Akustické výpočty jako dílčí podklad pro stanovení rozumně dosažitelné míry protihlukových opatření

Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

JUDr. et Mgr. Vojtěch Máca, Ph.D.
Univerzita Karlova

Ing. Blanka Hablovičová
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Ing. Jiří Michalík, Ph.D.
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Ing. David Kresl
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Ing. Dana Potužníková, Ph.D.
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Mgr. Ondřej Volf
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Mgr. Aleš Peiger
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Ing. Petra Marková
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Článek nastiňuje problematiku zpřesnění akustického modelování vycházejícího ze strategického hlukového mapování pro účely korektnějšího podchycení zatížení obyvatelstva v jednotlivých hlukových pásmech s cílem aktualizace metodiky výpočtů externalit hluku pro následné využití ke stanovení rozumně dosažitelné míry protihlukových opatření.
Klíčová slova: hluk, akustické modelování, zatížení obyvatelstva hlukem, rozumně dosažitelná míra

The article addresses the issue of improving of acoustic modeling based on strategic noise mapping to more accurately capturing the population exposure in individual noise bands aimed at the update of the methodology for calculating external cost of noise for subsequent use in determination of reasonably achievable levels of noise abatement measures.
Keywords: noise, acoustic modeling, population noise exposure, reasonably achievable level

ÚVOD

Rozumně dosažitelnou mírou se rozumí poměr mezi náklady na protihluková nebo antivibrační opatření a jejich přínosem ke snížení škodlivých účinků hluku nebo vibrací, který je stanoven i s ohledem na počet fyzických osob exponovaných hlukem nebo vibracemi. Jde tedy o specifickou formu analýzy nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis, CBA), kde nákladem se rozumí finanční náklady na realizaci, provoz a údržbu protihlukových opatření (PHO) a přínosem úspora společenských nákladů (vč. externalit) vzniklých díky snížení zdravotních rizik a jejich zdravotních následků [1] u exponovaných obyvatel realizací protihlukových opatření.

Dřívějším pokusem o řešení byl návrh tzv. Kostennutzen Index – KNI (Indexu vynucených nákladů) z roku 1995 [2]. Ten ovšem pracoval na straně výnosů pouze s celkovým útlumem navrženého PHO, nikoli se snížením škodlivých účinků hluku. Snížení negativních zdravotních účinků však nezávisí pouze na celkovém útlumu, ale i na tom, z jak vysoké hladiny je tento útlum dosažen. Navíc hodnocení KNI (stupnice přijatelnosti PHO) byla stanovena pro švýcarské poměry, které nelze do našeho prostředí převzít. KNI index do dílčí míry umožňoval kvantifikovat efektivitu vynaložených nákladů, avšak pro jeho praktické použití nebyla stanovena stupnice, která by umožnila najít onen „rozumný poměr". Dalším zásadním problematickým místem je skutečnost, že jde jen o poměr dvou veličin, který sám o sobě nemusí nic vypovídat o vhodnosti zvolené varianty [3].

Podle § 31 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění, se rozumně dosažitelnou mírou (RDM) protihlukových opatření rozumí poměr mezi náklady na protihluková opatření a jejich přínosem ke snížení hlukové zátěže fyzických osob s ohledem na počet osob exponovaných hlukem. Hygienické limity by ze zákona neměly být překračovány. Avšak za jistých a přesně daných podmínek zákon připouští, že tento požadavek nemusí být naplněn. Při navrhování protihlukových opatření je potřeba stanovit jejich RDM a teprve v případě jasného nepoměru mezi náklady na PHO a přínosy ke snížení zdravotních rizik, je možné po individuálním posouzení dané situace ustoupit od aplikace PHO. Pro stanovení RDM je tedy potřeba znát mnoho vstupů. Prvním komplexním vstupem je vyčíslení společenských nákladů v souvislosti s obtěžováním obyvatel hlukem, tzv. hlukové externality. Druhým komplexním vstupem jsou náklady na jednotlivá protihluková opatření, což jsou v podstatě náklady na realizaci např. obrusných vrstev se sníženou hlučností, protihlukových stěn, výměny oken apod. Tyto částky jsou značně variabilní a v podmínkách ČR lze využít například Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací (OTSKP) [4]. Poté jde o převedení těchto vstupů na srovnatelné měřítko (tzv. čistou současnou hodnotu) a posouzení poměrů (rozdílu, podílu) těchto nákladů a přínosů.

Záměrem výzkumného projektu TAČR č. CL02000043 je zpracovat takové podklady, kdy na základě dotazníkových šetření, ověřovacích měření, podrobného akustického modelování a porovnání ocenění dopadů hluku na zdraví a blahobyt obyvatel vůči nákladům na protihluková opatření, bude možné poskytnout návod, jak s institutem RDM protihlukových opatření při posuzování jednotlivých infrastrukturních záměrů pracovat.

Článek je zaměřen jen na dílčí část ukazující nutnost pracovat s komplexními a zpřesněnými akustickými modely, které budou sloužit jako podklad pro kvantifikaci hlukové externality.

VÝBĚR LOKALIT

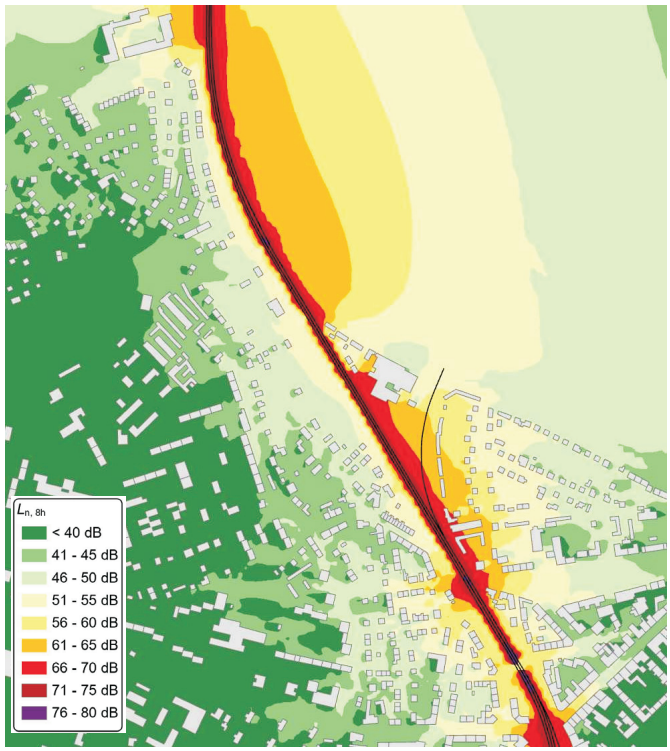
Aby mohl být osloven vypovídající vzorek v rámci ČR, který bude sloužit jako podklad pro nastavení a aktualizaci metodiky externích nákladů hluku, bylo nutné vytipovat a prověřit vhodné

lokality. V prvé řadě v daném místě musí být daný zdroj hluku dominantní. Na podkladu GIS vrstev aktuálních výsledků strategického hlukového mapování (SHM) realizovaných v roce 2021 dle platných metodik [5,6], jež byly zveřejněny v roce 2022 [7], byl proveden rozbor, v němž byly identifikovány obce, resp. jejich části, kde je převažující hluk ze silniční nebo železniční dopravy. Výběr byl proveden tak, aby alespoň části obcí byly nadlimitně exponovány pouze posuzovanými zdroji hluku, a to s co nejmenším ovlivněním jinými zdroji hluku. Následně byly obce rozděleny do kategorií malá, střední a velká obec. V dalším kroku výběru bylo přihlédnuto k rozmístění obcí z hlediska jejich geografické polohy s cílem pokrýt území celé České republiky, a rovněž k socioekonomickým a demografickým indikátorům. K datové sadě vybraných obcí pro oba zdroje hluku tak byly na základě unikátního identifikátoru spárovány sady dat ze sčítání lidu, bytů a domů realizovaného Českým statistickým úřadem v roce 2021. Data z tohoto cenzu byla použita k prověření případných výrazných odchylek v sociodemografických a socioekonomických charakteristikách navržených lokalit, které by mohly potenciálně ovlivňovat plánované dotazníkové šetření. Tímto způsobem byla připojena data o pohlaví a vzdělání podle věkových skupin, právního titulu bydlení, ekonomické aktivity a četnosti dojížďky do zaměstnání (resp. za studiem). K těmto proměnným byl doplněn i průměr za ČR. Toto porovnání ukázalo zejména obecně známé fenomény, jako je vyšší zastoupení osob s vyšším vzděláním ve větších městech, vyšší podíl bydlení ve vlastním domě v menších obcích a naopak vyšší podíl nájemního bydlení ve velkých městech.

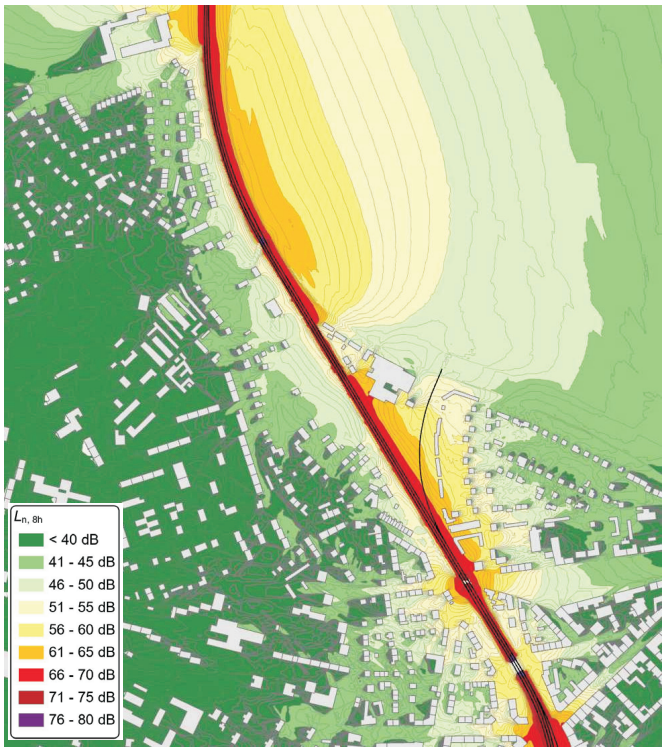
Při finalizaci předvýběru lokalit se vycházelo ze skutečnosti, že doplněné sociodemografické a socioekonomické charakteristiky jsou vždy popisem celé obce, nikoli čistě úseků zatížených nadlimitním hlukem. Z tohoto důvodu nemusí plně odpovídat charakteristikám cílové populace plánovaného dotazníkového šetření. I proto bylo při finálním předvýběru lokalit jako primární kritérium použito (přibližně) rovnoměrné zastoupení jednotlivých krajů, což již samo o sobě obnáší určitou variabilitu v sociodemografických a socioekonomických charakteristikách. Zároveň byly cíleně zařazeny i některé obce jako lokality vystavené oběma typům hluku. Nejrelevantnější lokality vybraných obcí (minimální cizí rušení hlukem, vysoké zatížení obyvatelstva obtěžovaného převažujícím hlukem ze silniční nebo železniční dopravy) byly posléze konzultovány se Správou železnic, státní organizací (SŽ) a Ředitelstvím silnic a dálnic, státním podnikem (ŘSD). Na základě této konzultace byl výběr vhodných lokalit uzavřen.

AKUSTICKÉ MODELOVÁNÍ

Dalším krokem při nastavování a aktualizaci metodiky kvantifikace externích nákladů hluku je provedení podrobného akustického modelování těchto vytipovaných lokalit včetně provedení ověřovacích a validačních měření. Jednou z vybraných lokalit železničního hluku je dílčí část Českého Těšína, pro kterou zde bude uvedeno podrobnější akustické porovnání. Jde o oblast, kde byl proveden výpočet SHM v roce 2021 (obr. 1) a stejným způsobem dle aktuálních vstupů (roční průměr denních intenzit (RPDI), budovy, obyvatelstvo) byl proveden nový výpočet (obr. 2).



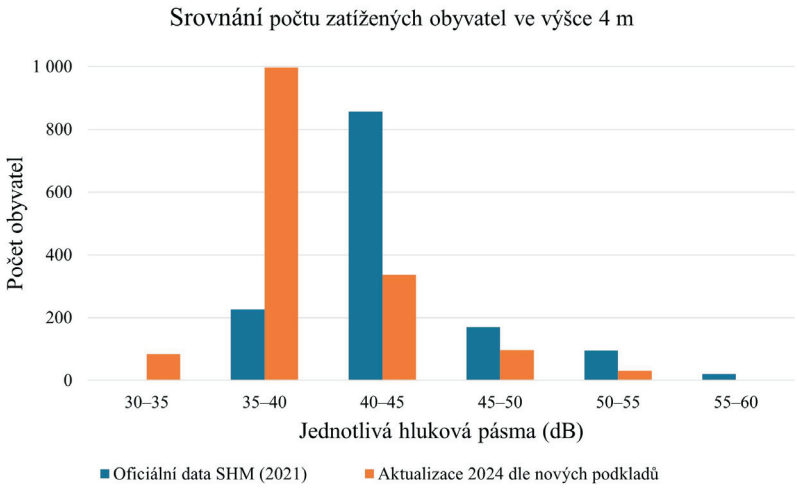
obr. 1 *SHM pro vybranou dílčí část Českého Těšína z roku 2021*



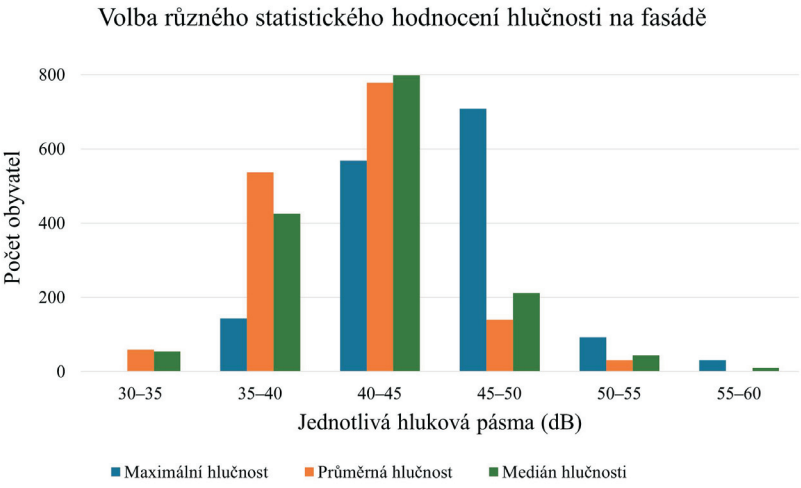
obr. 2 *Výpočet pro vybranou dílčí část Českého Těšína s aktuálními daty včetně zjemnění izofon po 1 dB*

Další srovnání výsledků pro model SHM a rok 2024 není úplně možné, neboť oba modely se liší v hlukové zátěži (dáno dopravními intenzitami), v počtech obyvatel (aktualizováno 1 336 obyvatel vs. 1 545 obyvatel) a také v prostorové přesnosti modelu (byla zpřesněna geometrie a hlavně výšky budov). Všechny tyto faktory mají zásadní vliv na šíření hluku a počty obyvatel nacházející se v jednotlivých hlukových pásmech (obr. 3).

Proto bylo při dalším prověřování různých modelových situací přistoupeno pouze k využití aktuálních podkladů. Je známo, že výška budovy významným způsobem ovlivňuje jak hlučnost za budovou (akustický stín), tak zatížení obyvatelstva na exponované fasádě. Vyšší patra mají zpravidla méně rušený příjem hluku od liniového zdroje, ale například v případě realizace protihlukové clony nebo se vzrůstající vzdáleností od liniového zdroje tomu může být i naopak. Výška budov vůči obyvatelstvu a jeho zatížení může hrát významnou roli, což bylo prověřeno v další sérii modelování formou cirkulačních výpočtových bodů na fasádách, kdy byly stanovovány průměrné hodnoty hlukové expozice. První výpočet (scénář) a posouzení zatížení obyvatelstva bylo provedeno za předpokladu jednotné výpočtové výšky cirkulačních výpočtových bodů 4 m a rovnoměrného rozložení veškerého obyvatelstva bydlícího v dané budově (což je princip SHM a odpovídá hlukové mapě na obr. 2). Druhý scénář pracoval s průměrnou hodnotou hlučnosti daného objektu. Pro výpočet byly na fasádách budov definovány cirkulační body vertikálně každé 3 m (paušálně uvažováno jako patro), přičemž zatížení obyvatelstva bylo vypočteno jako průměrná hodnota ze všech cirkulačních bodů na každé dotčené budově. Třetí scénář pracoval s průměrnou hodnotou hlučnosti (energetický průměr na fasádě) daného objektu pro každé patro zvlášť (vypočítáno na základě znalosti výšky budovy a počtu pater), pro niž bylo provedeno rozpočítání zatížení obyvatelstva. Výsledky těchto výpočtů jsou shrnuty v tab. 1. (Nutno podotknout, že srovnání bylo provedeno pro hlukový indikátor L_n, jenž je používán pro hodnocení SHM.)



obr. 3 *Porovnání počtu zatížených obyvatel v jednotlivých pásmech z akustických modelů dle obr. 1 a 2*



obr. 4 *Porovnání počtu zatížených obyvatel v jednotlivých pásmech pro scénář 2 při využití různé hodnoty hlučnosti na fasádě (průměr, medián, maximum)*

tab. 1 *Výpočet průměrné hodnoty hlukové expozice obyvatelstva v dané lokalitě pro tři různé scénáře práce s výškou budovy pro rozložení hlukové zátěže na zde žijící obyvatelstvo*

Scénáře:	Počet obyvatel zatížených hlukem v jednotlivých dB pásmech					
	30–35	35–40	40–45	45–50	50–55	55–60
Scénář 1	84	997	336	97	31	0
Scénář 2	59	537	778	140	31	0
Scénář 3	79	661	630	142	32	1
Rozdíl scénáře 2 vs 1	-25	-460	442	43	0	0
Rozdíl scénáře 3 vs 1	-5	-336	294	45	1	1
Rozdíl scénáře 3 vs 2	20	124	-148	2	1	1

U scénářů 2 a 3 je oproti scénáři 1 patrný přesun části obyvatel do vyšších pásem hlukové zátěže, což je dáno tím, že vyšší budovy mají vypočtenu hlukovou zátěž ve více výškách, mezi něž je obyvatelstvo rozpočítáváno, zatímco pro scénář 1 je určena pouze jediná hluková zátěž, jež je přiřazena veškerému obyvatelstvu v dané budově, ať je budova vysoká 3 m nebo 30 m. Vzájemný rozdíl scénářů 2 a 3 (tj. pevně nastavené výšky patra 3 m – scénář 2, respektive reálné výšky patra dané budovy – scénář 3) již není tak významný oproti porovnání vůči scénáři 1. Při respektování reálných výšek budov dochází ke zplošťování rozložení obyvatelstva v jednotlivých pásmech.

Akustické výpočty zatížení obyvatelstva může dále ovlivnit volba statistického hodnocení rozložení hlučnosti po délce fasády – zda budeme pracovat s průměrnou hodnotou hlukové expozice, mediánem či maximem. Posouzení různých měr aplikované hlučnosti na fasádě pro výpočet ovlivněných obyvatel ve scénáři 2 ukazuje obr. 4. Je zřejmé, že použití průměrné hlučnosti na fasádě či mediánu se v zásadě neliší na rozdíl od použití maximální hodnoty, která významně posouvá počty zatížených obyvatel do výrazně vyšších akustických pásem. Tato skutečnost byla i důvodem, proč při posledním kole SHM bylo pro analýzy obtěžování hlukem ustoupeno od vyhodnocování počtu ovlivněných obyvatel na základě zjištěných maximálních hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na fasádě.

ZÁVĚR

I když jsou výsledky SHM tím nejkomplexnějším posouzením, jaké z hlediska hodnocení hlukové zátěže nejen v rámci ČR máme k dispozici [8], je nutné při jejich interpretaci a použití postupovat obezřetně. Tyto výsledky by měly být uplatňovány

především na systémové úrovni, tedy sloužit pouze k hrubému odhadu hlukového zatížení, nikoli k detailnímu hodnocení konkrétních lokalit. Je logické, že zpřesňováním v modelovaných lokalitách do většího detailu a podrobností téměř vždy dojdeme k jiným výsledkům, než udávají SHM. Ostatně výsledky SHM neslouží k posuzování detailní akustické situace v dané lokalitě. Tyto výsledky mají primárně sloužit jako strategický dokument k prvnímu přiblížení a podchycení možných problémových lokalit v rámci celého území. Záměrem projektu CL02000043 je i aktualizace metodiky na výpočet externalit hluku, tj. ocenění expozice obyvatelstva hlukem ze silniční a železniční dopravy, a proto je nutné ve vytipovaných lokalitách, které budou sloužit k nastavení a ověření vlastní metodiky, provést významně podrobnější akustické modelování s krokem po 1 dB.

Článek jednoznačně demonstruje, jak se ve vybrané lokalitě mění zatížení obyvatelstva v jednotlivých hlukových pásmech, pokud se změní způsob rozložení hlukové expozice obyvatelstva v budovách podle různého výpočtu jejich distribuce (scénáře 1, 2, 3). Dále také zdůrazňuje, že výsledky závisí na volbě míry hlukového indikátoru, kterou budeme uvažovat (průměr, medián, maximum). Navíc je zřejmé, proč i pro SHM je vhodná pravidelná aktualizace, kdy např. poslední výsledky SHM 2022 již částečně neodpovídají současné situaci (jiná RPDI i počty obyvatel).

Výsledky zjemněného modelování s krokem po 1 dB mají sloužit k dalšímu zpřesnění výpočtu zatížení obyvatel hlukem, tj. k možnosti precizního rozdělení počtu obyvatel ve vztahu k jejich ovlivnění hlukovou zátěží. Zjemněné modelování poslouží i jako podklad pro další práci v terénu, kdy bude pomocí dotazníkového šetření zjišťováno subjektivní vnímání rušení hlukem ze silniční a železniční dopravy obyvateli v daných lokalitách. Tyto výsledky by měly posléze sloužit k nastavení a ověření metodiky oceňování dopadů hluku na zdraví a blahobyt obyvatel. Pro dosažení tohoto dílčího cíle (aktuální oceňování dopadů hluku na zdraví obyvatel), který bude posléze představovat významný vstup pro případné hodnocení RDM PHO, je však třeba pracovat s nejaktuálnějšími vstupy tak, aby vytvářené podklady byly postaveny na co nejvěrohodnějších datech. I proto je celý záměr řešen v úzké součinnosti s ŘSD i SŽ.

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy ČR v rámci Programu DOPRAVA 2030, v rámci řešení projektu CL02000043 Hodnocení rozumně dosažitelné míry protihlukových opatření v dopravě.

ZDROJE

[1] World Health Organization. Environmental noise guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. ISBN 978-92-890-5356-3.
[2] Danthine, R. a J. Oertli. Beurteilungskriterien für Lärmschutzmassnahmen. Schweizer Ingenieur und Architekt. 1995, 113(35), 754–759.
[3] Hellmuth T, D. Potužníková, P. Bednarčík a Z. Fiala. Návrh metodiky „Stanovení rozumně dosažitelné míry protihlukových opatření". Hygiena. 2014, 59(1), 27–31.
[4] Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací. Státní fond dopravní infrastruktury. [Online] 25. 2. 2025 [cit. 16. 9. 2025]. Dostupné z: https://sfdi.gov.cz/cenove-databaze/otskp/
[5] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal of the European Communities. 2002, L 189, 12–25. (Směrnice evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002 o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. Ústřední věstník Evropské unie. 2002, 15(7), 101–115.)
[6] Kephalopoulos, S., M. Paviotti a F. Anfosso-Lédée. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. ISBN 978-92-79-25281-5.
[7] Hlukové mapy 2022 CZ. Geoportál Ministerstva zdravotnictví. [Online] 6. 11. 2023 [cit. 16. 9. 2025]. Dostupné z: https://geoportal.mzcr.cz/shm/?locale=cs
[8] European Environmental Agency. Report No. 22/2019. Environmental noise in Europe – 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. ISBN 978-92-9480-209-5.

Lektorský komentář

Problematika a pojem „rozumně dosažitelné míry" je diskutována již více než 15 let. V současné době je tento pojem znovu implementován do novely zákona č. 258/2000 Sb., v platném znění. Protože tato problematika zahrnuje nejen akustickou část, ale i možné dopady na lidské zdraví a z toho vyplývající finanční náklady, mohl by materiál vznikající v rámci popisovaného výzkumného úkolu konečně více přiblížit, jak tento legislativně nejednoznačný problém kvantifikovat pro další rozhodovací procesy. Tím by bylo konečně zrušeno určité vágní právní vakuum tohoto pojmu a nejednoznačnost v rozhodovacích procesech. Po skončení představeného výzkumného úkolu by vzniklá metodika měla být velkým přínosem a zárukou z hlediska jednotných přístupů jak zpracovatelů akustických posouzení a návrhů PHO, tak orgánů ochrany veřejného zdraví.

Ing. Libor Ládyš, EKOLA Group, spol. s r.o.