis. cestujících za 24 hodin]
R	0,9	1,4
Sp	0,6	0,7
Os č. 1	0,5	1,5
Os č. 2	0,3	2,5

V případě varianty B již došlo k finální kalkulaci, kdy preferovány k přidělení kapacity dopravní cesty jsou linky R, Os. č. 1 a Os. č. 2. Hodnota d dosáhla 0,1695, tedy opět se jedná o kompromisní řešení. Kalkulací se tak došlo k výsledku, že přepínací hodnota ke spuštění provozu spěšných vlaků je mezi 600 – 700 cestujícími denně v omezujícím úseku Kaznějov – Horní Bříza a 700 – 800 cestujícími denně na celé lince spěšných vlaků s tím, že uvažujeme, že počty cestujících na ostatních linkách jsou stabilní a nemění se. Při takto málo významných změnách však došlo i k minimálním změnám vah jednotlivých hodnotících kritérií, což je velmi pozitivní zjištění v tom, že modifikovaná metoda je i velmi dobře prakticky využitelná.

5. Závěr

Výše uvedená forma výzkumu ukazuje, že Metoda STEM vykazuje jednak praktickou použitelnost pro řešení problémů při stanovení preference přidělení kapacity dopravní cesty, ale že uspokojivě funguje i při změně vybraných parametrů. Výzvou je tak testování i změn ostatních parametrů. V konkrétním případě byl měněn parametr počtu cestujících předpokládaný v jednotlivých segmentech dopravy.

Metodu STEM bude pravděpodobně možné modifikovat nejen pro problém kapacity železniční dopravní cesty, ale i pro řešení jiných úloh výpočetní cestou. Ve výše uvedené úloze dosahuje metoda relativně uspokojivých výsledků, nicméně je úlohou vědeckého týmu otestovat i jiné konkrétní případy tratí, a i jiné metody a porovnat jimi dosažené výsledky.

Je však zřejmé, že hodnotící kritéria musí být volena pečlivě a odpovědně, jinak metoda neposkytne uspokojivé výsledky. Pokud je však toto splněno, může být vhodným nástrojem k rozhodování nebo posuzování situací, jejichž optimální, příp. suboptimální řešení, není zřejmé.

Literatura

- [1] HANSEN, Ingo Arne and Jörn PACHL. Railway timetable and traffic. Hamburg: DVV Media Group GmbH - Eurailpress, 2008. ISBN 978-3-7771-0371-6.
- [2] PACHL, Jörn. Systemtechnik des Schienenverkehrs: Bahnbetrieb planen, steuern und sichern, mit Beispielen. 4., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: B.G. Teubner, 2004. ISBN 3-519-36383-6.
- [3] PURKART, Pavel. Optimal cooperation of public transport segments. Praha: Defense date 2019-12-06. Doctoral Minimum. CTU FTS. Department of Transportation Systems. Supervised by L. TÝFA.
- [4] TEICHMANN, Dušan and Michal DORDA. Comparison of Two Selected Methods In Evaluating Of Investments in Transport Infrastructure. In: Finance and Performance of Firms in Science, Education and Practice : proceedings of the 7th International Scientific Conference : April 23-24,

2015, Zlín, Czech Republic. Zlín: Tomas Bata University in Zlín, 2015.
pp. 1524-1536. ISBN 978-80-7454-482-8.

- [5] Veřejně dostupné materiály týkající se provozování dráhy (jízdni řády atd.) od Správy železnic, státní organizace

Poděkování

Tento příspěvek byl realizován za podpory projektu SGS20/138/OHK2/2T/16 Stanovení a optimální využití parametrů železniční dopravní cesty.

Kompatibilita tramvají při nehodě s osobními automobily

Ing. Jakub Seidl¹

Fakulta strojní ČVUT v Praze

Technická 4, 160 00, Praha 6 - Dejvice

e-mail_1: jakub.seidl@fs.cvut.cz

Abstrakt

V poslední době rostou u silničních vozidel požadavky na zvyšování kompatibility vozidel při nehodě s méně chráněným účastníkem silničního provozu. Kompatibilita vozidel značí přístup, kdy je snaha při nehodě ochránit cestující uvnitř i vně vozidla. Příspěvek se zabývá popisem současných přístupů ke zvýšení kompatibility vozidel při nehodě a aplikací těchto poznatků na úpravu prvků čel tramvají pro snížení následků nehod s osobními automobily.

Klíčová slova

Tramvaj, osobní automobil, nehoda, kompatibilita vozidel

Compatibility of trams in the event of an accident with passenger cars

Abstract

Recently, there have been growing requirements for road vehicles to increase the vehicle compatibility in the event of an accident with a less protected road user. Vehicle compatibility means an approach where an effort is made to protect passengers inside and outside the vehicle in the event of an accident. The paper deals with the description of current approaches to increase the compatibility of vehicles in the event of an accident and the application of this knowledge to modify the tram fronts to reduce the consequences of accidents with passenger cars.

Keywords

Tram, car, accident, vehicle compatibility

1. Úvod

Moderní tramvajová doprava, zajišťována částečně nebo plně nízkopodlažními vozidly, patří k jednomu ze základních pilířů městské hromadné dopravy každého moderního města s vyšším počtem obyvatel. Tramvajová doprava je nejčastěji využívána k přepravě velkého počtu cestujících z odlehlejších částí do centra města. Z důvodu historické zástavby většiny evropských měst není možné vést tramvajovou dopravu po samostatném tělese odděleném od ostatních účastníků silničního provozu a tím zcela eliminovat riziko vzniku nehody. Z důvodu potřeby změny směru jízdy dochází ke křížení tramvajových kolejí s jízdami pruhy ostatních účastníků silničního provozu. Každé toto křížení zvyšuje riziko vzniku dopravní nehody tramvaj s osobními motorovými vozidly (dále jen OA). [1]

Ze společenského hlediska rostou požadavky na zvýšení bezpečnosti silničního provozu, snížení rizika vzniku dopravní nehody a snížení závažnosti následků dopravních nehod. V posledních letech je snaha u vozidel zvyšovat i tzv. partnerskou ochranu, kdy vozidlo nechrání jen cestující uvnitř vozidla, ale i vně vozidla. [2]

Podle provedené statistiky nehodovosti tramvaj s OA na území České republiky za roky 2016 až 2018 došlo celkem k 4 641 nehodám tramvaj s OA, při nichž došlo ke 229 lehkým a 9 těžkým zranění cestujících v OA. Ke zranění cestujících v OA při nárazu čela tramvaje do boku OA došlo při 15 % ze všech nehod tohoto typu. [3]

Výsledky provedené statistiky nehodovosti potvrzují potřebu se zabývat výzkumem snížení rizika vzniku zranění cestujících v OA při nehodě s tramvaj. V tomto příspěvku se zabývám rešerší současných přístupů ke zvýšení kompatibility vozidel při nehodě a aplikací těchto poznatku na nehody tramvaj s OA.

2. Kompatibilita vozidel při nárazu

V poslední době je tendence zvyšovat bezpečnost provozu a snižovat riziko poranění cestujících v kolizních vozidlech zaváděním přístupu tzv. partnerské ochrany. Vozidlo svými bezpečnostními prvky má při nehodě chránit jak cestující uvnitř tak i vně vozidla. U nově konstruovaných silničních motorových vozidel je tento přístup ukotven v předpisu ES č. 78/2009 „o schvalování typu motorových vozidel s ohledem na ochranu chodců a ostatních nechráněných účastníků silničního provozu“. [4]

Zvyšování partnerské ochrany vozidel se obecně nazývá kompatibilitou vozidel při nehodě a lze je rozdělit do tří kategorií: [2]

- kompatibilita hmotností vozidel;
- kompatibilita tuhostí vozidel;
- kompatibilita geometrie vozidel.

2.1. Kompatibilita hmotnostní vozidel

Při nárazu dvou vozidel dochází ke změně rychlosti obou vozidel v závislosti na jejich počáteční rychlosti a hmotnosti. Vztah pro výpočet rychlosti vozidel po nárazu lze získat úpravou vztahu zákona o zachování hybnosti vozidel před a po nehodě: [5]

$$v_{12} = \frac{m_1 + v_1 - m_2 + v_2}{m_1 + m_2}, \quad (1)$$

Kde m je hmotnost vozidel, v je rychlost vozidel. Index 1 a 2 značí parametry vozidel před nehodou a index 12 parametry vozidel po nehodě. Změna rychlosti jednotlivých vozidel $\Delta v_{1,2}$ je dána vztahem (2).

$$\Delta v_{1,2} = v_{1,2} - v_{12} = \frac{m_{2,1} * (v_1 + v_2)}{m_1 + m_2}, \quad (2)$$

Ze vztahu (2) lze odvodit, že změna rychlosti vozidel je úměrná převrácené hodnotě hmotností vozidel:

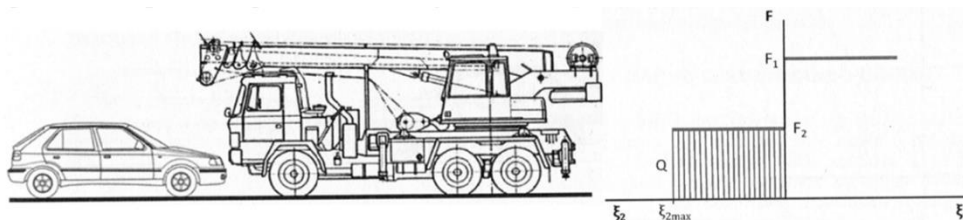
$$\frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} = \frac{m_1}{m_2}, \quad (3)$$

Čím je větší poměr hmotností obou vozidel, tím působí na lehčí vozidlo během nehody větší zrychlení a posádce lehčího vozidlo hrozí větší riziko zranění. Problém lze uvést na příkladu nehody OA o hmotnosti 1 800 kg s kamionem o hmotnosti 12 000 kg při rychlosti 50 km/h. Výsledná rychlost vozidel po nehodě je 37 km/h ve směru jízdy kamionu. Změna rychlosti kamionu je 13 km/h, zatímco změna rychlosti OA je 87 km/h. Je tedy patrné, že posádce OA hrozí při nehodě větší riziko zranění než posádce v nákladním automobilu z důvodu většího působícího zrychlení. [6]

Kompatibilitu hmotností tramvaje s OA nelze jednoduše vyřešit. Jelikož současně vyráběná OA váží kolem 1.5 tuny, zatímco hmotnost tramvají se pohybuje v řádu desítek tun (záleží na stavu ložení tramvaje). Je tedy nutné se zaměřit na zbylé dva přístupy zvýšení kompatibility vozidel při nehodě.

2.2. Kompatibilita tuhostí vozidel

Tuhosti deformačních prvků vozidel jsou definovány legislativními požadavky na pasivní bezpečnost (pro OA předpisy EHK/OSN 94 a 95, pro tramvaje norma ČSN EN 15227). Zjednodušeně lze konstatovat, že čím je vozidlo těžší (při nehodě má větší kinetickou energii), tím má tužší deformační prvky. Při nárazu dvou vozidel s vyšším poměrem tuhostí deformačních prvků tak může nastat situace, že veškerou deformační energii nárazu absorbuje lehčí vozidlo, protože síla nárazu nebyla dostatečná k deformaci těžšího vozidla. K této situaci může nastat například při nehodě OA s kamionem nebo s tramvají, viz obr. 1. [2], [7]



Obr. 1 Čelní náraz OA do kamionu, zdroj: [4]

Zlepšení kompatibility tuhostí tramvají při nehodě s OA by šlo docílit dvěma přístupy: zvýšení tuhosti deformačních prvků lehčího vozidla (OA) nebo snížením tuhosti deformačních prvků těžšího vozidla (tramvaje). [8]

Zvýšení tuhosti deformačních prvků lehčího vozidla by vedla při nehodě k větším zpomalením působících na posádku OA (vychází z druhého Newtonova zákona $F = m * a$) a zhoršení vyhodnocovacích biomechanických kritérií člověka, která jsou používána při crash testech vozidel. [4]

Při snižování tuhosti deformačních prvků tramvají je nutné vzít v potaz zachování dostatečné bezpečnosti při nehodě s jinou tramvají. Velké snížení tuhosti by mohlo vést ke zmírnění následku nehod tramvají s OA, ale při nehodě dvou tramvají by došlo k velkému destrukci tramvají. Deformační prvky současně vyráběných tramvají se nejčastěji skládají z dvou deformačních trubek, které jsou spojeny s nárazníkem. Při nehodě dochází nejdříve ke kontaktu nárazníku s jiným vozidlem.

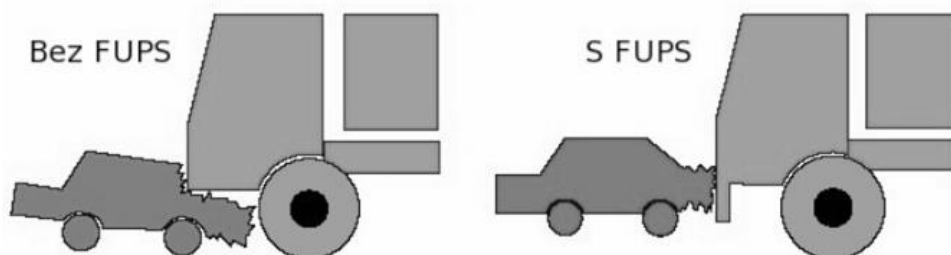
Umístěním měkčích absorbérů energie před nárazníky by se docílilo zmenšení tuhosti deformačních prvků při nehodě s OA. Při nárazu obou vozidel bude energie absorbována oběma vozidly a nedojde pouze k destrukci OA. Při tomto řešení zůstane zachována bezpečnost tramvají při nehodě s jinou tramvají a dojde ke zlepšení kompatibility tuhostí tramvaje při nehodě s OA. [8]

2.3. Kompatibilita geometrie vozidel

Kompatibilita geometrie vozidel (výškové umístění deformačních prvků nad vozovkou) se již delší dobu řeší u nákladních automobilů. Při nehodě nákladních a osobních automobilů nedocházelo ke kontaktu deformačních prvků vozidel a OA při nehodě často zajelo pod nákladní automobil, kde došlo k jeho velkému destrukci, viz obr. 2, a vážným zraněním posádek OA. Tuto situaci se podařilo zlepšit zavedením systému FUPS (Front Under-run Protection System) na přední a zadní část nákladních automobilů. Při nehodě dojde ke kontaktu nárazníků OA se systémem FUPS a zamezení podjetí OA pod nákladní automobil, viz obr. 3. [2], [9], [8]



Obr. 2 Nehoda osobního a nákladního automobilu, zdroj: olomoucka.drbn.cz

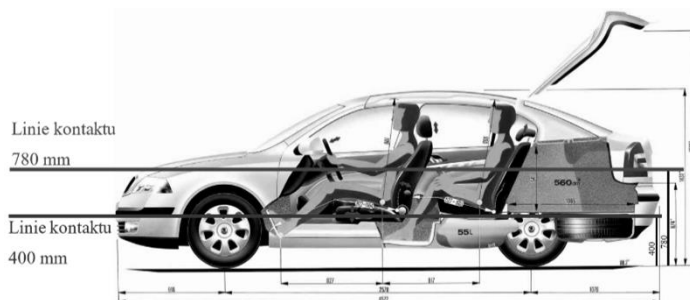


Obr. 3 Funkce systému FUPS při nehodě nákladního a osobního automobilu, zdroj: [9]

Obdobná situace nastává při nehodě tramvají s OA, viz obr. 4. Deformační prvky tramvají jsou obvykle umístěny ve výšce 780 mm nad vozovkou. Při čelní nebo čelněboční nehodě tramvaje s OA dochází ke kontaktu tuhého nárazníku s OA v místech, které nejsou dimenzovány na odolnost proti nárazu, viz obr. 5. Při nehodě tak dochází k velké destrukci OA, což vede k většímu riziku vzniku zranění. [8]



Obr. 4 Zajetí OA při nehodě pod tramvaj, zdroj: nbsphiladelphia.com



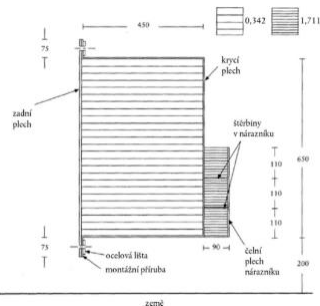
Obr. 5 Kontaktní linie nárazníku tramvaje s bokem OA, zdroj: vozskoda.wz.cz

Jako možné řešení zvýšení geometrické kompatibility se jeví umístění deformačních prvků tramvajů do výšky tužších částí karoserií OA. Požadavky na odolnost při čelním a bočním nárazu pro nově konstruované OA jsou popsány v předpisech EHK/OSN 94 a 95. [10], [11]

Předpisy definují rozměry, tuhosti a rychlosti nárazových bariér pro jednotlivé nárazy, viz obr. 6 a obr. 7. Karoserie OA jsou dimenzovány pro největší tuhost pro čelní náraz ve výšce 200 až 530 mm nad vozovkou a pro boční náraz ve výšce 300 až 550 mm nad vozovkou. Při umístění nárazníků tramvaje do výšky např. 400 mm nad TK, viz obr. 5, dojde při nehodě ke kontaktu nárazníku s deformačními prvky na čele OA nebo s podélnými prahy OA, tedy do míst dimenzovaných pro náraz. [8], [4]



Obr. 6 Rozměry a tuhosti bariéry pro boční náraz, zdroj: [4]



Obr. 7 Rozměry a tuhosti bariéry pro čelní náraz, zdroj: [10]

3. Závěr

V článku jsem shrnul současné poznatky zvyšování kompatibility vozidel při nehodě a jejich možnou aplikaci na zvýšení kompatibility tramvají při nehodě s OA. Jako nejvhodnější přístup pro snížení následků nehod v OA se jeví umístění deformačních prvků tramvaje do výšky struktur OA dimenzovaných pro čelní a boční nárazy podle předpisů EHK/OSN 94 a 95.

Další vhodnou možností je umístění měkčích deformačních prvků před nárazník tramvaje, který je dimenzován pro nehodu s jinou tramvají.

Závěry sepsané v tomto článku mi poslouží jako vstup do dalšího výzkumu pro zvýšení partnerské ochrany tramvajových vozidel při nehodě s OA, který řeším v rámci svého doktorského studia.

Literatura

- [1] ZELENÝ, V., SEIDL, J. Vliv statistiky nehodovosti na konstrukční prvky čel tramvajových a železničních vozidel. Žilina, VTS při Žilinské univerzitě, 2019, ISBN: 978-80-89276-59-2.
- [2] VAŠÍČEK, J. Kompatibilita vozidel při čelním střetu. Brno, Vysoké učení technické v Brně, diplomová práce, 2013.
- [3] SEIDL, J. Nehodovost tramvají s osobními automobily v Praze za roky 2016 až 2018. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2021, ISBN 978-80-214-5963-2.
- [4] KOVANDA, J., a kolektiv autorů. Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků. Praha, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, 2015, ISBN 978-80-01-05893-0.
- [5] SEIFFERT, U., WECH, L. Automotive Safety Handbook. USA, SAE International, 2003, ISBN 978-0768009125.
- [6] EVANS, L. Traffic Safety. USA, Science Serving Society, 2004, ISBN 978-0975487105.
- [7] ČSN EN 15227: Železniční aplikace – Požadavky na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu. Praha, Český normalizační institut, 2011.
- [8] SEIDL, J. Deformační prvky kabiny nízkopodlažní tramvaje. Praha, České vysoké učení technické v Praze, diplomová práce, 2018.
- [9] VAŠÍČEK, M. Pasivní bezpečnost motorových vozidel – podklady k přednáškám. Praha, České vysoké učení technické v Praze, 2017.
- [10] Předpis EHK/OSN č. 94. Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska ochrany cestujících při čelním nárazu. 2018.
- [11] Předpis EHK/OSN č. 95. Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska ochrany cestujících při bočním nárazu. 2015.

Poděkování

Výzkum byl realizován s podporou studentské grantové soutěže projektu SGS19/161/OHK2/3T/12.

Železnice – příležitost pro přírodu

Ing. Jan Valehrach¹

Fakulta stavební, VUT v Brně

Veveří 331/95, 602 00, Brno

e-mail_1: valehrach.j@fce.vutbr.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá úvahou o prospěšnosti liniových staveb pro přírodu.

Klíčová slova

Železnice, krajina, příroda, zeleň, zvíře.

Railways - an opportunity for nature.

Abstract

The paper deals with the consideration of the usefulness of linear constructions for nature.

Keywords

Railway, landscape, nature, plants, animal.

1. Úvod

S budováním liniových staveb je spojeno mnoho negativního. Nové stavby přetínají stávající dopravní proudy, kříží migrační trasy zvířat, vynucují si přeložky vodních toků, prochází chráněnými územími, jsou budovány v blízkostech lidských obydlí apod.

Pozemní komunikace nižších tříd a lokální tratě často kopírují terén, avšak dálnice, tratě na vyšší rychlosti (včetně VRT) přetvářejí krajinu výrazněji. Množství umělých staveb (mosty, násypy, zářezy) zanechává hlubokou "jizvu" v krajině.

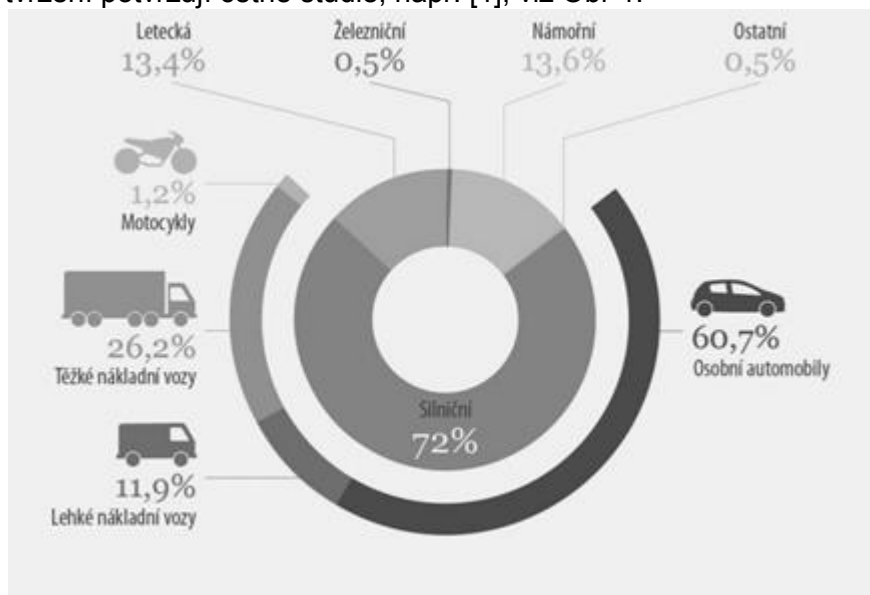
Tyto argumenty jsou slýchány vždy, když se objeví záměr nové stavby či modernizace stávající. S mnohými argumenty si umíme poradit po stavební stránce. Ve spolupráci s ekology či příslušnými institucemi vznikají ekodukty, podchody pro zvěř apod. Pro obyvatele budujeme protihlukové stěny, stavby umísťujeme do zářezů či přímo do tunelů.

Liniové stavby však nepřináší krajině pouze negativa. Podíváme-li se na stavby zbudované v minulosti, zjistíme, že mnoho staveb s krajinou přímo splynulo a bereme je jako běžnou součást našeho okolí.

Cílem příspěvku je rozšířit povědomí o fauně a flóře kolem liniových staveb a podpořit debatu o prospěšnosti staveb nejen z pohledu dopravního.

2. Stavba jako nepřítel

Železniční doprava je obecně chápána jako ekologický způsob dopravy. Toto tvrzení potvrzují četné studie, např. [1], viz Obr 1.



Obr. 1. Podíl emisí podle druhů dopravy [1]

Přesto jsou železniční tratě, a liniové stavby obecně, chápány jako nepřirozený zásah do krajiny. Stavař/projektant je brán automaticky jako nepřítel a ničitel přírody. V případech, kdy je návrh proveden necitelně a bez součinnosti s přírodoochrannými institucemi či úřady, tomu tak opravdu bohužel je.

Naneštěstí často převládá pouze obava ze změny. Doba se mění a společnost se vyvíjí – zvyšují se cestovní rychlosti, zkracují se dojezdové časy a v důsledku se přetváří naše krajina.

Při plánování staveb se zpracovávají posouzení koncepce projektu na životní prostředí (SEA), posouzení stavby na životní prostředí (EIA) či další četné studie zaměřené na konkrétní prostředí, živočichy či rostliny. Projektant pak navrhuje opatření na minimalizaci vlivu na stávající status quo. Mezi tyto opatření patří ekodukty (v ČR zatím pouze přes dálnice), podchody pro zvěř, estakády přes údolí místo náspů, tunely, protihlukové valy, zelené pásy apod.



Obr. 2. Podchod pro migrující zvěř [2]

3. Stavba v krajině

Stavby krajiny nemusí pouze škodit. Svým umístěním se podílejí na dalším vývoji území, kterým procházejí. Příkladem je zamezení scelování zemědělských ploch do velkých celků s nevhodným pěstováním monokultur (viz Obr. 3).



Obr. 3. Trať Brno – Břeclav [3]

Dalším přínosem jsou nové „zelené pásy“ v krajině, které mohou být útočištěm četných druhů rostlin a živočichů (viz Obr. 4).



Obr. 4. Trať Olomouc – Zábřeh [3]

Tyto zelené pásy najdeme především u dálnic a železničních tratí s vyššími rychlostmi. Pozemní komunikace nižších tříd a lokální tratě se přimykají k terénu, avšak dálnice a železniční tratě s vyššími rychlostmi vyžadují násypy a zářezy, které nabízejí prostor pro přírodu.

Vyjma linií kolem staveb nacházíme i plošné zelené prvky. Vyskytují se často u křížení jednotlivých staveb, u souběhů či v místech, která jsou zemědělsky či stavebně nezajímavá či neobhospodařitelná (viz Obr. 5).



Obr. 5. Trať Brno – Břeclav [3]

4. Příroda se vrací

Pro velké živočichy jsou liniové stavby často smrtelnou překážkou. Podle [4] „střety se zvěří jsou zřejmě velmi časté, protože 91 % strojvůdců uvedlo, že během výkonu profese srazilo nějaké zvíře, často zaznamenávali i několik střetů ročně. Pět z nich dokonce odhadlo, že za celou dobu své služby přejeli více než sto zvířat. Jeden strojvedoucí uvedl, že se s kolizemi setkává při každé směně, pět dalších několikrát týdně.“

Z výše uvedeného se podél dálnic budují a podél budoucích VRT budou zřizovat oplocení pro zamezení středu se zvěří. Prostupnost je pak řešena opatřeními popsány výše.

Příroda nejsou jen „velcí“ živočichové. Příroda jsou také různé ještěrky, broučci, hmyz apod. Mnozí se naučili žít v okolí tratí.



Obr. 6. Mraveniště na trati Hanušovice – Staré Město pod Sněžníkem před rekonstrukcí, foto Ing. Erik Dušek



Obr. 7. Tramvajová trať s přirozeným vegetačním krytem, foto Ing. Erik Dušek

Obrázky 6 a 7 nedokumentují zrovna stav tratí, jaký bychom si primárně přáli, avšak ukazují, že se dopravní stavba může stát přírodou. Mnohé tratě přímo přispěly k vytvoření dnes cenných chráněných lokalit. Příkladem může být „Střelická bažinka“ na jižní Moravě, která vznikla v souvislosti s výstavou železnice [5]. Obdobně pomohla železnice ochraně přírody na trati Břeclav – Přerov (Obr. 8), kde vznikla Národní přírodní památka Váté písky. „Pás podél železnice byl záměrně udržován odlesněný, aby se zamezilo šíření požárů (ty při provozu parních lokomotiv vznikaly často) do okolních lesních porostů.“ [6]



Obr. 8. Národní přírodní památka Váté písky u trati Břeclav – Přerov [3]
Samostatnou kapitolou jsou zrušené či dlouhodobě neudržované tratě, které po pár desítkách let okolní vegetace kompletně pohltí.



Obr. 9. Původní vedení tratě Studénka – Veřovice

Obdobná situace je i s tratěmi a drážními pozemky v zastavěných územích. Nevyužívané pozemky stále vedené jako drážní neumožňují jejich využití developery a příroda se postupně vrací.

V rozhovoru [7] botanik J. A. Šturma říká: „třeba na kolejišti na Smíchovském nádraží, tak tam jsme jednou dělali s kamarádem botanický průzkum a za dvě hodiny jsme našli zhruba 250 druhů rostlin. Když si to porovnáte s běžnou loukou stejné rozlohy za hranicí Prahy, tak je to zhruba pěti- i vícenásobek.“

Následně při obnově takových tratí se musí řešit střet zájmů, kdy ochránáři dlouho nevyužívané tratě považují za přírodu, kterou je nutné chránit. Příkladem budiž těleso nedokončené Exteritoriální dálnice Vídeň–Vratislav, tzv. Hitlerova dálnice, na které je několik přírodních památek.



Obr. 10. Přírodní památka Obůrky-Třeštětec v zářezu nedokončené dálnice [3]

4. Závěr

Kromě negativ, která s sebou přinášejí liniové dopravní stavby, lze nalézt i několik pozitiv. Bylo by ovšem mylné uvádět pouze klady dopravních staveb stejně, jako odpůrci staveb prezentují jen jejich zápory.

Nic není pouze černobílé. Kladně vnímaný zelený pás může do blízkosti tratě přivést velká zvířata, stejně jako v krajině překážející násep může zabránit rozlítí povodňové vlny.

Stejně jako se mnoho povrchových lomů stalo přírodními památkami či jinak chráněnými územími, i vhodně navržená dopravní stavba nemusí být překážkou v krajině a naopak může krajinu vhodně dotvářet. Příkladem budiž aleje podél cest. Vzhledem k bezpečnosti železničního provozu stromy nejsou ideální v okolí tratí, avšak nízká zeleň může do určité míry sloužit i jako protihluková, protisněhová a estetická bariéra.

Je proto důležité, aby projektanti již v projekční fázi počítali s budoucím stavem zeleně kolem staveb.

Literatura

- [1] Emise CO₂ z aut: fakta a čísla (infografika) [online]. 25.3.2019 [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>
- [2] Migrační koridory v Jablunkovské brázdě. Šelmy.cz [online]. [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://www.selmy.cz/ohrozeni/fragmentace-krajiny/jablunkovska-brazda/>
- [3] Mapové podklady: Mapy.cz
- [4] NEZVAL, Vojtěch a Michal BÍL. Srážky se zvěří na českých tratích. Myslivost [online]. 2021, 3/2021 [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2021/Brezen-2021/Srazky-se-zveri-na-ceskych-tratich/>
- [5] Střelická bažinka. Střelice [online]. [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://www.streliceubrna.cz/strelicka-bazinka/d-1363>
- [6] Národní přírodní památka Váté písky. AOPK ČR - RP Jižní Morava [online]. [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=1494>
- [7] Kolonizace. Jak ji vidí botanik. Nový prostor. 2017, (495), 3. ISSN 1213-1911.

Spolupráce architekta při návrhu dopravních staveb

Ing. arch. Zuzana Boušková¹

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 - Dejvice

e-mail_1: zuzana.bouskovasv.cvut.cz

Abstrakt

Příspěvek přiblížil na příkladu návrhu nové Jarovké třídy na pražském Žižkově problematiku návrhu a projednání nové tramvajové trati rozvojovým územím transformovaného brownfieldu bývalého Nákladového nádraží Žižkov z pohledu architekta dopravních staveb. V rámci příspěvku byly diskutovány možnosti ukončení nové tramvajové tratě ve vazbě na objekty občanské vybavenosti a s ohledem na připravovanou stavbu městského okruhu, který řešené ukončení a celou tramvajovou trať přímo ovlivňuje. V prezentaci byly dále přiblíženy řešení příčného uspořádání nové Jarovské třídy v různých profilech a umístění jednotlivých nácestných zastávek. Zvláštní pozornost byla věnována možnostem ukončení tratě a řešení obratiště a blíže komentované bylo navržené řešení ukončení pomocí "trangu" a to včetně vazby na provozní a další aspekty.

Historie a současnost údržby železničních tratí

Ing. Lucie Černá¹

*Fakulta stavební, VUT v Brně
Veveří 331/95, 602 00, Brno
e-mail_1: lucie.cerna63eznam.cz*

Abstrakt

Příspěvek shrnoval vývoj zejména drobné mechanizace určené pro práce a údržbu na železničních tratích v průběhu času od vzniku železniční dopravy. Na komentovaném příkladu vybraných druhů ruční mechanizace byl demonstrován technický vývoj a možnosti využití jednotlivých mechanismů. Z uvedeného lze uvést například stroj na řezání kolejnic, který měl před 100 lety 78 kg a byl na ruční pohon, v dnešní době je poháněn dvoutaktním benzínovým motorem a jeho celková hmotnost činí 29 kg. Dalším příkladem může být stroj pro vrtání kolejnic, kdy dříve se používaly ruční řehačkové vrtačky nebo vrtačky poháněné klikou o hmotnosti 45 kg, a dnešní vrtačky jsou i s elektromotorem o hmotnosti 22 kg. Pro vrtání dřevěných pražců se pak používaly vrtáky s ruční nebo motorickou silou a s obtížně proveditelnou přesností, dnešní 13 kg přenosnou vrtačku pražců pohání čtyřtaktní benzínový motor a díky lepšímu držení a širokým vyšším madlům je dosahováno vyšší přesnosti.

Vodní dílo Vlachovice logistická studie přepravy materiálu na stavbu hráze

doc. Ing. Lukáš Týfa¹

*Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20, 110 00, Praha 1 – Staré město
e-mail_1: tyfald.cvut.cz*

Abstrakt

Přednáška komplexně představila studii možností řešení přepravy materiálu na stavbu hráze Vodního díla Vlachovice, s možností realizace po roce 2030. V příspěvku byly představeny základní širší vztahy, kubatury a možná zdrojová místa pro odběr materiálu. Dále byly představeny možné trasy přepravy materiálů, právě s ohledem na jejich zdrojová místa (lomy) a možné způsoby přepravy na deponie v místě stavby hráze (železniční, silniční, pásové dopravníky, speciální kontejnery a jejich možné kombinace). Příspěvek, resp. studie, dále řešila stanovení doby nutné pro přepravu materiálů a parametrů dopravních prostředků, stanovení stavebních (investičních) nákladů na výstavbu a uvedení do původního stavu nezbytné dopravní infrastruktury a určení přepravních (provozních) nákladů na vlastní přepravu materiálů. Na závěr příspěvku bylo provedeno zhodnocení navržených variant způsobu přepravy materiálů a doporučení optimální varianty.

Měření GPK – prostředky pro měření, praktické problémy a úskalí

Mg. Alena Havlová¹

KŽV s.r.o.

U Kapličky 1199/16, 165 00, Praha – Suchbátka

e-mail_1: alena.havlova85mail.com

Abstrakt

Příspěvek představil soudobou měřicí techniku používanou pro měření a pasportizaci kolejových drah v prostřední České republice. V úvodu shrnul sledované veličiny GPK (rozchod, výšky, směry, převýšení, zborcení, křivost) a legislativní základnu pro měření. V hlavní části byly představeny – včetně komentovaných praktických problémů a úskalí – vybrané diagnostické prostředky – vozíky KRAB, SALAMANDER, GEKON, a další. Dále byla diskutována problematika vlnových pásek a aspekty měření pro vlnová pásma, a to jak pro skutečnou geometrii (space curves – prostorové křivky), tak těživovou vlnkovitost D1 – D5. Příspěvek se zaměřil zejména na problematiku měření drsnosti, hlučnosti, profilů kolejnic (ojetí, převalky), výhybek a prostorové průchodnosti.

Název: **Sborník příspěvků konference Želva 2021**

Editor: Magdalena Křečková

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta stavební
Katedra železničních staveb
Thákurova 7, Praha 6 – Dejvice, 166 29
(+420) 224 354 752

Tisk: Powerprint s.r.o.
Brandejsovo náměstí 1, Praha – Suchdol, 165 00

ISBN: **978-80-01-06881-6**

Vydání: první

Náklad: 40 výtisků

Počet stran: 86

Praha, 2021

ISBN 978-80-01-06881-6