

## Nejistoty měření

### Nejistota měření

Ačkoli slovo „nejistota“ vyvolává pochybnosti o výsledku měření, v technickém použití „nejistota měření“ znamená úroveň znalosti o měřené veličině (v tomto případě 95% statistickou jistotu, že správná hodnota leží v intervalu hodnot přiřazených výsledku měření).

### Důvody zavedení nejistoty

Technické (měření)

1. Z fyzikální podstaty měření – měření je ovlivněno proměnlivostí hluku zdroje, kvalitou měřicího řetězce, výkladem a aplikací měřicí metody, změnami prostředí, výkonem měřiče. Opakováním měření se snažíme zjistit velikost těchto vlivů (jistotu správnosti výsledku), např. pro porovnání měření
2. Zákazník si může objednat stejné měření u dvou laboratoří. Jejich výsledky by bez nejistot mohly vést k rozdílnému hodnocení a sporu u akreditačního orgánu. Pokud má zákazník k dispozici nejistotu měření, pravděpodobnost této situace se sníží.
3. Za předpokladu stejné metodiky stanovení nejistot mají výsledky laboratoře (metody) s menší nejistotou větší váhu. Zákazník si tedy může vybrat laboratoř (metodu) podle potřeby kvality výsledku.
4. Nejistota měření dává měřiči zpětnou vazbu o kvalitě měření. Výpočtem nejistoty lze zjistit, které složky nejistoty mají na výslednou nejistotu největší vliv, tzn. kde je nejslabší místo měření, které je třeba zlepšit a naopak, kde už se výsledná nejistota nezvětší, takže použitím dražšího vybavení (metody,...) nedosáhneme významnějšího efektu.

Rozhodovací (hodnocení)

1. Je třeba zamezit situacím, kdy o dodržení, resp. překročení nejvyšší přípustné hodnoty rozhoduje desetina decibelu ( $0.1 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$  nejvyšší přípustná hodnota dodržena,  $40.1 \text{ dB}$  překročena. Při opakovaném měření můžeme dojít k opačným výsledkům.
2. Pro kvalifikované rozhodnutí je vhodné vědět, zda měřená hodnota je od limitní dostatečně vzdálena nebo je k ní natolik blízko, že riziko možnosti překročení je velké a je třeba ho do rozhodnutí zahrnout.
3. Porovnáním měření stejných (podobných) případů si mohou rozhodovací orgány udělat vlastní názor na kvalitu měřiče a akceptovatelnost jeho výsledků.

### Co nejistoty (zatím) nedokážou

1. Při současné úrovni znalostí, či spíše zavádění nejistot neumíme zatím nejistoty přesně vyčíslit – nejistotu typu A lze získat statistickým zpracováním výsledků měření, nejistoty měřicího řetězce lze částečně získat z ověření, nejistotu meteorologických vlivů lze získat výpočtem dle přílohy B, nejistotu metody, měřiče a místa měření lze získat pouze složitými experimenty typu mezilaboratorních porovnávacích měření.
2. Bez znalosti situace (složek nejistoty) nelze rozhodnout zda je velikost nejistoty způsobena např. proměnlivostí hluku zdroje nebo nedodržením metody měření.
3. Rozpoznat systematické chyby v měření – zjistí se pouze při porovnávacím měření.
4. Dát absolutní (100%) jistotu – 5% opakovaných měření může překročit i hodnotu výsledku měření vč. nejistoty  
atd.

### Zavedení nejistot do metodického návodu

Z výše uvedených důvodů a tlaku akreditačních orgánů byly nejistoty zavedeny do nového metodického návodu pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. Protože měření a

hodnocení v hygienické praxi nelze od sebe oddělit, jsou nejistoty měření zahrnuty i do hodnocení měření.

Nejistota měření je obecně pojednána v kapitole 7. Snažili jsme se neomezit nikoho při výpočtu nejistoty ať v současné době nebo i v budoucnu, tzn. že kapitola se věnuje společným východiskům při výpočtu nejistoty a nikoli výpočtu samému.

Operace s nejistotou při hodnocení měření je obecně pojednána v kapitole 8. Opět je tato kapitola obecná, tak aby nevázála orgán ochrany veřejného zdraví (OVZ) ke konkrétnímu postupu, který je pouze v jeho kompetenci a zodpovědnosti.

Konkrétní postupy odhadů nejistot, resp. možného postupu orgánu OVZ jsou uvedeny v informativních přílohách D, resp. E. Tyto postupy nevážou nikoho k nutnosti použití, pouze dávají příklad pro osoby, které se s danou problematikou nesetkaly nebo (zatím) nemají vlastní postup.

### Možné způsoby stanovení nejistot

Stanovení nejistoty odhadem

1. Použití nejistoty uvedené v normové metodě (např. ČSN)  
Pozn. Současně platná ČSN ISO 1996 (-X) způsob stanovení nejistoty neuvádí
2. Použití hodnoty 2 dB ze směrnice č. 42/1977 §3 odst. 1b, resp. směrnice č. 43/1977 §2, odst. 2, alternativně zapracované do směrného operačního postupu (SOP)
3. Použití tabulky D1 při měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq,T}$

Stanovení nejistoty výpočtem

4. Výpočet z odchylek přístrojů podle TPM 0051-93 "Stanovenie neistot pri mereniach"

5. Výpočet podle ISO/CD 1996-2:2000

$$u_c = \sqrt{0.5^2 + X^2 + Y^2}$$

kde 0.5 = směrodatná odchylka reprodukovatelnosti  $\sigma_R$

X = směrodatná odchylka podmínek měření ( $u_A$ )

Y = směrodatná odchylka vlivu meteorologických podmínek ( $\sigma_m$ )

Rozšířená nejistota se stanoví  $U = 2 * u_c$

$k = 2$  odpovídá normálnímu rozdělení a hladině významnosti  $a = 0,05$  (95% konfidenčnímu intervalu střední hodnoty)

6. Výpočet podle ISO/CD 1996-2:2001

$$u_c = \sqrt{1.0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$$

kde 1.0 = směrodatná odchylka reprodukovatelnosti  $\sigma_R$

X = směrodatná odchylka podmínek měření ( $u_A$ )

Y = směrodatná odchylka vlivu meteorologických podmínek ( $\sigma_m$ )

Z = směrodatná odchylka způsobená hlukem pozadí

Rozšířená nejistota se stanoví  $U = 1.65 * u_c$

$k = 1.65$  odpovídá normálnímu rozdělení a hladině významnosti  $a = 0,1$  (90% konfidenčnímu intervalu střední hodnoty)

Pozn.: Hodnoty  $\sigma_R$  uvedené ve vztazích 5 a 6 jsou konvence (odhady), na kterých se shodla skupina ISO připravující normu ISO 1996. Nemá tedy smysl je porovnávat se  $\sigma_R$  v technických normách (ČSN EN ISO 11200, ČSN ISO 3740)

Stanovení nejistoty inspekčního měření (např. stížnost)

7. Rozšířená nejistota se stanoví  $U = k \cdot \sigma_R$  ( $\approx u_B$  zvukoměru)

Dále lze nejistoty stanovit:

8. Nejistotu výsledku měření na vybraném měřicím místě lze vztáhnout na ostatní měřicí místa za předpokladu relativně homogenního akustického pole (nedoporučuje se pro vnitřní prostory)
9. Odhadem na základě minulých analogických měření.

Stanovení nejistoty odhadem

Výhody: jednoduchost, nenáročnost

Nevýhody: nejistota nerespektuje specifika situace – je stále stejná

Stanovení nejistoty výpočtem

Výhody: nejistota respektuje specifika situace – mění se změnou podmínek měření

Nevýhody: ke každému měření je nutno spočítat nejistotu = časová náročnost, je nutné definovat složky nejistoty = teoretická náročnost

Z výše uvedeného vyplývá, že každá laboratoř (měřič) může použít libovolný postup, který odpovídá jeho úrovni znalostí. Při porovnávání výsledků měření je však třeba znát způsob stanovení nejistoty, příp. jednotlivých složek.

### **Závěrem**

Článek vychází ze znalosti základních vztahů a označení nejistot. Pokud si těmito nejste jisti, doporučujeme literaturu uvedenou v kapitole 7 metodického návodu.

Zavádění nejistot považujeme za postupný proces, i když jeho zavedení (zejména do hodnocení) mnozí považují za předčasné. Při vzrůstající potřebě stanovovat nejistoty měření však považujeme tento postup za vhodnější, než nezavedení nejistot, resp. jejich hybridní zavedení pouze do měření.

Prosíme statistiky-odborníky za shovívavost při tomto procesu, neboť některé výše uvedené postupy nejsou statisticky správné, avšak zavedení pouze statisticky správných postupů by znamenalo revoluci jak myšlenkovou, tak finanční. Ani autoři metodického návodu nejsou statistickými odborníky, i když s nimi metodický návod konzultovali.

Žádáme všechny měřiče, pokud chtějí o dané problematice diskutovat, aby tak učinili buď prostřednictvím e-mailu nebo telefonicky nebo své náměty sbírali pro diskusi na budoucích seminářích nebo školeních. Žádáme je také o prominutí, pokud se některé podstatné „detaily“ dozvěděli až teď, metodický návod nemůže být „nafukovací“ a jeho doplňky – „kuchařky“ se budou tvořit v závislosti na poptávce odborné veřejnosti. Doufáme, že jich nebude mnoho.