

1/2020
ROČNÍK 29

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ



ZKUŠEBNICTVÍ**Mgr. Václava Holušová**Zabezpečení jednotného postupu při posuzování
stavebních výrobků ze skla – část 11**Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.**Zásadní revize norem ČSN EN 1793-1
a ČSN EN 1793-24**VĚDA A VÝZKUM****Ing. Václav Hora**

Poznámka k výpočtu efektivních stupňů volnosti7

METROLOGIE V PRAXI**Mgr. Kateřina Drbálková, Ing. Vítězslav Suchý**Tonometrie – část 2 – Elektronické bezkontaktní
tonometry a rebound tonometrie10**Ing. Alena Nižnanská**Nejistoty měření ukazatelů sedimentů včetně
vzorkování15**doc. Ing. Jiří Horský, CSc.**Kalibrační list je vizitkou laboratoře –
část 520**Ing. František Hnízdil**Nové kalibrační a metodické postupy na stránkách
České metrologické společnosti, z.s.26**Ing. Miroslav Urban**Úřední měření v zajetí administrativní
pasti29**INFORMACE****Ing. Eliška Machová**Vyhodnocení programu rozvoje
metrologie 201931

Nabídka akcí ČMS na 1. pololetí roku 2020

TESTING**Mgr. Václava Holušová**Ensuring a Uniform Procedure for Assessing
Construction Products Made of Glass - Part 11**Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.**Major Revision of Standards ČSN EN 1793-1
and EN 1793-24**SCIENCE AND RESEARCH****Ing. Václav Hora**

A Note on Calculating Effective Degrees of Freedom7

METROLOGY IN PRACTICE**Mgr. Kateřina Drbálková, Ing. Vítězslav Suchý**Tonometry - Part 2 - Electronic Non-Contact
Tonometers and Rebound Tonometry10**Ing. Alena Nižnanská**Uncertainties in Measuring Sediment Indicators
Including Sampling15**doc. Ing. Jiří Horský, CSc.**The Calibration Certificate Represents the Laboratory -
Part 520**Ing. František Hnízdil**New Calibration and Methodological Procedures
on the Website of the Czech Metrological Society26**Ing. Miroslav Urban**Official Measurements Constrained
by the Administrative Trap29**INFORMATION****Ing. Eliška Machová**The Evaluation of the Metrology Development
Program 201931The List of ČMS Events in the 1st Half of 2020

ZABEZPEČENÍ JEDNOTNÉHO POSTUPU PŘI POSUZOVÁNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ ZE SKLA – ČÁST I

Mgr. Václava Holušová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) prostřednictvím svého dotačního nástroje zvaného **Program rozvoje zkušebnictví (PRZ)** podporuje vývoj metodických postupů pro posuzování stavebních výrobků před jejich uvedením na trh v případě, že nejsou k dispozici vhodné zkušební normy. Výstupy všech úkolů jsou majetkem ÚNMZ a jsou uloženy v odboru státního zkušebnictví. Využít je mohou všechny subjekty posuzování shody, které působí podle příslušného právního předpisu, kterého se daný úkol týká.

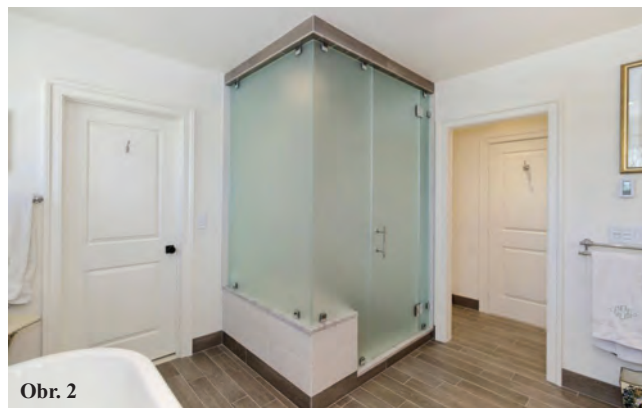
V roce 2018 tímto způsobem vznikly dvě nové metodiky pro posuzování stavebních výrobků ze skla. Oba návrhy zpracoval **IKATES, s. r. o. – autorizovaná osoba č. 225** se sídlem v Teplicích, specialista na zkoušení rozličných výrobků ze skla.

I. Metodika pro zabezpečení jednotného postupu při posuzování matovaného skla pro stavební účely

Technologie výroby matovaných skel je sice historická, nicméně většího rozvoje se dočkala až v průběhu dvacátého století. Například pískování skla bylo známo již v roce 1870, ale až do poloviny dvacátého století šlo spíše o umělecké výrobky s malou plochou. Podobně i počátky leptání skla kyselinou spadají do dávné minulosti, ale teprve na konci dvacátého století byla zvládnuta výroba velkoplošných tabulí jednotného vzhledu. V současné době je matované sklo používáno v poměrně velkém měřítku všude tam, kde je požadován prostup světla, ale přímý průhled je nežádoucí. Jde např. o koupelny, příčky oddělující kancelářské prostory, případně i stropní zasklení, kde matovaný povrch velmi příjemně rozptyluje světlo do prostoru. Dalším využitím jsou umělecké výrobky (např. výplně dveří) nebo designové prvky (matované obklady). Důležitou skupinou jsou pochozí aplikace, kde se použitím matovaného rastru nebo celoplošného matování

dosáhne protikluzných vlastností. Matované sklo tak lze použít jak v podobě průsvitných podlah, tak i schodišťových stupňů.

Přes poměrně široké použití stál tento výrobek v oblasti standardizace na okraji zájmu.



Obr. 2

Obr. 1, 2: Příklady použití matovaných skel v interiéru

Zatímco ve většině zemí se na něj nahlíželo jako na „umělecký“ výrobek a ve většině případů se využívaly normy pro výchozí sklo, Československo bylo průkopníkem a v roce 1956 vydalo technickou normu ČSN 70 9052 Tažené ploché sklo – Matované a ledované sklo.

ČSN 70 9052 jako výchozí sklo předpokládá ploché sklo tažené, které se však po nástupu skel float v šedesátých letech dvacátého století (skel plavených na cínové lázni) prakticky nevyrábí. Norma řeší především požadavky na tloušťku, rozměry a tvar tabulí, dále pak vady matování (pravidelnost a intenzitu). Současně uvádí požadavek, aby se ve skle nevyskytovalo nebezpečné vnitřní napětí, jeho hodnota však stanovena není. Norma byla kvůli zastaralosti zrušena k 1. 8. 1999, přestože za ni neexistuje náhrada, nicméně po obsahové stránce z ní lze čerpat i dnes. Interní normy používané výrobci matovaných skel obsahují přísnější požadavky, nicméně jde o dokumenty kategorie „důvěrné“, které pro obecné posuzování shody výrobku zatím nelze použít.

Matované sklo používané ve stavebnictví je aktuálně v České republice předmětem posuzování v návaznosti na nařízení vlády č. 163/2002 Sb., v platném znění. Cílem této metodiky je vymezit sledované vlastnosti s ohledem na konkrétní typ matovaného skla, zohlednit vliv úprav na stálost vlastností výrobku, stanovit metody zkoušení a poskytnout jednotný přístup při posuzování tohoto výrobku. Do této metodiky jsou zapracovány i požadavky nových evropských norem pro matovaná skla, které již několik let připravuje Evropská komise pro normalizaci (CEN).

CEN schválil první neveřejný návrh normy v květnu 2018 a v červenci téhož roku jej rozeslal k vyjádření národním normalizačním orgánům. Návrhy nových norem se zabývají sklem matovaným kyselinou – prEN 17257-1,2 a sklem pískovaným – prEN 17258-1,2. Tyto normy, obdobně jako stará československá norma, stanovují požadavky na tloušťku, rozměry a vady výrobků, které jsou doplněny o další informace, např. o použití v pochozích aplikacích (kde musí být posouzena protikluznost), v aplikacích



Obr. 1

zajišťujících ochranu soukromí, omezení odrazu světla, dále pak požadavky na instalaci, údržbu a zpracování.

Pro účely této metodiky byly stanoveny následující typy matovaného skla **podle způsobu úpravy povrchu**:

a) chemicky matované sklo:

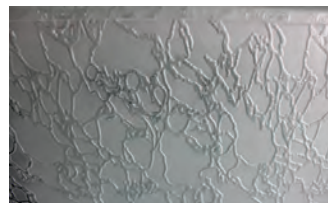


Obr. 3: Chemicky matované sklo – tvárnice

sklo matované kyselinou (acid etched glass) – jde o výrobek ze skla, jehož povrch (povrchy) byl vystaven působení kyseliny, jejím složkám nebo solím, s cílem změnit průhledný charakter na průsvitný. Obvykle se používá kyselina fluorovodíková (HF) nebo kyselina hexafluorkřemičitá (H_2SiF_6) nebo jejich soli (ve formě

matovacích past). Ve srovnání s pískovaným sklem je matování jemnější.

b) mechanicky matovaná skla:



Obr. 4: Sklo matované pískováním se vzorem

b1) pískovaná skla (sand-blasted glass) – jde o výrobek ze skla, jehož povrch (povrchy) byl mechanicky opracován (zmatněn) pomocí otryskání pískem. Pískem se obvykle rozumí oxid hlinitý (korundový písek) nebo karbid křemičitý (SiC) o stanovené zrnitosti. Křemičitý písek není pro tyto účely vhodný.



Obr. 5: Sklo matované kartáčováním

b2) sklo matované kartáčováním (brushed glass) – jde o výrobek ze skla, jehož povrch (povrchy) byl mechanicky opracován (zmatněn) pomocí kovových kartáčů. Ve srovnání s pískovaným sklem je obvykle patrná směrová struktura matování (daná rotací kartáčů).



Obr. 6: Ledované sklo

b3) ledované sklo (frosted glass) – jde o výrobek ze skla, jehož povrch (povrchy) byl mechanicky opracován pomocí klišu, který při zasychání způsobí nerovnoměrné vytrhání skla.

Podkladovým (výchozím) sklem mohou být následující výrobky:

- sklo float podle ČSN EN 572-2
- základní výrobky ze sodnovápenatokřemičitého skla podle ČSN EN 572-8+A1

- zrcadla podle ČSN EN 1036-1
- sklo s povlakem podle ČSN EN 1096-1
- tepelně zpevněné sklo podle ČSN EN 1863-1
- tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 12150-1
- prohříváné tepelně tvrzené bezpečnostní sklo podle ČSN EN 14179-1
- vrstvené sklo podle ČSN EN ISO 12543-1
- ekvivalenty výše uvedených výrobků ze speciálních sklovin.

Vlastnosti a zkoušení - základní požadavky na výrobek

Vady

Zkoušená tabule skla se umístí ve svislé poloze a prohlíží ze vzdálenosti 2 metry za podmínek podobných rozptýlenému dennímu světlu (bez přímého slunečního záření nebo osvětlení pozadí) kolmo k povrchu. Osvětlení by mělo být v rozmezí 300 až 600 lx na povrchu skla. U skladových tabulí se nehodnotí 30 mm široký pruh podél hran. Přítomnost viditelných rušivých vad se zaznamená (délka, průměr, počet). Předmětem posuzování jsou pouze povrchové vady; jádrové vady se posuzují podle výrobových norem pro podkladové (výchozí) sklo.

Rovnoměrnost (pravidelnost) a intenzita matování

Při prohlídce musí tabule skla vykazovat jednotný vzhled bez rušivých vad. Rozdíly mezi sousedními tabulemi nesmí působit rušivě. Z tohoto důvodu by měla být sousedící skla z téže výrobní šarže. Výjimkou jsou případy, kdy jsou u tabulí vytvořeny zóny rozdílné intenzity matování záměrně. V případě lokálního matování (obrazců, rastrů atd.) musí rozložení odpovídat příslušné výkresové/výrobní dokumentaci, případně požadavku zákazníka.

Bodové a lineární vady

Jde o vady spjaté s úpravou povrchu. Zaznamenaný počet, velikost a rozmístění vad se posoudí podle tabulky:

Typ vady	Přijatelnost
Rovnoměrnost/intenzita	Rozdíly nesmí být vizuálně rušivé
Bodové vady	
> 5 mm	nepřípustné
$3 \text{ mm} \leq x \leq 5 \text{ mm}$	max. 0,2/m ²
$1 \text{ mm} \leq x \leq 3 \text{ mm}$	max. 1,0/m ²
< 1 mm	přípustné, pokud nepůsobí rušivě
Lineární vady	nepřípustné

Počet přípustných vad se zaokrouhluje nahoru na nejbližší celé číslo. U ledovaných skel se hodnotí celkový vjem, rušivé vady nejsou přípustné.

Vady hran

Při prohlídce se zaznamená přítomnost vystupujících/zabíhajících vad, mušlí, uražených rohů, přičemž se posouzení přijatelnosti provede podle výrokové normy pro podkladové (výchozí) sklo.

Rozměry

Délka, šířka a úhlopříčka se měří pomocí stáčecího metru nebo vhodného měřidla odpovídající přesnosti. Přípustné odchylky jsou stanoveny v příslušné výrokové normě pro podkladové (výchozí) sklo.

Tloušťka matovaného skla se měří pomocí vhodného měřidla s přesností na 0,01 mm ve středu všech čtyř stran. Měřidlo musí být opatřeno měřicími plochami o průměru 50 mm (zejména v případě ledovaného skla a skla matovaného pomocí kartáčů). Průměrná hodnota se zaokrouhlí na 0,1 mm a porovná s požadavky stanovenými v příslušné výrokové normě pro podkladové (výchozí) sklo. Specifikované dolní tolerance se v případě matovaného skla zvětší o 0,1 mm. V případě hlubších typů matování může tolerance tloušťky upravit výrobce skla.

Vnitřní napětí

V důsledku nedodržení postupů při opracování (broušení hran, ohýbání, příp. i při kartáčování) může dojít ke zvýšení vnitřního napětí ve skle. Vnitřní napětí ve skle se měří v souladu s ČSN 70 0534 pomocí polarimetru v podobě měrného dráhového rozdílu. Za mezní hodnotu se považuje měrný dráhový rozdíl 100 nm/cm.

Protikluznost

Při použití matovaného skla v pochozích aplikacích musí být zohledněn požadavek na hodnotu protikluznosti podle vyhlášky MMR č. 268/2009 Sb. v platném znění. Protikluznost se zkouší v souladu s ČSN 74 4507. V některých případech mohou být vyžadovány i alternativní postupy – např. podle CEN/TS 16165 nebo DIN 51130.

Pevnost v ohybu

Pro stanovení pevnosti v ohybu lze u chlazených matovaných skel využít normu ČSN EN 1288-5, je nutné ovšem zohlednit fakt, že tento postup poskytuje nadhodnocené hodnoty pevnosti v ohybu. Proto metodika doporučuje jako vhodnější postup pro stanovení pevnosti v ohybu použít ČSN EN 1288-3, za předpokladu, že u chlazeného matovaného skla budou nejméně obě delší strany vzorků leštěné (aby se omezil vliv hrany na výslednou pevnost). To se týká i matovaných vrstvených skel. V případě tepelně upravených skel – tj. tepelně zpevněného matovaného skla, tepelně tvrzeného bezpečnostního skla a prohřívání tepelně tvrzeného bezpečnostního skla – postačují strany sražené.

Odolnost proti nárazu (křehkost)

Pro účely posouzení vlivu povrchové úpravy na odolnost proti nárazu je navrženo využít postup uvedený v UN/ECE 43R nebo ČSN 70 0592, přičemž se porovná energie padajícího tvrdého tělesa (ocelové kuličky o hmotnosti 227 g) nutná k rozbití skla před úpravou a po úpravě. Při zkoušce

musí být veden úder na neupravený povrch (pokud nejsou upraveny oba povrchy).

Odolnost proti kyvadlovému nárazu

Odolnost proti kyvadlovému nárazu se zkouší a klasifikuje podle ČSN EN 12600. Při této zkoušce musí být veden úder na neupravený povrch (pokud nejsou upraveny oba povrchy). Případně musí být zkouška u asymetrických výrobků provedena z obou stran. Klasifikace pak musí být jednoznačně přiřaditelná k orientaci výrobku.

Odolnost proti útoku

Vzhledem k možnému ovlivnění odolnosti výrobku proti útoku, zejména je-li matovaný povrch použit na chráněné straně, nelze klasifikaci výchozího (hladkého) výrobku použít pro výrobek matovaný.

Reakce na oheň

Postupy matování, které jsou v této metodice uvedeny, neovlivňují klasifikaci reakce výchozího výrobku na oheň.

Vzduchová neprůzvučnost

Pokud je tloušťka výrobku v tolerancích stanovených pro výchozí typ výrobku, lze použít index vzduchové neprůzvučnosti i pro matovaný výrobek (v rámci rozšířené aplikace výsledků zkoušek, tzv. EXAP).

Udržovatelnost

Výrobce matovaného skla by měl jednoznačně stanovit způsob ochrany a udržování matovaného povrchu při užívání.

Odolnost proti působení chemických látek

Odolnost proti působení chemických látek a udržovatelnost je doporučeno zkoušet metodami uvedenými v ČSN EN 14428 pro sprchové zástěny. Při zkoušce je matovaný povrch vystaven působení chemikálií s nízkým i vysokým pH, odmašťovacím prostředkům, barvivům a odbarvovacím prostředkům. S ohledem na výsledek zkoušky musí výrobce stanovit způsob ochrany povrchu před poškozením a způsob jeho čištění.

Světelné a solární charakteristiky

Světelné a solární charakteristiky se stanovují podle ČSN EN 410. Při měření je ovšem nutné zohlednit charakter matování. U standardních celoplošně matovaných výrobků (kyselinou nebo pískováním) lze měření provést pomocí spektrometrů s doporučeným minimálním průměrem integrační koule 150 mm (menší průměr vede ke zvýšení chyby měření). V případě měření ledovaných skel nebo skel s matovanými rastry musí být průměr svazku paprsků takový, aby pokryl „průměrnou“ plochu vzorku, velikost potřebné integrační koule pak musí být větší než 500 mm. Tolerance pro měřené světelné a solární charakteristiky (činitele prostupu a odrazu) jsou $\pm 10\%$ od hodnoty deklarované výrobcem.

Tepelné charakteristiky

Stanovení součinitele prostupu tepla lze s dostatečnou přesností provést výpočtem v souladu s ČSN EN 673, kde bude použita skutečně naměřená tloušťka.

Odolnost proti náhlé změně teploty

Vlivem opracování povrchu dochází ke snížení odolnosti proti náhlé změně teploty. Pro účely deklarace této hodnoty lze provést zkoušku např. podle ČSN EN 1183 nebo ČSN ISO 718.

Hodnocení shody

Shoda matovaného skla s požadavky návrhů výrobních norem, této metodiky a deklarovanými třídami a/nebo hodnotami musí být prokázána prostřednictvím:

- počátečních typových zkoušek
- systému řízení výroby.

Stručné shrnutí výsledků

Odolnost proti náhlé změně teploty: ověřovací zkouška prokázala, že si sklo matované leptáním kyselinou zachovává hodnoty odolnosti proti náhlé změně teploty srovnatelné s výchozím sklem. U skel matovaných mechanicky je zřejmé, že odolnost proti náhlé změně teploty klesá vlivem poškození povrchu. Metoda zkoušení se jeví jako vhodná, nicméně je doporučeno, aby měly vzorky leštěné hrany (z důvodu omezení vlivu jejich kvality na výsledek).

Odolnost proti nárazu: z výsledků ověřovací zkoušky je patrný výrazný rozdíl mezi nematovaným sklem a sklem matovaným kyselinou (mnohonásobně odolnější vůči nárazu) a skly matovanými mechanicky (mnohem méně odolné). Metodu lze považovat za vhodnou pro porovnání odolnosti různých typů skel.

Odolnost proti chemickým látkám: ověřovací zkouškou bylo zjištěno, že jsou všechny typy skel odolné proti působení chemikálií specifikovaných v ČSN EN 14428 (kyselina octová, hydroxid sodný, etanol, chlornan sodný). Výjimkou je jen 1% metylenová modř, kterou nebylo možné z mechanicky narušených povrchů zcela odstranit.

Pevnost v ohybu: Vzhledem k tomu, že nebyly k dispozici vzorky umožňující provedení zkoušky pevnosti v ohybu podle ČSN EN 1288-3, byla využita metoda se zatěžovacím zařízením R45 podle ČSN EN 1288-5. Výsledky získané touto metodou lze považovat za relativní z důvodu nadhodnocení oproti reálně použitelným hodnotám. Z výsledků je přesto zcela zřejmý velmi výrazný pokles hodnoty pevnosti v ohybu u matovaných povrchů (zejména mechanicky). Pro účely deklarace hodnot pevnosti v ohybu se nejvíce používá metoda jako příliš vhodná, proto autoři doporučují použít metodu čtyřbodového ohybu podle ČSN EN 1288-3 při použití vzorků s leštěnými hranami, případně prstencovou metodu podle ČSN EN 1288-2.

Stanovení činitele prostupu světla: Ověřovací zkouškou bylo zjištěno, že při měření optických vlastností matovaných skel dochází vlivem rozptylu paprsků ke ztrátám, které jsou nepřímo závislé na průměru koule. Z uvedených důvodů by neměla být pro měření použita koule o průměru menším než 150 mm.

Na základě popsané metodiky následně IKATES, s. r. o. upravil existující doporučení pro zabezpečení jednotného postupu subjektů (tzv. „autorizovaných osob“) při posuzování shody matovaných skel v podobě technického návodu s označením TN 06.04.06c.



ZÁSADNÍ REVIZE NOREM ČSN EN 1793-1 A ČSN EN 1793-2

Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

Úvod

V září 2019 vyšla zásadní revize ČSN EN 1793-2:2019 Zařízení pro snížení hluku silničního provozu – Zkušební metody stanovení akustických vlastností – Část 2: Vnitřní charakteristiky vzduchové neprůzvučnosti v podmínkách difuzního zvukového pole. Tato revidovaná norma se týká zkoušení a hodnocení charakteristik vzduchové neprůzvučnosti zařízení pro snižování hluku silničního provozu (obecně protihlukových stěn), a tak úzce souvisí s výrobní normou ČSN EN 14388:2016 ed. 2 Zařízení pro snížení hluku silničního provozu, která pokrývá všechny výrobky používané pro snížení hluku silničního provozu, vyrobené z jakýchkoliv materiálů a stanovuje funkční požadavky a metody pro hodnocení zařízení pro snížení hluku silničního provozu. Současně je vhodné připomenout, že již v prosinci 2017 vyšla revize sesterské 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.

Revize ČSN EN 1793-2:2019

Oproti předchozímu vydání normy ČSN EN 1793-2:2013 došlo ke dvěma změnám: prohlášení o nejistotě měření a o související úrovni spolehlivosti vztažené k výsledné hodnotě jednočíselného hodnocení vzduchové neprůzvučnosti DL_R [dB] jsou nyní povinné. Z přílohy A byly vyňaty kategorie jednočíselného hodnocení. Od okamžiku publikace normy ČSN EN 1793-2:2019 (09/2019) se účinnost zařízení pro snížení hluku uvádí **pouze jako číselná hodnota jednočíselného hodnocení DL_R** . V minulosti jsme měli k dispozici kategorie podle jednočíselného hodnocení „B“. Předchozí verze normy uváděly, že je-li třeba kromě stanovení hodnoty DL_R vzduchovou neprůzvučnost kategorizovat, použijí se kategorie uvedené v **tab. 1**. Kategorie touto revizí normy zanikly a nesmějí se již dále používat. Důvod zániku kategorií „B“ je zřejmý. Povinné uvedení nejistoty má velký dopad na stanovení informativních kategorií jednočíselné veličiny DL_R ; v závislosti

na vlastnostech výrobku by mohlo potenciálně znamenat, že výrobek, bude zařazen do nižší kategorie. V důsledku toho byla odstraněna informativní příloha, která obsahovala kategorie hodnocení jednočíslné veličiny, a tak jsou vlastnosti zařízení pro snížení hluku nyní hodnoceny pouze jednočíslnou veličinou. Přitom jednočíslné hodnocení DL_R se používá výhradně pro potřeby porovnávání celkových charakteristik protihlukových zařízení bez ohledu na lokální podmínky, složení dopravního proudu nebo povrch vozovky.

Tabulka 1: – JIŽ NEPLATNÉ kategorie vzduchové neprůzvučnosti

Kategorie	DL_R (dB)
B0	neurčeno
B1	< 15
B2	15 až 24
B3	25 až 34
B4	> 34

Revize ČSN EN 1793-1:2017

Oproti předchozímu vydání normy ČSN EN 1793-1:2013 došlo k několika změnám. Byl zlepšen popis uspořádání zkoušky, byla modifikována metoda pro stanovení činitele zvukové pohltivosti v třetinooktávovém pásmu, jak popisuje ČSN EN ISO 354:2003 – činitel pohltivosti podle Sabina α_{Si} byl nahrazen novým činitelem $\alpha_{NRD,i}$, který je specifický pro zařízení pro snížení hluku a který bere v úvahu objem zkušební vzorku (nový činitel $\alpha_{NRD,i}$ může být odvozen od α_{Si}), byl lépe definován obsah protokolu o zkoušce a byla povinně zavedena deklarace nejistoty měření a související úroveň spolehlivosti. Z přílohy A byly vyňaty kategorie jednočíslného hodnocení. Od okamžiku publikace normy ČSN EN 1793-1:2017 (12/2017) se účinnost zařízení pro snížení hluku uvádí **pouze jako číselná hodnota jednočíslného hodnocení $DL_{\alpha,NRD}$** . V minulosti jsme měli k dispozici kategorie podle jednočíslného hodnocení „A“. Předchozí verze normy uváděly, že je-li třeba kromě stanovení hodnoty DL_{α} zvukovou pohltivost kategorizovat, použijí se kategorie uvedené v **tab. 2. Kategorie revizí normy zanikly a nesmějí se již dále používat**. Důvod zániku kategorií „A“ je zřejmý a je zcela stejný jako v případě revize ČSN EN 1793-1:2019. Povinné uvedení nejistoty má velký dopad na stanovení informativních kategorií jednočíslné veličiny $DL_{\alpha,NRD}$; v závislosti na vlastnostech výrobku by mohlo potenciálně znamenat, že výrobek, bude ponížen do nižší kategorie. V důsledku toho byla odstraněna informativní příloha, která obsahovala kategorie hodnocení jednočíslné veličiny, a tak jsou vlastnosti zařízení pro snížení hluku nyní hodnoceny pouze jednočíslnou veličinou. Přitom jednočíslné hodnocení $DL_{\alpha,NRD}$ se používá výhradně pro potřeby porovnávání celkových charakteristik protihlukových zařízení bez ohledu na lokální podmínky, složení dopravního proudu nebo povrch vozovky.

Tabulka 2: – JIŽ NEPLATNÉ kategorie zvukové pohltivosti

Kategorie	DL_{α} (dB)
A0	neurčeno
A1	< 4
A2	4 až 7
A3	8 až 11
A4	12 až 15
A5	> 15

Normalizační vývoj ČSN EN 1793-1 budí pochybnosti, neboť v předchozích letech jsme byli svědky velkých zvratů. V roce 2013 (ČSN EN 1793-1:2013) byla zavedena s ohledem na potřeby výrobců nová velmi vysoká kategorie zvukové pohltivosti A5, která v předešlé verzi z roku 1998 (ČSN EN 1793-1:1998) vůbec neexistovala. Maximální kategorií byla A4 s kritériem $DL_{\alpha} > 11$ dB. Následně byly v roce 2017 veškeré kategorie bez náhrady potichu zrušeny (ČSN EN 1793-1:2017).

Hlavním výsledkem zkoušky, která se objektivně vztahuje k měření konstrukci – **zařízení pro snížení hluku ze silničního provozu**, je jednočíslná veličina zvukové pohltivosti zařízení $DL_{\alpha,NRD}$ v dB, zaokrouhlená na celé číslo. Jednočíslná veličina pro hodnocení zvukové pohltivosti $DL_{\alpha,NRD}$ v dB je dána následujícím vztahem:

$$DL_{\alpha,NRD} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{NRD,i} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right|$$

kde $\alpha_{NRD,i}$ jsou činitele zvukové pohltivosti v i-tém třetinooktávovém pásmu,

L_i hladina akustického tlaku normalizovaného spektra hluku silničního provozu váženého funkcí A v i-tém třetinooktávovém pásmu, definovaná v ČSN EN 1793-3:1998 v decibelech.

Ze vzorce je zřejmé, že jednočíslná hodnota $DL_{\alpha,NRD}$ je logaritmičticky závislá, a tak při hodnotách čitatele blízkých jmenovateli dochází k výraznému nárůstu DL_{α} , který však již nemusí vůbec souviset s lepší zvukovou pohltivostí zařízení pro snížení hluku ze silničního provozu. Norma ČSN EN 1793-1:2017 samozřejmě uvádí, že v některých případech může poměr součtových členů ve výrazu pro DL_{α} překročit hodnotu 1, což je pro výpočet DL_{α} nepřipustné, jelikož nelze logaritmovat záporné číslo. Proto je maximální hodnota tohoto poměru omezena na 0,99. Můžeme se tedy dostat do situace, kde $DL_{\alpha,NRD}$ prudce roste v závislosti na činiteli zvukové pohltivosti bez objektivní fyzikální příčiny, pokud se poměrem logaritmovaná hodnota limitně blíží hodnotě 0,99.

Poznatky ze zkoušek činitele zvukové pohltivosti podle ČSN EN 1793-1:2017 a povinného vyhodnocení nejistot

Pro účely zpracování výsledků měření se používají termíny a definice podle ČSN ISO 5725-1:2018 Přesnost

(pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření – Část 1: Obecné zásady a definice. K popisu přesnosti měření používá ISO 5725 Přesnost (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření – Část 6: Použití hodnot měř přesnosti v praxi, dvou termínů – „pravdivost“ a „preciznost“. Pravdivost se týká těsnosti shody mezi aritmetickým průměrem z velkého počtu výsledků zkoušek a pravou nebo přijatou referenční hodnotou. Preciznost se týká těsnosti shody mezi jednotlivými výsledky zkoušek. Potřeba shodnosti vyplývá ze skutečnosti, že zkoušky, o nichž se předpokládá, že byly provedeny opakovaně v jedné laboratoři na stejném zařízení pro snižování hluku za stejných podmínek, neposkytují obecně stejné výsledky. Příčinou jsou náhodné chyby, které jsou nedílnou součástí každého měřicího postupu. K va-riabilitě výsledků může přispívat mnoho faktorů, z nichž za hlavní lze považovat:

- operátora,
- použité zařízení,
- kalibraci zařízení,
- okolní podmínky,
- čas, který proběhne mezi zkouškami.

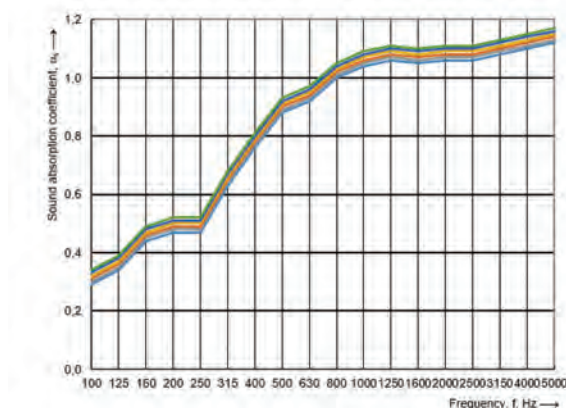
Případová studie ukazuje (**tab. 3** a **graf 1**), do jaké míry mohou být výsledky při měření a hodnocení $DL_{\alpha, NRD}$ v oblasti nad 10 dB zavádějící. Při použití šesti souborů měření, jež jsou téměř identické (krok změny činitele zvukové pohltivosti 0,01 v celém rozsahu měření), je patrné, že hodnoty jednočíslné veličiny zvukové pohltivosti $DL_{\alpha, NRD}$ nelze spolehlivě měřit, resp. výsledky měření musejí být zatíženy velmi vysokou rozšířenou nejistotou měření. Ta je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.

Tabulka 3: Případová studie dokazující nestabilitu $DL_{\alpha, NRD}$ v oblasti nad 10 dB

f_i (Hz)	α_{NRDi} (dB)						Li (dB)
Kmitočet	1	2	3	4	5	6	
100	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	-20
125	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	-20
160	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	-18
200	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	-16
250	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	-15
315	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	-14
400	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	-13
500	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	-12
630	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	-11
800	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	-9
1 000	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	-8
1 250	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	-9
1 600	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	-10
2 000	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	-11
2 500	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	-13
3 150	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	-15

f_i (Hz)	α_{NRDi} (dB)						Li (dB)
4 000	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	-16
5 000	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	-18
$DL_{\alpha, NRD}$	12	13	14	15	17	20	-
α_w	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	-

Alternativní pohled na jednočíslné vyhodnocení nabízí vážený činitel zvukové pohltivosti α_w , určený podle ČSN EN ISO 11654:1998 Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti. Jednočíslné hodnocení zvukové pohltivosti α_w stanovené touto mezinárodní normou může být použito k formulaci požadavků a k popisu akustických vlastností výrobků pohlcujících zvuk určených pro obvyklé použití v běžných kancelářích, chodbách, učebnách, nemocnicích atd. Vyhodnotíme-li tímto způsobem uvedené šest souborů činitele zvukové pohltivosti (**tab. 3**), výsledkem bude ve všech případech stabilně $\alpha_w = 0,90$.



Graf 1: Ukázka blízkých průběhů zvukové pohltivosti s výsledky $DL_{\alpha, NRD}$ v rozmezí 12 až 20 dB

Závěr

Článek shrnuje novinky v revidovaných normách ČSN EN 1793-1:2017 a ČSN EN 1793-2:2019, které se týkají měření a hodnocení akustických vlastností zařízení pro snižování hluku ze silničního provozu (protihlukových stěn). Autorem je zdůrazněn velmi kontroverzní výpočet jednočíslné hodnoty zvukové pohltivosti $DL_{\alpha, NRD}$ a jeho nestabilita v oblasti nad 10 dB, z čehož vyplývá, že je **nesmyslné u zařízení pro snižování hluku ze silničního provozu navrhovat a požadovat jednočíslnou veličinu zvukové pohltivosti zařízení $DL_{\alpha, NRD} > 10$ dB**. Mezi projektanty, dozory a zhotoviteli je však i po dvou letech hluboce zažitá kategorizování zvukové pohltivosti podle neplatné verze normy ČSN EN 1793-1:2013. Je třeba se zamyslet, opustit komfort setrvačnosti trhu a začít využívat nejnovější poznatky, byť nemusí být snadné se s nimi smířit.

Literatura

- [1] Beranek, L. *Noise Reduction*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1960.
- [2] Čechura, J. *Stavební fyzika – akustika stavebních konstrukcí*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999.

POZNÁMKA K VÝPOČTU EFEKTIVNÍCH STUPŇŮ VOLNOSTI

Ing. Václav Hora

AMS K 97– Laboratoř metrologie ionizujícího záření

VZ 551240 Lázně Bohdaneč, pracoviště Olomouc

1. Úvod

Pokud nemůžeme předpokládat, že hodnoty disperzí dvou nebo více základních souborů jsou stejné a tyto hodnoty nejsou známy, nezbyvá nám je nahradit jejich nevychýlenými odhady. Jen tímto způsobem můžeme mimo jiné také provést výpočet efektivních stupňů volnosti. Další podmínkou výpočtu těchto stupňů je, že naměřená data mají normální nebo přibližně normální rozdělení. Tato podmínka je v důsledku centrální limitní věty většinou splněna. Konečně třetí podmínkou je, že jednotlivé odhady disperzí jsou vzájemně nezávislé anebo slabě závislé [2].

Budeme se zabývat důležitou otázkou, **na prvý pohled překvapující**, do jaké míry mohou být závislé odhady např. dvou disperzí tak, aby byl splněn požadavek výpočtu ν_{ef} . Uvidíme, že jejich závislost je důsledkem závislosti vstupních náhodných veličin které jsme získali z n opakování naměřených dat, nichž byly odhady obou disperzí vypočítané. Uvidíme, že kovariance, a tedy i korelační koeficient těchto disperzí, je ve funkčním vztahu s kovariancí tedy i s korelačním koeficientem těchto vstupních náhodných veličin. Jaký stupeň závislosti mohou tedy dosáhnout (co je možné „tolerovat“) vstupní náhodné veličiny tak, aby stupeň vazby např. mezi dvěma a byl nulový nebo alespoň mírný? Potom závislost disperzí můžeme zanedbat a bude splněna třetí podmínka, tzn. jejich nezávislost.

Na konkrétním příkladu, který je převzat z [6], si zevrubně ukážeme danou problematiku. Jde o relativně složitý ale i zajímavý problém.

2. Metodický příklad

Jak již bylo uvedeno, příklad je převzat z [6]. V kapitole 4.2.2. „Korelované vstupní veličiny“ je proveden výpočet bez ohledu na závislost vstupních veličin. U náhodných veličin X_1 a X_2 příslušných výběrů je uvedena hodnota rozptylů

$$\hat{\sigma}_{x_1}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \text{ a } \hat{\sigma}_{x_2}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i2} - \bar{x}_2)^2. \quad (1a)$$

Pro disperze výběrových průměrů těchto veličin potom zřejmě platí vztahy

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \text{ a } \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}^2 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_{i2} - \bar{x}_2)^2. \quad (1b)$$

$$\text{Úkolem je stanovit nejistotu funkce } Y = 0,3 \cdot X_1 \cdot e^{0,01 X_2}. \quad (2)$$

Byla vypočtena nejistota typu A (nejistota typu B měřidla, kterým byla empirická data naměřena, byla nulová – ideální stav). Náhodné vstupní veličiny X_1 a X_2 jsou korelované. Hladina významnosti je $\alpha = 0,05$. $n_1 = n_2 = 20$. Pro přepočet uvádíme i následující tabulku s hodnotami naměřených náhodných vstupních veličin.

X	Y	X	Y
15,200	14,203	14,278	15,367
15,133	14,213	14,301	15,454
15,028	14,259	14,368	15,500
15,223	14,342	14,472	15,499
14,897	14,458	14,604	15,552
14,751	14,600	14,749	15,361
14,605	14,761	14,895	15,233
14,473	14,929	15,027	15,076
14,369	15,094	15,132	14,903
14,302	15,243	15,199	14,726

Uvedené mezi výpočty:
výběrové průměry

$$\bar{x}_1 = 21,1323; \quad \bar{x}_2 = 21,31565.$$

Nejpravděpodobnější hodnota funkce (2) je

$$\bar{y} = 0,3\bar{x}_1 \cdot e^{0,01\bar{x}_2} = 7,8458625.$$

$$\text{Podle (1 a) je } \hat{\sigma}_{x_1}^2 = 0,111735 \text{ a } \hat{\sigma}_{x_2}^2 = 0,21323$$

a rozptyly výběrových průměrů jsou

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1}^2 = 0,005860 \text{ a } \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}^2 = 0,01066.$$

Koeficienty citlivosti stanovené ze vztahu (2) mají hodnotu

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = A_1 = 0,3e^{0,01\bar{x}_2} = 0,37127$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = A_2 = 0,3\bar{x}_1 e^{0,01\bar{x}_2} \cdot 0,01 = 0,078458.$$

Kovariance náhodných veličin X_1 a X_2 má potom hodnotu

$$\text{cov}(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = -0,08131 \text{ a koeficient korelace je}$$

$$r(\bar{x}_1, \bar{x}_2) = -0,51402.$$

Odhad rozptylu výsledků měření (kvadrát kombinované nejistoty měření) je

$$u_c^2 = A_1^2 \hat{\sigma}_{x_1}^2 + A_2^2 \hat{\sigma}_{x_2}^2 + 2A_1 A_2 r(\bar{x}_1, \bar{x}_2) \hat{\sigma}_{\bar{x}_1} \hat{\sigma}_{\bar{x}_2} = 8,3593 \cdot 10^{-4}.$$

Dále je uváděna nejistota výsledků měření ve tvaru $U = t_p(v_{ef}) \cdot u_c$, kde $t_p(v_{ef})$ je koeficient rozšíření Studentova (t) rozdělení pro pravděpodobnost 0,95. Tento koeficient je funkcí stupňů volnosti v_{ef} , které vypočteme /např. [2] nebo [7] /, podle vztahu

$$v_{ef} = \frac{u_c^4}{\frac{\sum_{i=1}^n A_{\bar{x}_i}^4 \hat{\sigma}_{\bar{x}_{iA}}^4}{v_{iA}} + \frac{\sum_{i=1}^n A_{\bar{x}_i}^4 \hat{\sigma}_{\bar{x}_{iB}}^4}{v_{iB \rightarrow \infty}}}, \quad (3)$$

kde $A_{\bar{x}_i}^4$ jsou příslušné koeficienty citlivosti příspěvků nejistot typu A, B. v_{iA} jsou stupně volnosti příspěvku ke standardní nejistotě odhadu výstupní veličiny získaných metodou A a v_{iB} jsou stupně volnosti nejistot typu B. Lze dokázat, že stupně volnosti nejistot typu B můžeme položit nekonečnu, tzn. všechny sčítance ve jmenovateli, kde se tyto stupně volnosti nacházejí, se rovnají 0. Nejistoty typu B nejsou potom ve jmenovateli uvažovány. To znamená, že ve jmenovateli se bude nacházet pouze suma prvního členu. V tomto případě z předešlého vztahu dostaneme

$$v_{ef} = \frac{u_c^4}{\frac{A_1^4 \hat{\sigma}_{\bar{x}_1}^4}{v_1} + \frac{A_2^4 \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}^4}{v_2}} = 20,215; \quad v_1 = v_2 = 20 - 1 = 19. \quad (4)$$

Hodnota v_{ef} vyjde většinou necelé číslo, potom jej zaokrouhlujeme směrem dolů na celé číslo (koeficient bude nadhodnocen). Koeficient rozšíření stanovíme přesně pomocí PC. Je roven $t_p(v_{ef}) = 2,09$, a proto

$$U = t_p(v_{ef}) \cdot u_c = \pm 2,09 \cdot \sqrt{8,3593 \cdot 10^{-4}} = \pm 0,0604.$$

Skutečná hodnota funkce Y se s 95% pravděpodobností nachází v intervalu

$$Y = 7,846 \pm 0,0604, \quad \text{pro } P = 0,95$$

nebo $7,7856 \leq Y \leq 7,9064$, pro $P = 0,95$.

3. Závislost dvou nevychýlených odhadů

rozptylů $\hat{\sigma}_{x_1}^2$ a $\hat{\sigma}_{x_2}^2$

Jak již bylo řečeno jedna z důležitých podmínek stanovení v_{ef} je nezávislost nebo slabá (mírná) závislost výběrových rozptylů $\hat{\sigma}_{x_1}^2$ a $\hat{\sigma}_{x_2}^2$. Již v zadání uvedeného příkladu je upozorněno, že náhodné veličiny X_1 a X_2 jsou závislé /viz. hodnota korelačního koeficientu $r(\bar{x}_1, \bar{x}_2)$ /. Položíme si zásadní otázku. Jaký stupeň závislosti mají $r(\bar{x}_1, \bar{x}_2)$, které jsou sestaveny z těchto náhodných závislých veličin? Je nutné si uvědomit, že efektivní stupně volnosti se počítají z takového chí kvadrátu, který aproximuje součet několika daných chí kvadrátů se známými stupni volnosti.

Aproximace chí kvadrátu se volí tak, aby jeho střední hodnota a disperze byly stejné jako střední hodnota a disperze sumy aproximovaných chí kvadrátů. **Východiskem tohoto postupu je obecně libovolná suma výběrových rozptylů, v našem konkrétním případě dvou rozptylů $\hat{\sigma}_{x_1}^2$ a $\hat{\sigma}_{x_2}^2$.**

Při výpočtech v_{ef} vycházíme konkrétně z následujícího vztahu:

$$\sum_{i=1}^m a_i \hat{\sigma}_i^2 = \sum_{i=1}^m c_i \frac{1}{v_i} \chi^2(v_i) \approx c \frac{1}{v_{ef}} \chi^2(v_{ef}). \quad (5)$$

Takto „připravený“ vztah je základním východiskem k odvození v_{ef} . Jinak řečeno, aproximujeme rozdělení veličiny $\sum_{i=1}^m a_i \hat{\sigma}_i^2$ rozdělením $c \frac{1}{v_{ef}} \chi^2(v_{ef})$, tzn. hledáme konstanty c a v_{ef} tak, aby se střední hodnoty a disperze obou předešlých veličin vzájemně rovnaly, tedy

1. Provedeme vystředění (střední hodnotu) pravé a levé strany (5). Chceme tedy, aby se v průměru obě strany rovnaly.

2. Provedeme výpočet disperze obou stran a tyto disperze se opět musejí navzájem rovnat.

Těmito mat. operacemi získáme dvě rovnice o dvou neznámých. Z požadavku rovnosti středních hodnot dostaneme

vztah $\sum_{i=1}^m a_i \sigma_i^2 = c$ a z požadavku rovnosti disperzí máme

$$\text{rovnici } \sum_{i=1}^m \frac{a_i^2 \cdot \sigma_i^4}{v_i} = \frac{c^2}{v_{ef}}. \quad \text{Řešením těchto dvou rovnic}$$

o dvou neznámých vzhledem k v_{ef} konečně máme

$$v_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^m \frac{\lambda_i^2 \cdot \sigma_i^2}{n_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{v_i} \left(\frac{\lambda_i^2 \cdot \sigma_i^2}{n_i} \right)^2}.$$

Abychom mohli provést výpočet disperzí (operace 2.), je nutné, aby tyto disperze byly nezávislé nebo slabě závislé. Jinak bychom se nemohli dopracovat k předešlému hledanému vztahu. Pro další naše úvahy uvedeme intervaly hodnot výběrového koeficientu korelace, který je zde interpretován následovně [1]:

- jestliže $0 \leq |r| < 0,3$ je mezi X, Y nulový stupeň vazby
- jestliže $0,3 \leq |r| < 0,5$ je mezi X, Y mírný stupeň vazby
- jestliže $0,5 \leq |r| < 0,7$ je mezi X, Y význačný stupeň vazby
- jestliže $0,7 \leq |r| < 0,9$ je mezi X, Y vysoký stupeň vazby
- jestliže $|r| > 0,9$ je mezi X, Y velmi těsná vazba

(6)

V běžné literatuře zabývající se matematickou statistikou jsou uváděny vztahy pro výpočet variancí nevychýlených odhadů rozptylů vypočítané z normálně rozdělených výběrů.

Platí pro ně vztahy

$$\text{var}(\hat{\sigma}_{x_1}^2) = \frac{2\hat{\sigma}_{x_1}^4}{n-1} \quad \text{a} \quad \text{var}(\hat{\sigma}_{x_2}^2) = \frac{2\hat{\sigma}_{x_2}^4}{n-1}. \quad (7)$$

Dále si uvedeme vztah pro výpočet kovariance těchto odhadů, který má tvar

$$\text{cov}(\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2) = \frac{2[\text{cov}(x_1, x_2)]^2}{n-1}. \quad (8)$$

Tento jistě zajímavý vztah lze odvodit **např. za využití ortogonální transformace** [3]. Odvození je relativně zdlouhavé a v literatuře není v podstatě uváděno. Čtenář, který má zájem o tento problém, se může obrátit na autora tohoto článku. Pro koeficient korelace platí

$$r(\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2) = \frac{\frac{2[\text{cov}(x_1, x_2)]^2}{n-1}}{\sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_{x_1}^4}{n-1} \cdot \frac{2\hat{\sigma}_{x_2}^4}{n-1}}} = \frac{[\text{cov}(x_1, x_2)]^2}{\hat{\sigma}_{x_1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{x_2}^2}. \quad (9)$$

Čtverec kovariance obou náhodných veličin X_1, X_2 můžeme vyjádřit podle známého vztahu ve tvaru

$$[\text{cov}(x_1, x_2)]^2 = [r(x_1, x_2)]^2 \cdot \hat{\sigma}_{x_1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{x_2}^2 \quad (10)$$

Výraz na pravé straně této rovnice dosadíme do čitatele rovnice předešlé a dostaneme konečný tvar

$$r(\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2) = [r(x_1, x_2)]^2, \quad (11)$$

což je konečný a hledaný vztah.

To znamená, že koeficient korelace disperzí lze vyjádřit čtvercem koeficientu korelace náhodných veličin X_1, X_2 . Důležitým momentem je to, že hodnota $r(x_1, x_2)$ je vždy menší nežli 1, tedy $r(x_1, x_2) \leq 1$. Protože koeficient korelace disperzí je roven čtverci náhodných veličin, je $r(\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2)$ ještě menší a vždy kladný. Z našeho příkladu dostaneme

$$r(\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2) = [-0,51402]^2 \doteq 0,26. \quad (12)$$

Na základě uvedených intervalů koeficientu korelace mají vstupní veličiny X_1 a X_2 význačný stupeň vazby. Hodnota korelace obou disperzí je rovna 0,26. Je tedy v intervalu nulového stupně vazby. Tato skutečnost je důležitá, jelikož

požadavkem na nevychýlené odhady disperzí, je jejich vzájemná nulová vazba nebo mírný stupeň závislosti. Ještě při hodnotě $0,5 \leq |r| < 0,7$ (význačný stupeň vazy), je horní mez $r(\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2)$ rovna 0,49. Tato hodnota spadá do mírného stupně závislosti, což je pro podmínky požadavků správného výpočtu v_{ef} ještě přijatelné.

4. Závěr

Nastínění problém není jistě akademickou otázkou. Vztah závislosti vstupních veličin a závislosti disperzí sestrojených z těchto vstupních veličin není nikde podle mého v literatuře uveden. Závěrem zdůrazníme ještě jednou dva stěžejní body, které vyplývají z článku.

a) Ve své podstatě nezáleží na tom, jestli jsou vstupní veličiny závislé nebo ne. Stupeň jejich závislosti může být dokonce význačný (viz. náš příklad). Tento závěr vyplývá z následujícího bodu.

b) Závislost odhadů $\hat{\sigma}_{x_1}^2, \hat{\sigma}_{x_2}^2$ je vždy daleko nižší než závislost vstupních veličin, což vyplývá ze vztahu (11).

V mnoha případech se předpokládá, že jsou-li závislé vstupní veličiny, je hodnota koeficientu korelace odhadů disperzí z nich sestrojených totožná jako u těchto vstupních veličin. Jak jsme viděli, nemusí tomu tak být. Proto také nedělají rozdílu autoři monografie [6] ve výpočtech v_{ef} v případě závislých nebo nezávislých vstupních náhodných veličin, i když tuto problematiku dále neanalyzují. I. P. Zacharov patří k předním odborníkům matematické statistiky na Ukrajině. Je škoda, že se citovaná kniha neobjevila na pultech našich obchodů a v knihovnách. Autor článku ji měl zapůjčenou z knihovny „Technische Universität Chemnitz“.

5. Doporučená literatura

- [1] Blažková, V. a kol.: *Statistika II.*, MZLU, Brno, 2009
- [2] Brownlee, K. A.: *Statistical theory and methodology in science and engineering*, New York-London-Sydney, 1977
- [3] Kubáček, L. Kubáčková, L.: *Statistika a metrologie*, UFP, Olomouc, 2007
- [4] *Pokyn pro vyjádření nejistoty měření* (ČN P ENV 13005). ČNI, Praha, 2005
- [5] Welch, B. L.: *The Significance of the Difference Between Two Means When the Population Variances are Unequal* BOIMETRIKA 29 (1937)
- [6] Zacharov, I. P. Kukuš, G.: *Teorija neopredelnosti v izměrenijach*, „Konzum“, Charkov, 2002
- [7] EA – 4/02 M:2013 *Vyjádření nejistoty měření při kalibraci*, Překlad ČIA – duben 2014



ZVEME VÁS NA SEMINÁŘ STANDARDIZACE, AKREDITACE A CERTIFIKACE PO BREXITU

5. března 2020
9:00 – 14:00 hod.

Místo konání: Hospodářská komora České republiky,
Florentinum, Na Florenci 2116/15, 110 00 Praha 1



Účast je zdarma,
je nutné se předem
zaregistrovat
na
www.agentura-cas.cz/seminare

TONOMETRIE

ČÁST 2 – ELEKTRONICKÉ BEZKONTAKTNÍ TONOMETRY A REBOUND TONOMETRIE

Mgr. Kateřina Drbálková

*Český metrologický institut
Slovenská technická univerzita, Strojnická fakulta*

Ing. Vítězslav Suchý

Český metrologický institut

Abstrakt:

V prvním díle článku s názvem „Tonometrie část 1 – Mechanické a elektronické kontaktní tonometry“ uvádíme, že oční tonometry patří mezi základní oftalmologické přístroje pro měření nitroočního tlaku, které řadíme mezi zdravotnické prostředky s měřicí funkcí se zařazením do klasifikační třídy IIa, a které jsou stanovenými měřidly podléhajícími povinnosti periodického ověřování ve lhůtách stanovených Ministerstvem průmyslu a obchodu. Byly popsány nejvýznamnější typy kontaktních očních tonometrů, a to Shiötzův impresní tonometr a Goldmannův aplanační tonometr.

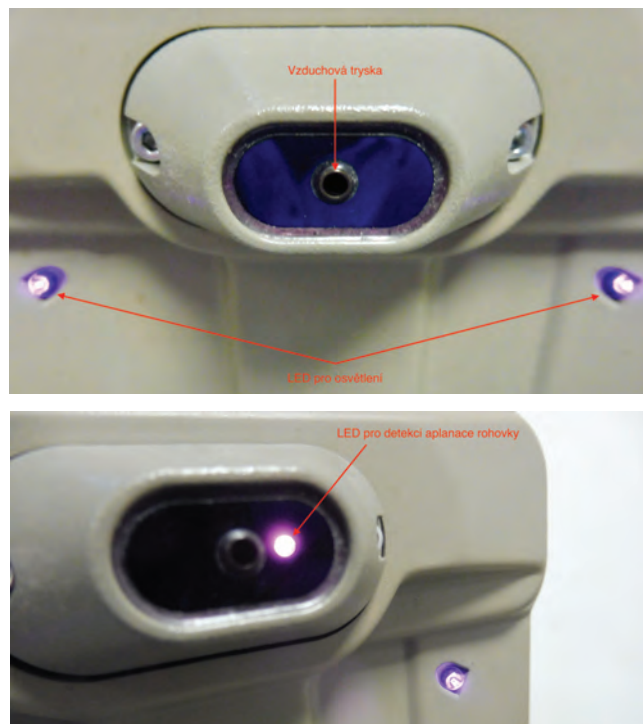
Pro měření nitroočního tlaku byla navržena a prakticky realizována řada přístrojů založených na různých principech, které se snaží eliminovat nevýhody kontaktního měření, proto v dnešní době převládá měření nitroočního tlaku elektrickými **bezkontaktními tonometry**, často pro screeningové potřeby a pro orientační měření v ordinacích oftalmologů a optometristů. Druhý díl článku tedy pojednává o skupině bezkontaktních očních tonometrů a o **rebound tonometrii**.

Bezkontaktní tonometry

U kontaktních tonometrů hrozí možnost zavlečení infekce do oka, proto byla roku 1972 vynalezena optikem Bernardem Grolmanem metoda neinvazivního bezkontaktního měření nitroočního tlaku. Svým vynálezem se mu podařilo zjednodušit a zrychlit samotné měření a zlepšit hygienické nároky během měření, jelikož není zapotřebí lokální anestezie, nedochází k přímému kontaktu přístroje ani dalších doplňujících látek s okem, takže je vyloučena jakákoliv alergická reakce na aplikované roztoky. Základním principem měření je aplanace (oploštění) rohovky, stejně tak jako u Goldmannova aplanačního tonometru, avšak rohovka je během měření stlačována proudem vzduchu.

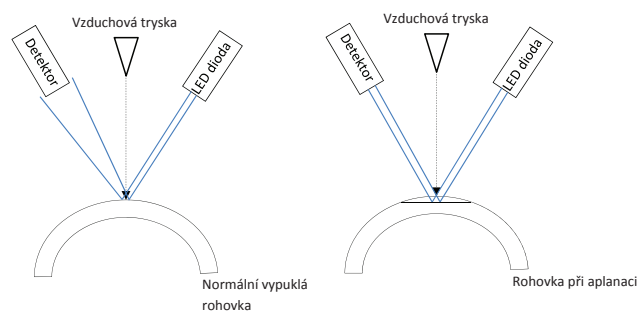
Bezkontaktní tonometr je celek, který zahrnuje optický zaměřovací systém, zařízení generující vzduchový pulz, systém fixace hlavy vyšetřovaného (opěrka brady a čela) a panel s ovládacími prvky (joystick, LCD obrazovka). Pneumatický systém obsahuje vzduchovou trysku o průměru 2-3 mm, která vyfukuje stlačený vzduch proti centrální části rohovky. V okolí vzduchové trysky je oblast aplanačního monitorovacího systému, která je tvořena fotodetektořem a infračervenou diodou (viz **obr. 1 B**). Opticko-elektronický systém kontroluje a provádí zaměření

vyšetřovaného oka, taktéž slouží k nastavení zařízení generujícího vzduchový impuls do požadované vzdálenosti vzhledem k měřenému oku.



Obr. 1: Detailní pohled na bezkontaktní oční tonometr NIDEK NT 2000 zezadu v okolí vzduchové trysky A, B

Infračervená aplanační dioda kontinuálně osvětluje centrální část rohovky pod úhlem 5-10° k ose měření. Při oploštění (aplanaci) rohovky se svazek paprsků odráží od povrchu rohovky a dopadá na detektor, který zaznamenává maximum intenzity. Přístroj během měření zvyšuje tlak vzduchu na rohovku úměrně s časem, to znamená, že tlak se známým způsobem mění s časem. Povrch rohovky se deformuje až do doby, kdy dojde k oploštění v její centrální části, jak lze vidět na **obr. 2**.



Obr. 2: Odraz paprsků při měření bezkontaktním očním tonometrem od vypuklé a aplanační rohovky

Během měření je opticky zaznamenána přesná doba, potřebná k aplanaci, a to od začátku startu vzduchového rázu až po skutečnou aplanaci rohovky, a tlak proudu vzduchu, při kterém k oploštění rohovky došlo. Z těchto údajů je následně stanoven nitrooční tlak, který lze určit na základě vztahu:

$$IOP = P_v - \frac{1}{K} \frac{dV}{dt}, \text{ kde } P_v \text{ je tlak proudu vzduchu působící}$$

cího na rohovku. Tento tlak je zhruba 10,66 kPa, což odpovídá asi 80 mmHg. Změna objemu oka za jednu sekundu při aplanaci rohovky v daném čase je dána parametrem $\frac{dV}{dt}$ a konstanta K vystihuje rohovkovou rigiditu. Čím vyšší nitrooční tlak, tím delší čas je potřebný k aplanaci.

Výhody bezkontaktního tonometru jsou jasné: není žádný kontakt s měřeným okem, jednoduché ovládání, možnost opakovatelného měření bez zanechání stop na epitelu rohovky a rychlé výsledky měření. Nevýhodami jsou: obavy pacientů ze vzduchového nárazu (reflex víček), obtížné měření u pacientů s jizvami, edémem či nepravidelnostmi na rohovce, nesnadné měření u pacientů se špatnou fixací, nezbytnost provést několik měření. [1 - 4]

V dnešní době již existují i bezkontaktní oční tonometry, které neměří jen nitrooční tlak, ale i další veličiny důležité pro hodnocení biomechanických vlastností rohovky. Takovým přístrojem je například Ocular Response Analyzer a bezkontaktní tonometr typu 7CR od firmy Reichert. Měří rohovkovou hysterezi, která je významnou indikací viskoelastických biomechanických vlastností rohovky oproti tloušťce rohovky, a topografii rohovky (mapování povrchu rohovky), které jsou geometrickými atributy rohovky. Hystereze rohovky je rozdíl v hodnotách vnitřního a vnějšího tlaku (rozdíl tlaku vzduchu, při kterém se rohovka začne oplošťovat, a tlaku vzduchu, při kterém se rohovka vrací do svého původního tvaru).

Výhodami jsou měření biochemických vlastností rohovky a porovnání těchto vlastností rohovky na základě elasticity, hydratace a tloušťky, využití pro přesnou diagnostiku glaukomu, eliminace vlivu centrální tloušťky rohovky na hodnoty nitroočního tlaku, zobrazení grafu s průběhem měření, diagnostika onemocnění dle grafu měření, grafický výstup hodnot měřených v závislosti na čase, možnost sledování 24hodinové křivky, screening pacientů před refrakční operací k odhalení nestandardních vlastností rohovky. [5 - 7]

Ověřování bezkontaktních elektronických očních tonometrů se skládá z následujících zkušebních úkonů: vizuální prohlídka a zkouška přesnosti. Zkouška přesnosti se realizuje při stanovených pracovních podmínkách, kdy teplota okolí musí být v rozmezí od 10 °C do 35 °C a rozsah relativní vlhkosti od 30 % do 90 %. Tonometr musí být před zkouškou temperován po dobu alespoň 3 hodin a zapnut nejméně 10 minut. Při zkoušce přesnosti se vykoná deset nezávislých měření na bezkontaktním očním tonometru pomocí etalonového zkušebního zařízení (viz níže) a provede se srovnání údajů ověřovaného bezkontaktního očního tonometru s údajem etalonového zkušebního zařízení. Pokud výrobce nestanoví jinak, platí největší dovolené chyby pro elektronické bezkontaktní oční tonometry (**tab. 1**). [5]

Tabulka 1: Největší dovolené chyby u elektronického bezkontaktního očního tonometru [5].

Měřicí rozsah (mmHg)	Největší dovolená chyba (mmHg)
0 až do 19	±2
nad 19 až do 35	±3
nad 35	±4

Metody metrologické návaznosti bezkontaktních očních tonometrů

Metrologická návaznost bezkontaktních očních tonometrů se provádí prostřednictvím etalonového zkušebního zařízení určeného pro příslušný typ bezkontaktního očního tonometru. Jedná se o metrologické ověření bezkontaktních očních tonometrů pomocí zkušebního zařízení tvořeného silikonovými rohovkami, flapperem anebo elektronickým okem.

Sada umělých očí



Obr. 3: Sada umělých očí

Zkušební zařízení se silikonovými rohovkami je sestaveno z držáku kovové konstrukce, na kterém jsou připevněny vedle sebe tři modely rohovky (viz **obr. 3**). Některý výrobce může mít rozsáhlejší sadu umělých očí, až pět modelů očí v různých tvarech. Na spodní části testovacího zařízení jsou uvedeny referenční hodnoty tlaku v milimetrech rtuťového sloupce pro každou umělou rohovku zvlášť, které stanoví výrobce zkušebního zařízení. Každá silikonová rohovka má jinou hodnotu nitroočního tlaku (nízkou, střední a vysokou).

Držák s rohovkami se upíná vodorovně do opěrky hlavy pro pacienta, vypuklou stranou rohovky směrem ke vzduchové trysce bezkontaktního tonometru. Střed rohovky je vertikálně nastaven do výšky trysky tonometru pomocí pohybu joysticku nahoru a dolů a horizontálně vycentrován pohybem joysticku do stran. Měřicí bezkontaktní tonometr se přepne do manuálního režimu a provede se deset měření na jednom zkušebním oku v daném měřicím rozsahu tonometru, pro zajištění metrologické kontroly. Většinou má tonometr dva měřicí rozsahy nitroočních tlaků, a to od 1 mmHg do 30 mmHg a od 30 mmHg do 60 mmHg. Každý výrobce tohoto zkušebního zařízení musí uvádět informace o referenčních hodnotách a o přípustných odchylkách. Dále musí být kontrolovány metrologické a technické parametry, především okolní teplotní podmínky při provádění metrologické kontroly se zkušební sadou umělých očí, jakož i při přepravě a skladování. Výrobce musí každý rok sledovat odolnost zkušebního zařízení, tím se myslí stárnutí mechanicko-elastických vlastností silikonových umělých očí po dobu pěti let.

Nevýhodou je, že nelze použít stejný typ zkušebního zařízení (sady očí) pro více druhů bezkontaktních očních tonometrů. Nicméně je to nejčastější způsob metrologické kontroly bezkontaktních očních tonometrů přímo v oftalmologické ambulanci, vzhledem k jednoduchosti a časové nenáročnosti při měření. Oproti tomu nevýhodou je větší množství typů silikonových rohovek.



Obr. 4: Ověřování bezkontaktního tonometru pomocí sady umělých očí (Nidek)

Flapper

Toto zkušební mechanické zařízení pro bezkontaktní oční tonometry využívá malé rovinné zrcátko o průměru 2,5 mm, které napodobuje lidské oko, aby se ověřila přesnost hodnot naměřených tonometrem. Flapper simuluje průběh aplana-ce rohovky prostřednictvím kinematického pohybu kruhovitěho zrcadla, kdy zrcátko je odkloněno z nulové polohy silou nárazu proudu vzduchu. Jak lze vidět na následujícím obr. 5, tester se upevňuje na postranní tyče opěrky hlavy bezkontaktního tonometru.

Pomocí kalibračních vah ve spojitosti s kalibrační stupnicí lze definovat mechanické pnutí rovinného zrcátka ve svislé poloze, což odpovídá určitým silám torzní pružiny, a tím i specifickým nitroočním tlakům. Pro toto testovací zařízení jsou důležité jeho charakteristické délky, úhly a vůle ložisek (například nastavení úhlu sklonu zrcadla, nastavení nulové polohy zrcadla, testování odrazu od zrcadla a nastavení ložiskové hřídele zrcadlového systému). Na základě známých hmotností a délky páky lze vypočítat sílu potřebnou pro dosažení nulové polohy. Hmotnosti našich tří závaží používaných při nastavení síly pružiny jsou $m_1 = 0,473$ g, $m_2 = 1,179$ g a $m_3 = 1,807$ g. Metrologická kontrola se provádí u tří simulovaných nitroočních tlaků, kdy se pro každý tlak provede nejméně deset měření a vypočítá se aritmetický průměr, který se porovná s referenčními hodnotami pro daný model. Musí být kontrolovány metrologické a technické parametry, především okolní teplotní podmínky při provádění metrologické kontroly se zkušebním zařízením, rovněž i při přepravě a skladování.

Jedná se o druhou nejběžnější metodu metrologické kontroly bezkontaktních očních tonometrů, která byla vyvinuta v německém národním metrologickém institutu Physikalisch-Technische Bundesanstalt. [8 - 12]



Obr. 5: Ověřování bezkontaktního tonometru pomocí zkušebního zařízení flapper (Feinmechanik Teltow GmbH)

Elektronické oko

Elektronické zkušební oko se skládá ze skleněného oka namontovaného na otvoru do komory se snímačem tlaku. LED dioda je umístěna za skleněným okem a slouží ke stimulaci odezvy z bezkontaktního tonometru. Elektronické testovací oko je připojeno k hlavnímu počítači pomocí držáku. Měření je prováděno pro tři referenční (simulované) hodnoty nitroočního tlaku (nízký, střední a vysoký). Testovací oko je umístěno v přední části bezkontaktního tonometru v místě opěrky hlavy pro pacienta. Skleněné oko odráží promítaný infračervený obraz zpět do fotodetektorů tonometru, což způsobí, že oční tonometr vystřelí vzduchový impuls. V elektronické oční komoře se zvyšuje tlak, který je sledován komparátorem. Druhý vstup komparátoru měří referenční napětí, po jehož dosažení se komparátor vypne a LED dioda začne blikat. Světelná energie LED diody je nasměrována na fotodetektor bezkontaktního tonometru.

Měřicí bezkontaktní tonometr se přepne do zvláštního režimu a pro každý tlak se realizuje alespoň deset opakovaných měření, včetně vyhodnocení střední hodnoty a standardní odchylky z měření. Každý výrobce tohoto zkušebního zařízení musí uvádět informace o referenčních hodnotách a o přípustných odchylkách. Dále musí být kontrolovány metrologické a technické parametry, především okolní teplotní podmínky při provádění metrologické kontroly se zkušebním elektronickým okem, taktéž i při přepravě a skladování.



Obr. 6: Elektronické oko (Reichert Inc.)

vání. Nejedná se o příliš rozšířený způsob metrologické kontroly, jelikož ho lze aplikovat pouze u vybraných představitelů bezkontaktních očních tonometrů.

Rebound tonometrie

Jednou z relativně novějších metod měření nitroočního tlaku je tzv. rebound tonometrie, též zvaná dynamická tonometrie či tonometrie založená na zpětném odrazu. Tato metoda byla původně vyvinuta hlavně pro potřeby experimentu a pro neinvazivní měření nitroočního tlaku u zvířat. Měření tímto tonometrem se ukázalo jako velmi přesné, a proto byl přenesen do oftalmologické praxe pro screeningové měření nitroočního tlaku a pro preventivní domácí diagnostiku nitroočního tlaku u rizikových (glaukomových) pacientů. První tonometr vyrobený rebound technologií byl představen v roce 2000 v Helsinkách firmou Icare a první komerčně prodejná verze byla uvedena na trh v roce 2003 [13, 14]. V dnešní době se přístroj vyrábí v několika vzhledově velmi podobných variantách, a to pro použití v humánním i veterinárním lékařství (**obr. 7 a 8**).



Obr. 7: Tonometr Icare PRO® TA03 Obr. 8: Tonometr Icare® ic100 TA011

Výhodami tohoto tonometru jsou snadná ovladatelnost, rychlé a bezbolestné měření i malá velikost přístroje, což jsou významné vlastnosti tonometru užívané při měření nepohyblivých pacientů, dětí či pacientů s demencí. Tento přístroj umožňuje provádět měření nejen za běžných podmínek, ale též ve vertikální i horizontální poloze. Studie potvrzují změnu nitroočního tlaku při různých polohách hlavy, které mohou mít vliv na glaukomové onemocnění [15]. Má proto využití při měření nitroočního tlaku na operačním sále, jelikož není zapotřebí aplikovat na rohovku lokální anestetika jako u kontaktních mechanických tonometrů.

Přístroj se skládá z měřicí zmagnetizované sondy, která je na svém konci zakulacena v kontaktní plošku, aby neporaniла rohovku, a pokryta biokompatibilním materiálem. Tato kovová tyčinka je zasunuta do osy cívky umístěné v měřící hlavě tonometru. K jejímu pohybu dochází při měření v cívice, kde je elektrickým impulsem vybuzeo magnetické pole. Při analýze pohybu sondy je indukováno napětí cívky, které je zpracováno softwarem na příslušnou hodnotu nitroočního tlaku. Nitrooční tlak je určen na základě změny pohybových vlastností měřicí sondy při nárazu do rohovky, kdy jsou detekovány změny napětí, které korespondují se změnami pohybu cívky. Klinické studie ukazují, že data získaná metodou rebound tonometrie jsou plně srovnatelná s výsledky měření

nitroočního tlaku pomocí Goldmannova aplanačního tonometru (GAT) [16 - 19].

Tato nejmladší metoda měření nitroočního tlaku je v České republice dodnes málo rozšířená, kdy jedinými komerčně dostupnými zástupci jsou přístroje Icare. V praxi očních lékařů se pro měření nitroočního tlaku nejvíce využívají **bezkontaktní oční tonometry**, jelikož jsou mnohdy v kombinaci s automatickým refraktometrem pro měření objektivního refrakčního stavu oka, či dalšími přístroji: keratometrem (měření poloměrů křivosti přední plochy rohovky), pachymetrem (měření tloušťky rohovky), topografem (vyšetřuje tvar povrchu rohovky), aberometrem (měří zobrazovací odchylky oka) apod.

Ověřování rebound tonometrů se skládá z následujících zkušebních úkonů: vizuální prohlídky a zkoušky přesnosti. Zkouška přesnosti se realizuje při stanovených pracovních podmínkách, kdy teplota okolí musí být $22,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti musí být $50\text{ }\% \pm 15\text{ }\%$. K ověření přesnosti měření nitroočního tlaku odrazným tonometrem Icare se používá kalibrátor, který se skládá ze sestavy umělé oční membrány (silikonové rohovky), která je pod tlakem za použití vodních sloupců působením gravitace. Silikonová membrána napodobuje nitrooční tlak očí. Membrána a trubice je namontována na otočném držáku, který umožňuje otočení celé sestavy a umožňuje vertikální a horizontální měření s tonometrem Icare. Starší model kalibrátoru se skládal z několika membrán a trubic, které byly upevněny v rámu na vodorovné platformě, tudíž nebyla možnost základního vertikálního měření s tonometrem. Vertikální poloha při měření nitroočního tlaku u pacienta, pomocí tonometru Icare, je nejběžnější.

Sloupec se naplní prostřednictvím stříkačky destilovanou vodou, která se používá k potlačení růstu řas a hub. Tlak membrány se nastavuje úpravou hladiny vody v trubici a cílový tlak se změří pomocí referenčního tonometru. Po nastavení požadovaného tlaku vyžaduje membrána určitou dobu ke stabilizaci. Při plnění trubic vodou nesmí vznikat žádné vzduchové bubliny, zejména nežádoucí bubliny jsou těsně pod membránou při horizontálním měření.

Kalibrátor musí být zkontrolován na základě odečtení hodnot referenčním tonometrem. Provede se šest úplných měření v řadě jak ve vertikální, tak horizontální pozici. Účelem kalibrátoru je poskytnout stabilní a opakovatelné referenční hodnoty pro ověření přesnosti tonometrů Icare. Kalibrátor sám o sobě neposkytuje přesnou referenční hodnotu, a proto by se odečty tonometrů, které mají být kontrolovány, měly porovnávat s odečty referenčních tonometrů Icare. Ověření se uvádí mezi referenčním a vyrobeným tonometrem Icare, největší dovolené odchylky pro rebound tonometry jsou uvedeny v **tab. 2**, pokud výrobce nestanoví jinak. [19, 20]

Tabulka 2: Největší dovolené chyby u rebound tonometru [20]

Měřicí rozsah (mmHg)	Největší dovolená chyba (mmHg)
0 až do 20	± 1
nad 20	± 2

Membrána by, podle výrobce, měla být vyměněna po maximálně 12 měsících používání, nebo pokud dojde k její poškození. Jasná odchylka od jmenovité hodnoty může být známkou poškození membrány. Referenční tonometr musí být výrobcem kontrolován každých 12 měsíců.

Tato metoda ověřování rebound tonometrů byla vyvinuta již zmíněnou finskou firmou ICARE FINLAND OY. [19, 20]

Mezi **další moderní měřicí metody oční tonometrie** patří například transpalpebrální tonometr, konturní tonometr, tonometr v podobě kontaktní čočky a invazivní tonometr, který měří nitrooční tlak přímo v přední oční komoře. Mezi speciální tonometry, které jsou využívány jen na některých univerzitních klinikách, řadíme interferenční a blízké infračervené spektroskopické prototypy tonometrů.

ZÁVĚR

V tomto článku jsou představeny různé typy **bezkontaktních tonometrů**, které řadíme mezi zdravotnické prostředky s měřicí funkcí, které jsou podle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. stanovenými měřidly a podléhají pravidelnému ověřování (perioda je dva roky). Metrologická kontrola očních tonometrů by měla zajistit spolehlivou a správnou diagnostiku zeleného zákalu v oftalmologické praxi. Jsou popsány možnosti metrologického zabezpečení bezkontaktních očních tonometrů v Českém metrologickém institutu, konkrétně v jeho Oblastním inspektorátu Most.

LITERATURA

- [1] Rozsival, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0.
- [2] Ruttle, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
- [3] Kempf R, Kurita Y, Iida Y, et. al. *Understanding Eye Deformation in Non-contact Nonometry*. Proc EMBS 2006; SaC09.2:5428-31.
- [4] Ogbuehi KC, Mucke S, Osuaquwu UL. *Influence of Central Corneal Thickness on Measured Intraocular Pressure Differentials: Nidek RKT-7700, Topcon CT-80 NCTs and Goldmann Tonometer*. Ophthalmic Physiol Opt 2012;32(6):547-55.
- [5] Pospíšil, Miroslav. *Opatření obecné povahy sp. zn.: 0111-OOP-C039-13, kterým se stanovují metrologické a technické požadavky na stanovená měřidla, včetně metod zkoušení pro ověřování stanovených měřidel: „elektronické bezkontaktní oční tonometry“* [online]. © 2014 Český metrologický institut [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/download/Uredni_deska/3439-ID-C_3439-ID-C.pdf.
- [6] Kalayoglu, Murat V. *180 Years of Evolution of the Tonometer*. Ophthalmologyweb [online]. 2010, [cit. 2019-12-18]. Dostupný z: <http://www.ophtalmologyweb.com/Spotlight.aspx?spid=23&aid=244>.
- [7] Reichert Technologies. *Ocular response analyzer* [online]. © AMETEK, Inc. And Reichert, Inc. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: http://www.reichert.com/product_details.cfm?skuld=2976&skuTk=1036239258#.W_5r-fpZFw2w.
- [8] Reichert technologies. *Reichert technologies* [online]. 2018, AMETEK, Inc. and Reichert, Inc. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <http://www.reichert.com>.
- [9] Beschreibung der Prüfeinrichtung und Angaben über messtechnische Eigenschaften dieser Prüfeinrichtung des Herstellers zur Durchführung der messtechnischen Kontrolle am Tonometer CT-800.
- [10] ČSN EN ISO 8612:2009. *Oftalmologické přístroje – tonometry* [online]. © 2005-2018 TECHNOR print, s.r.o [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/195023-csn-en-iso-8612_4_84650.html.
- [11] International Organization of Legal Metrology. *OIML R 145-1:2015. Ophthalmic instruments – Impression and applanation tonometers – Part 1 – Metrological and technical requirements* [online]. © 2015 BLM [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r145-p-e15.pdf.
- [12] MIEKE, Stephan a Thomas SCHADE. *Leitfaden zu messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion (LMKM)*. Physikalisch-Technische Bundesanstalt: 2016 ISBN 978-3-95606-296-4.
- [13] Kontiola AI. *A new electromechanical method for measuring intraocular pressure*. Doc Ophthalmol 1997;93(3):265-76.
- [14] Kontiola AI. *A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure*. Acta Ophthalmol Scand 2000; 78:142-5.
- [15] Hoshikawa Y, Tsutsumi N, Ohkoshi K, et al. *The Effect of Steep Trendelenburg positioning on Intraocular Pressure and Visual Function during Robotic-assisted Radical Prostatectomy*. Br J Ophthalmol 2014; 98(3):305-8.
- [16] Brusini P, Salvatet M. L., Zeppieri M., Tosoni C., Parisi L. *Comparison of I-Care tonometer with goldmann applanation tonometer in glaucoma patients*. Journal of Glaucoma. 2006; 15:213-217.
- [17] Fernandes P., Díaz-Rey J. A., Queirós A. et al. *Comparison of the ICare® rebound tonometer with the Goldmann tonometer in a normal population*. Ophthalmic Physiol Opt. 2005; 25:436-40.
- [18] Nakamura M., Darhad U., Tatsumi Y., et al. *Agreement of rebound tonometer in measuring intraocular pressure with three types of applanation tonometers*. Am J Ophthalmol. 2006 Aug; 142(2):332-4.
- [19] *Rebound tonometer ICARE® products*. [online]. © 2015 Icare Finland Oy. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://icare-usa.com/products/>.
- [20] Icare Visionary in Vision. *QMS Quality Attachment - TC05.1 Calibrator User and Service Manual*. © 2018 Icare Finland Oy.



NEJISTOTY MĚŘENÍ UKAZATELŮ SEDIMENTŮ VČETNĚ VZORKOVÁNÍ

Ing. Alena Nižnanská

CSLab spol. s r.o.

Úvod

Problematika odhadu nejistot měření sedimentů se dostala do popředí zájmu akreditačních orgánů, právních předpisů, zákazníků a zkušebních laboratoří se zaváděním normy ISO/IEC 17025:2018 Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří, ve které je kladen důraz na vyhodnocování a přezkoumávání nejistoty měření i pro vzorkovací proces.

Současný stav v laboratořích není uspokojivý. Nejistoty uváděné laboratoří nezahrnují nejistoty odběru vzorku a nerespektují vliv koncentrační úrovně zájmového analytu. Validací studie by pro každou laboratoř znamenala značné finanční i časové náklady a zahrnovala by pouze vnitrolaboratorní experiment. Nemalé problémy jsou i v oblasti využití nejistot ze strany správních orgánů, kdy nejistota je v mnoha případech chápána zcela nedostatečně a není využíváno reálných hodnot nejistot.

Tento článek se zabývá nejistotami měření ukazatelů sedimentů a vychází z výsledků úkolu Programu rozvoje metrologie 2018 PRM č. VII/7/18 a 2012 PRM č. VIII/7/12 Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). Závěrečné zprávy jsou uvedeny na <http://www.unmz.cz/urad/metrologie-v-chemii>

Úkoly se zabývaly hodnocením i přezkoumáním (úkol z 2018) nejistoty reálně dosahovaných nejistot měření a odhadem cílových nejistot u ukazatelů sedimentů, a to včetně vzorkování. Úkol PRM č. VII/7/18 navazoval na úkol PRM č. VIII/7/12 a byl rozšířen o nově sledovaný ukazatel extrahovatelné organicky vázané halogeny (EOX) v návaznosti na nové právní předpisy, o distribuci referenčního materiálu sedimentu a o distribuci kontrolního homogenního vzorku z místa konání experimentu k identifikaci chyb vzorkování. Tím, že se každého experimentu (PT) účastní více laboratoří, je zajištěna robustnost stanovení celkové nejistoty.

Byly vybrány ukazatele:

Arzen, kadmium, chrom celkový, rtuť, nikl, olovo, vanad, měď, zinek, kobalt, baryum, berylium, uhlovodíky C₁₀-C₄₀, polyaromatické uhlovodíky (PAU), polychlorované bifenylly (PCB) a ukazatel v úkolu - extrahovatelné organicky vázané halogeny (EOX). Z důvodu zachování kontinuity a srovnatelnosti použitých modelů výpočtů vycházíme z recentní literatury a norem [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9], a pokud existuje překlad, tak přednostně z verze CZ.

Popis řešení problému

Pojem nejistota měření a základní principy definují dokumenty GUM [4] a [5], které se opírají o platnou teorii a poskytují ucelenou a použitelnou metodu vyhodnocení nejistoty měření.

V současnosti existují dva hlavní přístupy k odhadům nejistoty [1]. První z nich, nazývaný „empirický“ (experimentální, retrospektivní či shora – dolů), opakuje do jisté míry celý proces měření pro získání přímého odhadu nejistoty finálního výsledku měření. Druhý z nich většinou zvaný jako „modelový“ (teoretický, prediktivní či zdola - nahoru), má za cíl kvantifikovat všechny zdroje nejistoty odděleně a zkombinovat je za pomoci daného modelu. Oba přístupy se vzájemně nevylučují a lze je v případě potřeby úspěšně aplikovat společně za účelem studování jednoho měřicího systému.

Empirické přístupy jsou tedy založené na vnitrolaboratorních a mezilaboratorních sledováních výkonnosti zkušebních postupů. Typickými údaji používanými u těchto postupů jsou preciznost a vychýlení, získávané z výstupů vnitrolaboratorních validací, řízení kvality, mezilaboratorních validací zkušebních metod nebo ze zkoušení způsobilosti. Je důležité pochopit, že ostatní přístupy jsou rovnocenné přístupu modelováním a že občas vedou k výstižnějšímu (reálnějšímu) vyhodnocení nejistoty. Tyto přístupy vycházejí z dlouhodobých praktických zkušeností a odrážejí obvyklou praxi. Nevýhodou těchto přístupů je obtížnější stanovení vztažné hodnoty, a tím dodržení odpovídající metrologické návaznosti. Dále mohou u více cyklů vychýlení výsledků laboratoře od vztažné hodnoty poskytnout předběžné vyhodnocení nejistoty měření příslušné laboratoře [8]. Problematické nejistoty měření vznikajících při vzorkování se již delší dobu věnuje společný výbor sdružení EURACHEM, EUROLAB, CITAC a Nordtest. Výsledkem společné práce je dokument [1].

Jakým příspěvkem ovlivní nejistota odběru vzorku celkovou nejistotu měření a především, jak ji optimálně stanovit? Nutno konstatovat, že zcela univerzální postup prozatím neexistuje. Vždy se jedná o přiblížení teoretické hodnotě, stejně tak jako v analytické chemii [1].

Statistický model pro empirický odhad nejistoty

Při použití statistických odhadů výběrového rozptylu (s^2) jsme použili

$$s^2_{\text{měření}} = s^2_{\text{odb.}} + s^2_{\text{analýzy}} \quad (1)$$

Standardní nejistotu (u) lze odhadnout pomocí $s_{\text{měření}}$, tedy výpočtem

$$u = s_{\text{měření}} = \sqrt{s^2_{\text{odb.}} + s^2_{\text{analýzy}}} \quad (2)$$

Pro získání rozšířené nejistoty (např. přibližně 95% úroveň spolehlivosti) je třeba tuto hodnotu vynásobit koeficientem rozšíření 2. Rozšířenou nejistotu pak spočítáme jako

$$U = 2s_{\text{měření}} \quad (3)$$

U lze též vyjádřit relativně k uváděné hodnotě x a vyjádřit ji v procentech jako relativní rozšířenou nejistotu U' :

$$U' = 100 \frac{2s_{\text{měření}}}{x} \% \quad (4)$$

Relativní nejistota je zde vhodnější než ta standardní. Podobně i samotná relativní rozšířená nejistota odběru může být vyjádřena jako

$$U_{\text{odb.}}' = 100 \frac{2s_{\text{odb.}}}{x} \% \quad (5)$$

Podobně i samotná relativní rozšířená nejistota analýzy může být vyjádřena jako

$$U_{\text{analýzy}}' = 100 \frac{2s_{\text{analýzy}}}{x} \%$$

Provedení experimentu

CSlab spol. s r. o. je akreditovaný poskytovatel zkoušení způsobilosti Českým institutem pro akreditaci, o. p. s. a mezi akreditované programy patří program Vzorkování sedimentů.

Laboratoře jsou informovány elektronicky o plánovaných programech PT a veškeré údaje o programech PT jsou uveřejněny na internetových stránkách www.cslab.cz. Odborným garantem tohoto PT je Ing. Pavel Bervic (AQUATEST, a. s.) a koordinátorem Ing. Alena Nižnanská (CSlab, spol. s r. o.). Uspořádání takovéto akce je velmi náročné.

Program zkoušení způsobilosti PT/S/SE/1/2018 – Vzorkování sedimentů probíhal 26. 6. 2018 na k.ú. obce Církvice u Kutné Hory (okres Kutná Hora), 617750, p. č. 924, rybník Utopenec z vytyčeného území **pro účely hodnocení jeho kvality**, kde hloubka nepřesáhla 2 metry. Tohoto PT se účastnilo 20 OS, což bylo nejvíce účastníků v tomto typu programu. 3 OS byly ze Slovenské republiky, protože toto porovnávání na Slovensku nemají, a tento program se uskutečnil díky Českému rybářskému svazu, z. s., Kutná Hora (vlastník rybníku a zapůjčení lodí). Na technickém zabezpečení programu se podíleli pracovníci ÚNS – Laboratorní služby, s. r. o., Vítězná 425, 284 03 Kutná Hora, kteří také připravili kontrolní vzorky (Ing. Miroslav Perný).

Program vzorkování sedimentů (z rybníku na lodí) zahrnoval:

1. Posouzení dokumentace, připravenosti k odběru a vlastní odběr vyškolenými posuzovateli. OS vytvořily aktuální plán vzorkování na základě informací o vytyčené ploše a mocnosti sedimentu, které obdržely při prezentaci na místě.
2. Provedení reprezentativního odběru sedimentu a jeho analýza
- 2 a) Provedení reprezentativního odběru sedimentu (vlastní technické provedení odběru). Vzorky si každý účastník odebral vlastnoručně. Odběrové skupiny měly vlastní vhodné vybavení a případně loď. Dvě lodě byly k dispozici.

- 2 b) Analýza odebraných vzorků v laboratoři
3. Analýza dodaných vzorků poskytovatelem

Každá odběrová skupina obdržela od poskytovatele PT kontrolní vzorek z téže lokality pro stanovení analyzovaných ukazatelů a referenční vzorek pro ověření spolehlivosti výsledků pro stanovení kovů. Jednalo se o referenční materiál Metranal 14 firmy Analytika spol. s r. o., který byl cenově dostupný a odpovídal koncentračně vzorkovanému sedimentu.



Obr. 1: Vzorkování



Obr. 2: Vzorkování

Výsledky experimentu

V další části jsou tabulkově shrnuty výsledky experimentů a výsledky z PT.

Výsledky obou experimentů byly vypočítány podle statistik – ANOVA a robustní ANOVA – RANOVA, dále výsledky jsou uvedeny ve zprávách z PT 5.

Seznam použitých zkratk

PT	zkoušení způsobilosti
KV, RM	kontrolní vzorek, referenční vzorek
RANOVA	robustní analýza rozptylu
ANOVA	analýza rozptylu
OS	odběrová skupina
PCB	polychlorované bifenylly
PAU	polyaromatické uhlovodíky
EOX	extrahovatelné organicky vázané halogeny

Tabulka 1: Výsledky experimentu – ANOVA

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota Příloha 1 Sediment Vyhláška č. 2572009	Limitní hodnota Tab. 10.1 Vyhláška č. 294/2005	Limitní hodnota Tab. 10.3 Vyhláška č. 294/2005	Robustní* průměr z PT	Nalezená** koncentrace	U' odběru [% rel.]	U' analýzy [% rel.]	U' celková [% rel.]
As	mg/kg suš.	30	10	30	25,9	25,8	18,31	11,39	21,56
Ba	mg/kg suš.	-	-	600	129	124	17,36	8,18	19,19
Be	mg/kg suš.	5	-	5	1,09	1,00	27,91	12,93	30,47
Cd	mg/kg suš.	1	1	2,5	0,476	0,485	27,43	20,33	34,14
Co	mg/kg suš.	30	-	30	8,37	7,78	24,32	7,51	25,45
Cr	mg/kg suš.	200	200	200	37,5	35,5	25,91	8,66	27,46
Cu	mg/kg suš.	100	-	100	24,34	22,94	23,06	8,11	24,45
Hg	mg/kg suš.	0,8	0,8	0,80	0,077	0,079	14,79	9,79	17,74
Ni	mg/kg suš.	80	80	80	22,2	22,2	18,45	14,54	23,49
Pb	mg/kg suš.	100	100	100	42,7	40,9	29,31	14,5	32,71
V	mg/kg suš.	180	180	180	45,6	43,2	22,13	6,94	23,20
Zn	mg/kg suš.	300	-	600	99	93	24,36	8,73	25,88
Uhlovodíky C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg suš.	300	300	300	93	96	49,96	13,95	51,87
EOX (CHA1)	mg/kg suš.	-	1	1	8,0	7,9	20,29	13,73	24,50
EOX (CHA6)	mg/kg suš.	-	1	1	11,1	11,1	17,87	15,47	23,63
Sušina		-	-	-	42,7	42,6	27,20	3,57	27,43

* ČSN ISO 13528, Hamplův test, ** koncentrace vypočítána z ANOVA

Tabulka 2: Výsledky experimentu – RANOVA

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota Příloha 1 sediment	Limitní hodnota Tab. 10.1 Vyhláška č. 294/2005	Limitní hodnota Tab. 10.3 Vyhláška č. 294/2005	Robustní* průměr z PT	Nalezená** koncentrace	U' odběru [% rel.]	U' analýzy [% rel.]	U' celková [% rel.]
As	mg/kg suš.	30	10	30	25,9	26,06	16,70	7,93	18,48
Ba	mg/kg suš.	-	-	600	129	125	15,42	8,10	17,42
Be	mg/kg suš.	5	-	5	1,09	0,99	28,35	3,87	28,62
Cd	mg/kg suš.	1	1	2,5	0,476	0,465	18,56	18,40	26,13
Co	mg/kg suš.	30	-	30	8,37	7,87	22,50	7,78	23,81
Cr	mg/kg suš.	200	200	200	37,5	35,8	25,06	8,55	26,47
Cu	mg/kg suš.	100	-	100	24,34	22,94	23,29	6,99	24,32
Hg	mg/kg suš.	0,8	0,8	0,80	0,077	0,078	13,68	8,97	16,35
Ni	mg/kg suš.	80	80	80	22,2	21,2	20,50	9,76	22,70
Pb	mg/kg suš.	100	100	100	42,7	40,9	26,64	9,78	28,38
V	mg/kg suš.	180	180	180	45,6	43,01	20,67	5,81	21,47
Zn	mg/kg suš.	300	-	600	99	93	22,94	7,59	24,16
Uhlovodíky C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg suš.	300	300	300	93	97	42,91	6,23	43,36
EOX (CHA1)	mg/kg suš.	-	1	1	8,0	7,9	18,22	11,70	21,65
EOX (CHA6)	mg/kg suš.	-	1	1	11,1	11,1	20,25	17,54	26,79
Sušina		-	-	-	42,7	42,6	22,46	3,18	22,69

* ČSN ISO 13528, Hamplův test, ** koncentrace vypočítána z RANOVA

Tabulka 3: Porovnání výsledků odebraných účastníků, výsledky kontrolního vzorku a referenčního vzorku

Ukazatel	Jednotka	Robustní průměr z PT	Kontrolní vzorek	Rozdíl [%]
As	mg/kg suš.	25,9	26,2	-1,1
Ba	mg/kg suš.	129	121	6,6
Be	mg/kg suš.	1,09	0,87	25,3
Cd	mg/kg suš.	0,476	0,436	8,40
Co	mg/kg suš.	8,37	7,16	16,9
Cr	mg/kg suš.	37,5	33,1	13,3
Cu	mg/kg suš.	24,34	21,3	14,3
Hg	mg/kg suš.	0,077	0,072	6,9
Ni	mg/kg suš.	22,2	19,9	11,6
Pb	mg/kg suš.	42,7	33,7	26,7
V	mg/kg suš.	45,6	40,8	11,8
Zn	mg/kg suš.	99	87	13,8
Uhlovodíky C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg suš.	93	111	-19,4
Sušina	[%]	44,2	36,5	21,1
As - RM	mg/kg suš.	29,6	27,6 (Metranal 14)	7,2
Ba - RM	mg/kg suš.	227	221 (Metranal 14)	2,7
Be - RM	mg/kg suš.	0,65	0,63 (Metranal 14)	3,2
Cd - RM	mg/kg suš.	1,68	1,49 (Metranal 14)	-12,8
Co - RM	mg/kg suš.	5,43	6,00 (Metranal 14)	9,5
Cr - RM	mg/kg suš.	39,0	36,6 (Metranal 14)	-7,7
Cu - RM	mg/kg suš.	129	127 (Metranal 14)	1,6
Hg - RM	mg/kg suš.	8,59	8,67 (Metranal 14)	-0,9
Ni - RM	mg/kg suš.	24,6	24,9 (Metranal 14)	-1,2
Pb - RM	mg/kg suš.	93,6	93,2 (Metranal 14)	0,4
V - RM	mg/kg suš.	21,9	21,3 (Metranal 14)	2,8
Zn - RM	mg/kg suš.	576	600 (Metranal 14)	-4,0

Pro výpočet nejistot u EOX byly použity výsledky z PT/CHA/6 a z PT/CHA/1 a 7.

Tabulka 4: Porovnání výsledků celkových nejistot z ANOVY, RANOVY, minimální, maximální a průměrné nejistoty uváděné laboratoří v PT/S/SE/1/2018 (popř. PT/CHA1a7/6/2018)

Ukazatel	Jednotka	Robustní průměr z PT	U'celková (ANOVA)	U'celková (RANOVA)	U' min (lab) (PT/S/SE/1/2018)	U' max (lab) (PT/S/SE/1/2018)	U' průměr (lab) (PT/S/SE/1/2018)	U'celková (2012)	Koncentrace (2012)
			[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	mg/kg suš.
As	mg/kg suš.	25,9	21,56	18,48	7,4	49,6	20,5	22,3	4,23
Ba	mg/kg suš.	129	19,19	17,42	9,3	38,0	20,9	19,3	139
Be	mg/kg suš.	1,09	30,47	28,62	8,3	45,4	24,1	20,0	0,65
Cd	mg/kg suš.	0,476	34,14	26,13	7,2	39,3	21,4	20,2	0,14
Co	mg/kg suš.	8,37	25,45	23,81	9,9	30,7	21,6	18,8	8,64
Cr	mg/kg suš.	37,5	27,46	26,47	7,1	24,7	19,0	-	-

Ukazatel	Jednotka	Robustní průměr z PT	U' celková (ANOVA)	U' celková (RANOVA)	U' min (lab) (PT/S/SE/1/2018)	U' max (lab) (PT/S/SE/1/2018)	U' průměr (lab) (PT/S/SE/1/2018)	U' celková (2012)	Koncentrace (2012)
			[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	[% rel.]	mg/kg suš.
Cu	mg/kg suš.	24,34	24,45	24,32	6,6	24,2	18,0	19,4	13,3
Hg	mg/kg suš.	0,077	17,74	16,35	8,9	44,3	21,5	19,9	0,1
Ni	mg/kg suš.	22,2	23,49	22,70	8,6	33,5	19,9	20,6	18,7
Pb	mg/kg suš.	42,7	32,71	28,38	9,8	25,8	18,6	20,2	10,4
V	mg/kg suš.	45,6	23,20	21,47	9,4	30,3	21,3	21,9	30,0
Zn	mg/kg suš.	99	25,88	24,16	6,1	27,3	18,2	19,3	80,7
C₁₀-C₄₀	mg/kg suš.	93	51,87	43,36	4,7	52,9	27,1	30,0	280
EOX(CHA1)	mg/kg suš.	8,0	24,50	21,65	8,9	60,8	25,3	18,4	20,2 (AOX)
EOX(CHA6)	mg/kg suš.	11,1	23,63	26,79	1,9	46,6	25,2	-	-

Průměr U_{lab} – průměr rozšířené nejistoty, který byl vypočítán z hodnot, které uvedly laboratoře

Minim. U_{lab} – minimální rozšířená nejistota daného ukazatele, minimální hodnota, kterou uvedla jedna z laboratoří

Maxim. U_{lab} – maximální rozšířená nejistota daného ukazatele, maximální hodnota, kterou uvedla jedna z laboratoří

V tabulce 4 je porovnání vypočítaných nejistot s rokem 2012.

Závěry

Pro výpočty jednotlivých ukazatelů bylo použito výsledků z programů zkoušení způsobilosti vzorkování sedimentů PT/S/SE/1/2018, dále PT/CHA/1a/7/6/2018 a výsledků PT 2014 až 2018.

Z provedení experimentu lze konstatovat následující závěry:

- Reálná celková rozšířená nejistota je vyšší i v porovnání s rokem 2012. Vyšší nejistoty v porovnání s rokem 2012 jsou u Be, Cd, Co, Cu, Pb, Zn, uhlovodíků C₁₀-C₄₀. V letošním roce se PT účastnilo více OS (22 OS) v porovnání s rokem 2012 (11 OS), proto i robustnost výsledků je větší.
- Porovnání rozdílu robustních průměru z PT a kontrolního vzorku. Nejmenší rozdíl je u As 1,1 %, Ba 6,6 %, Hg 6,9 %, od 10 % do 20 % – Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn, uhlovodíky C₁₀-C₄₀. Největší rozdíl je u Be 25,3 % a Pb 26,7 %. U uhlovodíků C₁₀-C₄₀ se jednalo o nižší koncentrace.
- Porovnání rozdílu robustních průměru z PT a referenčního vzorku u všech kovů kromě Cd je do 10 %. Naopak u Cd laboratoře uváděly vyšší výsledky (+12,8 %), což jsou dobré výsledky v porovnání s rokem 2012, kdy největší rozdíly byly u Cd 50,3 % a Ba 29,9 %.
- Porovnáním výsledků zpracovaných metodami ANOVA a RANOVA se potvrdilo, že robustní metody by se měly používat v situacích, kdy se objevují zřetelně odlehle výsledky jako součást typického souboru vzorkovaných případů (Cd).
- Laboratoře vybavené na lepší technické úrovni, s dobře nastaveným vnitřním systémem kontroly kvality, uvádějí nižší nejistoty měření, což je znevýhodňuje oproti laboratorům s vyšší nejistotou stanovenou velice často „kvalifikovaným odhadem“.
- Z hlediska reprezentativnosti a použití v legislativě je vhodné zpracovávat pro vyhodnocení maximálních nejistot soubory hodnot naměřených v rámci mezilaboratorních porovnávacích zkoušek.

- Pro provedení vzorkování je velmi důležitý plán vzorkování, který zahrnuje účel, pro jaký je vzorkování prováděno.

Zjištění:

- Celková rozšířená nejistota uváděná akreditovanými laboratořemi se téměř neliší u vzorků sedimentu odebraných vzorkovacími skupinami, u vzorku sedimentu, který připravil poskytovatel programu zkoušení způsobilosti, a u vzorku referenčního materiálu. Laboratoře provádějící analýzy tohoto vzorku tedy obecně neuvažují nejistoty odběru vzorků.
- Nejistota uváděná laboratořemi je hodnota konstantní, není koncentračně závislá.
- Nejistota vypočítaná z mezilaboratorního experimentu je pro většinu analytů významně vyšší než nejistota uváděná laboratoří.
- Z hlediska dalšího zlepšování laboratoří je vhodné se zaměřit především na ukazatele: EOX, uhlovodíky C₁₀-C₄₀, Be, Cd, Pb.

Jako hlavní přínosy vyhodnocení nejistot pomocí PT lze uvádět:

- Robustnost souboru dat – různé techniky odběru, různé analytické techniky pro stanovení analytů využitelné pro zkušební laboratoře.
- Nejistoty vypočítané s využitím dat PRM VII/7/18 jsou použitelné pro reálné stanovení nejistot sledovaných ukazatelů a v porovnání s výsledky úkolu PRM VIII/7/12 jsou u parametrů vyšší. Počet účastníků byla o polovinu vyšší, což se také projevilo ve vypočítaných nejistotách.
- Přestože vzorkovací skupiny používaly různá odběrová zařízení a různé počty dílčích vzorků z různé množství sedimentu, můžeme konstatovat dobrou shodu výsledků.

Literatura

- [1] EURACHEM ČR: Kvalimetrie 15, Nejistota měření vyplývající z odběrů vzorků, Praha 2008, druhé revidované vydání EURACHEM/EUROLAB/CITAC/Nordtes/AMC Guide, Measurement uncertainty arising from sampling a guide to methods and approaches, 2019
- [2] EUROLAB-CZ: Technická zpráva č. 1/2007 Revize nejistot měření: alternativní přístupy k vyhodnocení nejistot, Praha 2008.
- [3] NORDTEST Technical Report 604: Uncertainty from sampling. NORDTEST 2007.
- [4] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). 2. Vydání, Geneva 1995.
- [5] TNI 01 4109-3 Pokyn pro vyjádření nejistoty měření. ČNI, Praha 2011.
- [6] NORDTEST Technical Report 537 edition 4: Handbook for Calculation of Measurement Uncertainty in Environmental Laboratories. NORDTEST 2017.
- [7] ČSN ISO 21748 – Návod pro použití odhadů opakovatelnosti, reprodukovatelnosti a pravdivosti při odhadování nejistoty, ÚNMZ, srpen 2012.
- [8] ČSN ISO 11352:2018 Kvalita vod - Odhad nejistoty měření na základě údajů z validace a řízení kvality, ÚNMZ, 2018.
- [9] ČSN ISO 5725 část 1-6 Přesnost (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření, ÚNMZ, 2018



KALIBRAČNÍ LIST JE VIZITKA LABORATOŘE – ČÁST 5

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Další specifické požadavky pro kalibrační laboratoře, specifikace, shoda se specifikací

Pokračujeme dále podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 (dále jen „norma“), zabývat se budeme kap. 7.8.4 a shodou se specifikací.

V kap 7.8.4.1 norma uvádí: Kalibrační listy musí obsahovat, kromě náležitostí uvedených v kap. 7.8.2, ještě následující:

c) prohlášení o tom, jak jsou měření metrologicky návazná (viz příloha A).

Zde se požadavky vrací zpět. Původně se takové prohlášení psávalo, potom ale převládl názor, že pro akreditované laboratoře je to nadbytečné, protože návaznost je jedním z hlavních parametrů posuzovaných při akreditaci a proto logo akreditačního orgánu v záhlaví kalibračního listu už toto prohlášení nahrazuje. Bohužel není zatím popsáno doporučené znění tohoto prohlášení, vydané některou z kompetentních organizací (jako je ČIA, EA, ILAC). V roce 2019 vydaly ale některé národní akreditační orgány vlastní vzory - více o tom v dodatku na konci článku.

Poznámka

Česká legislativa nezná národní etalony, ale zná státní etalony a v prohlášení chybí i podle slovníku VIM3 definované přirozené etalony. VIM 3 naopak zná pro etalon, který by mohl být výchozím pro kalibraci, pojmy 5.3 národní, 5.4 primární, 5.6 referenční a 5.10 přirozený, ale nezná státní etalon. Obdobné členění má i slovník Electropedia, The World's Online Electrotechnical Vocabulary. Z hlediska postavení etalonů v metrologickém systému jsou označení „národní“ a „státní“ zcela ekvivalentní, rozumí se totéž; ale formálně to není správné. Z hlediska používání pojmů podle platné normy VIM3 by měla být uvedena návaznost na národní nebo přirozené etalony. Obávám se ale že převážná většina zákazníků neví, co je to přirozený etalon. Norma Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních

a kalibračních laboratoří ISO/IEC 17025:2017 neuvádí přesné znění, ale podle 7.8.4.1 Kalibrační listy musí obsahovat, kromě požadavků uvedených 7.8.2, ještě následující c) prohlášení o tom, jak jsou měření metrologicky návazná (viz. příloha A). Odkazuje tedy jen na přílohu A ale ta se dále odkazuje na lit. Joint B.I.P.M. OIML, ILAC and ISO declaration on metrological traceability, 2011, viz <http://www.bipm.org/utis/common/pdf/IPM-OIML-ILAC-ISO-joint-declaration-2011.pdf>, kde ale také není uvedeno přesné znění tohoto vyjádření. Dříve postačovalo, pokud byl kalibrační list akreditovaný a stačilo to jako důkaz návaznosti výsledků.

Dosavadní používané vyjádření nevyhovuje, ale ani platný dokument ILAC ILAC- 10:01/2013 Politika ILAC pro návaznost výsledků měření ILAC Policy on the Traceability of measurement Result také neuvádí doporučený text a také ani tento dokument dosud není revidován podle platné normy 17025.

Tvrzení, že měření jsou návazná na (mezi)národní etalony v kalibračních listech je u běžných fyzikálních veličin více než divné, protože laboratoře ví, že podle VIM 3 heslo 5.2 (6.2) je uvedeno, že **mezinárodní etalon je etalon** uznaný signatáři mezinárodní dohody a určený k celosvětovému využití. Byl to například Mezinárodní prototyp kilogramu. Jinde se u běžných fyzikálních měřidel s použitím mezinárodního etalonu nesetkáme, přesto a zcela formálně se velmi často odkaz na mezinárodní etalony uvádí i u veličin, ve kterých nikdy nebyl a ani nebude mezinárodní etalon vyhlášen. Jak má tento podstatný a závazný odkaz formulován se dosud nepodařilo sjednotit. Je to velká škoda, protože kalibrační list by měl vynikat hlavně precizností všech v něm uvedených faktů.

Byly a v některých zemích stále jsou názory, že návaznost prokazuje už odkaz na akreditaci a vše navíc je jen formální a nepodstatné, akreditační orgán že ručí za to, že návaznost byla provedena na vyšší etalon odpovídající přesnosti opakovaně ve vyhovujících lhůtách.

Požadavek na prohlášení o tom, jak jsou měření metrologicky návazná je v kalibračním listě akreditované laboratoře požadavek zásadní, ale spíše formální. Absence odsouhlaseného a správného vyjádření (vzoru) při běžném používání jasně nepřesných a zastaralých formulací oslabuje důvěryhodnost kalibračního listu pro zákazníka, pro kterého by měl vždy s v celém rozsahu být vzorem věcně i formálně přesného dokumentu ve všem v něm uvedeném.

Norma dále uvádí (kap. 7.8.4.1), že kalibrační listy musí obsahovat:

d) výsledky před a po každé úpravě nebo opravě, pokud jsou k dispozici.

Zde je velmi podstatné (ale norma na to nepamatuje), uvést, zda se oprava týkala částí, které mají vliv na parametry a stabilitu (například oprava A/D převodníku kalibrovaného přístroje), nebo jen částí, které mají vliv pouze na funkčnost přístroje (například oprava zdroje, displeje apod.) Z toho plynou velmi podstatné závěry k predikci dalšího chování kalibrovaného zařízení při sledování a predikci jeho driftu.

Shoda se specifikací

Posouzení plnění specifikace je jednou z oblastí posuzování shody. Nejprve je potřebné pochopit, o čem je posouzení shody. Každý má zájem zjistit, zda něco (nebo někdo, organizace nebo systém) splňuje očekávání. Dělá produkt to, co očekávám? Je tato osoba způsobilá vykonávat práci, kterou chci dělat? Bude obchod poskytovat správnou položku za správnou cenu, když ji potřebuji? Je můj produkt bezpečný? Produkty a služby jsou jako sliby. Obchodní zákazníci, spotřebitelé, uživatelé a veřejní činitelé mají očekávání ohledně produktů a služeb souvisejících s vlastnostmi, jako je kvalita, ekologie, bezpečnost, hospodárnost, spolehlivost, kompatibilita, interoperabilita a efektivita. Proces prokazování, že tyto vlastnosti splňují požadavky norem, předpisů a dalších specifikací, se nazývá posuzování shody. Existují různé techniky posuzování shody, příklady zahrnují posuzování, audit, **kalibraci**, hodnocení, zkoušení, kontrolu a testování. Tyto činnosti posuzování shody mohou mít za následek různá prohlášení o shodě, například prohlášení dodavatele o shodě, certifikaci nebo **akreditaci**. Posouzení shody pomáhá jednoduše zajistit, že produkty a služby splní své sliby. Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) a Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) vydaly společné mezinárodní normy a návody pro posuzování shody. Tyto mezinárodní normy a návody jsou mezinárodně uznávaným základem pro posuzování shody a používají se po celém světě a i v Evropě. Posouzení plnění specifikací je jednou z velmi důležitých oblastí posouzení shody při práci s normou ISO/IEC 17025:2017.

Základní otázka v této souvislosti je, co je to specifikace. Dříve ji žádný metrologický dokument nebo slovník nedefinoval. Nejstarší definici specifikace najdeme v **obchodním slovníku**, kde je uvedena obsáhlá definice specifikace, ze které kalibrační laboratoře zajímá jen část, kde se uvádí, že

technické specifikace vyjadřují úroveň výkonnosti jednotlivých výrobků, ve které se *stanoví hranice (parametry), skládající se z nominální (požadované) hodnoty a tolerance (přípustná odchylka z nominální hodnoty)*.

Metrologický slovník **VIM 3** už se specifikací pracuje a běžně tento pojem používá, ale nedefinuje.

Slovník Electropedia uvádí v heslu IEC 901-02-08, že **technická specifikace** je dokument, který předepisuje technické požadavky, které musí výrobek, proces nebo služba splňovat a k tomu uvádí ještě 2 poznámky.

- Poznámka 1: Technická specifikace by měla v případě potřeby uvádět postup (postupy), pomocí kterých lze určit, zda jsou dané požadavky splněny.
- Poznámka 2: Technická specifikace může být normou, součástí normy nebo být nezávislou na normě. Definice je podle ISO / IEC Guide 2: 2004, 3.4 modifikována tak, že poznámka 3 byla vynechána.

S nástupem aplikace normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 se zvyšuje důraz na vyjádření o plnění specifikace kalibrovaného měřidla. Se specifikacemi stále více pracuje. Hodnocení splnění specifikace je jedním z hlavních úkolů systémů jakosti mnoha zákazníků. Hodnocení shody se specifikací je proto nyní v centru zájmu a čeká se i na podrobnější pokyny, které budou uvedeny v probíhající revizi dokumentu ILAC G8.

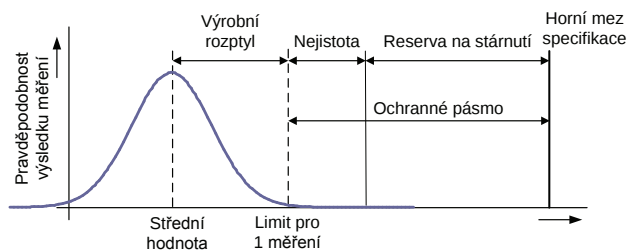
Zadavatel kalibrace potřebuje vyjádření o splnění specifikace (o shodě), jako nejrychlejší závěr o stavu kalibrovaného přístroje. Je třeba si uvědomit, že i specifikaci dělal člověk, vývojář, a nemusí být ani při výrobě kontrolována v celém rozsahu, proto má kalibrace určující význam k možnostem určení shody se specifikací a z ní vyplývajících přesností měření.

Specifikace a výroba

Výrobce tvoří specifikaci na základě znalostí funkčních bloků přístroje a jejich prověření při výrobě, zkušeností a s uvážením výrobní rezervy na vlivy prostředí a časový drift. Různí výrobci mají různé přístupy k rezervě plnění specifikace při výrobě.

Na **obr. 1** je ukázán princip tvorby specifikace podle firmy Agilent. Meze specifikace se stanovují na základě známého **výrobního rozptylu, nejistoty měření** při nastavení a kalibraci a **ochranného pásma**, stanoveného podle různých měřítek. Ochranné pásmo by mělo v každém případě zahrnovat rezervu na stárnutí a podle uvážení výrobce jsou možné i další složky ochranného pásma. Jednotlivé komponenty sčítají někteří výrobci lineárně, jiní jako odmocninu ze součtu kvadrátů jednotlivých složek. Dokument Euramet cg-15 navrhuje používat při kalibraci multimetrů ochranné pásmo 30 % nebo 50 % ze specifikace multimetru podle přesnosti a užití tohoto kalibrovaného multimetru. Toto jsou zcela zásadní, ale jen ze zkušenosti zvolené hodnoty. Bohužel je to ale zatím zcela mimo pozornost akreditovaných laboratoří u nás a přiměřená velikost ochranného pásma je záležitost velmi diskutabilní. Probíhající revize dokumentu ILAC G08 ještě situaci pro běžné uživatele asi zkomplikuje a zavádění a pochopení rizik si vyžádá čas,

potřebný ale nejen pro kalibrační laboratoř, ale i pro získání v této oblasti kvalifikovaného a informovaného zákazníka.



Obr. 1: Princip tvorby specifikace měřidla (nakreslena je jen horní mez specifikace)

Rozložení naměřených hodnot, spojené s naměřeným výsledkem má obvykle formu normálního, resp. Gaussova rozdělení pravděpodobnosti, centrovanou okolo deklarované hodnoty měřené veličiny. Pokud výsledek měření a jeho okolí v rámci rozdělení leží uvnitř limitů specifikace, je jasné, že zde jde o splnění specifikace. Opačně, pokud výsledek a jeho okolí leží mimo specifikovaný limit, nebylo požadavkům specifikace vyhověno.

„Ideální“ normální rozdělení ale přechází ve svých krajních mezích do nekonečna v obou směrech, což vždy vytváří určitou pochybnost, zda bylo nebo nebylo dosaženo shody. V praxi je ale vyhodnocení nejistoty vždy založeno jen na konečném počtu příspěvků a tím jsou ohraničeny zbytkové úseky rozdělení, které přesahují deklarovanou hodnotu.

Nejčastěji se udává pro specifikaci obdélníkové rozložení, tedy co je uvnitř obdélníku specifikaci plní, co je mimo neplní. Taková definice umožní snadno používat ochranná pásma a i jejich vlivem se u některých přístrojů nemusí dojit k překročení specifikace a v celé době života přístroje tento nepřekročí specifikaci. Je možné ale udávat specifikace i pro jiné rozložení, obvykle normální. V tom případě je specifikace obvykle bez ochranných pásem, numericky nižší, ale s větší pravděpodobností pozdějšího dostavování přístroje.

Podle normy, kap. 7.8.4.1: kalibrační listy mají obsahovat

e) kde je to relevantní, prohlášení o shodě s požadavky nebo specifikacemi.

Relevantní má význam: mající (rozhodující) význam či vztah k dané věci, závažný, významný, důležitý, rozhodující, příslušný, případný, náležitý, vhodný.

Dále se shodě se specifikací věnuje norma i v kap. 7.8.6

To by navozovalo dojem, že prohlášení o shodě s požadavky nebo specifikacemi je parametr často a velmi široce používaný. Mnoho kalibračních laboratoř se ale brání a nechce shodu s požadavky nebo specifikacemi vyhodnocovat, protože nejen že se jedná o práci navíc, ale také se kalibrující laboratoř může dostávat do situace, kdy nemůže rozhodnout, protože nemá dostatečně přesné etalony a při vyjádření shody je tato vlastnost velmi viditelná.

Specifikace kalibrovaného měřidla, ve vztahu ke které je měření hodnoceno, musí být jednoznačně určena, protože specifikaci může výrobce měřidla kdykoliv upravovat a měnit.

Mejni pogrešky za posamezne vrednosti so podani ob merilnih rezultatih in so izračunani iz specifikacij proizvaj: HP 437B Power Meter Operating Manual, PN 00437-90015 EO390, 1988.

Obr. 2: Ukázka správného odkazu na určité konkrétní vydání manuálu kalibrovaného přístroje v kalibračním listu (ze slovenského kalibračního listu)

Další možnou komplikací vyhodnocení o shodě s požadavky nebo specifikacemi může být i to, že v řadě případů není vhodné vyhodnocovat přímo proti specifikaci, protože je žádoucí, aby kalibrovaný přístroj byl v rozsahu specifikace i po celou dobu do plánované následující rekalibrace. Toto se obvykle řeší tím, že nehodnotíme přístroj proti specifikaci výrobce, ale proti specifikaci zúžené o ochranné pásmo, zavedené pro eliminaci vlivu stárnutí a to by mělo vliv i na výrok o plnění specifikace. Rozsah ochranného pásma nemůže určit jen kalibrační laboratoř bez spolupráce s uživatelem, a proto se kalibrační laboratoř obvykle snaží přenechat toto řešení uživateli.

Rozhodování o shodě se nejčastěji vyskytuje u požadavku zákazníka kalibrace, který, zvláště u multifunkčních a multi-rozsahových zařízení nemá zájem podrobně sledovat naměřené hodnoty v kalibračním listu, ale zajímá se především o to, jestli kalibrovaný přístroj je v rámci jeho specifikaci. To je někdy navíc komplikováno požadavkem, aby bylo důvodné předpokládat, že přístroj zůstane ve specifikaci do další plánované rekalibrace, viz například požadavek v Euramet cg-15 (dá se řešit použitím ochranných pásem, tedy zúžením požadované specifikace pro rozhodnutí o jejím plnění).

Laboratoře se musí seznámit s novou dokumentací a pravidly o pravidlech rozhodování.

Požadavky normy jsou podrobnější a zmiňují i rizika. Laboratoře se budou muset nejdříve učit, jak se určuje pravidlo rozhodnutí nejvhodnější pro danou situaci.

Co je rozhodovací pravidlo?

Rozhodovací pravidlo je zdokumentované pravidlo, které popisuje, jak bude použita nejistota měření s ohledem na přijetí nebo odmítnutí položky s ohledem na stanovený požadavek a výsledek měření (viz 3.3.12 z [1], také 3.7 normy ISO/IEC 17025:2017).

Proč jsou důležitá rozhodnutí?

Při kalibraci a v následném prohlášení o shodě s identifikovanou metrologickou specifikací (např. v toleranci nebo mimo toleranci výrobce) existují dva možné výsledky:

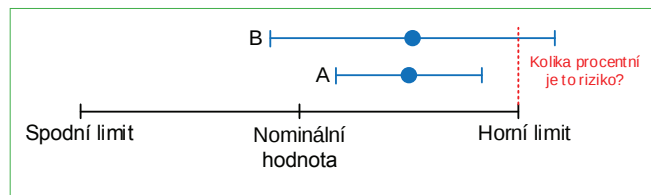
1. Máte pravdu
2. Mýlíte se

Každé měření má přidruženou nejistotu a nejistota ovlivňuje šance určit vyhovující nebo nevyhovující výsledek ve vztahu k parametrům kontrolovaného měřidla.

Obr. 3 ukazuje dvě identická měření (A a B), ale s různými velikostmi nejistoty měření.

Rozšířená nejistota v nižším výsledku (případ A) je zcela v toleranci specifikace na spodní straně obrázku. I když je pravděpodobné, že skutečný výsledek by mohl být zhoršen, v praxi by to bylo poměrně malé.

Horní výsledek (případ B) má významně větší nejistotu měření. Nesprávné (falešné) riziko přijetí (viz. 9.3.2 JCGM 106 [1]) odpovídá ta část nejistoty hustotě pravděpodobnosti, která spadá mimo specifikovanou toleranci.



Obr. 3: Příklad vlivu velikosti nejistoty na riziko nesplnění specifikace podle [5]

Co vyžaduje norma ohledně pravidel rozhodování?

Odstavec 7.8.6.1 normy uvádí:

Pokud se poskytuje prohlášení o shodě se specifikací nebo normou, musí laboratoř dokumentovat použité rozhodovací pravidlo s přihlédnutím k míře rizika (jako je falešné přijetí a falešné odmítnutí a statistické předpoklady) spojené s použitým rozhodovacím pravidlem a toto rozhodovací pravidlo použít.

Klíčovou otázkou je, jak vyjádřit „míru rizika“ a jestli existuje řada různých pravidel rozhodování, pro které pravidlo? Procento nesprávně (falešně) přijatelného rizika je ukázáno pravděpodobností nejistoty v rozmezí mimo (horní nebo dolní) hranici. Jen málo lidí intuitivně hodnotí určitý integrál funkce pravděpodobnosti jako procentní riziko. Nicméně, jakmile se riziko pro běžné situace uvede, většina lidí je spokojená s rozhodováním na základě výše rizika. Například převážná většina čtenářů je pravděpodobně obeznámena s aplikacemi počasí na mobilním telefonu, který zobrazuje riziko deště v procentech. Lidé běžně dělají osobní rozhodnutí o tom, co nosit, zda si vzít pláštěnku nebo deštník, na základě procentuálního rizika srážek a nikdo se nepozastaví nad tímto způsobem vyjádření.



Obr. 4: Ukázka běžného hodnocení rizika v praxi, zde u pravděpodobnosti deště

Jak mohou zákazníci vybrat nejvhodnější pravidlo rozhodování?

V rámci přezkumu žádostí, nabídek a smluv se v ustanovení 7.1.3 uvádí v normě:

Pokud zákazník požaduje prohlášení o shodě se specifikací nebo normou pro zkoušku nebo kalibraci (např. vyhovuje/nevyhovuje, v toleranci/mimo tolerance), příslušná specifikace nebo norma a rozhodovací pravidlo musí být jasně definovány. Není-li zvolené pravidlo obsaženo v požadované specifikaci nebo normě, musí být takové pravidlo pro rozhodování sděleno zákazníkovi a dohodnuto s ním.

Pokud jsou k dispozici možnosti rozhodovacích pravidel, zákazníci a kalibrační laboratoře budou muset diskutovat o úrovních rizika týkajících se pravděpodobnosti nesprávného (falešného) přijetí a nesprávných odmítnutí v dostupných rozhodovacích pravidlech.

Neexistuje jediné rozhodovací pravidlo, které by pokrývalo mnoho případů použití, které zahrnuje norma. Významná práce na statistice rozhodování rizika byla provedena už v historii jdoucí až do šedesátých let [3], [4]. Některé disciplíny stanovily vhodná pravidla pro rozhodování pro jejich použití a zveřejnily je.

Obecně jsou pokyny pro laboratoře a zákazníky, uvedené níže, aby si vybrali pravidla rozhodování nejvhodnější, kde jsou následující návrhy:

1. Některé aplikace kalibrace nebo testování **nevýžadují prohlášení o shodě s metrologickou specifikací**. Příklady zahrnují přesné měření hmotnosti, měření kalibračního faktoru senzoru pro měření vf výkonu, měření krevního tlaku apod. V těchto případech byste měli oznámit jen naměřený výsledek a nejistotu.
2. Pokud se výsledky měření řídí právními nebo regulačními normami nebo **jinými pravidly**, pak rozhodovací pravidlo by mělo být takové, jak je předepsáno v příslušné normě.
3. Další možností, kterou je třeba zvážit je, zda kontrolovaná aplikace již má pro rozhodnutí o měření **pravidla upravená vydanou normou** (Příklady ISO 8655, ISO 6508). Obecně platí, že tyto případy jsou předepsány standardními zkušebními metodami a ty již často stanovují vhodné mezní hodnoty.
4. Pokud dosáhnete rozhodovací úrovně 4, znamená to obecně, že žádné konkrétní pravidlo zveřejněného rozhodnutí již **hodnocení neupravuje**. Laboratoře a zákazníci si mohou vybrat z dostupných možností k rozhodnutí. Tři rozhodovací pravidla jsou uvedena v JCGM 106 [1], viz 8.2, 8.3 a 9.5.3. Neexistuje ale předpoklad, že jsou to jediná zbývající rozhodnutí. Pravidla, uvedená v JCGM 106, představují jednoduše ta, která už jsou užívána ve většině běžných měření.
5. Zvažte riziko pro spotřebitele i výrobce, že **nesprávné (falešné) přijetí** nastane, když naměřený výsledek je v toleranci, ale skutečný výsledek je mimo toleranci.

„Toto je nesprávné rozhodnutí, jehož pravděpodobnost se nazývá **riziko spotřebitele**, protože náklady spojené s takovou chybou často nese spotřebitel nebo uživatel, který přijal přístroj jako vhodný pro použití „

6. Stejně tak **nesprávné (falešné) odmítnutí** nastane, když je naměřený výsledek mimo toleranci, ale skutečný výsledek je v toleranci. Toto je další nesprávné rozhodnutí, jehož pravděpodobnost se nazývá („**riziko zadavatele**“), protože náklady spojené s takovou chybou často nese zadavatel (výrobce měřidla), který nemůže prodat položku, která selhala v testu shody. Z těchto referenčních definic (viz 9.3.2 JCGM 106 [1]), ale neplyne, že tato rizika platí pouze pro počáteční kvalitu zakoupených nebo vyrobených položek. Nicméně, celý postup odeslání položek pro pravidelnou kalibraci je získat přesné měření (měřený výsledek a nejistota měření) a získat tím prověření, zda měřený výsledek je nedostatečný nebo je stále v toleranci. Zpočátku zákazník, který odeslal položku pro kalibraci, se může starat pouze o své „**nesprávné (falešné) riziko přijetí u spotřebitele**“. Vezměte však v úvahu důsledky, když laboratoř vrátí položku „**Nesprávný pro přijetí**“. Systémy kvality mnoha zákazníků vyžadují, aby zkoumali další dopad nesprávného přijetí na produkty, které jejich organizace produkuje. To může vést k drahým opatřením. Falešná odmítnutí přístrojů předložených ke kalibraci často mají drahé důsledky.
7. Jakmile se položka předložená laboratoři vrátí se stavem „**Nesprávný pro přijetí**“, zákazník přechází od péče od rizika nesprávného (falešného) přijetí k péči o riziko nesprávného (falešného) odmítnutí. Zákazníci zvažují dopad rozhodnutí o měření k různým rizikům a budou se obvykle rychle zaměřovat na nesprávné (falešné) přijetí a nesprávné (falešné) riziko odmítnutí.

Hodnocení naměřených dat - úloha nejistoty měření v posuzování shody

JCGM106: 2012 uvádí pro úlohu nejistoty měření v posuzování shody:

- 8.2 Rozhodovací pravidlo založené na jednoduchém přijetí
- 8.3 Rozhodovací pravidla založená na ochranném pásmu
- 9.5.3 Zvláštní případ: Binární rozhodovací pravidlo

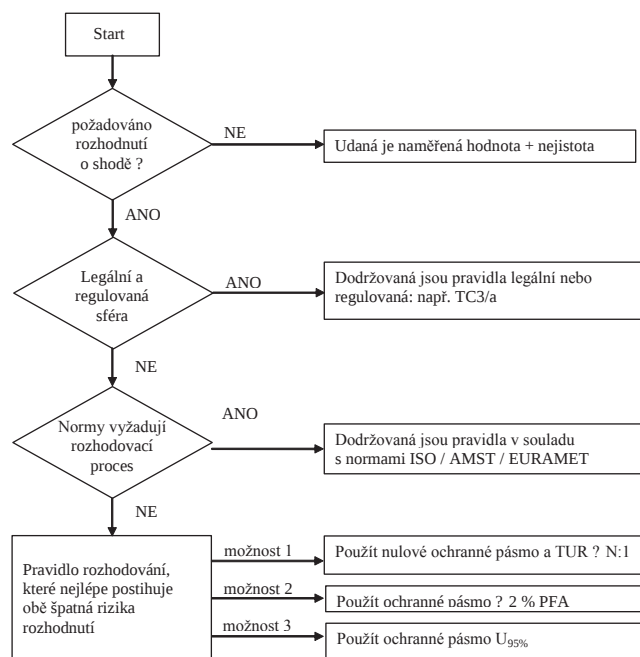
Dílčí závěr

Specifická rizika jsou:

specifické riziko pro spotřebitele je „pravděpodobnost, že určitá přijatá položka není v souladu“ (Viz. 3.3.13 JCGM 106 [1]).

specifické riziko pro výrobce je „pravděpodobnost, že určitá odmítnutá položka vyhovuje „ (Viz. 3.3.14 JCGM 106 [1]).

Pokud laboratoř měří pouze jeden (první) přístroj a nemá výsledky kalibrace z minulosti pro toto sériové číslo, nebo pokud nemá ani žádné informace o chování tohoto modelu jako typu, lze považovat tuto situaci za **situaci se «slabou předběžnou informací»** (viz 7.2.2, 7.6.1 a další z [9]).



Obř. 5: Rozhodovací diagram a postup hodnocení podle JCGM106: 2012

Když laboratoř obdrží přístroj pro kalibraci (a následně k posouzení splnění specifikací výrobce) jen s malými předběžnými informacemi, které laboratoř dokáže vyhodnotit, poskytuje pouze uvedená specifická rizika.

Pro důvody vyhýbání se nákladům, které byly uvedeny výše, mnoho zákazníků podniká kroky k aktivnímu snížení pravděpodobnosti, že přístroje předložené ke kalibraci budou vráceny jako „nevyhovující“. Dělalí to obvykle i tak, že obsluhují „kalibrační systém“ (viz také například v 5.3.4 Z540.3 [6]) tak, že kalibrační záznamy jsou sledovány číslem modelu [přístroje] a sériovým číslem včetně sledování trendů driftu a včasným zavedením dostavení. K úspěchu těchto opatření velmi pomáhají zavedená hodná ochranná pásma, viz také například uvedená opatření v kap. 3 dokumentu [7].

Dodatek

V roce 2019 vydaly některé národní akreditační orgány vlastní vzory kalibračních listů s prohlášením o návaznosti, které mohou sloužit k inspiraci i u nás. V Německu, na Slovensku i jinde ve východní Evropě je nejrozšířenější vzor kalibračního listu podle *Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS)*. Ten vydal v roce 2019 revidovaný dokument *Presentation of calibration results and the use of the DAkkS calibration mark 71, SD 0 025 | Revision: 1.1 | 19. September 2019*, viz lit. [23]. Zde je uvedeno na titulní stránce prohlášení o návaznosti ve znění:

Tento kalibrační certifikát dokumentuje metrologickou návaznost na národní etalony, které realizují jednotky měření podle mezinárodního systému jednotek (SI).

Vyjádření je stručné a jasné. Dílčí drobný nedostatek je, že zde se neuvádí na národní etalony které země a neuvažuje se možnost návaznosti v zahraničí nebo výjimečné případy užití jednotek mimo SI.

Další významný vzor vydal UKAS - United Kingdom Accreditation Service, v revidované publikaci LAB 5, Edition 3, January 2019, Reporting Calibration Results, viz. lit. [24], kde je uvedeno v zápatí titulní stránky:

Tento certifikát je vydáván v souladu s požadavky na laboratoře akreditované UKAS. Dokumentuje návaznost měření do systému jednotek měření SI zajišťovaných v Národní fyzikální laboratoři NPL nebo v jiných uznávaných národních metrologických institutech.

Oba vzory jsou vhodnější než u nás nejčastěji uváděná návaznost na (mezi)národní etalony. Vzor UKAS je obecnější a přesnější. Podle uvedených vzorů lze navrhnout pro české laboratoře vyjádření o návaznosti ve tvaru:

Tento kalibrační list je vydáván v souladu s požadavky na laboratoře akreditované Českým institutem pro akreditaci ČIA, který je signatářem mezinárodních dohod EA a ILAC. Dokumentuje návaznost měření do systému jednotek měření SI zajišťovaných v Českém metrologickém institutu ČMI nebo v jiných uznávaných národních metrologických institutech.

Literatura

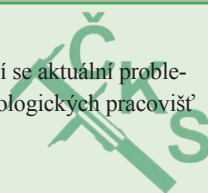
- [1] DOKUMENT ILAC ILAC -P14:01/2013 *Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci, ILAC Policy for Uncertainty in Calibration.*
- [2] International Laboratory Accreditation, „ILAC-G8: 03/2009 Pokyny k uvádění shody se specifikací“
- [3] M. Dobbert, *A Guard Band Strategy for Managing False Accept Risk*, Orlando, Florida: Proceedings of the NCSL International Workshop, 2008.
- [4] J. Harben, „Conformance Decision Rules to support ISO/IEC CD2 17025 under revision“, in *NCSL Proceedings*, 2016.
- [5] *Decision Rule Reporting to Comply with [Revised] ISO/IEC 17025* Speaker: Robert Stern Keysight Technologies NCSL International Workshop & Symposium | Precision & Performance with Measurement Science August 13 – 17, 2017 National Harbor, MD 1
- [6] ANSI/NCSL Z540.3:2006: *Requirements for the Calibration of Measuring and Test Equipment*
- [7] EURAMET cg-15, Version 3.0 (02/2015) *Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters*
- [8] JCGM 106:2012 *Evaluation of measurement data — The role of measurement uncertainty in conformity assessment* https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_106_2012_E.pdf
- [9] JCGM 106:2014 *Výhodnocování naměřených dat – role nejistoty měření při posuzování shody* https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/download/JCGM106-2012-11-October_CZ_vfin2.pdf
- [10] UKAS M3003:2012 *The expression of uncertainty and confidence in measurement, Appendix M* https://www.ukas.com/download/publications/publications-relating-to-laboratory-accreditation/M3003_Ed3_final.pdf
- [11] ČSN EN ISO 14253-1:2018 *Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi*
- [12] OIML G 19 Edition 2017 (E) *The role of measurement uncertainty in conformity assessment in legal metrology* https://www.oiml.org/en/files/pdf_g/g019-e17.pdf
- [13] *Handbook for the Application of ANSI/NCSL Z540.3-2006*
- [14] Deaver D., Somppi J.: *A Study of and Recommendations for Applying the False Acceptance Risk Specification of Z540.3*
- [15] EUROLAB Technical Report No. 1/2017 – *Decision rules applied to conformity assessment* http://www.eurolab.org/documents/EUROLAB%20Technical%20Report%20No.1-2017_Final.pdf
- [16] *Sborník 58 konference ČKS Ing. Zdeněk Faltus, BD SENSORS s.r.o., Výrok o shodě a rozhodovací pravidla v průmyslové kalibrační laboratoři*
- [17] J. Horský, P. Horský: *Calibration of Multifunctional and Multirange Instruments*, Cal Lab, USA, 3-4/1997.
- [18] Joint B.I.P.M. OIML, ILAC and ISO declaration on metrological traceability, 2011, http://www.bipm.org/utis/common/pdf/IPM-OIML-ILAC-ISO_joint_declaration_2011.pdf
- [19] *Kalibrační list je vizitkou laboratoře - část 1*, Horský, Metrologie 2/2019, str. 4
- [20] *Kalibrační list je vizitkou laboratoře - část 2*, Horský, Metrologie 2/2019, str. 9
- [21] *Kalibrační list je vizitkou laboratoře - část 3*, Horský, Metrologie 3/2019, str. 20
- [22] *Kalibrační list je vizitkou laboratoře - část 4*, Horský, Metrologie 4/2019, str. 24
- [23] *Presentation of calibration results and the use of the DAkkS calibration mark*, dostupné na <https://www.dakks.de/en/content/presentation-calibration-results-and-use-dakks-calibration-mark>
- [24] UKAS LAB 5 Edition3, *Reporting Calibration Results*, dostupné na <https://www.ukas.com/download/publications/publications-relating-to-laboratory-accreditation/LAB-5-Edition-3-January-2019.pdf>



Z činnosti Českého kalibračního sdružení

ČKS uspořádalo ve dnech 22. až 23. října 2019 již 59. odbornou konferenci, na které byla interpretována témata týkající se aktuální problematiky v metrologii. Zařazeny byly přednášky s obsahem právní problematiky metrologie, akreditace a autorizace metrologických pracovišť a také informace o nových požadavcích legislativy. Samostatná část programu se týkala tradičně sekce tachografie.

Podrobné informace o akcích ČKS naleznete na webové stránce ČKS, www.cks-brno.cz



NOVÉ KALIBRAČNÍ A METODICKÉ POSTUPY NA STRÁNKÁCH ČESKÉ METROLOGICKÉ SPOLEČNOSTI, Z. S.

Ing. František Hnízdil

Česká metrologická společnost

Česká metrologická společnost, z. s. jako každoročně zpracovává v rámci Programu rozvoje metrologie ÚNMZ soubor úkolů, jejichž výsledky můžete využívat zdarma na webových stránkách ČMS a ÚNMZ.

Jedná se o následující úkoly:

- PRM VII/1/19 Vzorové kalibrační postupy
- PRM VII/2/19 Revize starších vzorových kalibračních postupů
- PRM VII/3/19 Metodiky provozního měření
- PRM VII/4/19 Překlady dokumentů OIML a WELMEC (Příručky – Guides)

Vzorové kalibrační postupy (VKP) jsou koncipovány tak, aby byly použitelné a srozumitelné běžnému metrologickému personálu (pracovníkům provádějícím měření, provozní kontroly měřidel i těm, kteří provádějí kalibrace v menších podnicích). Jejich struktura je v podstatě neměnná. Skládá se z patnácti článků ošetřujících jednotlivé kroky kalibrace. Ke každému postupu je zpracována validační zpráva, která je uložena v sekretariátu ČMS.

Revize vzorových kalibračních postupů jsou prováděny podle několika kritérií, z nichž nejdůležitější jsou změny v postupech, které vyžadují změny v normách, ze kterých vycházejí, a uplynutí více jak deseti let od jejich prvotního zpracování. Na webu ČMS najdete dva seznamy VKP. První seznam obsahuje VKP vytvořené po roce 2012, odkdy jejich tvorbu dotuje stát. Tyto VKP jsou k dispozici volně ke stažení. Druhý seznam obsahuje starší VKP, které jsou zdrojem revizí. Tyto postupy lze získat za doplatkové úhrady, které jsou v seznamu uvedeny. Po provedení revize je VKP přesunut do skupiny dokumentů přístupných volně ke stažení.

Metodiky provozního měření (MPM) jsou postupy vzniklé na základě zkušeností s tím, že v mnoha případech provádějí technologická i kontrolní měření v podnicích pracovníci bez patřičného zaškolení a výsledky jejich měření nejsou důvěryhodné. Uvedené MPM by měly pomoci podnikovým metrologům se školením těchto pracovníků, kteří tak mohou mít správný a standardní postup měření písemně k dispozici. Také tyto MPM jsou na webu ČMS volně ke stažení.

Překlady Příruček (Guides) WELMEC jsou zpracovávány pro snadnější jazykovou dostupnost pro pracovníky podniků a úřadů v České republice. Tyto dokumenty jsou k dispozici na stránkách ÚNMZ.

Několik slov k jednotlivým dokumentům

V rámci **PRM VII/1/19** byl v letošním roce zpracován pouze jeden nový postup, a to vzorový kalibrační postup s označením **KP 4.4.1/01/19 - KALIBRACE MĚŘIDEL NEELEKTRICKÝCH VELIČIN ELEKTRICKOU SIMULACÍ**.

Předmětem VKP je kalibrace analogových a digitálních měřidel procesních elektrických signálů, jejichž hodnota koresponduje s příslušnou hodnotou jiné neelektrické veličiny. Jedná se o regulátory, zapisovače, ukazatele, dataloggery, měřicí karty a ústředny (nejčastějším případem měřidel teploty a tlaku), které měří:

- stejnosměrné napětí odpovídající termoelektrickému napětí termočlánků typů dle ČSN EN 60584-1 ed.2,
- elektrický odpor odpovídající elektrickému odporu platiny nových odporových snímačů teploty dle ČSN EN 60751, případně niklových odporových snímačů teploty,
- stejnosměrný proud v proudové smyčce v rozsahu (4 – 20) mA, příp. (0 – 20) mA,
- stejnosměrné napětí v rozsahu (0 – 10) V,
- střídavé napětí s obdélníkovým průběhem s frekvencí v rozsahu (0 – 1000) Hz,
- elektrický odpor v rozsahu (0 – 10000) Ω.

Kalibrační postup platí také pro kalibrace těchto měřidel s měřicími trasami mimo stálé prostory laboratoře.

V programu PRM VII/2/19 bylo revidováno celkem šest postupů.

KP 1.1.1/11/19 MĚŘICKÉ PÁSMO zahrnující svinovací metry, měřicí pásma a pásmové měřky.

Kalibrační postup se vztahuje na měřická pásma (pásmové měřky) o délce 5 m a delší, kalibrované při aplikaci tažné síly. Popsána je kalibrace měřických pásem ocelových a zmíněny jsou také rozdíly při kalibraci pásem z jiných materiálů. Kalibrace popsána v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, resp. kalibrace v rámci vstupní kontroly měřidla, tak i rekalkibrace během používání měřidla.

KP 1.1.1/13/19 MĚŘÍTKA (plochá, tenká, ohebná a stáčecí)

Tento kalibrační postup se vztahuje na čárková ocelová měřítka do délky 2 m. Popsána je také následná kalibrace pásmových měrek (ocelových stáčecích metrů pro délky menší než 5 metrů) pomocí plochého měřítka.

KP 1.1.1/14/19 POLOMĚROVÉ ŠABLONY

Uvedený kalibrační postup je určen pro kalibraci listkových poloměrových šablon, a to vypouklých nebo vydutých o rozsahu (1 až 25) mm v provedení podle normy ČSN 25 3816 a pro kalibraci poloměrových šablon vnějších v provedení v kazetě.

KP 1.1.6/04/19 ZÁVITOVÝ TRMENOVÝ KALIBR

Vzorový kalibrační postup je určen pro kalibraci porovnávacích seřizovacích trnů k nastavení mezních závitových trmenových kalibrů s průměrem metrického závitu od 3 mm do 100 mm, profilových měřicích kroužků dobrých a zmetkových mezních závitových trmenových kalibrů a pro vlastní nastavení mezních závitových trmenových kalibrů s průměrem metrického závitu od 3 mm do 100 mm.

KP 1.1.6/05/19 ZÁVITOVÉ ŠABLONY

Kalibrační postup je určen pro kalibraci závitových šablon pro metrický závit ČSN 25 4620 a pro kalibraci závitových šablon pro Whitworthův a trubkový závit ČSN 25 4621.

KP 4.1.2/10/19 STŘÍDAVÝ KLEŠŤOVÝ AMPÉRMETR

Uvedený kalibrační postup je určen pro kalibraci střídavých klešťových ampérmetrů se základní chybou $\pm 0,5\%$ a větší, s měřicími rozsahy do 2 500 A na frekvenci 50 Hz a pro DC I.

V programu PRM VII/3/19 byly vytvořeny celkem čtyři metodiky.**MPM 4.1.2/05/19 METODIKA PROVOZNIHO MĚŘENÍ PASIVNÍCH ELEKTRICKÝCH PRVKŮ**

Metodika se týká provozního měření parametrů pasivních elektrických prvků pro stejnosměrný a nízkofrekvenční harmonický signál (1 kHz). Popsané zásady se používají pro měření až do frekvence 100 MHz. Jedná se o měření hlavních parametrů:

- elektrického odporu,
- kapacity,
- indukčnosti.

Dále jsou uvedeny základy k měření vedlejších parametrů:

- ztrátový činitel kondenzátorů,
- sériový odpor kondenzátorů,
- dielektrická absorpce kondenzátorů,
- činitel jakosti indukčnosti.

Postupy zdůrazňují zásady pro přesné měření a pro měření okrajových hodnot (na začátku a na konci možného rozsahu měření).

MPM 4.1.3/03/19 INDIKAČNÍ 3,5 DIG. LEVNÉ DMM (ŘADA DT 380)

Zahrnuje metodiku měření s digitálními multimetry pro privátní použití.

Tento metodický postup se vztahuje na běžná nejjednodušší měření stejnosměrného a střídavého elektrického napětí, proudu a odporu levnými multimetry a měření dalších funkcí v domácnosti nebo kanceláři, případně dílně. Jedná se o základní, začátečnická měření jen v oblastech bezpečného signálu v prostředí CATI a CATII podle ČSN EN 61010-1.

Tato metodika je určena převážně pro začátečníky i pro běžná kontrolní měření v domácnosti.

Nabídka typů a funkcí i měřicí rozsah je u 3,5 dig. DMM velmi široká, rozsahy používané v praxi v domácnosti jsou omezeny požadavky bezpečnosti.

V této metodice jsou uvažována jen měření v oblastech bezpečného signálu. Uvažované funkce a rozsahy měření v této metodice:

- DCU 1 mV až cca 60 V,
- ACU 1 mV až cca 30 V_s, 20 Hz až 10 kHz,
- DC R 1 mΩ až 2 MΩ,
- DCI 1 mA až 20,00 A.

I malé a levné dig. DMM, mají vestavěné základní ochrany, ale i s vestavěnými ochranami vyžadují správné a opatrné používání.

MPM 4.1.3/04/19 METODIKA MĚŘENÍ S DIGITÁLNÍMI MULTIMETRY (DMM) PRO PRIVÁTNÍ POUŽITÍ

Tento metodický postup se vztahuje na běžná privátní měření stejnosměrného a střídavého elektrického napětí, proudu a odporu levnými multimetry a dalších funkcí s rozlišením do 4 3/4 digitů v prostředí CATI a CATII podle ČSN EN 61010-1.

Nabídka typů a funkcí i měřicí rozsah jsou u DMM obvykle široké, rozsahy používané v praxi v domácnosti jsou omezeny požadavky bezpečnosti. DMM 3 1/2 rozsahu až DMM s 4 3/4 dig. DMM s ručním nebo automatickým přepínáním rozsahu slouží k převážně většině běžných privátních kontrolních, pracovních a provozních měření. Týká se multimetrů se stupnicí.

Multimetr digit.	Rozsah	Rozsah popsany zkráceně
3 1/2	$\pm 1\,999$	2 000
3 3/4	$\pm 3\,999$	4 000
4 1/2	$\pm 19\,999$	20 000
4 3/4	$\pm 39\,999$	40 000

Základní uvažované funkce a rozsahy měření v této metodice:

- DCU 1 mV až cca 1000 V,
- ACU 1 mV až 750 V_s, 20 Hz až 10 kHz,
- DC R 1 mΩ až 2 MΩ,
- DCI 1 mA až 20,00 A.

DMM jsou velmi dostupné v desítkách typů, ale vyžadují větší základní kvalifikaci uživatele.

Prioritou je vždy bezpečnost uživatele. Uvažováno zde je jen měření proudu napájecích zdrojů, měření proudu uvnitř pracujícího zapojení může jeho funkci ovlivnit, a proto se u tohoto postupu nepředpokládá. AC I jednoduché DMM neměří.

Nikdy nezapojujeme DMM ke zdroji nebezpečného napětí, kterým může být například síťová zásuvka.

Malé a levné dig. DMM mají vestavěné ochrany, ale i s vestavěnými ochranami vyžadují správné a opatrné používání.

MPM 4.4.1/01/19 MĚŘENÍ A SIMULACE PROCESNÍCH SIGNÁLŮ V PRŮMYSLÝCH APLIKACÍCH

Metodický postup se vztahuje na průmyslové měření a simulaci procesních signálů při měření neelektrických veličin. Neelektrické veličiny (teplota, tlak, pH, vodivost) se měří pomocí snímačů, jejichž výstupy jsou elektrické signály:

- stejnosměrné napětí odpovídající termoelektrickému napětí termočlánků typů dle ČSN EN 60584-1 ed. 2,
- elektrický odpor odpovídající elektrickému odporu platínových odporových snímačů teploty dle ČSN EN 60751, případně niklových odporových snímačů teploty,
- stejnosměrný proud v proudové smyčce v rozsahu (4 – 20) mA, příp. (0 – 20) mA,
- stejnosměrné napětí v rozsahu (0 – 10) V,
- střídavé napětí s obdélníkovým průběhem s frekvencí v rozsahu (0 – 1000) Hz,
- elektrický odpor v rozsahu (0 – 10000) Ω .

Dokumenty WELMEC přeložené v rámci PRM 2019

- **Guide 6.10** Information on Controls on Prepacked Product (2011),
- **Guide 6.11** Guidance for Prepackages whose Quantity Changes after Packing (vydání 2, 2013),
- **Guide 6.14** Guidance and Information on Units of Weight or Volume used on Prepackages,
- **Guide 7.2** Software Guide (směrnice MID 2014/32/EU) v platné verzi,
- **Guide 8.2** Guide for Measuring Instruments Directive 2014/32/EU Application of Module H1 (2018),
- **Guide 8.3** Application of module B: EU-type Examination Under Directive 2014/32/EU (MID) or Directive 2014/31/EU (NAWID) (2017),
- **Guide 8.4** Application of Module D Quality Assurance under Directive 2014/32/EU (MID) or Directive 2014/31/EU (NAWID) (2017),

- **Guide 8.5** Measuring Instruments Directive 2014/32/EU Assessment of Notified Bodies in Charge of Type Examination Presumption of Conformity based on EN 17065 (2017, revize 2018),
- **Guide 8.6** Measuring Instruments Directive 2014/31/EU, Presumption of Conformity of the Quality System of Manufacturers with Module D or H 1 when EN ISO 9001:2015 is applied (2018),
- **Guide 8.7** Measuring Instruments Directive 2014/32/EU - Assessment of Notified Bodies Designated for Module F based on EN ISO/IEC 17020 (2018),
- **Guide 10.8** Guide for Common Application of MID MI-005 and OIML R 117-1, (R 81, R 80, R 139) (2016),
- **Guide 11.4** Guide for Information in the Type Examination Certificate, to be borne by and to be accompanied (or provided) by the Markings on the Gas Meters (2015),
- **Guide 11.5** Utility Meters and Ancillary Devices (2015).

Překlady uvedených dokumentů najdete na webových stránkách ÚNMZ a originální znění na stránkách WELMEC.

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že se Česká metrologická společnost, z. s. se všemi čtyřmi úkoly PRM ÚNMZ vypořádala úspěšně. Konstatovala to i zpráva ze závěrečné oponentury. Pevně doufám, že výsledky budou prospěšné i metrologické veřejnosti, o čemž svědčí i vykazovaný počet návštěv webu České metrologické společnosti, z. s.

Již jsou navrženy i úkoly na rok 2020. Bylo by však předčasně je již dnes specifikovat. Snad jen toto: v návrhu jsou čtyři nové vzorové kalibrační postupy, osm revizí VKP, čtyři metodiky provozního měření a v úvahu připadá snad i sedm překladů dokumentů OIML či příruček (Guides) WELMEC.

**ČESKÁ METROLOGICKÁ SPOLEČNOST, Z.S.**

Vás zve

na 29. mezinárodní konferenci

MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI

s výstavou měřicí, kontrolní a zkušební techniky

3. a 4. března 2020,

kongresové centrum PRIMAVERA, Nepomucká 1058/128, Plzeň.

Na závěr konference je zařazen workshop a pro zájemce budou připraveny na odpoledne druhého dne 4 exkurze dle výběru.

Podrobnosti a přihlášky jsou uvedeny na webové stránce ČMS www.csvts.cz/cms.



ÚŘEDNÍ MĚŘENÍ V ZAJETÍ ADMINISTRATIVNÍ PASTI

Ing. Miroslav Urban

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Jedno z nejstarších známých měřidel, královský loket starý 4900 let, bylo zhotoveno z černé žuly, údajně o délce předloktí a šíře ruky faraona. Pracovali s ním úředníci – písaři...zejména za účelem zajištění přesných daní a poctivého obchodu a s vědomím odpovědnosti za tuto činnost.

Od té doby se počet měřidel, a tím i rozsah úředního měření, postupně měnil, rozšiřoval a specializoval, zejména v závislosti na rozvoji mnoha oborů lidské činnosti a úrovní vědeckého poznání. To, co zůstalo stejné, je snaha státu (více či méně úspěšně) chránit poctivé tržní prostředí. Jaký je institut úředního měření dnes a jaké jsou podmínky pro jeho kvalitní výkon a zlepšování?

Úvod

Autorizace k výkonu úředního měření byla zavedena jako metrologický institut zákonem č. 505/1990 Sb., o metrologii (dále zákon), který nabyl účinnosti dne 1. 2. 1991. Institut úředního měření je ošetřen v § 21, který byl v průběhu několika změn zákona upraven (až na jednu výjimku ne zásadně), takže v současné době zní takto: „Úřad může v případech hodných zvláštního zřetele autorizovat subjekt na jeho žádost k výkonu úředního měření ve stanoveném oboru měření po prověření úrovně jeho technického a metrologického vybavení. Podmínkami výkonu je používání měřidel, u nichž je zajištěna metrologická návaznost, certifikát odborné způsobilosti úředního měřiče vydaný akreditovanou osobou nebo osvědčení o odborné způsobilosti vydané Úřadem a dohled prováděný Českým metrologickým institutem. Úředním měřením se rozumí metrologický výkon, o jehož výsledku vydává autorizovaný subjekt doklad, který má charakter veřejné listiny. Jeho náležitosti stanoví ministerstvo vyhláškou. Neplní-li autorizovaný subjekt povinnosti stanovené zákonem nebo podmínky stanovené v rozhodnutí o autorizaci, Úřad rozhodnutí o autorizaci pozastaví, změní nebo zruší. Náležitosti žádosti o autorizaci a podmínky pro autorizaci stanoví ministerstvo vyhláškou.“

„Úřadem“ je zde (i dále v textu) myšlen Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, „ministerstvem“ Ministerstvo průmyslu a obchodu a „autorizovaným subjektem“ podnikající právnická nebo fyzická osoba.

Historie

Již od XIV. století existovali na našem území měřiči a vážní, kteří byli kontrolními zřízenci státu, zárukou poctivého tržní. V této souvislosti jsou uváděni například měřiči soli a měřiči plátna. Staronovému institutu úředního měření předcházeli institut veřejných vah, zřízovaných podle zákona č. 58/1866 ř. z. a zákon č. 72 ř. z., z téhož roku „O zřizování cimentních měřnic a vážnic“. Doklad o úředním měření je v něm definován jako veřejná listina takto:

„Veřejná váznice a měrnice jest ústav zmocněný od vlády zvláště k tomu, aby odvažoval a odměřoval zboží a vyměřoval lihoměrem kolik stupňů mají pálené lihoviny tekuté. Týž ústav má plné právo vydávati vysvědčení s průvodní mocí listin veřejných o vykonaném odvážení a odměření.“

I v zákonné podobě metrologie č. 35/1962, Sb., o měrové službě, byl upraven institut vážných prováděcí vyhláškou č. 61/1963 Sb., o zajišťování správnosti měřidel a měření, a to konkrétně v § 23 následovně:

Veřejní vážení

- (1) Obsluhovat veřejné váhy a vydávat vážní listky směji jen osoby, které prokázaly svou způsobilost zkouškou a složily předepsaný slib (veřejní vážení).
- (2) Veřejní vážení vykonávají zkoušku a skládají slib u krajského oddělení úřadu, příslušného podle svého bydliště. O vykonané zkoušce vydá krajské oddělení úřadu vysvědčení.
- (3) Na výkon funkce veřejných vážných dozírají krajská oddělení úřadu.

Požadavky na veřejné vážné se v té době soustředily pouze na jejich kvalifikaci. Kritéria právní způsobilosti v té době byla zbytečná, technické požadavky byly součástí požadavků na kvalifikaci.

Současný právní řád a související předpisy v oblasti metrologie

Zákonem č. 505/1990 Sb., o metrologii, zavedený institut úředního měření vytváří podmínky pro to, aby v případech hodných zřetele, úřadem autorizovaný nezávislý subjekt převzal úřední záruky za správnost jím provedených měření. Doklad o úředním měření má charakter veřejné listiny.

Prováděcí vyhláška k zákonu č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, stanovuje náležitosti žádosti o autorizaci k úřednímu měření a podmínky pro autorizaci (§ 13). V příloze č. 9 vyhlášky jsou uvedeny i náležitosti dokladu o úředním měření a grafická podoba otisku razítka subjektu autorizovaného k úřednímu měření (obr. 1).



Obr. 1: Vzor razítka

Postup autorizace měřičů je pak dán MPM 13-06 - Autorizace subjektů k výkonu úředního měření a stanoví postup při udělování autorizace k výkonu úředního měření a postupy při úředním měření.

Osvědčení o technické a metrologické způsobilosti a kvalita v oblasti měření

Osvědčování způsobilosti provádí ČMI podle metrologického předpisu MP 020 – Metrologická, technická a personální způsobilost subjektů k výkonu úředního měření. Tento předpis požaduje od úředního měřiče kromě odborných požadavků stanovených Úřadem v MPM 13-06 i prokázání plnění některých prvků systému řízení kvality, založených na ČSN EN ISO/IEC 17025, v některých případech

(např. požadavek na záznamy preventivních opatření) jde předpis nad rámec norem na management kvality. A tady nastává zjevný problém pro praktické naplňování.

Obecně správně jsou požadavky na systém managementu kvality stanoveny tak, aby byl adekvátní rozsahu a objemu úředních měření v rámci autorizace a aby byl definován a naplněn metodikami, postupy a činnostmi nezbytnými k zabezpečení výkonů úředního měření a jeho podpůrných činností.

V technické oblasti je metrologickým předpisem od subjektu požadována odborná způsobilost zaměstnanců, provádějících úřední měření. Posuzovány jsou přístroje i prostory kde se měření provádějí, včetně monitorování a zaznamenávání podmínek měření. Metody měření uvedené v podmínkách autorizace musí být validované a verifikované. Nejistoty měření musí být stanoveny u všech metod a postupů. Zařízení a měřidla musí být řádně udržována a musí být metrologicky navázána. To samo o sobě je poměrně náročné (nejen administrativně).

Metrologický předpis ovšem dále definuje, co je pro potřeby úředního měření *dokument, řízená dokumentace, dokumentovaná informace a záznam*. A také, jak vše uvedené v rámci jejich administrace vhodně řídit. Podle stávajícího znění metrologického předpisu jsou požadavky na systém řízení dokumentace zásadními a nejdůležitějšími požadavky na systém řízení kvality úředního měřiče, přičemž předpis nebere v úvahu obecně malé „pracovní týmy“ úředního měřiče. Jinými slovy, předpis přesunuje vědomě těžiště odborné kompetence držitele osvědčení do sféry administrace jeho profesionálního výkonu a tím potenciálně (a patrně namnoze i reálně) do „papírového alibismu“.

To ovšem neznamená, že se nástroje řízení kvality nehodí pro „mikropodniky“, jakými jsou např. úřední měřiči. Naopak, hodí se, včetně řízení dokmetovaných informací, ale nástroje řízení musí v adekvátní míře odpovídat reálnému rozsahu systému řízení s jasně stanoveným cílem, proč a jaké dokumenty v rámci úředního měření vytvářet, udržovat a řídit.

Stejně nešťastně metrologický předpis požaduje řízení zjištěné *neshodné práce* a určuje, aby subjekt provedl nebo „*nechal provést*“ analýzu jejích příčin a přijal nápravná opatření, která jsou nejvhodnější k vyřešení neshody a zabránění jejímu opakování. Tím ovšem předpis v praxi více než nešťastně přenáší odpovědnost za nápravu porušení podmínek autorizace úředních měřičů z Úřadu na ně samotné a vytváří situaci, kdy chybující subjekt - úřední měřič - v praxi sám posuzuje, zda a do jaké míry plní podmínky své vlastní autorizace a přijímá nápravná opatření bez vědomí autorizující osoby a bez zajištění shody s jejími cíli a požadavky.

Autorizace

Subjekt s osvědčenou technickou a metrologickou způsobilostí může Úřad následně požádat o autorizaci k výkonu úředního měření. Ten mu vystaví *Rozhodnutí o autorizaci*, jehož nedílnou součástí jsou i podmínky autorizace a subjekt je zařazen do databáze¹ úředních měřičů a může vystavovat *Doklad o úředním měření*. Jedná se o dokument uvádějící výsledky úředního měření, jež má charakter veřejné listiny² a který nelze ztotožňovat se znaleckým posudkem podle

zákona č. 36/1967 Sb., o znalcích a tlumočnících, který má nižší důkazní sílu než Doklad o úředním měření. Rovněž nenahrazuje ověřovací nebo kalibrační list měřidla souvisejícího s veličinou, která je předmětem úředního měření.

Úřední měření je v Metodickém pokynu pro metrologii MPM 13-06 „Autorizace subjektů k výkonu úředního měření“ popsáno jako „*Stanovení hodnoty fyzikální nebo technické veličiny měřidly a postupy stanovenými autorizační listinou. Hodnota veličiny, vyjádřená číselnou hodnotou měřené veličiny a měřicí jednotkou, je úředně zaručena. Předmětem stanovení může být rovněž složení látek a materiálů*“. A jeho úlohou, jako zákonem zavedeného institutu, je vytvářet „*podmínky, aby v případech hodných zřetele Úřadem autorizovaný nezávislý subjekt převzal úřední záruku za správnost jím provedených úředních měření*“.

K častým diskuzím, srovnávacím znalecké posudky podle zákona č. 36/1967 Sb., o znalcích a tlumočnících, a jiných posudků s doklady o úředním měření je potřeba jasně a definitivně konstatovat, že pokud bychom vůbec chtěli porovnávat argumentační sílu znaleckého posudku a dokladu o úředním měření, má doklad o úředním měření, vydaný autorizovaným subjektem, vždy vyšší důkazní sílu než jakýkoli posudek, byť znalecký, či jiná obdobná listina.

¹poznámka

viz stránky Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví na webové adrese:

http://www.unmz.cz/urad/data_ams_2.asp?cd=816&typ=r

²poznámka

Podle občanského zákoníku je veřejná listina jednak listina vydaná orgánem veřejné moci, jednak listina, kterou za veřejnou zákon prohlásí. Na rozdíl od skutečnosti potvrzené v soukromé listině, skutečnost potvrzená ve veřejné listině zakládá vůči každému plný důkaz o původu listiny, o době jejího pořízení a o skutečnosti, o níž původce veřejné listiny potvrdil, že se za jeho přítomnosti udála nebo byla provedena, a to tak dlouho, dokud není prokázán opak.

Správa výkonu úředního měření a odpovědnost úředního měřiče

Autorizace úředního měřiče podléhá dohledu Úřadu, který nad ním vykonává kontrolní činnost, v jejím rámci může dojít k pozastavení nebo změně autorizace v případě zjištění změn oproti skutečnostem, za kterých bylo rozhodnutí o autorizaci Úřadem vydáno. Jedná-li se o závažné nedostatky, může Úřad i zrušit autorizaci úředního měřiče.

Prováděcí vyhláška č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, v § 13, odst. 4 stanovuje „*náležitosti dokladu o úředním měření a grafickou podobu otisku razítka subjektu autorizovaného k úřednímu měření*“ a dále stanovuje, že se v dokladu uvede jméno a podpis úředního měřiče. Z předepsaného ale jasně nevyplývá zákonem zamýšlená odpovědnost úředního měřiče za provedené měření. Pokud je za něj odpovědný statutární orgán autorizovaného subjektu, měl by doklad o úředním měření podepisovat on, ale tím by se z institutu úředního měření vytratil velmi důležitý prvek, a to je nezávislost úředního měřiče. Tento prvek je možno považovat za jeden z prioritních při výkonu úředního měření.

Odpovědnost za chybný výkon úředního měření je zjevně i špatně sankcionována, v § 23 zákona se uvádí:

(1) *Subjekt se dopustí přestupku tím, že*

d) ... provedl úřední měření bez oprávnění podle § 21, ...

(2) *Za přestupek podle odstavce 1 lze uložit pokutu do 1 000 000 Kč.*

Jedná se o jedinou sankci podle zákona o metrologii pro úředního měřiče. I když není dotčeno právo na náhradu škody v případě chybného měření, je zřejmé, že současná právní úprava nedostatečně definuje odpovědnosti úředního měřiče za provedené měření.

Závěr

Závěrem lze konstatovat, že institut úředního měření je nejen nepostradatelným prvkem národního metrologického systému, ale že je zejména významným faktorem majícím vliv na průhlednost a korektnost ekonomických transakcí,

bezpečnost a ochranu zdraví osob, životní prostředí a na další obecné zájmy, které nesporně ovlivňují kvalitu našeho každodenního života.

Podle zkušeností autora nezabrání primárně špatně nastavený systém řízení a dokumentování jakéhokoli procesu chybám/neshodám v jeho průběhu a nezvýší ani vědomí odpovědnosti příslušných osob nebo institucí za možné negativní dopady jejich špatné (neodborné) činnosti.

Proto zjevné nedostatky současné státem definované podoby institutu úředního měření, spočívající v absenci pravidel pro sankcionování chyb ve výkonu měření, a tím i v uplatňování adekvátní odpovědnosti úředních měřičů za závěry měření uváděné v jejich dokladech, a také nepochybně cesta nesprávným směrem v podobě problematického nově předepsaného rozsahu administrativních požadavků na dokumentování systému managementu kvality úředního měřiče, stojí za pozornost a zejména za smysluplné řešení či efektivní nápravu.



VYHODNOCENÍ PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE 2019

Ing. Eliška Machová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

V Programu rozvoje metrologie 2019 bylo zařazeno celkem 25 úkolů. Z tohoto počtu řešil Český metrologický institut (ČMI) 6 úkolů, ostatní subjekty zbývajících 19 úkolů. Z nich přidružené laboratoře ČMI, Výzkumný ústav geografický, topografický a kartografický, v.v.i., a Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i., řešily 4 úkoly.

S výjimkou jednoho byly všechny úkoly v souladu s pravidly pro ukončování úkolů PRM a jejich zadáním ukončeny závěrečnými oponenturami, při nichž bylo konstatováno jejich splnění. Oponenti rovněž vesměs ocenili průběh a výsledky řešení úkolů, jejich užitečnost a využití v rámci rozvoje metrologie. Dokončení řešení jednoho úkolu bylo z důvodu dodatečného zadání a nedostatku času přesunuto do roku 2020.

První část článku informuje o úkolech, které řešil Český metrologický institut, v druhé části jsou popsány výstupy úkolů ostatních řešitelů.

V roce 2019 byly řešeny následující úkoly:

A) Úkoly ČMI

- II/1/19 Uchovávání státních etalonů
- V/1/19 Státní metrologický dozor
- VI/1/19 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie
- VII/8/19 Stanovení technických a metrologických požadavků a metod zkoušení při přezkoušení typu a ověřování stanovených měřidel

- VII/9/19 Zpracování metrologických předpisů stanovujících postupy ověřování stanovených měřidel
- VII/10/19 Komplexní revize soustavy opatření obecné povahy pro metrologii (úkol zadáný dodatečně, dokončení řešení během roku 2020)

B) Úkoly řešené ostatními subjekty

- II/2/19 Uchovávání státního etalonu času a frekvence
- II/3/19 Uchovávání státního etalonu délky 24 m až 1450 m
- II/4/19 Uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení
- III/13/19 Rozvoj etalonáže času a frekvence
- III/14/19 Vývoj automatického systému kalibrace heliových netěsností
- VII/1/19 Nové kalibrační postupy
- VII/2/19 Revize kalibračních postupů
- VII/3/19 Metodiky provozních měření
- VII/4/19 Překlady dokumentů WELMEC
- VII/5/19 Podklad pro průběžné sjednocování výpočtu CMC v akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru délka
- VII/6/19 Ná vaznost chemických měření. Zkoušení způsobilosti s malým počtem účastníků
- VII/7/19 Nejistoty měření ukazatelů surové a povrchové vody včetně vzorkování
- VIII/1/19 Přenos přesného času a frekvence pomocí technologie White Rabbit
- VIII/3/19 Metrologické charakteristiky nových psychoaktivních látek

- VIII/6/19 Měření velkých impulzních proudů při svařování
- VIII/9/19 Experimentální stanovení metrologických charakteristik měřidel bodové rychlosti proudu využívající elektromagnetického principu měření
- VIII/16/19 Kapacitní etalony s keramickým dielektrikem hodnot 10 nF a 1 μ F
- VIII/18/19 Případová studie postupu přípravy matricového kandidátského RM půdy metodou přidavku (spikování) organických analytů a vliv tohoto postupu na koncentraci anorganických analytů v této matrici. Ověření vhodnosti přípravy RM tímto způsobem
- VIII/20/19 Zjištění vlivu hloubky ponoření odporového snímače teploty v potrubích o velkém průměru při měření tepla předaného vodou v horkovodech

Výsledky a výstupy řešení jednotlivých úkolů:

A) Úkoly řešené Českým metrologickým institutem

Úkol č. II/1/19 Uchovávání státních etalonů

Základním cílem úkolu byly práce spojené s uchováváním a pravidelným udržováním požadovaných metrologických vlastností 55 státních etalonů ČR uchovávaných v ČMI s cílem zajištění jejich požadované funkčnosti a využitelnosti pro navazování měřidel nižších řádů. (Další tři státní etalony uchovávají přidružené laboratoře ČMI - ÚFE AV ČR a VÚGTK, viz dále v textu úkoly těchto řešitelů.)

Seznam všech státních etalonů je uveden na webových stránkách ÚNMZ v části metrologie v rubrice metrologický systém (<http://www.unmz.cz/urad/statni-etalony-ceske-republiky>).

Úkol č. V/1/19 Státní metrologický dozor

Náplní úkolu bylo jako každý rok zabezpečení výkonu státního metrologického dozoru u autorizovaných a registrovaných subjektů a ostatních uživatelů stanovených měřidel nad dodržováním povinností stanovených zákonem o metrologii, včetně řešení stížností občanů a případů nedodržení zákona o metrologii postoupených Českému metrologickému institutu jinými kontrolními orgány.

Úkol č. VI/1/19 Zabezpečení mezinárodní spolupráce v oblasti metrologie

Jednalo se o komplexní úkol zabezpečující nezbytnou mezinárodní spolupráci v metrologii v zájmu ČR, která je v působnosti ČMI. Řešení úkolu navazovalo na požadavky Usnesení vlády ČR č. 1129/2016 (Koncepce rozvoje národního metrologického systému České republiky pro období let 2017 – 2021) na zapojení českého metrologického systému do aktivní mezinárodní spolupráce s cílem dosažení vysoké technické úrovně a efektivního řešení potřeb českého hospodářství. Rozhodující část úkolů byla zabezpečena formou zahraničních služebních cest.

ČMI zabezpečuje členství ČR v mnoha mezinárodních evropských i světových metrologických organizacích a sdruženích a účastní se jak činností souvisejících s jejich řízením a fungováním, tak i širokého rozsahu odborných činností v podskupinách, odborných výborech apod. těchto organizací. Úkol se týkal především prací v rámci sdružení EURAMET, Metrické konvence, OIML, WELMEC, NOBOMET, DUNAMET, NCSLI, EA a ISO CASCO a zastoupení v mezinárodních komisích (CIE). V rámci úkolu je dále zabezpečována koordinace účasti laboratoří ČMI na projektech vyplývajících ze spolupráce s národními metrologickými instituty v rámci mezivládních dohod.

Úkol č. VII/8/19 Stanovení technických a metrologických požadavků a metod zkoušení při přezkoušení typu a ověřování stanovených měřidel

Náplní úkolu bylo stanovení technických a metrologických požadavků a metod zkoušení při přezkoušení typu a ověřování stanovených měřidel, jejichž druh, nebo dílčí druh, je nově zařazen do návrhu druhového seznamu stanovených měřidel, jenž tvoří přílohu prováděcí vyhlášky k zákonu č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů, resp. přílohu prováděcí vyhlášky k návrhu nového zákona o metrologii.

Pro jednotlivé druhy měřidel byl vypracován:

- návrh a specifikace technických požadavků na příslušné druhy stanovených měřidel,
- návrh a specifikace metrologických požadavků na příslušné druhy stanovených měřidel,
- návrh a specifikace metod zkoušení pro přezkoušení/schvalování typu měřidel,
- návrh a specifikace metod zkoušení pro ověřování stanovených měřidel,
- návrh a specifikace metod zkoušení pro přezkušování stanovených měřidel v době platnosti ověření,
- specifikace zdrojů, které byly použity pro návrhy metrologických a technických požadavků na měřidla příslušného druhu (odkazy na normativní dokumenty, zahraniční právní předpisy apod.).

Tyto zpracované odborné podklady se stanou základním prvkem závazných předpisů právní úpravy metrologie ČR, jejichž účinnosti předchází povinnost notifikace členskými státy Evropské unie.

Úkol č. VII/9/19 Zpracování metrologických předpisů stanovujících postupy ověřování stanovených měřidel

Účelem a cílem tohoto úkolu bylo zpracování metrologických předpisů stanovujících postupy ověřování stanovených měřidel za účelem dosažení jednotné aplikace metod a postupů zkoušení definovaných opatřeními obecné povahy pro obory stanovených měřidel, kde v podmínkách národní právní úpravy metrologie působí subjekty autorizované Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví k ověřování stanovených měřidel. Byly tak vytvořeny verifikované pracovní postupy pro ověřování sedmi druhů stanovených měřidel a zpracovány formou návrhu metrologických předpisů.

Úkol č. VII/10/19 Komplexní revize soustavy opatření obecné povahy pro metrologii

Za období tvorby soustavy opatření obecné povahy (OOP) došlo k několika novelizacím základních právních předpisů pro metrologii v ČR a změnami tak byla dotčena již účinná znění vydaných OOP. Předmětem úkolu byla revize účinných, dříve vydaných opatření obecné povahy pro metrologii s cílem dosažení komplexní harmonizace s aktuální právní úpravou metrologie v ČR (resp. v EU) a předcházení případným konfliktům situacím při volném obchodování s měřidly a při jejich umísťování na český trh. Tento úkol byl zadán dodatečně v 2. pololetí roku 2019, proto byl z důvodu nedostatku času posunut termín jeho dokončení řešení až do roku 2020.

B) Úkoly řešené ostatními subjekty

Úkol č. II/2/19 Uchovávání státního etalonu času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR, v.v.i.

Uchováváním státního etalonu času a frekvence je pověřena Laboratoř Státního etalonu času a frekvence (LSEČF). Hlavní náplní tohoto úkolu je soubor činností nutných pro uchovávání a udržování státního etalonu času a frekvence a zajištění jeho využitelnosti jak v rámci mezinárodní spolupráce při vytváření mezinárodního atomového času TAI, tak pro potřeby kalibračních a expertních činností pro instituce a podniky v ČR i v zahraničí. Na časovou stupnici UTC(TP) se navazují veškerá měření a kalibrace času a frekvence prováděné v ČR. NTP servery řízené vůči UTC(TP) zajišťují synchronizaci ČR v počítačových sítích.

Hlavní činnosti tvořící náplň úkolu:

- Nepřetržitá fyzická aproximace sekundy TAI a s ní koherentních signálů. LSEČF realizuje sekundu mezinárodní časové stupnice TAI (její trvání) cesiovými svazkovými hodinami 5071A/001.
- Realizace národní časové stupnice UTC(TP) jako fyzické predikce času UTC. Národní časová stupnice UTC(TP) je v LSEČF vytvářena rovněž cesiovými hodinami 5071A/001. Odchylka národní časové stupnice UTC(TP) od UTC se fyzicky udržuje v intervalu $|\text{UTC (TP)} - \text{UTC}| < 100 \text{ ns}$ v souladu s doporučením Mezinárodního úřadu pro váhy a míry (BIPM).
- Navazování atomových hodin ČR pro vytváření TAI. Prostřednictvím UTC(TP) se navazují volně běžící atomové stupnice AT(c) čtyř cesiových hodin operujících v ČR, aby mohly vstupovat do váženého průměru pro výpočet stupnice TAI.
- Účast na klíčových porovnání BIPM CCTF-K001.UTC a Rapid UTC. LSEČF se ve spolupráci s BIPM podílí na vytváření světového koordinovaného času UTC v rámci klíčového porovnání BIPM s označením CCTF-K001. UTC a také na výpočtu stupnice „Rapid UTC“ označované jako „UTC_r“.
- Analýza časového transferu z/do laboratoře. Téměř v reálném čase se UTC(TP) průběžně porovnává se stupnicí UTC(USNO), jež je dlouhodobě nejpřesnější a nejstabil-

nější fyzickou predikcí UTC, a se stupnicí UTC(PTB) vytvářenou v pilotní laboratoři pro čas a frekvenci pro Evropu v PTB. Navazovány jsou další cesiové hodiny provozované v ČR.

- Realizace krátkodobě stabilní frekvence.
- Rekalibrace etalonů a základních měřicích systémů laboratoře.
- Přenos jednotky času a frekvence na etalony nižších řádů.
- Uchovávání databáze naměřených dat, výsledků analýz, protokolů o měření.
- Udržování podpůrných systémů laboratoře.
- Spolupráce v oblasti času a frekvence.
- Prezentace výsledků, konzultační činnost, popularizace.

Úkol č. II/3/19 Uchovávání státního etalonu délky 24 m až 1450 m, řešitel VÚGTK, v.v.i.

Základním cílem úkolu bylo uchovávání a udržování metrologických parametrů státního etalonu (SE) délek 24 m až 1450 m, ev. č. ECM 110-13/08-041, kompletu složeného z délkové geodetické základny Košnice a elektronického dálkoměru Leica TCA 2003. Uchováváním státního etalonu délek 24 m až 1450 m je pověřen Výzkumný ústav geodetický a kartografický.

Hlavní náplní úkolu v roce 2019 bylo zajištění metrologické návaznosti SE, systematická měření pro sledování stability délkových parametrů SE, systematická měření náklonů na vybraných bodech SE, příprava návrhu a dokumentace pro úpravu jeho složení. Vědecká rada ČMI schválila návrh nového složení etalonu a stanovením jeho nových metrologických charakteristik.

Úkol je řešen pro splnění požadavků zákona o metrologii, tj. zajištění jednotnosti a správnosti měření a měřidel pro oblast velkých délek, zejména při výstavbě dálniční sítě a železničních koridorů na území ČR a v rámci integrace i v zemích EU.

Úkol č. II/4/19 Uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení, řešitel VÚGTK, v.v.i.

Cílem úkolu bylo uchovávání a rozvoj státního etalonu tíhového zrychlení, kterým byl absolutní balistický gravimetr FG5 č. 215. Uchováváním státního etalonu tíhového zrychlení je pověřen Výzkumný ústav geodetický a kartografický. Úkol sestával z následujících dílčích úkolů:

- kalibrace laseru u gravimetru FG5X-251,
- vyhodnocení porovnávacích měření EURAMET.M.G-K3 a prezentace výsledků na setkání CCM-WGG,
- porovnání absolutních gravimetrů FG5-215/HS5 a FG5X-251/HS5
- příprava dokumentace ke změně SE týkající se zejména změny v měřicím a vyhodnocovacím systému absolutního gravimetru FG5-215,
- příprava dokumentace k rozšíření SE o gravimetr FG5X-251.

Vědecká rada ČMI schválila návrh na změny etalonu, které zahrnovaly změny parametrů gravimetru FG5-215 a rozšíření etalonu o gravimetr FG5X-251.

Úkol byl řešen pro splnění požadavků zákona o metrologii, tj. zajištění jednotnosti a správnosti měření a měřidel pro oblast tíhového zrychlení. Řeší uchovávání etalonu a kvalitativní podmínky pro navazování vědeckých a technických měřidel (relativních gravimetrů a supravodivého gravimetru) dle požadavků státní legislativy ČR a legislativy EU.

Úkol č. III/13/19 Rozvoj etalonáže času a frekvence, řešitel ÚFE AV ČR, v.v.i.

Předmětem úkolu bylo využití indického navigačního systému IRNSS – NAVIC pro časový transfer z/do Laboratoře Státního etalonu času a frekvence (LSEČF) a experimentální ověření tohoto časového transferu. V souladu s plánovaným postupem a cíli úkolu byla provedena teoretická analýza a experimentální ověření časového transferu s využitím systému IRNSS – NAVIC, a dále popis a experimentální ověření algoritmu pro vytváření kompozitní časové stupnice. Využití navigačního systému IRNSS – NAVIC umožní mj. zlepšení nejistoty a spolehlivosti časového transferu k partnerským laboratorům ve východní Asii.

Úkol č. III/14/19 Vývoj automatického systému kalibrace heliových netěsností, řešitel MFF UK

Náplní úkolu bylo experimentální ověření změn citlivosti kvadrupolového hmotnostního spektrometru při použití jako komparátoru proudu plynu primárního průtokoměru plynu a kalibrované heliové netěsnosti. Na základě získaných závislostí bylo navrženo a realizováno optimální uspořádání vakuového systému porovnávání heliových netěsností a byl vyvinut systém automatického měření a zpracování kalibračních dat. Byl vytvořen funkční vakuový systém pro kalibraci heliových netěsností s automatickým záznamem a zpracováním dat s grafickým uživatelským rozhraním včetně jeho metrologické charakterizace. Úkol má význam v metrologii průtoku plynu a zajištění metrologické návaznosti v oblasti velmi nízkých průtoků plynu.

Úkol č. VII/1/19 Nové kalibrační postupy, řešitel ČMS

Náplní úkolu bylo vypracování kalibračního postupu Kalibrace neelektrických veličin elektrickou simulací, který doplnil soustavu kalibračních postupů měřidel. Kalibrace měřidel mají zásadní vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů a vypracované postupy přispívají ke zkvalitnění základního podkladu pro práci kalibračních laboratorů a kontrolních a měřicích pracovišť podnikové sféry.

Úkol č. VII/2/19 Revize kalibračních postupů, řešitel ČMS

Cílem řešení úkolu bylo uvést existující kalibrační postupy do souladu s platnými normami a jejich doplnění o postupy stanovení nejistot a vzorové příklady a dále sjednocení jejich obsah a formy.

Revidovány byly postupy pro následující skupiny měřidel:

- Střídavý klešťový ampérmetr
- Měřítka (plochá, tenká a ohebná a stáčecí)
- Měřické pásmo
- Poloměrové šablony

- Závitový třmenový kalibr
- Závitové šablony

Úkol č. VII/3/19 Metodiky provozních měření, řešitel ČMS

Náplní úkolu bylo vypracování nových metodik provozních měření, které představují postupy pro správné a jednotné měření v technologických i laboratorních aplikacích. Metodiky mají přímý vliv na kvalitu výrobních a kontrolních procesů v průmyslových a zdravotnických provozech. Doplnují a kompletují předpisové základny pro průmyslové aplikace.

V rámci úkolu byly vypracovány následující čtyři metodiky:

- Metodika měření s digitálními multimetry (DMM) pro privátní použití
- Indikační 3,5 dig. levné typy (řada DT 380)
- Měření a simulace procesních signálů v průmyslových aplikacích
- Měření pasivních elektrických veličin

Úkol č. VII/4/19 Překlad dokumentů WELMEC, řešitel ČMS

Cílem úkolu bylo zajištění kvalitních překladů mezinárodně uznávaných dokumentů vydávaných evropským sdružením WELMEC pro potřeby jejich uživatelů v České republice.

Do češtiny byly přeloženy následující návodové příručky WELMEC v aktuálním znění: 6.10, 6.11, 6.14, 7.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 10.8, 11.4, 11.5.

Úkol č. VII/5/19 Podklad pro průběžné sjednocování výpočtu CMC v akreditovaných kalibračních laboratořích v oboru délka, řešitel ČIA, o.p.s.

Cílem úkolu bylo vypracovat podrobný návod pro zhodnocení všech příspěvků k nejistotě měření v oboru délka, sjednocující jednotlivé složky uvažované při rozpočtu nejistot a stanovování hodnoty CMC laboratoře. Sjednocený způsob výpočtu CMC výrazně zlepšuje porovnatelnost výkonu jednotlivých laboratorů v oboru tlak.

Úkol č. VII/6/19 Návaznost chemických měření. Zkoušení způsobilosti s malým počtem účastníků, řešitel EURACHEM-ČR

Cílem úkolu bylo vytvoření nové metodické příručky určené zejména pro pracovníky chemických a klinických laboratorů a pro organizátory zkoušení způsobilosti. Příručka sestává ze dvou částí. První z nich obsahuje oficiální odborný překlad do češtiny pokynu Eurachem/CITAC „Traceability in Chemical Measurement“, 2. vydání z roku 2018. Druhou částí je metodický návod pro pořádání zkoušení způsobilosti v případě malého počtu účastníků, který obsahuje návod k provedení a způsoby statistického vyhodnocení úspěšnosti jednotlivých účastníků. Příručka je vydána elektronicky (ve formátu pdf) jako 24. díl řady příruček KVALIMETRIE a je zdarma k dispozici na webových stránkách spolku Eurachem-ČR.

Úkol č. VII/7/19 Nejistoty měření ukazatelů surové a povrchové vody včetně vzorkování, řešitel CSLab spol. s r.o.

Náplní úkolu bylo stanovení reálně dosahovaných nejistot měření ukazatelů v surové a povrchové vodě, odhadem jejich cílových nejistot, včetně vzorkování, pomocí cíleného mezilaboratorního experimentu. Řešení úkolu reagovalo na změny legislativy v oblasti životního prostředí, zejména prováděcích vyhlášek zákona č. 274/2001 Sb, o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, vydání nových norem ČSN EN ISO 5667-6 Návod pro odběr vzorků z řek a potoků (2017) a ČSN ISO 5667-4 Návod pro odběr vzorků z jezer a vodních nádrží (2018) a zavádění normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.

Výsledky úkolu jsou využitelné mj. při tvorbě dalších právních předpisů, stanovení maximální nejistoty ukazatelů surové a povrchové vody pro limitní hodnoty a dále pro zkušební laboratoře při vyhodnocení nejistot měření při přechodu na novou normu ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 (bod 7. Požadavky na proces) a ke sjednocení nejistot zkušebních laboratorů.

Úkol č. VIII/1/19 Přenos přesného času a frekvence pomocí technologie White Rabbit, řešitel FEL ČVUT, katedra měření

Cílem úkolu bylo ověření a praktická realizace distribuce časové stupnice FEL Time z cesiového etalonu FEL po optických trasách s využitím moderní technologie White Rabbit (WR). Sítě WR umožňují reprodukovat referenční časovou stupnici ve vzdálenosti řádově jednotek metrů až desítek kilometrů s nejistotou lepší než 1 ns. Úkol navázal na úkoly Programu rozvoje metrologie řešené na Katedře měření FEL ČVUT v předchozích letech.

V rámci řešení úkolu byl proveden:

- teoretický rozbor přenosu přesného času a frekvence po optických vláknech pomocí technologie White Rabbit za účelem porovnání nebo navázání lokálních časových stupnic,
- návrh a realizace sítě WR Network (WRN) na FEL ČVUT s možností rozšíření v areálu ČVUT v Praze - Dejvicích,
- návrh konkrétního technického řešení optického přenosu času a frekvence založeného na technologii WR mezi FEL ČVUT v Praze, sdružením CESNET (oba subjekty jsou v areálu ČVUT) a Státním etalonem času a frekvence (ÚFE AV ČR, Praha - Kobylice),
- experimentální ověření dosažitelných technických parametrů systému WR,
- implementace metod stanovení asymetrie jednotlivých prvků systému WR a reálné přenosové trasy,
- analýza dosažitelné přesnosti porovnání časových stupnic nebo transferu času/frekvence při použití technologie WR, vyhodnocení možností kompenzace asymetrie zpoždění přenosové trasy.

Úkol č. VIII/3/19 Metrologické charakteristiky psychoaktivních látek, řešitel VŠCHT

Cílem úkolu bylo určení metrologických charakteristik nových syntetických látek zneužívaných jako psychoaktivní

drogy a validace pracovních standardů těchto látek pro praktické využití ve forenzních a toxikologických laboratořích, zejména v Celní správě a Policii České republiky. V rámci úkolu bylo řešeno šest nových psychoaktivních látek.

Úkol č. VIII/6/19 Měření velkých impulzních proudů při svařování, řešitel FEL ČVUT, katedra elektroenergetiky

Cílem tohoto úkolu bylo stanovení postupu měření impulzních proudů s maximální hodnotou 5 kA, resp. kalibrace systémů pro tato měření. Téma tohoto úkolu vzniklo na základě opakovaných požadavků z praxe na měření velkých impulzních proudů generovaných zařízeními pro svařování.

Úkol sestával ze dvou částí:

- Teoretická část úkolu se zabývala měřením impulzních proudů s maximální hodnotou proudu 5 kA a nastavitelnou střídou v poměru cca 1:10 až 1:30. Rovněž bylo navrženo řešení pro případy, kdy proudový obvod nelze rozpojit.
- Experimentální část, v jejímž rámci byl navržen a ověřen postup pro měření maximální a efektivní hodnoty impulzního proudu s maximální hodnotou do 5 kA, s proměnnou střídou a tvarem měřeného impulsu, včetně vyjádření nejistot.

Výsledky řešení úkolu budou prezentovány na odborných konferencích.

Úkol č. VIII/9/19 Experimentální stanovení metrologických charakteristik měřidel bodové rychlosti proudu využívající elektromagnetického principu měření, řešitel ÚVS FS VUT v Brně

V současné době se pro měření bodové rychlosti proudu používají vodoměrné vrtule s rotačním prvkem, které jsou v oblasti úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou jediným schváleným měřidlem. Cílem úkolu bylo posoudit možnost využití elektromagnetických měřidel bodové rychlosti pro potřeby úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou. Tato měřidla mají širší možnosti využití a umožňují měřit bodovou rychlost proudu v místech, kde je to s vodoměrnými vrtulami s rotačním prvkem komplikované či nemožné. V rámci zpracování úkolu byly v návaznosti na teoretický popis principů měření provedeny opakované experimentální zkoušky zaměřené na posouzení technických a metrologických charakteristik šesti konkrétních měřidel a vyhodnocení takto získaných experimentálních dat. Na základě vyhodnocení výsledků řešení úkolu bude použito elektromagnetických měřidel bodové rychlosti pro potřeby úředního měření průtoku v profilech s volnou hladinou zpracováno do metrologického předpisu MP 010 Českého metrologického institutu.

Úkol č. VIII/16/19 Kapacitní etalony s keramickým dielektrikem hodnot 10 nF a 1 μF, řešitel FEL ČVUT, katedra měření

Cílem tohoto úkolu byla realizace etalonů jmenovitých hodnot 10 nF a 1 μF ze sad elementů pro povrchovou montáž s menšími kapacitami za účelem doplnění sady kapacitních

etalonů používaných v současné době na řešitelském pracovišti. K realizaci etalonů byly použity kapacitních elementy s keramickým dielektrikem NP0 (COG) a byly provedeny metrologické testy a zjištěny vlastnosti realizovaného etalonu. Výhodou těchto etalonů jsou vedle kompaktního provedení zejména dobré metrologické parametry (malé kmitočtové závislosti hodnoty a malé ztrátové činitele). Etalony budou využity v rámci výzkumného programu řešitelského pracoviště a budou též k dispozici pro mezilaboratorní porovnání.

Úkol č. VIII/18/19 Případová studie postupu přípravy matricového kandidátského RM půdy metodou přidavku (spikování) organických analytů a vliv tohoto postupu na koncentraci anorganických analytů v této matrici. Ověření vhodnosti přípravy RM tímto způsobem, řešitel ANALYTIKA, spol. s r.o.

Využívání CRM při validaci a verifikaci analytických metod a kontrole správnosti měření je jedním z požadavků normy ISO 17025 pro posouzení kompetence zkušebních a kalibračních laboratoří. Matricové referenční materiály tvoří základní stavební prvky metrologické infrastruktury v oblasti chemických měření pro potřeby životního prostředí. Cílem úkolu bylo prověřit možnosti přípravy a využití „umělého“ kandidátského RM v oblasti půd jako matricových RM se zřetelem na požadavky stability a homogenity připravovaného materiálu. V rámci řešení úkolu bylo provedeno porovnání homogenity „umělé“ připraveného kandidátského RM přidáním požadované koncentrace analytu s přírodním kandidátským RM a porovnání krátkodobé stability hodnoty koncentrace, a to včetně rozšířené kombinované nejistoty uměle přidávaných (spikovaných) a „přírodních“ analytů. Na základě získaných dat bylo prokázáno, že spikovaný materiál zemědělské půdy vykazuje na všech organických i anorganických analytech vysoký stupeň homogenity dostatečný pro daný účel a velmi dobrou krátkodobou stabilitu pro většinu sledovaných pesticidů. Posouzení stability více než dvaceti běžně používaných moderních pesticidů otevírá nový pohled na možnost jejich použití při přípravě referenčních materiálů obsahující tyto organické látky. Řešení úkolu přinese mj. zjednodušení přípravy RM, možnost okamžité reakce na změny legislativních požadavků v oblasti environmentální analýzy a využití při sledování kvality životního prostředí a splnění požadavků na metrologickou návaznost prováděných měření.

Úkol č. VIII/20/19 Zjištění vlivu hloubky ponoření odporového snímače teploty v potrubích o velkém průměru při měření tepla předaného vodou v horkovodech, řešitel KROHNE CZ

Předmětem úkolu bylo zjištění vlivu hloubky ponoření odporového snímače teploty na měření střední teploty topné vody protékající potrubím o velké jmenovité světlosti ($\geq DN 300$) v reálných podmínkách průmyslové praxe. Měření teploty teplosnosné látky má významný vliv na měření tepla ve velkých průměrech potrubí. Naměřené teplo je ve většině případů vstupní hodnotou pro další hodnocení ztrát tepla v rozvodné síti a má významný podíl v kalkulaci cen tepla konečným odběratelům.

V rámci řešení úkolu bylo provedeno:

- Měření a vyhodnocení teploty topné vody ve dvou vodorovných potrubích DN 700 ve čtyřech různých místech průřezu potrubí v rozsahu provozních teplot proudící topné vody v reálných provozních podmínkách.
- Vyhodnocení změřené hodnoty tak, aby byl prokázán nebo vyloučen vznik teplotního gradientu v průřezu potrubí, který je významný pro měření množství tepla dodaného topnou vodou.
- Vypracování zprávy s doporučením pro způsob montáže odporových snímačů teploty pro měření tepla předaného vodou v potrubích $\geq DN300$.

Výše uvedené vyhodnocení Programu rozvoje metrologie 2019 je pouze stručnou informací o náplni a základních výstupech řešení jednotlivých úkolů zařazených do programu. Kompletní zprávy, případně další písemné dokumenty popisující výsledky řešení výše uvedených úkolů jsou k dispozici u zadavatele (ÚNMZ) těchto úkolů a jejich řešitelů. Například vzorové kalibrační postupy a metodiky provozního měření jsou umístěny na webových stránkách České metrologické společnosti a jsou volně ke stažení, stejně tak příručky vypracované EURACHEM nebo Českým institutem pro akreditaci jsou ke stažení na webových stránkách těchto řešitelů. Jak je z popisu úkolů zřejmé, je Program rozvoje metrologie orientován vyváženě na oblasti fundamentální, průmyslové i legální metrologie. Podporuje tak rozvoj technické i znalostní základny metrologické návaznosti, přispívá k zabezpečování kvality ve výrobě a zabývá se i ochranou spotřebitele a dalších veřejných zájmů cestou legální metrologie. Výsledky úkolů programu rozvoje metrologie jsou dále využívány v metrologickém výzkumu i v praxi.



Na stránkách sdružení NMI Euramet je k dispozici zajímavá zpráva o projektu *Quantum ampere: Realisation of the new SI ampere* (<https://www.euramet.org/meta-menu/newsletter/>)

Klíčovým výstupem projektu byla první úspěšná prototypová realizace ampéru, založená na SET s nejistotou pouze 0,2 ppm, lepší než dosud nejlepší realizace ampéru v rámci SI.

Dalším výstupem je vývoj ultrastabilního nízkosumového zesilovače proudu; ten poskytuje Evropě špičkové přístrojové vybavení pro přesné měření malých proudů. Byl validován v rámci projektu jako cestovní etalon pro malé stejnosměrné proudy a věc byla komerčně využita SME (Asociace pro podporu průmyslu, viz www.sme.org) a je k dispozici pro použití kalibračními laboratořemi, vyžadujícími realizaci nově definovaného ampéru pro měření malých proudů a vysokoohmových rezistorů.

NABÍDKA AKCÍ ČMS NA I. POLOLETÍ ROKU 2020



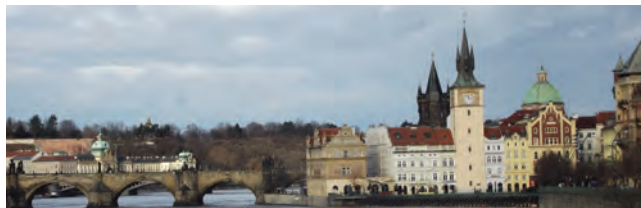
Česká metrologická společnost, z. s.

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel./fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms



Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
3. 3. až 4. 3. 2020 Hotel PRIMAVERA, Plzeň	Ko 562-20	29. mezinárodní konference MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI
11. 3. 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 563-20	Řízení metrologie v organizaci
20. 4. až 23. 4. 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 501	K 564-20	52. Základní kurz metrologie
2. dubna 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 220	K 565-20	Aplikace normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 v laboratoři

13. května 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 566-20	Tolerance úchylek tvaru a polohy New! 
25. května 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	---	Členská schůze České metrologické společnosti, z.s.
3. června 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 567-20	Nejistoty měření ve strojírenství
10. června 2020 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 568-20	Zkoušení kovových materiálů New! 

Nabídka akcí ČMS na I pololetí roku 2020 bude průběžně aktualizována a aktuální informace budou zveřejněny na www.csvts.cz/cms v menu Odborné akce / Kalendář akcí ČMS.

Další podrobnosti o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení budou postupně uváděny na webových stránkách ČMS www.csvts.cz/cms v menu Odborné akce/Kalendář akcí ČMS.

Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Jitka Hrušková, Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, Ing. Petr Pánek, CSc., RNDr. Klára Popadičová, Ing. Pavel Rubáš, doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek.

Přizvání: PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 10 % DPH. Vydavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) ve spolupráci s Českým metrologickým institutem, Českou metrologickou společností a Českým kalibračním sdružením. Sídlo vydavatele: ÚNMZ, Biskupský dvůr 1148/5, 110 00 Praha 1. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: únor 2020. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Foto na obálce:

Ověřování bezkontaktního tonometru pomocí zkušebního zařízení flapper

Photo on the front page:

Verification of non-contact tonometer using a test device flapper

