

RIZIKA SPOJENÁ S POUŽÍVÁNÍM ZRUŠENÝCH KATEGORIÍ PROTIHLUKOVÝCH CLON

Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

1. Úvod

Zařízení proti snížení hluku se používají k ochraně okolí před zdroji hluku zpravidla formou clon, které jsou, většinou poblíž obcí, stavěny podél hlučných silnic, dálnic či železnic, aby zabráňovaly přímému přenosu zvuku vzduchem. Jedním z důležitých parametrů hodnocených u protihlukových clon je vzduchová neprůzvučnost a zvuková pohltivost, která je měřena v laboratořích s potlačeným bočním přenosem zvuku, resp. v dozvukových komorách, za podmínek difuzního zvukového pole. V praxi se pro vyjádření výsledků používají **jednočíselná hodnocení**, a to výhradně pro účely srovnání celkové účinnosti různých konstrukcí, bez ohledu na místní podmínky (boční cesty ve stavbách, složení a typ dopravy apod.). Do roku 2019 bylo možné naměřené jednočíselné hodnoty **kategorizovat**. Použití kategorií bylo dalším zjednodušením oproti jednočíselnému hodnocení, a jako takové mělo být považováno pouze za velmi hrubý údaj o průměrné výkonnosti produktu. Nicméně do dnešní doby jsou kategorie vzduchové neprůzvučnosti a zvukové pohltivosti protihlukových clon povinnou součástí prohlášení o vlastnostech a označení CE podle překonané, avšak stále harmonizované výrobní normy ČSN EN 14388:2006 [1]. Kategorizace nadto postupem času nabyla na trhu na významu, a často jsou výběrová řízení na pořízení protihlukových clon specifikována především podle kategorií.

2. Současné poznání nejistot ve stavební akustice a jejich specifika

Výsledky měření musí být nyní doprovázeny jasnou a realistickou **deklarací nejistoty měření** (GUM). Pro akustická měření v difuzním zvukovém poli se tradičně používá reprodukovatelnost, která je obsažena i v nejnovějších normách ČSN EN ISO 12999-1:2021 [2] *Akustika – Určování a používání nejistot měření ve stavební akustice – Část 1: Zvuková izolace* a ČSN EN ISO 12999-2:2021 [3] *Akustika – Určování a používání nejistot měření ve stavební akustice – Část 2: Zvuková pohltivost*. U metod měření v difuzním zvukovém poli je deklarace nejistoty měření založena na hodnotách reprodukovatelnosti získaných z velkých souborů mezilaboratorních porovnávacích zkoušek, které jsou prováděny od sedmdesátých let dvacátého století. **Při současných znalostech není stále ještě možné formulovat úplný matematický model postupu měření neprůzvučnosti a zvukové pohltivosti v difuzním zvukovém poli.** Jinými slovy, není možné v úplnosti stanovit jedinečnou konstrukci laboratorních zkušebních zařízení ani výsledné podmínky difuzního zvukového pole, a tak jsou některé podrobnosti o zkušebních zařízeních a postupech

ponechány na operátorech zkoušek, což spolu se statistickým charakterem zvukového pole uvnitř dozvukových místností vede k odlišnosti výsledků různých laboratoří, způsobených nesystematickými i systematickými vlivy. Systematické vlivy (zejména velikost a tvar zkušebních místností a podmínky upevnění zkušební vzorku) nemohou být určeny jednoduchým postupem. Proto se nejistota laboratorních měření ve stavební akustice stále posuzuje pomocí **konceptů opakovatelnosti a reprodukovatelnosti**. Je vhodné připomenout, že **opakovatelnost r** je náhodná změna během konstantních podmínek měření, tj. při stejném postupu měření, stejného operátora, stejných měřidel i stejné dozvukové komory, přičemž se měření opakuje na stejném vzorku v krátkém časovém období. Přesto ani za podmínek opakovatelnosti **r** nelze při měření v difuzním zvukovém poli dosahovat identických výsledků. Oproti tomu **reprodukovatelnost R** představuje náhodné změny za zcela změněných podmínek měření, které jsou reprezentovány různými dozvukovými komorami (různé akreditované laboratoře), různými operátory, různými měřidly, což se projevuje při replikování měření na stejných či podobných zkušebních vzorcích.

Opakovatelnost a reprodukovatelnost měření jsou tedy dva extrémy, z nichž první se vztahuje k nejmenšímu a druhý k největšímu možnému rozptýlení výsledků zkušebních metod v difuzním zvukovém poli. Podle ČSN EN ISO 12999-1:2021 [2] se odlehle výsledky z mezilaboratorních porovnávacích zkoušek v difuzním zvukovém poli vylučují pouze v případě, že došlo k chybě, např. byla použita špatná citlivost mikrofону. Pokud však byl postup měření, popsáný v normě, použit správně a všechny požadavky na zkušební zařízení, měřicí přístroje a montáž vzorku byly splněny, musí být výsledek měření považován za „v souladu s definicí měřené veličiny“. Tyto výsledky nesmí být z mezilaboratorních zkoušek vyloučeny, i když jsou odlehle. Na rozdíl od měření jiných veličin je měření v difuzním zvukovém poli spojeno s přirozeně velkým rozptylem výsledků různých laboratoří. Požadavek normy [2] na nepřipustnost vyloučení odlehlých výsledků je logický, protože normy z řady ČSN EN ISO 10140 [4] předpokládají existenci unikátních zkušebních zařízení s dozvukovými místnostmi, takže „co není zakázáno, je dovoleno“, a mnohé moderní laboratoře využívají řešení v místnosti nepředstavitelná, např. box-in-box, instalaci vzorků do rámců a další speciální přístupy, jež nejsou v [4] zakázány.

Norma [2] vychází ze směrodatné odchylky s_R měření v podmínkách reprodukovatelnosti laboratorních měření. V normě [2] je popsána situace měření A, která nastává tehdy, jestliže měřený prvek je charakterizován laboratorním měřením. V tomto případě je měřená veličina definována v příslušné části normy [4], včetně všech dalších požadavků, např. na měřicí přístroje, a především na zkušební zařízení. Všechny výsledky měření, které jsou získány v jiném

zkušební zařízení, jsou s touto definicí rovněž v souladu. Standardní nejistotou je pak směrodatná odchylka reprodukovatelnosti, určená z mezilaboratorních měření. V případě měření v difuzním zvukovém poli se směrodatná odchylka reprodukovatelnosti předpokládá jako standardní nejistota u měřené veličiny a hodnota reprodukovatelnosti R se vypočítá jako rozšířená nejistota U . Vzhledem k absenci matematického modelu není pravá hodnota akustických veličin měřených v difuzním zvukovém poli známa, nelze proto vyrobit sadu etalonů vzduchové neprůzvučnosti či zvukové pohltivosti protihlukových clon. Stejně tak nelze určit referenční laboratoř, s níž by se ostatní laboratoře porovnávaly.

3. Kategorizace protihlukových clon při zohlednění současných poznatků

Nejnovější verze norem ČSN EN 1793-1:2017 [5] *Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Zkušební metody stanovení akustických vlastností – Část 1: Vnitřní charakteristiky zvukové pohltivosti v podmínkách difuzního zvukového pole* uvádí, že oproti předchozím vydáním došlo k následujícím změnám: a) prohlášení o nejistotě měření a související úrovni spolehlivosti je nyní povinné, b) z příloh byly vyňaty kategorie jednočíselného hodnocení. Od okamžiku zveřejnění revidované verze normy bude **účinnost zařízení pro snížení hluku uváděna pouze jako číselná hodnota jednočíselného hodnocení s rozšířenou nejistotou měření s oboustranným pokrytím 95 %**. Dále je uvedeno, že uváděná nejistota má vliv na stanovení informativních kategorií A, vlastností vyjádřených jednočíselným hodnocením; v závislosti na účinnosti výrobku tak může potenciálně dojít k zařazení daného výrobku do nižší či vyšší kategorie. V důsledku výše uvedeného tedy došlo k odstranění kategorií jednočíselného hodnocení A z normy.

Podle prvotní verze ČSN EN 1793-1:1998 [6], která je součástí harmonizovaného rámce kolem zrušené výrobkové normy ČSN EN 14388:2006 [1] (která se však musí stále používat při uvádění výrobku na trh) se pro zařazení stavebních výrobků – protihlukových clon – používalo hodnocení bez nejistot měření, což je zcela naivní přístup založený na střední hodnotě naměřené laboratoří.

Níže je pro zrušenou kategorizaci A názorný příklad. Předpokládejme, že byla v laboratoři naměřena zvuková pohltivost clony $DL_{\alpha} = 13,4$ dB. Podle pravidla prvotní normy ČSN EN 1793-1:1998 [6] se hodnota zaokrouhlila na celé číslo jako 14 dB a naivně se kategorizuje do kategorie A4, protože se nepředpokládala existence nejistot měření.

Uvedený výsledek $DL_{\alpha} = 13,4$ dB je však s uvážením nejistot podle ČSN EN 12999-2:2021 [3] nesprávný, neboť nyní musí být použito méně naivní hodnocení výsledků, přestože harmonizovaný rámec ČSN EN 14388:2016 [1] kategorizaci zvukové pohltivosti A pro účely uvedení na jednotný trh EU vyžaduje. Vyčíslíme-li rozšířenou nejistotou měření podle [3]:

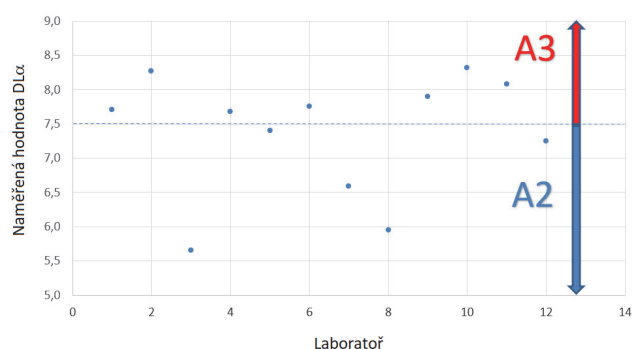
$$R(DL_{\alpha}) = k_{95} \times s_R = 1,96 \times 0,1 \times 13,4 = 2,6 \text{ dB}$$

pro naměřenou hodnotu 13,4 dB, musíme konstatovat, že správná hodnota je s 95% oboustranným pokrytím

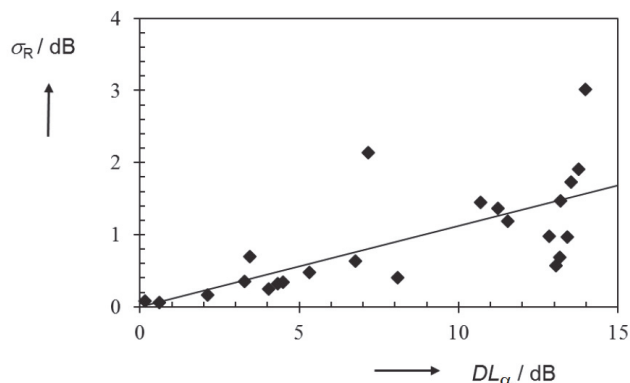
v intervalu $[10,8; 16,0]$. Výsledek je z hlediska kategorizace protihlukových clon A ambivalentní – při použití intervalu spolehlivosti je zjevná příslušnost dokonce ke třem kategoriím – A3, A4 i A5!

Pro hodnocení, zda jsou kategorie protihlukových clon pro praxi i přes své zrušení stále obhajitelné, je vhodné demonstrovat vliv nejistot na robustní mezinárodní mezilaboratorní zkoušce, které se zúčastnila laboratoř Technického a zkušebního ústavu stavebního Praha, s. p. v roce 2021.

PROFICIENCY TESTING PROGRAMME AQUAS-ABSORPTION_5 je mezinárodní mezilaboratorní zkouška zaměřená na zkušební metodu ČSN EN ISO 354:2003 [7]. Mezinárodní mezilaboratorní zkoušky se zúčastnilo 11 akreditovaných laboratoří. Vyhodnocení hodnot DL_{α} podle [6] je uvedeno v grafu 1. Podle mezilaboratorního porovnání při naivním hodnocení výsledků laboratoře zjistily u řešeného vzorku kategorie A2 i A3 a nelze rozhodnout, zda měřený vzorek odpovídá nižší či vyšší kategorii, což opět potvrzuje, že **zrušení kategorizace protihlukových clon bylo věcně správné**. Všechny laboratoře získaly osvědčení o úspěšném absolvování mezilaboratorní zkoušky pro zkušební metodu [7], přesto se při výpočtu jednočíselné veličiny podle [6] znovu ukázalo, jak je kategorizace protihlukových clon překonaná a nebezpečná pro praxi. Zrušené kategorie protihlukových clon představovaly zjednodušení již zjednodušeného, protože jednočíselná hodnota zvukové pohltivosti DL_{α} vzniká vážením 18 pásmových hodnot v oblasti 100 Hz až 5 000 Hz, přičemž podle ČSN EN ISO 12999-2:2021 [2] je každá z pásmových hodnot zatížena různou standardní nejistotou. Zde se dostáváme k jádru problému: Výsledky akustických měření v difuzním zvukovém poli jsou primárně křivky různých tvarů v oblasti 100 Hz až 5 000 Hz, které jsou prostřednictvím vážení přes normalizovaná spektra silničního či železničního hluku převáděny na jednočíselné hodnoty. Na první pohled identické jednočíselné hodnoty pak mohou vycházet z odlišných tvarů křivek. V podstatě se jednočíselnými hodnotami snažíme jednoduše vykreslit složitý obraz, přičemž kategorie v tomto popisu ztratily legitimitu.



Graf 1: Mezilaboratorní zkouška PROFICIENCY TESTING PROGRAMME AQUAS-ABSORPTION_5 z roku 2021 s vyhodnocením podle ČSN EN 1793-2:1998 [6] a uvedením příslušnosti výsledků ke zrušeným kategoriím A2 a A3



Graf 2: Standardní odchylka reprodukovatelnosti pro jednočíselné hodnoty DL_α na základě velkého souboru mezilaboratorních porovnání podle [8]

4. Závěr

Nejistoty měření jednočíselných veličin akustické účinnosti DL_R a DL_α v difuzním zvukovém poli jsou vysoké, což v aktuálních verzích zkušebních norem vyústilo v podstatě v zákaz kategorizace protihlukových clon. V případě měření zvukové pohltivosti clon je nejistota, která nyní musí být spojena s měřením, uvedena v ČSN EN ISO 12999-1:2021 jako standardní odchylka reprodukovatelnosti odvozená z mezilaboratorních zkoušek, vynásobená příslušným pokrytím faktorů pro získání rozšířené nejistoty. Podle **grafu 2** roste standardní odchylka reprodukovatelnosti s účinností clony, a tak se ukazuje, že **protihlukové clony s vysokou hodnotou DL_α byly v minulosti podle předchozích verzí EN 1793-1 zařazovány značně nespolehlivě do různých**

kategorií akustické účinnosti. Podle aktuálně platné ČSN EN 1793-1:2017 [5] se povinně uvádí výsledek s rozšířenou nejistotou měření s oboustranným pokrytím 95 %. Výrobci clon lze proto doporučit, aby pečlivě interpretovaly dosažené výsledky zkoušek ve vztahu ke zrušeným kategoriím protihlukových clon.

- [1] ČSN EN 14388:2006. *Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Specifikace.*
- [2] ČSN EN ISO 12999-1:2021. *Akustika – Určování a používání nejistot měření ve stavební akustice – Část 1: Zvuková izolace.*
- [3] ČSN EN ISO 12999-2:2021. *Akustika – Určování a používání nejistot měření ve stavební akustice – Část 2: Zvuková pohltivost.*
- [4] ČSN EN ISO 10140. *Akustika – Laboratorní měření zvukové izolace stavebních konstrukcí (řada norem 1 až 5).*
- [5] ČSN EN 1793-1:2017. *Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Zkušební metody stanovení akustických vlastností – Část 1: Vnitřní charakteristiky zvukové pohltivosti v podmínkách difuzního zvukového pole.*
- [6] ČSN EN 1793-1:1998. *Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Zkušební metody stanovení akustických vlastností – Část 1: Určení zvukové pohltivosti laboratorní metodou.*
- [7] ČSN EN ISO 354. *Akustika – Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti.*
- [8] WITTSTOCK, V. Uncertainties for the determination of the absorption coefficient according to ISO 354. *Proc. Forum Acusticum, 2014.* Krakov, CDROM.

