

# Hlučnosť električkovej dopravy

Bronislav Weigl

e-mail:weiglbronislav@gmail.com

## Abstrakt

Najväčším problémom koľajovej dopravy a zvlášť električkovej je jej vyššia hlučnosť oproti iným druhom dopravy. Preto súčasný rozvoj a modernizácia dopravy v mestských aglomeráciách prináša požiadavky na znižovanie negatívnych dopadov na životné prostredie a to predovšetkým na znižovanie hlučnosti električkovej dopravy prijímaním opatrení na elimináciu týchto negatívnych dopadov na životné prostredie.

## 1. Úvod

V súčasnej dobe v mnohých európskych mestách dochádza k zásadným zmenám investičných priorít v oblasti rozvoja mestskej hromadnej dopravy (MHD), predovšetkým v rozvoji dráhových systémov. V mnohých mestách sa obnovili zrušené dráhové systémy MHD, resp. tieto systémy v súčasnej dobe prežívajú dynamický rozvoj za súčasnej reštrikcie individuálnej automobilovej dopravy (IAD) predovšetkým v ich centrách. Električková (koľajová) doprava má predovšetkým prednosti v možnostiach jej segregácie od ostatnej povrchovej dopravy s možnosťami plného uplatnenia jej preferencie.

*Poznámka: Témy preferencie nielen električkovej dopravy, ale aj ostatnej mestskej hromadnej dopravy sú inými témami s rozvinutím nielen technických, ale aj ekonomických aspektov.*

Najväčším negatívom električkovej dopravy je jej hlučnosť, ktorá sa ale v súčasnej dobe v európskych mestách úspešne rieši. Rovnako aj v našich dvoch mestách prevádzkujúcich električkovú dopravu sa prijímajú, resp. by sa mali prijímať opatrenia na znižovanie tohto negatívneho javu.

## 2. Električková doprava v Bratislave

Električková doprava v Bratislave je v prevádzke od 26. 8. 1895 s rozchodom 1000 mm. Časom bola doplnená o trolejbusovú a autobusovú dopravu. Prakticky od vzniku týchto dopravných systémov až do súčasnej doby zabezpečujú električky spolu s trolejbusmi základnú kostru MHD. Na tomto mieste je nutné spomenúť, že v minulosti a to až do roku 1963 bola aj Petržalka obsluhovaná električkovou dopravou do oblasti Sadu Janka Kráľa. V súčasnej dobe vybudovaný prvý úsek električkovej trate do Petržalky cez Starý most po zastávku Jungmanova. Súčasná dĺžka koľajových tratí je cca 95 km jednokoľajne, z čoho cca 75 % je vybudovaných na vlastnom telese, čo dáva reálny predpoklad, aby električková doprava bola v Bratislave nosným dopravným systémom v tých častiach mesta, kde je vybudovaná.

## 3. Zdroje hlučnosti električkovej dopravy

Najväčším problémom električkovej dopravy je jej hlučnosť. V minulosti boli časté sťažnosti na hluk spôsobený prevádzkou električkovej dopravy, ktoré boli podložené aj meraniami hygienikov. Z tohto hľadiska boli negatívne pohľady na prevádzku električkovej dopravy a na jej ďalší rozvoj. Preto je potrebné jednoznačne určiť príčiny zdroja hluku a následne prijať opatrenia na jeho elimináciu.

Problematika hlučnosti a vibrácií vznikajúcich v prevádzke električkovej dopravy je súhrnom zdrojov hlučnosti vlastných vozidiel (hlučnosť stojaceho vozidla) a hlučnosti vznikajúcej počas ich jazdy na koľajovej trati, čo je úzko spojené s problematikou opotrebovania kolies a koľajníc.

V zásade je možné rozdeliť zdroje hluku do dvoch oblastí:

- vlastné dráhové vozidlo (električka)
- styk „koleso - koľajnica“ počas jazdy vozidla, ktoré možno rozdeliť na:
  - ✓ konštrukcia a celkové parametre vozidla, stav pojazdu vozidla
  - ✓ konštrukcia a stav koľajovej trate
  - ✓ mazanie kolies, resp. bočnej časti koľajnice v oblúkoch

### 3.1 Dráhové vozidlo - električka

V prevádzke DPB aj staršie vozidlá rady **ČKD T3, K2 a T6A5**, ktoré už v časoch ich výroby dosahovali úroveň hlukových emisií blížiacim sa k limitu povolených hodnôt. Zdrojom hluku uvedených typov vozidiel boli pomocné pohony zabezpečujúce chladenie trakčných motorov silových častí elektrickej výzbroje, napájanie riadiacich obvodov, dobíjanie batérie. Ďalej je to pojazd vozidla prenášajúci zaťaženie na koľajovú trať a jeho komponenty napr. rotujúce časti, chladenie trakčných motorov, prevodovky i samotné kolesá. Zníženie hlučnosti sa dosiahlo modernizáciou starších vozidiel typu T3 a K2 v oblasti výmeny odporovej elektrickej výzbroje za polovodičovú, agregátov pomocných pohonov i zlepšením krytia podvozkov, čím bol dosiahnutý pokles hlukových emisií o cca 17 - 20 dB. Podvozky majú jedno vypruženie. Vozidlá používajú vypružené kolesá pôvodnej konštrukcie. Moderné električky typu **ŠKODA 29T a 30T** majú odlišný koncept stavby vozidlovej skrine, elektrickej výzbroje i pojazdu vozidla, s prihliadnutím na zníženie hlukových emisií. Podvozok vozidla je vybavený dvojitým vypružením - primárne tvoria gumokovové prvky, sekundárne dvojité vinuté pružiny. Koleso vozidla je vypružené. Električky pri typových skúškach preukázali splnenie požiadaviek na úroveň hlukových emisií i akostného čísla chodu podľa dnes platných noriem a v žiadnom prípade nie sú príčinou zvýšenej hlučnosti. A pre takéto konštatovanie možno aj bez meraní porovnať zvuk prechádzajúcich električiek na rôznych typov koľajového zvršku, ktoré sú v Bratislave a to napríklad na „otvorených“ zvrškoch napr. Račianska, Miletičova ....., alebo na zatravnenej trati na Záhradníckej (hustý trávnatý porast s automatickou závlahou).

### 3.2 Styk „koleso - koľajnica“

Ďalším zdrojom hluku, vznikajúcim pri jazde koľajovej dopravy je styk „**koleso - koľajnica**“ a to aj u starých vozidiel, modernizovaných vozidiel ako aj u nových vozidiel. Styk kolesa a koľajnice je bodom v ktorom sa prenášajú sily od statického a dynamického zaťaženia medzi vozidlom a koľajnicovými pásmi. Od úrovne týchto síl pôsobiacich na koľajový zvršok závisí i produkcia vibrácií a hluku. Na ich úroveň a frekvenčnú moduláciu má podstatný vplyv konštrukcia koľajového spodku a zvršku trate i optimálne parametre styku v podobe tvaru koľajnice a profilu kolesa vozidla. Dej pri styku kolesa a koľajnice možno kvantifikovať v nasledovných parametroch:

- rýchlosť pohybujúceho sa vozidla
- celková hmotnosť vozidla
- zaťaženie dvojkolesia
- priemer kolesa (menší priemer kolesa má nepriaznivejšie vlastnosti pri interakcii s nerovnosťami povrchu koľajnice napr. nerovnosti zvarov, vlnkovitosť koľajníc)

Je potrebné zobrať do úvahy že hmotnosť prázdneho vozidla typu **ŠKODA 29T a 30T** je takmer rovnaká ako troch vozidiel typu **ČKD T3 a T6** (vlak 3xT). Pokiaľ zaťaženie dvojkoľesia vozidla **ČKD T3 a T6** pri maximálnom obsadení je 7,5t u vozidla typu **ŠKODA 29T a 30T** dosahuje hodnoty 10,7t. Tomu musí zodpovedať i konštrukcia vypruženého kolesa, väčšia tuhosť tlmiacich prvkov. Hodnota emitovaného hluku na novej trati sa spravidla stabilizuje vytvorením súvislej vyjazdenej plochy (lesklého pásu) na hlave koľajnice v mieste počiatočného kontaktu s kolesom. Táto plocha vzniká trvalou prevádzkou, **nie je ju možné simulovať brúsením koľajníc**. Brúsenie hlavy koľajnice je účinné len na odstránenie hrdze, nerovností na stykoch koľajníc a vlnkovitosti.

Hluk vznikajúci stykom kolesa a koľajnice v oblúkoch je účinne eliminovaný použitím mazacích zariadení. V roku 1993 začal DPB skúšať mazanie okolesníkov kolies. Následné merania preukázali výrazné zníženie maximálnej hladiny hluku, ale ako z princípu vyplýva, len pri prejazde oblúkom malého polomeru. Vedľajším účinkom je zníženie opotrebenia koľajníc a kolies v oblúkoch, vyššia odolnosť vozidla voči vykoľajeniu a nižšia spotreba energie vplyvom menšieho bočného trenia v oblúkoch.

### 3.2.1 Stav kolies a podvozku električky

Na hlučnosť električkovej dopravy má vysoký vplyv stav podvozku a kolies električiek. Správny tvar kolies električiek, ich kontrola a údržba, spolu so správnym profilom hlavy koľaje z hľadiska hluku a jazdných vlastností nielen eliminuje hlučnosť, ale aj zvýši bezpečnosť električkovej dopravy (eliminácia vykoľajení z dôvodu neprávneho profilu kolesa, alebo profilu hlavy koľaje). Z tohto dôvodu sa v rámci modernizácie údržbovej základne DPB, a.s. o.i realizovalo aj obstaranie **podúrovňového sústruhu na obnovu profilu kolies, spolu s diagnostikou stavu kolies**. Týmto zariadením je možné po priebehu cca 30 tis. km obnoviť profil kolesa bez vyviazania podvozkov a tým zachovať optimálny tvar. Ďalším vplyvom je aj uchytenie podvozkov na rám karosérie, kde voľné podvozky (predovšetkým nábehové podvozky) spojené s karosériou „kráľovským čapom“ sú podstatne tichšie ako pevné podvozky a navyše pevné podvozky sú zdrojom vysokého opotrebenia koľajníc a kolies v oblúkových častiach tratí, pričom toto opotrebenie je zdrojom ďalšej hlučnosti. Nové vozidlá **ŠKODA 29 a 30T** majú tieto nábehové podvozky voľné, pričom otočnosť podvozkov je zaistená valivým guľôčkovým ložiskom medzi kolískou podvozku a skriňou vozidla. Ložiska sa vyznačujú veľmi malým valivým odporom, čo prispieva k minimalizácii nábehových (vodiacich) síl medzi nabiehajúcim kolesom a koľajnicou. Dôsledkom je minimálne opotrebenie jazdného profilu kolesa a následne aj koľajníc.

### 3.2.2 Konštrukcia a stav koľajovej trate

Poslednou oblasťou, ktorá má výrazný vplyv na hlučnosť prevádzky električiek a prípadne aj na pohodu pre cestujúcich má vlastná konštrukcia koľajovej trate (správny výber konštrukčného usporiadania) a jej technický stav. V oblasti výstavby nových električkových tratí, resp. pri rekonštrukciách a modernizáciách jestvujúcich tratí sú v súčasnej dobe známe opatrenia na zníženie hluku a vibrácii, ktoré predstavujú nadštandardné spôsoby kotvenia (upevnenia) koľajníc, ktoré utlmujú prenos zaťaženia a rázov kolies efektívnejšie v spojení s vrstvou štrkového lôžka otvorených tratí. Systémy sa vyznačujú tichšou a pohodlnejšou jazdou električiek, kde v prípade pevnej jazdnej dráhy sa ďalší útlm dosahuje zatravnovaním koľajových tratí hustým trávnatým povrchom zavlažovaným automatickou závlahou, resp. so suchomilnými rastlinami, ale s vyššou vrstvou zeminy. Tieto systémy, či riešené ako otvorený zvršok alebo pevná jazdná dráha (PJD) majú podstatný vplyv na dlhšiu životnosť

koľajového zvršku, zníženie hlučnosti a vibrácií pri použití nových konštrukcií električkových vlakov, ktoré budú spĺňať nasledujúce parametre:

- vhodná konštrukcia dráhových vozidiel, vrátane ich podvozkov
- vhodný profil hlavy koľajnice a kolies električiek
- nepripustenie prevádzky plochých kolies
- potrebným a pravidelne sa opakujúcim sa brúsením vlnkovitosti hláv koľajníc
- pri otvorených zvrškoch aj pravidelnej údržbe geometrickej polohy koľaje pravidelným podbíjaním

Celkový technický stav, ale aj vhodná konštrukcia má veľký vplyv aj na hlučnosť električkovej dopravy. Povrchy električkových tratí majú byť nielen mestotvorným prvkom, ale aj svojim kvalitným technickým riešením vytvoriť dobrý stav pre svoje funkcie nielen ako trať pre prevádzku električkovej dopravy, ale aj pre jej iné funkcie. Tu električková trať môže slúžiť pre ako aj na prevádzku inej verejnej dopravy, pre chodcov, ale aj ako aj prvok pre zeleň mestách. Podmienkou je vždy správne rozhodnutie o jej ďalšej funkcii ktorú bude trať zabezpečovať okrem vlastnej prevádzky električiek, z čoho sa následne vyplývajú jej konštrukčné prvky a konečné povrchové úpravy.

### 3.2.3 Vhodný profil hlavy koľajnice a kolesa

U električiek, resp. u koľajových vozidiel ďalším zdrojom hluku „styk koleso koľajnica“. Pre zníženie negatívnych javov týkajúcich tohto zdroja hlučnosti vozidiel je možné jej zníženie pri všetkých vozidlách modernizáciou kolies električiek, resp. celých podvozkov (primárne vypruženie podvozkov) a mazanie okolesníkov. Rovnako vplyva na znižovanie hlučnosti aj mazanie koľajových oblúkov. Je samozrejmé, že najväčší efekt v tejto oblasti sa dosiahne obnovou vozového parku nákupom nových električiek. V súčasnej dobe sa rieši aj problematika použitia správneho profilu koľajnice a kolesa a to aj v oblasti zníženia hlučnosti a vibrácií. Bolo spracovaných viacero štúdií, ktoré pojednávajú o optimalizácii profilu kolesa električky pre zníženie hlučnosti, priečnych pohybov kolesa, vibrácií a opotrebenia kolesa a koľajnice s nasledovnými odporúčeniami, ktoré sa zhodujú na možnosti zníženia hlučnosti pri prejazde električiek o cca 2,5 dB. Preto je vhodné aj pre Bratislavu - rozchod 1000 mm spracovať samostatnú štúdiu, ktorej výsledkom musí byť jednoznačný jazdný profil kolies a typ hlavy koľajnice:

- v súčasnosti sú v Bratislave používané minimálne 2 typy koľajníc (S 49 a NT1) a kuželový profil kolesa (1:40). Profil koľajníc NT1 má sklon hlavy koľajnice 1:40, čo odsúva bod styku kolesa a koľajnice viac ku stredu hlavy koľajnice. Pri novších stavbách a modernizáciách sa koľajnice NT1 nahrádzujú koľajnicami Ri60 R2. Koľajnice S49 sa inštalujú v DP zvislo alebo s náklonom 1:40. Pri montáži s náklonom sa opäť odsúva bod styku kolesa a koľajnice viac ku stredu hlavy koľajnice. V oboch prípadoch toto znižuje bočné opotrebenie koľajníc a tým aj nižšiu hlučnosť
- je potrebné unifikovať jazdnú hranu koľajníc na polomery 300-80-13 mm (poznamenávam, že ostatné DP v bývalej federácii majú profil už optimalizovaný a DP Praha má s touto optimalizáciou dobré skúsenosti)
- ďalšou možnosťou znižovania hlučnosti v oblasti styku „koleso - koľajnica“ je mazanie okolesníkov a bočnej časti koľajnice, kde vybavením mazacím zariadením dochádza okamžite k odstráneniu hlučnosti zo styku „koleso - koľajnica“ a po určitom časovom období je badateľný rozdiel v opotrebovaní koľajníc, kde na koľajniciach vybavených mazacím zariadením prakticky nie je vidieť jej opotrebovanie, oproti tomu na koľajniciach bez mazania po roku prevádzky dochádza k ich výmene alebo narovnanie. Samozrejme dochádza aj k zníženiu opotrebovania okolesníkov.

#### 4. Záver

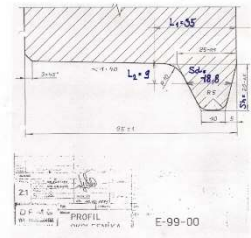
Riešenie naznačeného okruhu problémov prinesú opatrenia, ktoré odstránia negatívne dopady na životné prostredie, ktoré ako bolo spomenuté v úvode a to zníženie hlukových emisií. Potom, keď bude odstránené toto najväčšie negatívum koľajovej dopravy celkom určite bude otvorená cesta k ďalšiemu rozvoju a modernizáciách električkových dopravných systémov na území Bratislavy.

Na tomto mieste je vhodné pripomenúť, že obdobný problém ako dnes sledujeme v Karlovej Vsi môže vzniknúť aj pri výstavne 2. etapy električkovej trati v Petržalke, kde je opäť presadzovaná PJD a opäť bez závlahy trávnik. Tu opäť hrozí, že po realizácii PJD nastanú problémy s hlučnosťou. PJD je na jednej strane výborný systém vtedy, keď nevedí vyššia hlučnosť a je požadovaná bezúdržbovosť síce s vysokými investičnými nákladmi, ale následne s nízkymi prevádzkovými nákladmi, pokiaľ to nebude trať so zatrávením a automatickou závlahou. Ale ak niekto tvrdí, že PJD je potrebná preto, aby bol nižší hluk, tak je úplne mimo. Už len z princípu to tak byť nemôže. Zakrytie trate pomôže, ale lepší výsledok vždy dosiahnem pri štrkovom systéme zvršku. Tu na jednej strane sú nižšie investičné náklady, ale na druhej strane je však nevýhoda častejšia potreba opravy polohy koľaje - podbíjanie. Investor, správca sa teda musí rozhodnúť, čo je pre neho dôležitejšie - ekonomika, alebo spokojní občania.

V nasledujúcom období, pred ďalšou modernizáciou električkových tratí sa opäť vytvára priestor pre riešenie dvoch zásadných úloh. Jednej prevádzkovo-architektonickej a druhej výsostne technickej. Riešenia jednotlivých úloh by malo jednoznačne dať odpoveď na typ novej, resp. modernizovanej trate a na riešenia styku kolesa a koľajnice:

1. Prvá úloha je „**Zadanie pre prevádzkové a architektonické riešenie električkovej trate**“, ktorá by mala dať jednoznačnú odpoveď na typ novej, alebo modernizovanej električkovej trate na jej typ a ďalší účel (otvorená trať s klasickým železničným zvrškom alebo trať s uzatvoreným zvrškom). Pri uzatvorenej trati určiť, či trať bude iba pre pohyb chodcov alebo bude slúžiť aj pre prevádzku cestnej dopravy, alebo trať bude zatrávená. V rámci tejto úlohy musí byť rozhodnuté aj o umiestňovaní trakčných stožiarov a to buď stredových, v tom prípade počítať aj z rozšírením osovej vzdialenosti koľají alebo stožiarov umiestnených na okraji komunikácie. Ale vždy toto riešiť aj s uličným osvetlením. S rozšírením osovej vzdialenosti je nutné počítať aj pri združenej trati, resp. pri riešení spoločných zastávok s autobusovou alebo trolejbusovou dopravou.
2. Druhou úlohou je „**Zadanie riešenia optimalizácie nového jazdného obrysu koľies električiek s rozchodom 1000 mm a pre zjednotenie jazdných profilov použitých koľajníc**“. V Bratislave sú používané žliabkové koľajnice NT1, NP3, B1, S 180, TV 65 a koľajnicou S49E1. Radiály tratí sú budované s koľajnicou typu S49E1, novobudovaná trať v Petržalke je vybavená koľajnicami typu 49E1 a RiPh37N a Starý most koľajnicami Ri60 a RiPh37N. MET Dúbravsko-karľovská radiála je vybavená koľajnicami S49E1 a Ri60 R2. Musí sa rozhodnúť, ktoré typy profilov koľajníc bude cieľovo nasadzovať. Odporúčanie projektantov je, aby sa tvar prispôbil koľajnici S49E1, montovanej v sklone 1:40 s charakteristickými polomerami R300, R80 a R13 na stykových plochách s kolesom.

Tvar jazdného profilu kolesa električiek sa udržiava podľa výkresu E 99-00 z roku 1991 a prílohy 6 Vyhlášky MDVRR SR č. 351/2010 Z.z. Tento profil bol zavedený ako dočasný vzhľadom na pripravované zmeny rozchodu tratí na rozchod 1435 mm, od svojho vzniku nebol optimalizovaný na postupne zmenené profily použitých koľajníc a na základe súčasných poznatkov už nezodpovedá optimálnej funkcii styku koleso - koľajnica.



Súčasťou modernizácie tratí je naplnenie ustanovenia § 46 ods. 3 vyhlášky MDPT SR č. 350/2010 Z. z. o stavebnom poriadku dráh, zvýšenie technickej úrovne vhodnými konštrukčnými opatreniami koľajového zvršku, zníženie emitovaného hluku a vibrácií pod limity stanovené Vyhl. MZ SR č. 549/2007 a Eurokódu 8, STN EN 1998-1/NA/Z1 ako aj zlepšenie bezpečnosti cestujúcich, kultúry cestovania, informačných systémov, riadenia dopravy, estetickej úpravy tratí, atď.

Návrh zadania úlohy spracovali Ing. Červenka a Ing. Šestina, v júny roku 2015, Žiaľ do súčasnej doby táto úloha nedostala do riešenia a zrejme sa nikto ani s touto problematikou v DP nezaobrá. Predmetom riešenia úlohy bolo:

1. Na základe určeného tvaru a sklonu koľajníc a vzhľadom na geometrické usporiadanie tratí, požadovaných a plánovaných rýchlostí jazdy navrhnúť nový tvar jazdnej plochy a okolesníka električkového kolesa vrátane jeho šírky.
2. Vykonanie meraní a záznamov typických opotrebených profilov existujúcich typov koľajníc a jazdných profilov kolies.
3. Vykonanie meraní parametrov bezpečnosti proti vykoľajeniu, kvality chodu na všetkých typoch súčasných tratí DPB s použitím existujúceho profilu električiek a s novo navrhnutým profilom kolies električiek v normovom a maximálne opotrebenom stave a vzájomné vyhodnotenie výsledkov.
4. Vykonať navyše aj kontaktnú analýzu novo navrhnutého profilu kolesa aj s profilom používaných koľajníc.
5. Vykonanie meraní parametrov emitovaného hluku na koľaji s koľajnicou S49E1 s použitím existujúceho a novo navrhnutého profilu kolies električiek a vzájomné vyhodnotenie výsledkov. (Zvážiť porovnanie pri montáži 1:40 a bez úklonu.)
6. Stanoviť medzné opotrebenia koľajníc a jazdných plôch kolies z hľadiska prechodnosti výhybkami a bezpečnosti proti vykoľajeniu.
7. Stanoviť minimálne požadované kvalitatívne parametre ocelí kolies a koľajníc v priamych úsekoch a v koľajach v malých polomeroch.
8. Vykonať analýzu celoživotných nákladov v pôvodnom stave a v stave s novo navrhnutými tvarmi koľajníc a kolies a ich vzájomné porovnanie.
9. Spracovanie analýzy rizika vyplývajúceho zo zmeny profilov podľa Nariadenia EK č. 402/2013
10. Navrhnuť dokumentáciu pre schválenie podstatnej zmeny vozidla v zmysle Vyhl. 351/2010.

Očakávané prínosy z vyriešenia úlohy

1. Zníženie opotrebenia kolies a koľají,
2. Zníženie hlukových emisií zo styku koleso – koľajnica,
3. Zníženie jazdných odporov pri prechode oblúkmi,
4. Zvýšiť bezpečnosť prevádzky,
5. Zníženie energetickej náročnosti pri prejazde úsekov trate s malými polomerami
6. Zlepšenie kvality chodu električiek a tým vytvoriť potenciál na zvýšenie rýchlosti električiek