

VASÚTI KÖZLEKEDÉSBŐL SZÁRMAZÓ ZAJHATÁSOK ELEMZÉSE

Rozs Richárd – Czupy Imre

Abstract: A személy- és teherszállításban a vasút kiemelkedő szerepet tölt be, jelentősége pedig a következő években vélhetően tovább növekszik. A közlekedésből származó zajterhelés ugyanakkor napjainkban összetett és folyamatos környezetvédelmi problémákat okoz. A különböző zajhatások a vasútvonalak mentén környezeti terhelésként jelentkeznek, még a közlekedési csomópontokban üzemi zajforrásként értelmezhetők. Ebben a cikkben az utóbbi hatás vizsgálatát mutatjuk be a GYSEV Zrt. hozzájárulásával és szakmai támogatásával Sopron Rendezőpályaudvara és a legközelebbi lakott utca, mint közvetlen hatásterület sajátosságai, a járműpark és a forgalmi viszonyok jellemzésén keresztül. A szerelvények zajkibocsátását leíró paraméterek (L_{eq} , I_{max} és SEL) számszerűsítéséhez nappali (6:00-22:00 óra között) és éjszakai (22:00-6:00 óra között) méréseket végeztünk a járműmozgások regisztrációjával párhuzamosan. Ezt követően az adatsorok kiértékelésével lehetővé vált a pályaudvaron előforduló forráspozíciók meghatározása és mennyiségi leírása. Az eredmények a jövőben felhasználhatók a zajforrások jellemzőinek (hangteljesítmény, zajspektrum, időfüggvény) vizsgálatához, valamint a terhelési előfordulások környezetkárosító hatásának és valószínűségének elemzéséhez.

Abstract: The railway plays a prominent role in passenger and freight transport, and its importance is expected to continue to grow in the coming years. At the same time, noise pollution from traffic causes complex and ongoing environmental protection problems today. The different noise effects appear as an environmental burden along the railway lines and can even be interpreted as a source of operational noise in traffic junctions. In this article, we present an investigation of the latter effect with the contribution and professional support of GYSEV Zrt. through the characterization of the railway marshalling yard of the county town of Sopron and the nearest residential street as a direct impact area, vehicle fleet and traffic conditions. To quantify the parameters (L_{eq} , I_{max} and SEL) describing the noise emission of the trains, measurements were taken during the day (between 6:00 a.m. and 10:00 p.m.) and at night (between 10:00 p.m. and 6:00 a.m.) in parallel with the registration of vehicle movements. After that, by evaluating the data series, it became possible to determine the source positions occurring at the railway station and quantitative description. In the future, the results can be used to examine the characteristics of noise sources (sound power, noise spectrum, time function) and to analyse the environmental damage and probability of load occurrences.

Kulcsszavak: vasúti közlekedés, zajkibocsátás, közlekedési csomópontok, elegyrendezés

Keywords: railway transport, noise emission, traffic junctions, train marshalling

1. Bevezetés

A vasút, mint közlekedési forma az Európai Unió utasforgalmának közel 8%-át bonyolítja átlagosan napi 21,9 millió fővel (ec.europa.eu, 2020), még a teherforgalomban nagyságrendileg 18%-os piaci részesedést képvisel (hungrail.hu, 2021). Magyarországon 2022 harmadik negyedében a helyi érdekű vasúton az utasok száma meghaladta a 16 milliót, a szállított áru tömege pedig elérte a 12,1 millió tonnát (ksh.hu, 2022), meghaladva ezzel a teherszállítás volumenének 25%-át (hungrail.hu, 2021). A fenti mutatók növelése érdekében került sor a közelmúltban például a nemzetközi menetrendek összehangolására és a teherszerelvények intenzívebb kihasználásának előmozdítására (hungrail.hu, 2022). A COVID-19

okozta utazási korlátozások feloldásával, a gazdasági recesszió mérséklődésével a vasút szerepe a következő években vélhetően tovább növekszik.

A vasúti személy- és teherszállítás az egyik legbiztonságosabb és leginkább környezetkímélő közlekedési lehetőség, ellenben a kibocsátott zajszennyezés terhelést is jelent a környezet számára (Szvarc et al., 2011). A már kialakult infrastruktúra sokkal kötöttebb rendszert jelent a közúti közlekedéshez viszonyítva (Tulipánt, 2007), ezért a zajhatások csökkentése elsősorban a járművek műszaki fejlesztésére és a passzív védekezésre korlátozódik (Bozóki et al., 2011). A szerzők szerint a közúttal szemben a hatások a lakosság jelentősen kisebb részét, mindössze 8-10%-át érintik. A vasúti zajesemény ugyanakkor jellegét tekintve kellemetlenebb érzetet válthat ki, jóllehet akusztikailag mindkét közlekedési forma vonalforrásnak tekinthető.

Kockázatbecslés szempontjából a vasútvonalak mentén fellépő környezeti terheléssel szemben a közlekedési csomópontok környezete eltérő képet mutat. A járó motorral vagy szellőző-ventilátorral várakozó szerelvények pontszerű zajforrásként viselkednek, a forgalom kiszolgálása pedig különböző forráspozícióknál üzemi zajkibocsátást jelent. A járművek rész-zajforrásai (Bozóki et al., 2011, Talotte et al., 2003) mellett a hatások ekkor kiegészülnek a pályaszerkezeti elemeken (sínkötések és váltók) való áthaladással és a tolatási (elegyrendezési) munkából származó zajjal, amely a zajspektrumban túszerű, kiugró értékeket okozhat. Az érintett területeken élő lakosság egészségvédelmének érdekében bevezetett zajvédelmi irányelvekkel (Stróbl–Suri, 2010) és a jogszabályokkal (például a 284/2007 (X. 29) kormányrendelettel) párhuzamosan a cikk ezért kiindulópontot nyújthat a környezeti hatásvizsgálatokhoz és a zajterhelés csökkentési módjának kiválasztásához.

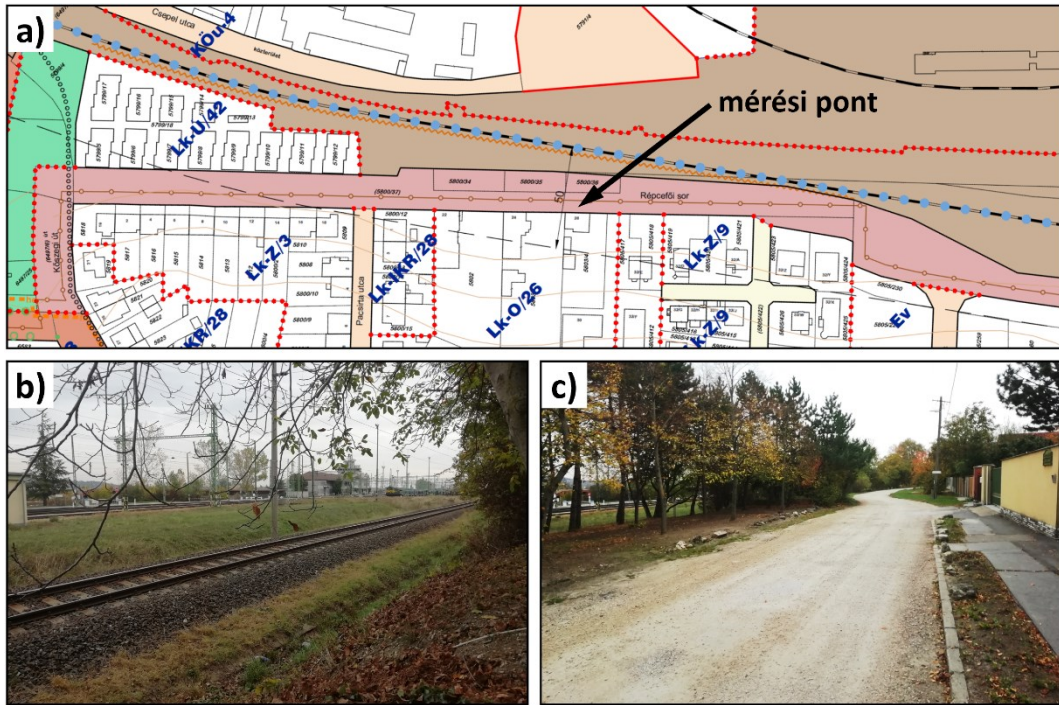
2. Anyagok és módszerek

Mérési helyszíneként Sopron Rendezőpályaudvart, valamint a hozzá legközelebb eső utcát, mint zajtól védendő és közvetlen hatásterületet választottuk, melynek szerkezetét – a jelenleg hatályos területrendezési terv alapján – az *1. ábra a része* szemlélteti. A mintegy 370 m hosszúságú, a domboldal alján fekvő utca és a betorkolló utak környezetébe tartozó telkek kisvárosias lakóövezeti besorolásúak. Előzetes mérések alapján a pálya túloldalán álló ipari létesítmények zaja a város háttérzajától nem, vagy csak nehezen különíthető el, a zaj visszaverődése, továbbá a közúti forgalom pedig elhanyagolható.

A rendezőpályaudvar egy, az utca felé eső áthaladó vágányból, egy beépített fékezőberendezés nélküli gurítódombból és az ahhoz tartozó két, a garázsok irányában fekvő vasútállomással összekötött kihúzóvágányból, valamint az áthaladó vágánnyal párhuzamosan futó tárolóvágányokból áll. A rendezőpályaudvar látképe a töltés oldalából az *1. ábra b részén* látható. A mérési pontot a hatályos rendezési terven az 5803/4 helyrajzi számon nyilvántartott lakóingatlan előtti utcafronton jelöltük ki (*1. ábra a része*), mivel az elegyrendezéskor a mozdonyoknak jellemzően a telekhatárok által kijelölt sávban szükséges megállni és várakozni. Az utca képét a

mérési pontból az 1. ábra c része szemlélteti. A kijelölt pont a szabályozás szerinti 50 méteres védőtávolságon belül található, vagyis a zajszint felülről becsülhető.

1. ábra: Utcatérkép és a megjelölt mérési pont a területrendezési terven (a), rendezőpályaudvar látképe az áthaladó és kihúzó vágánnyal a töltés oldaláról (b) és utcakép a mérési pontból (c)



Forrás: Sopron Megyei Jogú Város 2022. júniustól érvényes területrendezési terve és a helyszínen készített fényképek alapján a szerzők szerkesztése.

A méréseket Svantek SVAN 953 zajszintmérő készülékkel végeztük a 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendeletben foglaltak szerint nappali (06:00–22:00) és éjjeli (22:00–06:00) időszakban. A műszer három akusztikai profilján az egyenértékű zajszint (egyenértékű hangnyomás-szint) (L_{eq}), az impulzusmaximum (I_{max}) és a zajesemény szint (SEL) került beállításra, amelyek mutatószámként általánosan alkalmazhatók a vonatszerelvények jellemzésére (Maillard et al., 2020). Mindhárom paraméter mérése egységesen a környezeti és munkahelyi zajokhoz használandó A-súlyozószűrő alkalmazásával történt. Valamennyi mérés esetén a mérési időt egységesen 10 percre választottuk elhanyagolható szélmozgás mellett.

3. Eredmények

A nappali (N) és éjjeli (É) időszakban összesen 103 mérést végeztünk, melyeket a 2. ábra szemléltet. Az adatok ábrázolásához a méréskor rögzített hőmérséklet szerinti felbontást választottuk, mivel a hangterjedés sebességét és a terjedési viszonyokat – más fizikai paraméterek mellett – a közvetítő közeg (levegő) hőmérséklete is befolyásolja (Bozóki et al., 2011). A változékony őszi időjárásnak megfelelően a

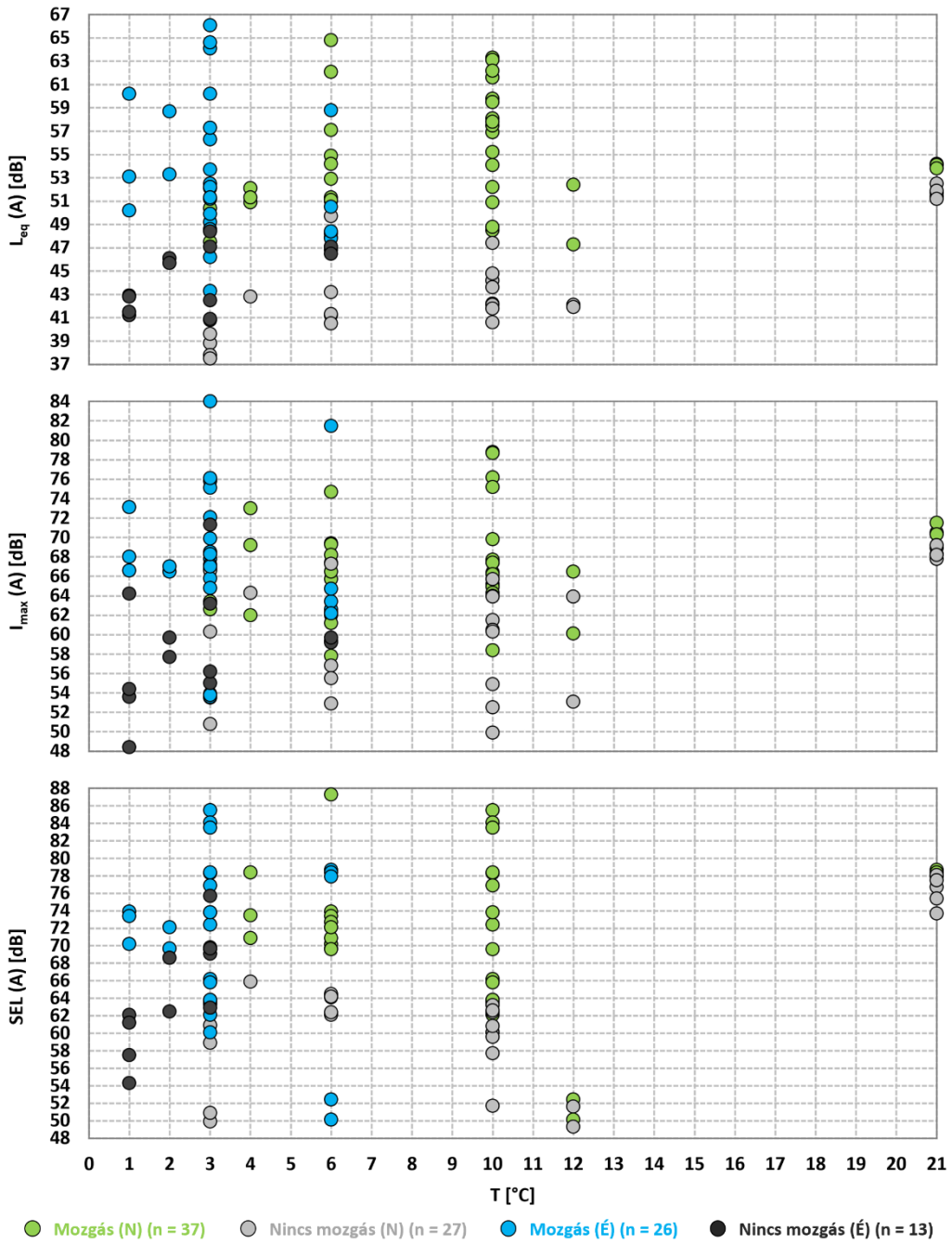
nappali mérések hőmérséklet-tartománya nagyobb terjedelmű volt (3, 4, 6, 10, 12 és 21 °C), még az éjjeli mérések alacsonyabb hőmérsékleten (1, 2, 3 és 6 °C) történtek. A mintaszám (n) ezzel párhuzamosan véletlenszerű volt az időjárási körülményektől, a forgalmi helyzettől és a napi rendelkezésre álló időtől függően. A nappal és éjjel regisztrálható járműmozgást tartalmazó adatokat továbbá a háttérterhelés nagyságrendi becsléséhez mozgást nem tartalmazó kontrollmérésekkel is kiegészítettük.

A GYSEV Zrt. segítségével a rendezőpályaudvar környezetében előforduló járműtípusok leírásával, valamint jellemző mozgási útvonaluk és tevékenységi körük lokalizálásával lehetőségessé vált a forráspozíciók és a terhelési esetek elkülönítése. A járműpark három alapsoporra különíthető el. Az első csoportba a személyforgalmat biztosító szerelvények tartoznak (Stadler FLIRT, Bombardier Talent, Siemens Desiro ML (Ventus) motorvonatok és Jenbacher motorkocsik), melyeknél a nagyobb sebesség növeli az egyenértékű hangnyomásszintet (L_{eq}) (Kovács–Cziegler, 2009). A második csoportot a belföldi és nemzetközi tehervonatok alkotják (Siemens TS EuroSprinter (Taurus) és Siemens Vectron mozdonytípusok), amik alacsony frekvenciájú zajforrásként kiemelt egészségügyi kockázatot jelentenek (Smith et al., 2013). A harmadik csoportba a teherszállításhoz köthető M44 mozdonyokkal történő elegyrendezés tartozik, mely további zajforrásokat jelentő rész-folyamatokra bontható (Czupy–Rozs, 2022).

Az előforduló forráspozíciókat tekintve a többi szerelvényhez képest a nagyobb sebességgel (>30 km/h) az átmenő vágányon közlekedő személyvonatok vonalforrásnak tekinthetők, mozgásuk menetrendhez kötött és egyidőben közlekedhetnek a tehervonatokkal és az elegyrendező mozdonyokkal. A teherszerelvények indítása és fogadása az állomás irányában a kihúzóvágányokon történik, emellett a megállástól függően tekinthetők pont- és vonalforrásnak. Ezzel párhuzamosan a vágányok és váltók elrendezése következtében az elegyrendezés (szintén a szakaszos mozgásból adódóan pont- és vonalforrás) a tehervonatok mozgása között történik.

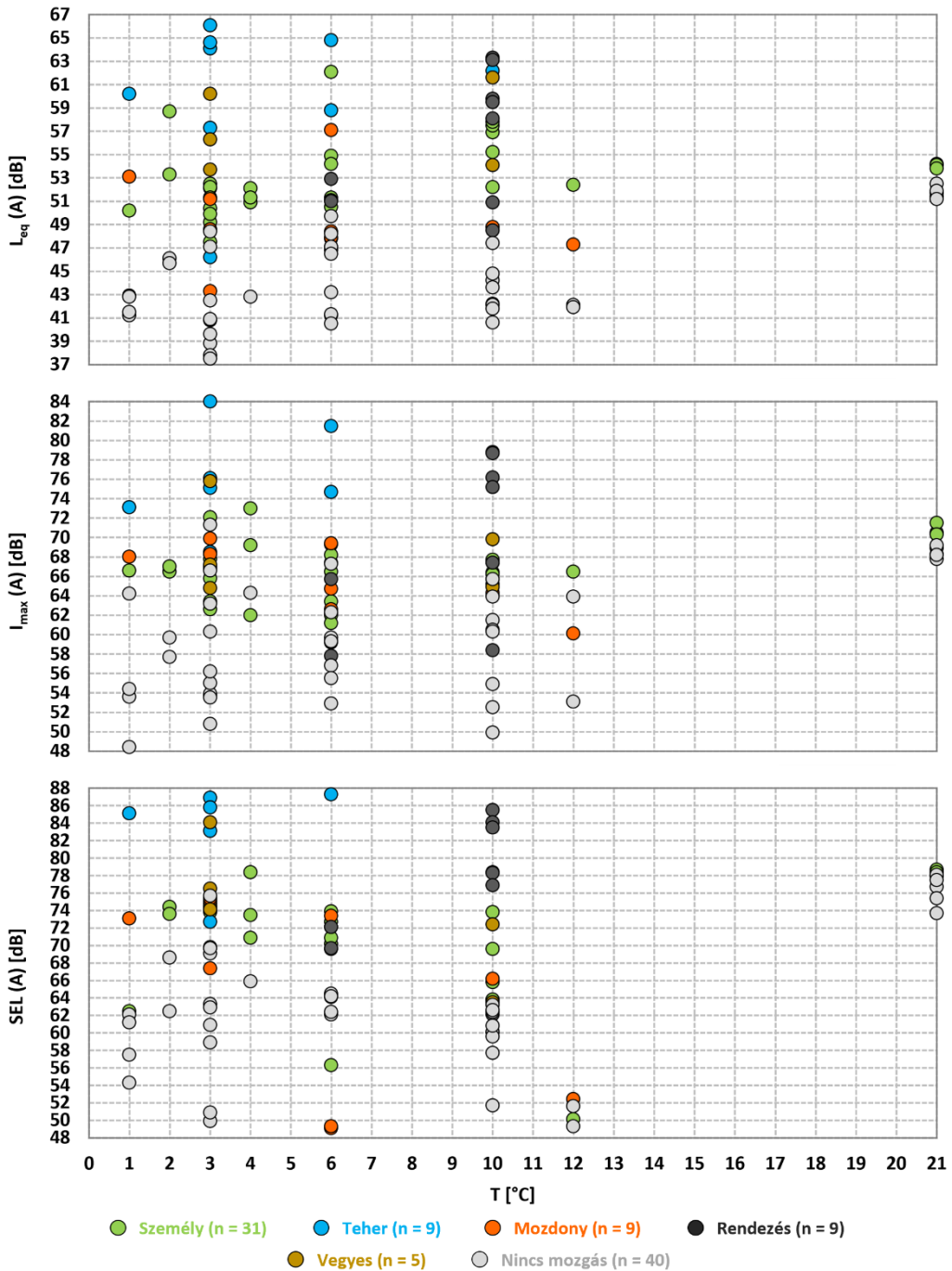
A mérésnél regisztrált járműmozgások zajterhelés szerinti felosztásban a 3. ábrán láthatók. A három járműcsoportból adódó terhelési esetet kiegészítettük a „mozdony” kategóriával, mivel a tehervonat továbbítását és az elegyrendezést végző mozdonyoknak másik vágányra történő átállás, szervízmenet, csere, vagy állomások közötti logisztika miatt vagonok nélkül kell közlekedniük. Mivel a mérési idő alatt több jármű mozgása is lehetséges a forráspozícióknak megfelelően, ezért bevezetésre került a „vegyes” kategória az egymás utáni és a párhuzamos hatások leírásához. A terhelési esetek napszak szerinti felosztását az 1. táblázat tartalmazza. Ellentétben a személyvonatok nappali mozgásának magasabb számával a tehervonatok és mozdonyok továbbítása a jelenlegi adatok szerint nagyobb részben éjjel történik. Ez összefüggésbe hozható a mozgást nem tartalmazó kontrollmérések alacsonyabb számával és azzal a tendenciával, hogy tisztán elegyrendezésből adódó éjjeli terhelés a rendelkezésre álló idő alatt eddig nem volt regisztrálható (az éjjeli vegyes kategóriában viszont ilyen összetevő megtalálható).

2. ábra: Mérési adatok felosztása napszak és járműmozgás szerint



Forrás: mérési adatok alapján a szerzők szerkesztése.

3. ábra: Mérési adatok felosztása zajterhelési esetek szerint



Forrás: mérési adatok alapján a szerzők szerkesztése.

1. táblázat: Zajterhelési esetek felosztása napszak szerint

Napszak	Személy	Teher	Mozdony	Rendezés	Vegyes	Nincs mozgás
Nappal	21	2	3	9	2	27
Éjjel	10	7	6	0	3	13

Forrás: mérési adatok alapján a szerzők szerkesztése.

4. Következtetések

A mérések alapján a járműmozgás egyenértékű hangnyomásszintje a napszaktól és a hőmérséklettől függetlenül akár 9 dB-lel meghaladhatja a háttérterhelést, amely energetikai triplázódásnak felel meg. Ezzel párhuzamosan mozgás nélkül a terhelés közelítőleg 4 dB-lel is csökkenhet az éjjeli időszakban, energetikai feleződést okozva.

A zajterhelési esetek közül legkevésbé a mozdonyok közlekedése növelheti meg az egyenértékű hangnyomásszintet, ugyanakkor a mozdonytípustól függően átlépheti a személyvonatok értékét is. A hangexpozíciók egymáshoz viszonyításánál a teljes akusztikus energia tekintetében a teherszerelvények a többinél a kiugró a SEL értékből következően kellemetlenebb érzetet válthatnak ki az elegyrendezéshez hasonlóan, amit a magasabb impulzusmaximum is alátámaszt. A várt eredményekkel ellentétben ugyanakkor a „vegyes” kategória paraméterei az összetett mozgásokhoz társított legintenzívebb zajterhelés feltételezését jelenleg nem támasztják alá annak ellenére, hogy a mért értékek szintén tartalmaznak tehervonatból származó komponenst.

A paraméterekre nézve az átmenő vágány pályaudvar szerkezetéből következően nagyságrendileg 2/3-adnyi távolságra helyezkedik el a kihúzóvágányokhoz képest, amit a járművek okozta terhelésre vonatkoztatott összehasonlításánál a jövőbeli vizsgálatoknak figyelembe kell venni. Megemlítenéd még, hogy a befolyásoló tényezők magas száma, valamint a forgalmi és időjárási körülmények kiszámíthatatlansága következtében a terhelés nagyságának megállapítása a méréseken túlmutató, komplex hatáselemzést igénylő feladat.

Célunk ezért a továbbiakban a zajforrások jellemzőinek (hangteljesítmény, zajspektrum, időfüggvény) meghatározása, valamint a terhelési előfordulások környezetkárosító hatásának és valószínűségének elemzése. A környezeti hatótényezők azonosítása, feltárása és értékelése hozzájárulhat a környezetközpontú irányítási rendszerek (KIR) fejlesztéséhez. A károsodások és terhelési viszonyok kapcsolata alapján tudományosan megalapozott kockázatbecslési eljárás dolgozható ki. A jellegzetes zajhatások elemzésével javaslat tehető a zajterhelés hatékony csökkentésének módozataira is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a GYSEV Zrt. hozzájárulásával és szakmai támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Bozóki Z., Czupy I., Domokos E., Horváth B., Horváth R., Koren E., Kocszó G., Kovács A., Muntág A. (2011): *Környezetvédelmi Tudástár, 13. kötet: Zaj- és rezgésvédelem*, Pannon Egyetem, Veszprém.
- Czupy I., Rozs R. (2022): Vasúti közlekedésből származó zajhatások vizsgálata a GYSEV Zrt. soproni rendezőpályaudvarának környezetében. *Az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa*: 60–67, Soproni Egyetem, Sopron. <https://doi.org/10.35511/978-963-334-440-8>
- ec.europa.eu (2020): eurostat Statistics Explained: Archive: Passenger transport statistics. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Passenger_transport_statistics&oldid=499254#Rail_passengers> (2023.02.10.)
- hungrail.hu (2021): Hungrail Magyar Vasúti Egyesület: Statisztika: Egyre nő a tehervonatok kihasználtsága. <<https://hungrail.hu/2021/12/24/statisztika-egyre-no-a-tehervonatok-kihasznaltsaga/>> (2023.02.10.)
- hungrail.hu (2022): Hungrail Magyar Vasúti Egyesület: Network: Egyre több vonat szeli át az európai határokat, Budapest az élvonalban! <<https://hungrail.hu/2022/01/21/network-egyre-tobb-vonat-szeli-at-az-europai-hatarokat-budapest-az-elvonalban/>> (2023.02.10.)
- Kovács Á., Cziegler M. (2009): *Vezetői tájékoztató: A zaj elleni védekezés a vasúti közlekedésben. Tájékoztató kiadvány*, MÁV Zrt. Ügykezelési és Dokumentációs Szolgáltató Szervezet, Budapest.
- ksh.hu (2022): 24.2.1.19. A helyi személyszállítás országos és budapesti forgalma közlekedési módok szerint, negyedévenként. <https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0067.html> (2023.02.10.)
- Maillard, J., Van-Maercke, D., Poisson, F., Regairaz, J.-P., Dufour, J.-B. (2020): Comparison of pass-by railway noise indicators obtained from standard engineering methods with measured values. *Forum Acusticum*: 2477–2483. <https://doi.org/10.48465/fa.2020.0454>
- Smith, M. G., Croy, I., Örgen, M., Persson, Wayne, K. (2013): On the Influence of Freight Trains on Humans: A Laboratory Investigation of the Impact of Nocturnal Low Frequency Vibration and Noise on Sleep and Heart Rate. *PLOS ONE*, 8 (2): e55829. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055829>
- Stróbl A., Suri N. (2010): *Ipari és közlekedési zajforrások megelőzésének, csökkentésének jogi, műszaki és gazdasági eszközei. Kiadvány*, EMLA Alapítvány a Környezeti Oktatás Támogatására, Budapest.
- Szvarc, M., Kostek, B., Kotus, J., Szczodrak, M., Czyżewski A. (2011): Problems of Railway Noise – A Case Study. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 17 (3): 309–325. <https://doi.org/10.1080/10803548.2011.11076897>
- Talotte, C., Gautiera, P.-E., Thompson, D. J., Hanson, C. (2003): Identification, modelling and reduction potential of railway noise sources: a critical survey. *Journal of Sound and Vibration*, 267: 447–468. [https://doi.org/10.1016/S0022-460X\(03\)00707-7](https://doi.org/10.1016/S0022-460X(03)00707-7)
- Tulipánt G. (2007): A közúti és vasúti áruszállítás zajkibocsátásának elemzése és a zajterhelés csökkentési lehetőségeinek vizsgálata, doktori értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.