

1/2014  
ROČNÍK 23

# METROLOGIE

VĚDECKÁ  
LEGÁLNÍ  
PRAKTICKÁ





**VĚDA A VÝZKUM**

Dr. Ing. Radek Strnad, Bc. Martina Rudolfová  
Státní etalon vlhkosti plynů .....2

Mgr. Martin Vičar a kol.  
Státní etalon vysokého vakua .....5

Mgr. Petr Klapetek, PhD. a kol.  
Státní etalon délky a tvaru  
v oblasti nanometrologie .....11

**METROLOGIE V PRAXI**

Ing. Josef Vojtíšek  
Outsourcing v metrologii .....15

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Jana Horská, PhD.  
Měření kapacity s DMM .....18

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.  
Metrologický řád organizace a související  
dokumenty a předpisy .....21

**LEGÁLNÍ METROLOGIE**

Ing. Jan Tichý  
Novinky v oblasti referenčních materiálů .....25

**STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ**

Helena Jirásková, Ing. Vojtěch Petřík, CSc.  
Plán standardizace – program rozvoje  
zkušebnictví v roce 2013 .....28

**INFORMACE**

Ing. Jiří Beran  
Program rozvoje metrologie 2013,  
úkoly řešitelů mimo ČMI .....31

Bc. Patrik Vagel  
Den ÚNMZ - 2014 .....35

Bc. Patrik Vagel  
Setkání předsedů TNK a předání ceny  
Vladimíra Lista a čestných uznání  
Vladimíra Lista 2013 .....36

Ing. Eliška Machová  
Zasedání pracovní skupiny a výboru pro měřidla  
při evropské komisi .....37

Ing. Emil Grajciar  
Nabídka akcí České metrologické společnosti .....38

**PR**

Rozhodčí řízení:  
Za svým právem a penězi rychleji .....39

**SCIENCE AND RESEARCH**

Dr. Ing. Radek Strnad, Bc. Martina Rudolfová  
National Etalon of Gas Humidity .....2

Mgr. Martin Vičar et. al.  
National Etalon of High Vacuum .....5

Mgr. Petr Klapetek, PhD. et. al.  
National Etalon of Length and Shape  
in Nano-Metrology .....11

**METROLOGY IN PRACTICE**

Ing. Josef Vojtíšek  
Outsourcing in Metrology .....15

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Jana Horská, PhD.  
Capacitance Measurement Using DMMs .....18

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.  
Metrological Rules of the Organisation  
and Related Documents and Regulations .....21

**LEGAL METROLOGY**

Ing. Jan Tichý  
News in the Field of Reference Materials .....25

**TESTING**

Helena Jirásková, Ing. Vojtěch Petřík, CSc.  
Standardisation Plan – Development Programme  
of Testing in 2013 .....28

**INFORMATION**

Ing. Jiří Beran  
Metrology Development Programme 2013 –  
Projects of Researchers outside of ČMI .....31

Bc. Patrik Vagel  
UNMZ Day – 2014 .....35

Bc. Patrik Vagel  
Meeting of TNK Chairmen and Presentation  
of Vladimir List Award and Vladimir List  
Honourable Mentions for 2013 .....36

Ing. Eliška Machová  
Meeting of the Working Group and Committee for  
Measuring Instruments with the European Commission .....37

Ing. Emil Grajciar  
Events Offered by the Czech Metrological Society .....38

**PR**

Arbitration Proceedings:  
A Faster Way to Gain One's Right and Money .....39

## STÁTNÍ ETALON VLHKOSTI PLYNŮ

Dr. Ing. Radek Strnad, Bc. Martina Rudolfová

Český metrologický institut, OI Praha

## Abstrakt

Příspěvek popisuje nově vyvinuté zařízení pro zajištění primární etalonáže vlhkosti plynů za zvýšeného tlaku. Jeho vývoj reflektoval stále se zvětšující požadavky uživatelů vlhkoměrů a využíval zkušeností a pomoci pracovníků z ostatních metrologických institutů (hlavně VSL a MIKES) a tuzemského partnera NET4GAS.

V listopadu 2013 došlo k úspěšnému obhájení primárního generátoru vlhkosti plynů za účelem vyhlášení státního etalonu. Toto zařízení zaujímá místo na vrcholu návaznosti v ČR.

Rozsah příspěvku neumožňuje uvést všechny výsledky zkoumání tohoto etalonu. Pro zájemce odkazujeme na interní zprávy dostupné u autorů příspěvku – [6], [8], [9], [10].

## Úvod

Vlhkost má vliv na celou řadu přírodních a technologických procesů, a proto zjišťování vlhkosti je důležitou součástí průmyslových měření. Vlhkost vzduchu se vyjadřuje celou řadou fyzikálních veličin. Jsou to především ty, které určují stav vodní páry nezávisle na okolním vzduchu nebo jiném plynu, např. tlak vodní páry, absolutní vlhkost, relativní vlhkost, atd. Další skupina vyjadřuje poměry vodní páry v závislosti na vzduchu, který je v daném objemu: směšovací poměr, hmotnostní koncentrace páry apod. Další skupinou jsou veličiny odvozené z měření: teplota rosného bodu, teplota mezniho adiabatického ochlazení, apod.

Do současné doby byly vlhkoměry v ČR navazovány přes tzv. transfer etalony na primární generátory ostatních států (hlavně PTB). Proto přistoupil Český Metrologický Institut k vybudování vlastního primárního etalonu vlhkosti různých plynů. Činnosti, které byly vykonávány na daném zařízení zahrnovaly kromě udržování, resp. zvyšování přesnosti měření v jednotlivých bodech, i práce spojené s účastí na mezinárodních porovnáních EURAMET, rozvojových projektech a na zajištění návaznosti v oblasti měření vlhkosti plynů. Motivací k vybudování primárního generátoru vlhkosti bylo zabezpečení realizace návaznosti měřidel vlhkosti v ČR a jejich kalibrace pro koncové uživatele (hlavně pro oblast tzv. energetických plynů). V rámci zemí EURAMET je vývoj tohoto zařízení plně v souladu s rozvojovým plánem [4].

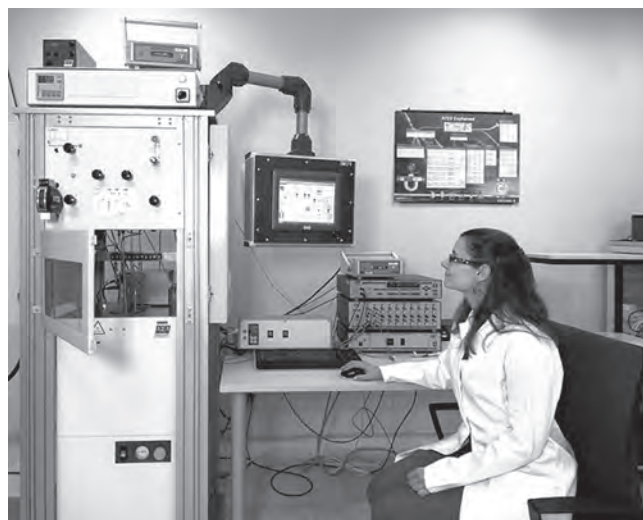
Vývoj prezentovaného zařízení byl inspirován požadavky plynárenských přečerpávacích stanic. Často je kalibrace a návaznost rosného bodu vlhkosti vykonávána za přítomnosti vzduchu, tyto podmínky ovšem nezodpovídají reálným podmínkám, ve kterých zařízení pracují. Proto bylo vyvinuto zařízení – generátor vlhkosti plynů, aby se podmínky při kalibraci měřidel co nejvíce přiblížily k reálným podmínkám. Zařízení umožňuje navázání měřidel při vysokém tlaku proudícího média, které má podobné složení jako zemní plyn, popřípadě jiné energetické plyny.

Státní etalon může být charakterizován jako 1P1T generátor. To znamená, že konečná měřená vlhkost je závislá na jednom měřeném tlaku a jedné, konstantní, teplotě. Generátor umožňuje měření rosného bodu při různých tlacích až do 15 MPa za přítomnosti různých plynných médií (např. N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>).

## Popis etalonu

Generátor umožňuje pracovat v režimech 1P1T, 2P1T, 2P2T a 1P2T pro kalibraci a navazování měřidel rosného bodu a relativní vlhkosti. Rosný bod je určen teplotou, na kterou je třeba vzorek ochladit, aby byl vodní parou nasycen, nastává kondenzace a začíná vodní pára kondenzovat.

Etalon vlhkosti plynů se skládá ze sestavy saturátoru a předsaturátoru, regulačního ventilu, několika měřidel tlaku a tlakové difference, měřidel průtoku plynného média a kontrolního měřidla rosného bodu.

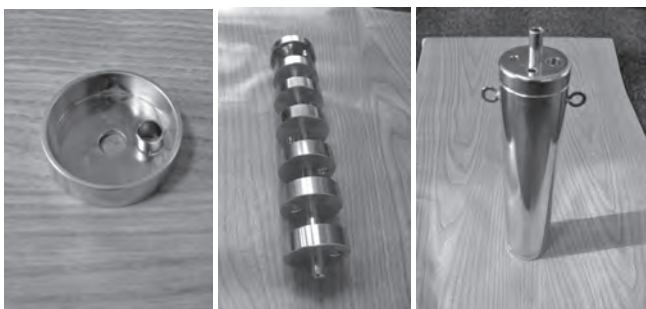


Obr. 1: Etalon měření vlhkosti plynů za zvýšeného tlaku

Celý systém musí splňovat požadavky na použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, všechny přístroje musí disponovat platnými certifikáty ATEX. Dále bude uveden soupis jednotlivých přístrojů i s požadavky na jejich vlastnosti:

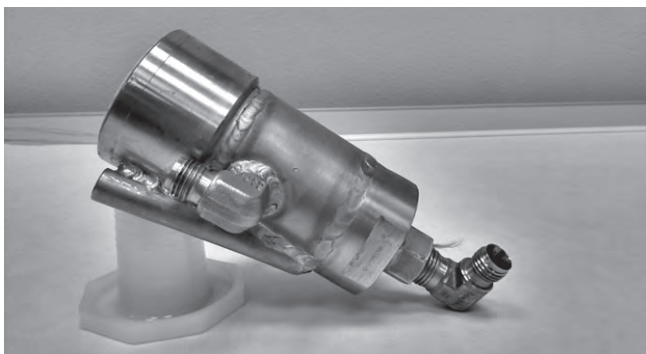
- materiál smáčených částí – elektrolyticky leštěná nerez ocel,
- veškeré ventily a trubičky – Swagelok,
- měření tlaku a tlakové difference – průmyslové snímače Rosemount 3051S s nejistotou 0,05 % z rozsahu,
- měření teploty v saturátoru a v lázni – odporové snímače teploty Pt100 v kovovém obalu – etalon druhého řádu s nejistotou do 5 mK,
- regulace tlaku – soustava elektricky ovládaného regulačního ventilu a průmyslového regulátoru ZEPADIG s velmi vysokou stabilitou,
- měření průtoku – plovákové průtokoměry pro vysoký a atmosférický tlak,

- souprava saturátoru – požadavkem je velká plocha kontaktu čisté vody s měřeným plynem (turbulentní proudění) a malá (měřená) tlaková ztráta. Vlastní design je znázorněn na následujícím obrázku (**obr. 2**),
- předsaturátor – pokud je nutné z provozních důvodů použít větší množství vody (vyšší teploty saturace), je možné připojit hrubý předsaturátor. Potom celý systém pracuje na principu hrubé saturace v předsaturátoru a následně jemné saturace ve vlastním saturátoru.



Obr. 2: Design saturátoru

Etalon vlhkosti plynů je složen z mobilní části (lihová lázeň, odporový most s přepínačem měřicích míst) a pevné části (vše ostatní). Hmotnost celé sestavy je 300 kg. V lihové lázni jsou ponořeny teploměry Pt100 výrobce Ametek, připojené na odporový most ASL F300. Saturátor je ponořen v lihové lázni a naplněn destilovanou vodou. Přes saturátor prochází plynné médium, které je sycené při daném tlaku a teplotě. Nasycené médium prochází přes vysokotlakou celu a průtokoměr. Na něm je možné pomocí ručního ventilu redukovat tlak. Na výstup je připojena další cela (nízkotlaká), která je izolovaná a vyhřívána na požadovanou teplotu (např. 24 °C). Data z měřicí cely jsou zpracovávány pomocí sondy 134991HP ST2 Optidew vision – Mitchell Instrument. Na dalším obrázku je vidět nízkotlaká cela.



Obr. 3: Nízkotlaká cela

Jako nosné médium vlhkosti je možné použít různá média – například vzduch, dusík a metan. Tlak v generátoru vlhkosti je měřený pomocí šesti tlakových převodníků (ROSEMOUNT typ 3051S). Rozsah měření tlaku je od 80 kPa až do 15 MPa. Tlak v saturátoru je regulován pomocí průmyslového regulátoru (Zepadig, ZPA Nová Paka). Plyn na výstupu z generátoru je odváděn mimo prostory laboratoře a budovy, ve které je generátor umístěn.

#### Základní metrologické charakteristiky

Státním etalonem vlhkosti plynů je realizována teplota rosného bodu s nejistotami uvedenými dále (pro  $k=2$ ):

Vlastnost	Specifikace
Médium	vzduch, dusík, metan, zemní plyn
Tlak	do 15 MPa
Rosný bod média	(-70 až +40) °C
Nejistota ( $k=2$ )	(0,08 až 2,5) °C

Analýza nejistoty byla zpracována v souladu s doporučením EURAMET [5] a zahrnuje následující položky:

#### Vliv teploty

Plyn, který vychází ze saturátoru musí mít definovanou teplotu. Pro její určení je nutné znát a udržovat co nejlepší stabilitu a homogenitu teplotní lázně. Znát kalibrační nejistoty všech částí měření teploty (teploměr, kabeláž, odporový normál, přepínač, most, chyba interpolace, samoohřev) včetně driftu a rozlišení.

Teplota v nízkotlaké cele nevstupuje do rozpočtu nejistot z principu 1P1T generátoru.

#### Vliv tlaku

Vliv tlaku měřeného média je velmi významný zejména při definování kalibračních křivek rosnobodových teploměrů pro různé tlaky. Jednotlivé složky jsou:

- stabilita tlaku v saturátoru,
- homogenita tlaku v saturátoru,
- difference tlaku mezi saturátorem a měřicí celou,
- kalibrace, drift a rozlišení měřidel tlaku.

#### Vliv průtoku

Vliv průtoku média na výstup kalibrovaného rosnobodového snímače teploty lze rozdělit do dvou částí:

- vliv na kalibrované měřidlo,
- vliv na účinnost saturace.

Oba vlivy je obtížné oddělit, a proto jsou v rozpočtu nejistot sloučeny.

#### Vliv média

Na správný chod generátoru má vliv čistota použitých částí a čistota použité vody. Všechny smáčené části byly vyrobeny ze speciální leštěné nerez oceli pro minimalizaci absorpčních jevů. Použitá voda je filtrovaná, destilovaná a chemicky čistá.

Vliv plynného média na kalibrační křivku rosnobodového teploměru není zahrnut do rozpočtu nejistot generátoru.

**Vliv kalibrovaného přístroje**

Zde se uplatňuje rozlišení, vliv dynamiky měřidla a jeho krátkodobá stabilita.

Příklad rozpočtu nejistot pro kalibraci rosnobodového přístroje Michell na vzduchu je uveden v **tabulce** dole.

**Závěr**

V příspěvku byl ukázán design nově vytvořeného zařízení, které je vyhlášeno jako státní etalon v ČR. Uvedené zařízení slouží k navazování vlhkoměrů plynů za zvýšeného tlaku. Práce na rozvoji tohoto etalonu se nezastavují a v současné době je připravován sekundární etalon vlhkosti plynů za zvýšeného tlaku založený na směšovací principu. Toto zařízení umožní výrazným způsobem zefektivnit proces kalibrace vlhkoměrů při rozdílném tlaku média.

Využití tohoto státního etalonu je poměrně široké. Svoji flexibilitou umožňuje provádět navazování uživatelských měřidel vlhkosti všude tam, kde je nutné provádět měření za tlaku jiného než je atmosférický a různých médií. Jedná se zejména o oblasti přepravy a prodeje zemního plynu (včetně výdejních stanic CNG) a o prodej a distribuci energetických plynů (biogas, degas, aj.). Zjednodušeně řečeno libovolného plynu, kde je nutné znát energetickou hodnotu média.

V neposlední řadě najde uplatnění při kalibracích měřidel sloužících pro měření stlačeného média (nejčastěji vzduch a CO<sub>2</sub>) v technologiích, kde je nutné znát, popřípadě regulovat, obsah vlhkosti (potravinářství, farmacie, čistá chemie, aj.)

**Literatura**

[1] ČSN ISO 80000-9: Veličiny a jednotky – Část 9: Fyzikální chemie a molekulová fyzika.  
 [2] Benyon R., Gallegos J. G., Avila S., Benito A., Mitter H., Bell S., Stevens M., Boese N., Ebert V., Heinonen M., Sairanen H., Peruzzi A, Gavioso R. M., Val'kova M.: AN INVESTIGATION OF THE COMPARATIVE PERFORMANCE OF DIVERSE HUMIDITY SENSING

TECHNIQUES IN NATURAL GAS, Symposium on temperature and thermal measurements in industry and science, October 14-18, 2013, Madeira, Portugal, ISBN: 978-972-8574-15-4, pp. 95.

[3] EMRP – Characterisation of Energy Gases EMRP research project, <http://www.npl.co.uk/emrp-energygases>.  
 [4] Fernicola V. Bell S., Benyon R., Bose N., Georgin E., Heinonen M., Hudoklin D., Sargent M.: A EUROPEAN ROADMAP FOR HUMIDITY AND MOISTURE, Symposium on temperature and thermal measurements in industry and science, October 14-18, 2013, Madeira, Portugal, ISBN: 978-972-8574-15-4, pp. 80.  
 [5] Heinonen M.: Uncertainty in humidity measurements, Publication of the EUROMET Workshop P758, Publication J4/2006.  
 [6] Rudolfová M., Strnad R., Prokeš O.: An influence of different medium in generator at elevated pressure, Symposium on temperature and thermal measurements in industry and science, October 14-18, 2013, Madeira, Portugal, ISBN: 978-972-8574-15-4.  
 [7] Sairanen H., Heinonen M.: ENHANCEMENT FACTOR FOR WATER VAPOUR PRESSURE CORRECTION IN HUMID METHANE, Symposium on temperature and thermal measurements in industry and science, October 14-18, 2013, Madeira, Portugal, ISBN: 978-972-8574-15-4, pp. 189.  
 [8] Strnad R., Rudolfová M.: Primární generátor vlhkosti a kalibrace na různých médiích za vyššího tlaku, Konference Škola teploty a vlhkosti, Lázně Bělohrad, 15-17.1.2013, 2013.  
 [9] Strnad R., Rudolfová M., Otych J., Bílek J., Prokeš O.: A Development of primary generators at CMI, Symposium on temperature and thermal measurements in industry and science, October 14-18, 2013, Madeira, Portugal, ISBN: 978-972-8574-15-4.  
 [10] Závěrečné zprávy úkolů technického rozvoje laboratoře vlhkosti (2010-2012), ČMI.

Vliv	$z_{max}$		Rozdělení	k	$u_x$		k		$u_y$	
<b>Lázeň</b>										
Homogenita	0,008	°C	rovnoměrné	1,732	0,004618802	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0046880	°C
Stabilita	0,016033	°C	rovnoměrné	1,732	0,009256562	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0092566	°C
<b>Měření teploty</b>										
Měření odporu	0,002	°C	normální	2,000	0,001	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,001	°C
Kalibrace	0,005	°C	normální	2,000	0,0025	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0025	°C
Drift	0,005	°C	rovnoměrné	1,732	0,002886751	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0028868	°C
<b>Ostatní vlivy</b>										
Vliv průtoku	0,11547	°C	rovnoměrné	1,732	0,066666667	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0666667	°C
Vliv tlaku	0,05	°C	rovnoměrné	1,732	0,028867513	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0288675	°C
Vliv čistoty vody	0,005	°C	rovnoměrné	1,732	0,002886751	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0028868	°C
Rozlišení měřidla rosného bodu	0,05	°C	rovnoměrné	1,732	0,028867513	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0288675	°C
Opakovatelnost	0,005	°C	normální	2,000	0,0025	°C	1	°C·°C <sup>-1</sup>	0,0025	°C
Kombinovaná nejistota (°C)	0,078953858									
k	2									
Rozšířená nejistota (°C)	0,157907716									
U zaokrouhleno (°C)	0,16 pro t=2 °C a p=260 kPa, médium vzduch									

## STÁTNÍ ETALON VYSOKÉHO VAKUA

**Mgr. Martin Vičar, Ing. Zdeněk Krajíček, PhD.,**  
**Mgr. Dominik Pražák, PhD.,**  
**Ing. František Staněk, PhD.,**  
**RNDr. Jiří Tesař, Ph.D.** <sup>1)</sup>

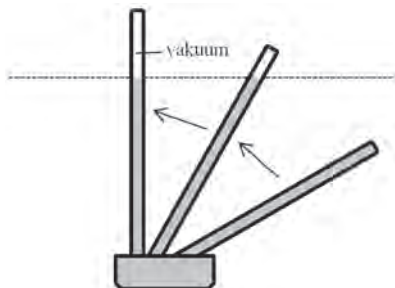
**RNDr. Ladislav Peksa, CSc., RNDr. Tomáš**  
**Gronych, CSc., Mgr. Martin Jeřáb, Ph.D.,**  
**Doc. RNDr. Petr Řepa, CSc.** <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> ČMI, Okružní 31, 638 00 Brno

<sup>2)</sup> MFF UK v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

Žijeme potopení na dně moře vzduchu, napsal v roce 1644 italský fyzik a matematik Evangelista Torricelli.

Přemýšlel o neúspěšné snaze pumpařů toskánského velkovévody dostat vodu do výšky 12 metrů pomocí sací pumpy. Po začátku čerpání začala pumpa zvyšovat podtlak v potrubí. Čím větší byl, tím výše vystoupil v potrubí sloupec čerpané vody. Voda však vždy vystoupila jen do výšky necelých 10 metrů, ač byla pumpa sebelépe sestrojena a utěsněna. Zjevně bylo nemožné vyvinout vyšší podtlak než podtlak odpovídající necelým 10 metrům vodního sloupce. Torricelli správně usoudil, že pumpa odsála veškerý vzduch v potrubí a proto již nebylo možné podtlak dále zvyšovat. Co však zůstalo v potrubí, z něhož byl vyčerpán všechny vzduch? Ono záhadné nic, jemuž říkáme vzduchoprázdno nebo také vakuum.



Obr. 1: Torricelliho pokus s trubicí naplněnou rtutí.

V roce 1643 si Torricelli existenci vakua ověřil známým experimentem. Na jednom konci zatavenou skleněnou trubicí naplnil rtutí a poté ji pomalu zvednul zataveným koncem nahoru. Rtuť skutečně nezůstala v celé trubicí, její hladina se ustálila tři čtvrtě metru nad hladinou rtuti v nádobce. Vzduch se do trubice dostat nemohl, nad hladinou rtuti bylo tedy vakuum.

### Nepostradatelnost vakua

První širší využití vakua bylo při výrobě prvních žárovek. Z baněk byl před zatavením vyčerpán vzduch, aby rozžhavené vlákno žárovky neshořelo reakcí se vzdušným kyslíkem. Další hromadné uplatnění našlo vakuum při výrobě elektronik, později obrazovek. Dnes již budete kolem sebe těžko hledat předmět, při jehož výrobě nebyla použita některá vakuová technologie. Od výroby polovodičů přes pokovování,

vakuové lití, rafinaci cukru, vakuové destilace v petrochemii a potravinářství (nealkoholické pivo), svařování a vakuové pece k elektronovým mikroskopům a urychlovačům, všude slouží vakuum jako dobrý pomocník.

### Proč vakuum měřit

Zatímco při výrobě žárovky postačí snížit tlak z původních 100 kPa okolo nás přibližně 10 000 krát na hodnotu okolo 10 Pa, vakuum v elektronce již musí být mnohem vyšší. Vyšší vakuum znamená snížení tlaku na mnohem nižší hodnotu. U elektronek na cca 0,001 Pa a méně, aby se elektrony mohly volně pohybovat beze srážek s částicemi plynu.

Každá vakuová technologie tedy vyžaduje jiný stupeň vakua. Obecně je jako vakuum označován stav plynu při tlaku nižším než atmosférickém. Orientační rozdělení druhů vakua a jejich charakteristiky uvádí následující tabulka.

Tabulka 1: Oblasti vakua

oblast vakua	absolutní tlak [Pa]	počet částic v 1 cm <sup>3</sup>	střední volná dráha částice
hrubé	10 <sup>+4</sup> ~ 10 <sup>+2</sup>	10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>16</sup>	0,1 ~ 100 μm
jemné	10 <sup>+2</sup> ~ 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>13</sup>	0,1 ~ 100 mm
vysoké (HV)	10 <sup>-1</sup> ~ 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>9</sup>	10 cm ~ 1 km
ultra vysoké (UHV)	10 <sup>-5</sup> ~ 10 <sup>-10</sup>	10 <sup>9</sup> ~ 10 <sup>4</sup>	1 ~ 10 <sup>5</sup> km
extrémně vysoké (XHV)	< 10 <sup>-10</sup>	< 10 <sup>4</sup>	> 10 <sup>5</sup> km

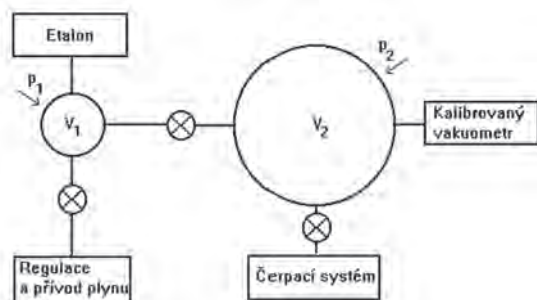
V tabulce je tlak označen přívlastkem „absolutní“. Tím bývá při měření tlaku pro přehlednost a jednoznačnost označován skutečný tlak plynu. V mnoha každodenních měřeních (měření tlaku v pneumatikách, měření tlaku krve) se totiž z praktických důvodů nezajímáme o skutečný tlak (v pneumatice, v cévách), ale zajímá nás a měříme pouze to, o kolik je tlak v pneumatice či cévě vyšší než tlak kolem nás. Takto měřenému „tlaku“ říkáme přetlak (podtlak, pokud je tlak nižší než atmosférický). Při měření vakua máme vždy na mysli skutečný (absolutní) tlak plynu, v dalším výkladu bude proto přívlastek „absolutní“ často vynechán.

Měření vakua pokrývá jen v nejběžnějších aplikacích logaritmickou škálu o šířce více než 10 řádů. Této šířce odpovídají jak různé metody měření v jednotlivých oblastech vakua, tak i různé metody zajištění primární návaznosti.

### Primární etalony vakua

Jako primární etalony nám mohou posloužit například pístové etalony tlaku s vyčerpáním prostorem nad měrkou. Tímto způsobem můžeme generovat a měřit absolutní tlak až do cca 5 kPa. S využitím digitálních pístových tlakoměrů můžeme měřit i absolutní tlaky okolo 1 Pa, níže ale již ne.

Velmi dobrý a názorný způsob, jak si poradit, je využití principu statické expanze, schematicky znázorněném na následujícím obrázku.



Obr. 2: Princip statické expanze

Dokážeme-li dobře změřit absolutní tlak 1 Pa, napustíme plyn o tomto tlaku do menší komory o objemu  $V_1$ . Komoru o objemu  $V_2$  vyčerpáme. Nyní uzavřeme ventily k přívodu plynu a čerpacímu systému a otevřeme ventil spojující obě komory. Plyn původně uzavřený ve  $V_1$  se rovnoměrně rozptýlí do obou objemů  $V_1$  a  $V_2$ . Pokud je objem  $V_2$  například 9krát větší než objem  $V_1$ , plyn nyní zaujímá 10krát větší objem ( $V_1 + 9 \times V_1$ ). Podle stavové rovnice ideálního plynu má při téže teplotě nyní 10krát menší tlak. Tedy 0,1 Pa. Nyní opět můžeme uzavřít ventil spojující  $V_1$  a  $V_2$ , vyčerpát  $V_2$  a ventil otevřít. Nyní máme v komorách tlak 0,01 Pa.

Naneštěstí tento postup nemůžeme opakovat libovolně dlouho. Má to dvě překážky: Objem  $V_2$  nelze vyčerpát úplně, vždy v něm bude minimálně absolutní tlak  $p_2$  rovný meznímu tlaku čerpacího systému. Jakmile nebude zanedbatelný vůči tlaku  $p_1$ , je třeba se zbytkovým množstvím plynu ve  $V_2$  počítat a vzít v úvahu i nejistotu jeho stanovení. Druhou překážkou je skutečnost, že plyn se nevyskytuje pouze v objemech  $V_1$  a  $V_2$ , ale ulpívá dočasně i na všech vnitřních površích. Jakmile je množství plynu na površích zanedbatelné vůči množství plynu v objemu komor (tj. při nízkých tlacích), bude narušovat očekávanou rovnováhu. Například po dokonalém vyčerpání  $V_2$  se a otevření spojovacího ventilu se plyn z  $V_1$  rozprostře nejen v celém objemu komor, ale část se ho natrvalo usadí na stěnách komory  $V_2$ . Tlak v komorách úměrný množství částic v jejich objemu bude tedy nižší než očekávaný.

### Dynamický systém

Pro zajištění primární návaznosti nižších absolutních tlaků v oblasti vysokého vakua se používají dynamické systémy. Vycházejí z poměrně jednoduché úvahy založené na popisu chování plynu metodami statistické fyziky. Ta například umožňuje předpovědět, jaká část všech částic se za dané teploty pohybuje určitou rychlostí a směrem. Tento model známý jako Maxwelllovo rozdělení umožňuje předpovědět i měřitelné veličiny (tlak, teplota) ve shodě s pozorováními.

Mezi jinými měřitelnými veličinami máme s pomocí Maxwelllova rozdělení možnost počítat počet částic  $N$  dopadajících za jednu sekundu na plochu  $S$  povrchu vakuové komory s koncentrací částic  $n$  při teplotě  $T$ . Molární hmotnost částic je označena písmenem  $M$ , písmeno  $R$  označuje molární plynovou konstantu.

$$N = n \cdot \sqrt{\frac{R \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot M}} \cdot S$$

Tuto znalost využijeme takto: Vyrobíme ve stěně komory otvor o ploše  $S$  a prostor za ním dokonale vyčerpáme. Všechny částice  $N$  dopadající za 1 sekundu na povrch otvoru o ploše  $S$  budou tedy odčerpány.  $N$  částic zaujímalo původně objem  $V = N/n$ . Ten při tlaku  $p$  obsahuje množství plynu  $p \cdot V$ , jehož časová změna označovaná  $Q$  a nazývána proud plynu je potom rovna:

$$Q = p \cdot \sqrt{\frac{R \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot M}} \cdot S$$

Počet dopadajících částic na plochu  $S$ , a tedy i proud plynu otvorem o ploše  $S$  jsou přímo úměrné tlaku plynu. Poměr proudu plynu  $Q$  a tlaku plynu  $p$  se označuje jako vodivost  $C$ .

$$C = \frac{Q}{p} \quad \text{neboli} \quad Q = C \cdot p$$

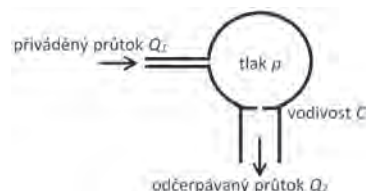
Tuto přímou úměrnost by bylo možné obrátit: lze říci, že tlak plynu nad otvorem je úměrný proudu plynu skrz otvor.

$$p = \frac{Q}{C}$$

Kdybychom znali nebo změřili proud plynu  $Q$  z otvoru, mohli bychom spočítat aktuální tlak plynu nad otvorem. Jak toho využít?

### Komora čerpaná otvorem a plněná konstantním proudem plynu

Představme si, co by se dělo, pokud bychom do prázdné vakuové komory na obr. 3 začali napouštět proud plynu  $Q_1$ . Tlak  $p$  v komoře začne růst. Zároveň začne růst i proud plynu  $Q_2$  částic unikajících z vakuové komory přes otvor s vodivostí  $C$  do čerpaného prostoru ve spodní části. Co se stane, až průtok  $Q_2$  vzroste natolik, že bude roven průtoku  $Q_1$ ?

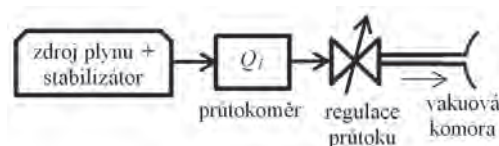


Obr. 3: Ustavení rovnovážného tlaku  $p$  v komoře.

Částic bude z komory odčerpáváno právě tolik ( $Q_2$ ), kolik jich bude přívodem  $Q_1$  doplňováno. Počet částic v komoře se nebude měnit a tedy i tlak bude stále stejný. A jak bude velký? Využijeme odvozenou přímou úměrnost:

$$p = \frac{Q_2}{C} \quad \text{a protože nyní } Q_1 = Q_2, \text{ platí i } p = \frac{Q_1}{C}$$

Změřit proud plynu  $Q_2$  čerpaný vývěvou je nesnadné. Ovšem změřit proud napouštěného plynu už tak těžké není. V principu by mohlo měření vypadat takto:



Obr. 4: Schéma způsobu generování průtoku



Regulačním ventilem nastavíme proud plynu (průtok) na požadovanou hodnotu. Poté, co se tlak v komoře ustálí, je jeho hodnota rovna podílu průtoku  $Q_i$  a vodivosti  $C$ . Protože jde o rovnováhu dynamickou, takto zkonstruovaný etalon tlaku bývá nazýván „dynamická expanze“.

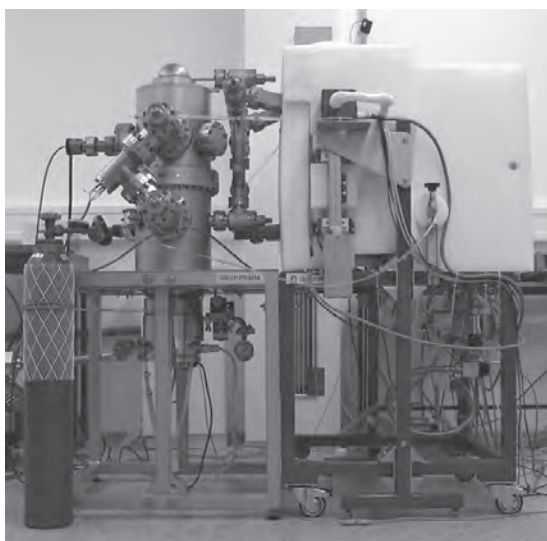
Popsaný způsob generování tlaku je základním principem jeho fungování.

Dále bude přiblíženo konstrukční řešení a zmíněny problémy a omezení, jež byly v předcházejícím textu vynechány nebo zjednodušeny.

### Konstrukční řešení

Etalon byl navržen a sestaven na půdě společné vakuové laboratoře ČMI a MFF UK. Konstrukční provedení je dílem společnosti Vakuum Praha, podoba i způsob řízení jsou výsledkem práce vědeckého týmu Katedry fyziky povrchů a plazmatu Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

Po sestavení, zprovoznění a charakterizaci byl etalon 4. dubna 2007 převezen z pražské akademické půdy Karlovy univerzity na své definitivní umístění v laboratoři oddělení primární metrologie tlaku, vakua a malého hmotnostního průtoku v Brně.



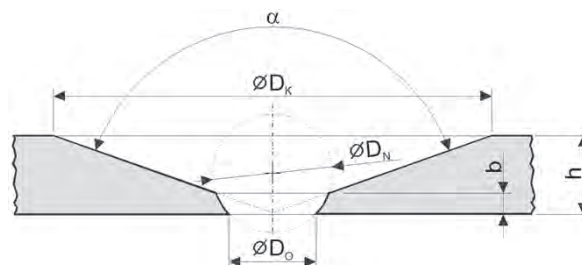
Obr. 5: Státní etalon vysokého vakua

Etalon sestává ze dvou základních celků: vysokovakuové části (na obr. 5 vlevo) a průtokoměru (vpravo). Obě části lze od sebe oddělit. To je výhodné pro zajištění návaznosti průtokoměru, nutné při odplynování vysokovakuové části a vhodné pro další experimentální využití průtokoměru.

### Průchod částic otvorem

Částice reálného plynu se při odrazech od stěn vakuové komory chovají trochu jinak, než by odpovídalo zažité představě o malých kuličkách (model ideálního plynu). Odraz od stěny probíhá takto: Částice dopadne na stěnu, zůstane na ní chvíli přichycená, a poté odletí libovolným směrem pryč. Neplatí tu prostý zákon rovnosti úhlů dopadu a odrazu. Tento jev musíme vzít v úvahu při výpočtu vodivosti  $C$  čerpacího otvoru (clony) a také při čerpání vakuové aparatury.

Výpočet vodivosti naznačený ve výkladu výše platí pro otvor v nekonečně tenké desce. Reálně však můžeme vyrábět otvory jen v desce konečné tloušťky. Výpočet vodivosti prostého vyvrtaného otvoru (tvaru válce) je obtížný. Na základě publikovaných zkušeností jiných laboratoří byl zvolen osově symetrický otvor tvaru načrtnutého na obr. 6, umožňující analytické vyjádření vodivosti na základě změřených rozměrů.



Obr. 6: Realizace clony spočitatelné vodivosti

Vodivost takového útvaru lze vyjádřit jako

$$C = \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}} \cdot R_N \cdot \frac{R_0^2 + b \cdot \sqrt{R_N^2 - R_0^2} - b \cdot R_N}{2R_N - b}$$

zde  $R_N = D_N / 2$ ;  $R_0 = D_0 / 2$ ; výšku  $h$  lze zanedbat pro úhel  $\alpha$  větší než  $165^\circ$ .

Realizovaná clona v ocelové desce o tloušťce 7,5 mm má průměr 11 mm. Při teplotě  $20^\circ\text{C}$  je její vodivost  $C$  zhruba  $12\text{ dm}^3/\text{s}$  pro dusík,  $10\text{ dm}^3/\text{s}$  pro argon a  $31\text{ dm}^3/\text{s}$  pro helium.

### Jak dlouho si počkáme

Pozorného čtenáře možná napadlo, proč je clona velká tak, jak je, proč ne větší nebo menší. Její velikost je optimální ze dvou protichůdných hledisek.

Při výpočtech vodivosti clony uvažujeme Maxwellovo rozdělení rychlostí částic ve vakuové komoře, přitom clona sama toto rozdělení narušuje odčerpáváním částic. Má-li být tato rovnováha narušena jen zanedbatelně, neměla by plocha clony být větší než tisícina povrchu největší koule vepsané do vakuové komory.

Příliš malá clona by vyžadovala použití menšího průtoku pro dosažení stejného tlaku. Bylo by obtížné sestrojít průtokoměr měřící tak extrémně malý průtok s přijatelnou nejistotou. Menší vodivost clony by navíc vedla ke dlouhému ustalování rovnovážného tlaku v komoře. Náš etalon má objem  $V$  kalibrační komory  $16\text{ dm}^3$ , při čerpací rychlosti  $C$  clony  $12\text{ dm}^3/\text{s}$  (dusík) je časová konstanta  $\tau$  systému rovna  $\tau = V/C \approx 1,3\text{ s}$ . Za tuto dobu se skokově vyvolaná nerovnováha systému sníží na  $(1/e) \approx 37\%$  své původní hodnoty. Pokud tedy například vyžadujeme, aby se aktuální tlak v komoře po skokové změně průtoku nelišil od rovnovážného tlaku o více než  $\varphi = 0,1\%$  skokové změny, musíme vyčkat po  $t$  dobu rovnou

$$t = -\tau \cdot \log_e \varphi = -\frac{V}{C} \cdot \log_e \varphi$$

Při skokové změně průtoku vpouštěného dusíku do popisaného etalonu musíme tedy počkat asi 10 sekund na vytvoření požadované rovnováhy. Zmenšováním vodivosti clony by se tato doba nepřiměřeně prodlužovala.

## Částice se vracejí

Při výpočtu rovnovážného tlaku v kalibrační komoře je důležité uvážit proud částic vracejících se z prostoru pod clonou zpět do kalibrační komory. Tento proud je analogicky úměrný tlaku pod clonou a vodivosti clony. Pro jeho výpočet je třeba stanovit experimentálně efektivní čerpací rychlost vývěvy  $S_{EFF}$  pro daný plyn. Skutečná čerpací rychlost clony  $S$  bude o něco málo nižší než její vodivost  $C$ , spočítat ji můžeme podle vztahu

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{C} + \frac{1}{S_{EFF}}$$

Pro etalon vysokého vakua je čerpací rychlost clony  $S$  nižší asi o 3 % oproti její vodivosti  $C$ . Čerpací rychlost  $S_{EFF}$  je určena s dostatečnou přesností a tak její nejistota výrazněji nezvyšuje nejistotu generovaného tlaku.

## Postavit průtokoměr je umění

Nejmenší průtok plynu potřebný ke generování nejmenšího tlaku  $10^{-6}$  Pa odpovídá zhruba  $10^{-7}$  cm<sup>3</sup>/s při standardních podmínkách.

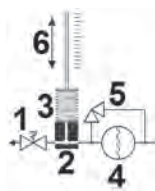
Průtokoměr pro tak nízké průtoky není komerčně dostupný. Reálnou možností je využít jednoho ze dvou možných principů primárních průtokoměrů. V obou případech plyn do kalibrační komory napouštíme přes jehlový regulační ventil ze zásobníku plynu s tlakem  $p$  a objemem  $V$ . Proud plynu vypočítáme z definice jako

$$Q = -\frac{d(p \cdot V)}{dt} = -p \cdot \frac{dV}{dt} - V \cdot \frac{dp}{dt}$$

Pokud objem, z něhož plyn uniká, zůstává stejný ( $\frac{dV}{dt} = 0$ ) a měříme pokles tlaku  $\frac{dp}{dt}$ , nazýváme takový systém průtokoměrem s konstantním objemem (Constant Volume Flowmeter, CVF).

## Jednoduchý princip CPF

V případě popisovaného etalonu byl použit opačný princip (Constant Pressure Flowmeter, CPF). Tlak v objemu, z něhož plyn uniká, je udržován stále stejný zmenšováním tohoto objemu. Analogický princip se používá i při zajištění primární návaznosti větších průtoků plynu. Plyn přichází ze zásobníku plynu (na obr. 7 zprava) přes ventil (5), odbočku (2) a jehlový ventil (1) do vakuové komory. Chceme-li průtok změřit, uzavřeme ventil (5). Nyní plyn uniká jen z uzavřeného objemu tvořeného vedením k ventilům (1) a (5) a tlakoměru (4) a proměnným objemem (3). Řídicí systém (použit je osobní počítač) se snaží pomocí krokového motorku (6) stlačujícího proměnný objem (3) udržet konstantní tlak v místě (2), respektive nulový rozdíl tlaků měřený diferenčním tlakoměrem (4).



Obr. 7: schéma konstrukce průtokoměru.

Průtok vypočítáme jako součin tlaku v průtokoměru a poměru změny objemu a času, v němž změna nastala:

$$Q = p \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Velmi užitečnou výhodou průtokoměru s konstantním tlakem je právě konstantní tlak v prostoru před jehlovým ventilem (1) a tudíž i konstantní průtok  $Q$  do vakuové aparatury během měření průtoků.

## Návaznost extrémně malých průtoků

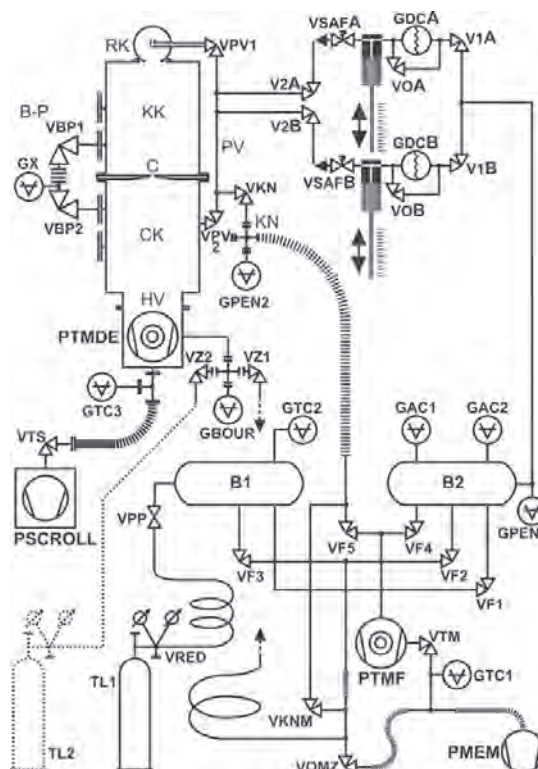
Přesný primární průtokoměr může sloužit nejen jako zdroj návaznosti pro primární měření vakua, ale přirozeně i pro návaznost průtoků. V oblasti takových extrémně malých průtoků nejde o kalibraci sekundárních průtokoměrů, ale o kalibraci zdrojů velmi malého konstantního průtoků. Tyto zdroje nazývané standardní netěsnosti jsou nejčastěji zdrojem průtoků helia a slouží pro kalibraci heliových hledačů netěsností. Hledače jsou průmyslově užívány pro výstupní kontrolu těsnosti výrobků.

Způsob návaznosti průtoků využívá vysokovakuovou část aparatury. Do kalibrační komory je napouštěn neznámý proud helia z kalibrované standardní netěsnosti. V kalibrační komoře se vytvoří rovnovážný parciální tlak helia, jež změříme hmotnostním spektrometrem.

Poté proud helia z kalibrované netěsnosti uzavřeme a vytvoříme stejný parciální tlak helia proudem helia z primárního průtokoměru. Jakmile toho dosáhneme, je proud helia z primárního průtokoměru právě roven neznámému proudu helia z kalibrované netěsnosti.

## Schéma aparatury

Na následujícím obr. 8 je funkční schéma celé aparatury průtokoměru i vysokovakuové části.



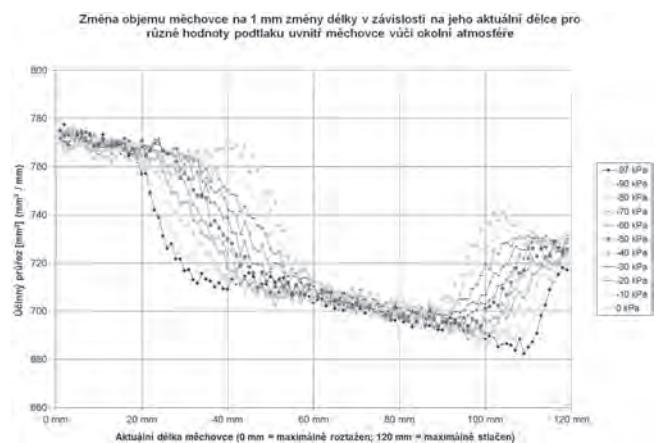
Obr. 8: Schéma aparatury vlastní dynamické expanze

Průtokoměr (**obr. 8** vpravo nahoře) sestává ze dvou různých proměnných objemů A a B. Návaznost tlaku je zajišťována v kalibrační komoře KK, z níž částice unikají přes clonu C do čerpací komory CK, přímo čerpané turbomolekulární vývěvou PTMDE. Rozptylová komůrka RK zajišťuje, aby ani přiváděný plyn nenarušoval příliš Maxwellovo rozdělení částic v KK. Zásobník plynu (B1 a B2) s ventily VF a VPP a vývěvami umožňuje nastavení požadovaného tlaku plynu v průtokoměru. Otevřením by-passu B-P dosáhneme rychleji mezního tlaku v KK než čerpáním pouze přes clonu C.

### Návaznost proměnného objemu

Pro průtokoměr je velmi důležitá co nejlepší těsnost všech částí. To vylučuje použití jako měnicí se objem například jednoduchý těsný píst.

Proměnný objem je realizován jako stlačovaný měchovec, vyrobený svařováním z kovových mezikruží. Výhodou je dostatečná těsnost, nevýhodou je nerovnoměrnost změny objemu s délkou měchovce. Poměr změny objemu ke změně jeho délky je různý v závislosti na aktuální délce měchovce a také na rozdílu tlaků uvnitř a vně. Tento poměr zvaný účinný průřez je třeba dostatečně přesně stanovit. Následující graf ilustruje závislost účinného průřezu na tlaku a délce pro větší ze dvou použitých měchovců.



Obr. 9: Efektivní průřez velkého měchovce pro různé rozdíly tlaků

Závislost účinného průřezu na délce měchovce a tlaku je naštěstí velmi dobře reprodukovatelná, a jak ukázala opakovaná experimentální měření, i dlouhodobě stabilní.

### Rozsah měření

Státní etalon vysokého vakua slouží pro zajištění návaznosti malého průtoku a tlaku v oblasti vysokého vakua. Následující tabulky uvádějí rozšířené nejistoty měření pro vybrané hodnoty.

Tabulka 2: Nejistota generovaného proudu plynu

generovaný proud plynu		nejistota	
mbar L/s	Pa m <sup>3</sup> /s	Pa m <sup>3</sup> /s	% MH
1,000·10 <sup>-7</sup>	1,000·10 <sup>-8</sup>	3,1·10 <sup>-10</sup>	3,1%
1,000·10 <sup>-6</sup>	1,000·10 <sup>-7</sup>	1,2·10 <sup>-9</sup>	1,2%
1,000·10 <sup>-5</sup>	1,000·10 <sup>-6</sup>	1,2·10 <sup>-8</sup>	1,2%

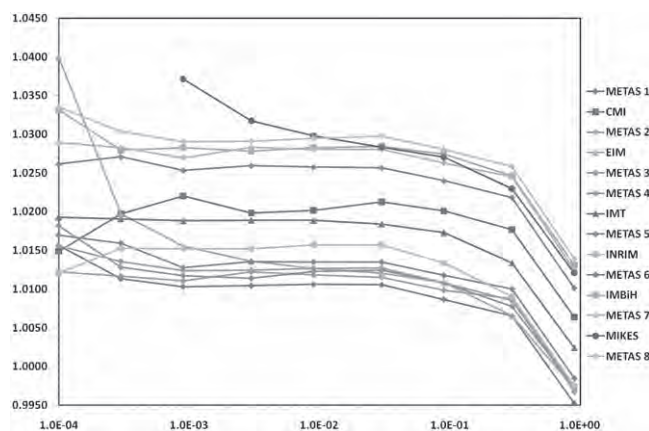
generovaný proud plynu		nejistota	
mbar L/s	Pa m <sup>3</sup> /s	Pa m <sup>3</sup> /s	% MH
1,000·10 <sup>-4</sup>	1,000·10 <sup>-5</sup>	1,2·10 <sup>-7</sup>	1,2%
1,000·10 <sup>-3</sup>	1,000·10 <sup>-4</sup>	1,2·10 <sup>-6</sup>	1,2%
1,000·10 <sup>-2</sup>	1,000·10 <sup>-3</sup>	1,2·10 <sup>-5</sup>	1,2%
1,000·10 <sup>-1</sup>	1,000·10 <sup>-2</sup>	1,2·10 <sup>-4</sup>	1,2%
8,000·10 <sup>-1</sup>	8,000·10 <sup>-2</sup>	9,6·10 <sup>-4</sup>	1,2%

Tabulka 3: Nejistota generovaného tlaku plynu

generovaný tlak plynu		nejistota	
mbar	Pa	Pa	% MH
1,000·10 <sup>-8</sup>	1,000·10 <sup>-6</sup>	6,3·10 <sup>-8</sup>	6,3%
1,000·10 <sup>-7</sup>	1,000·10 <sup>-5</sup>	1,5·10 <sup>-7</sup>	1,5%
1,000·10 <sup>-6</sup>	1,000·10 <sup>-4</sup>	1,3·10 <sup>-6</sup>	1,3%
1,000·10 <sup>-5</sup>	1,000·10 <sup>-3</sup>	1,3·10 <sup>-5</sup>	1,3%
1,000·10 <sup>-4</sup>	1,000·10 <sup>-2</sup>	1,3·10 <sup>-4</sup>	1,3%
1,000·10 <sup>-3</sup>	1,000·10 <sup>-1</sup>	1,3·10 <sup>-3</sup>	1,3%

### Mezinárodní porovnání

Etalon slouží jako zdroj návaznosti tlaku v oblasti vysokého vakua a také k návaznosti velmi malých průtoků. Proto bylo třeba obě tyto veličiny podepřít úspěšnou účastí v odpovídajících mezinárodních porovnáních.



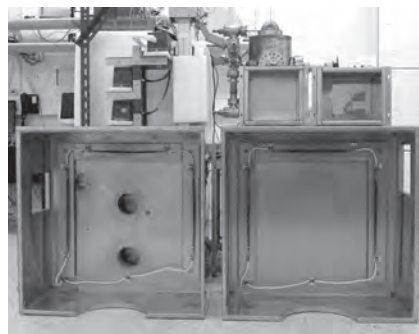
Obr. 10: Euramet 1040: Akomodační koeficient transfer standardu SRG stanovený jednotlivými účastnickými laboratořemi.

V oblasti měření tlaku se etalon zúčastnil mezinárodního porovnání Euramet 1040, Euramet.M.P-S7. a v oboru heliových netěsností porovnání CCM.P-K12, CCM.P-K12.1 a dvojstranného porovnání s italským INRIM.

### Omezení rozsahu zdola

Když vývěvou čerpáme z vakuové aparatury všechny plyny, jeden druh částic je obzvláště těžké odčerpát. Jsou to molekuly vody. Setrvávají ve velkém množství na všech površích. Do objemu vakuové komory se uvolňují tak pomalu, že by trvalo týdny a měsíce, než by byly odčerpány; zároveň se ale uvolňují dostatečně rychle na to, aby neúměrně zvyšovaly zbytkový tlak ve vakuových komorách.

Běžný tlak dosažitelný po několika dnech čerpání aparatury je asi  $10^{-6}$  Pa. Pokud chceme dosáhnout potřebného mezního tlaku  $10^{-8}$  Pa již během několika dnů, je třeba na vysokovakuovou část aparatury nasadit speciální pece a za současného



Obr. 11: Pece sloužící k odplynění vysokovakuové části při zvýšené teplotě

čerpání ji zahřát na teplotu  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Po 24 až 48 hodinách pece sejmeme a během chladnutí aparatury odplyníme ještě připojené vakuové měrky bombardováním povrchů proudem elektronů emitovaných ze žhavených katod měrek.

### Kudy k nižším tlakům

Po odstranění vody zůstává nejhodnějším zbytkovým plynem ve vakuové aparatuře vodík. Vodík není usazen jen na površích, ale je rozpuštěn ve všech kovových částech aparatury, odkud proniká do objemu. Vyžadujeme-li nižší mezní tlak, je třeba použít jiné materiály pro konstrukci vakuové aparatury.

Ve spolupráci s MFF UK probíhá v současnosti vývoj takového etalonu s plánovaným mezním tlakem v oboru XHV. Použitým materiálem je měď s obsahem berylia.

### Omezení rozsahu shora

Výše uvedený vzorec pro počet částic dopadajících na plochu  $S$  otvoru (clony) platí v molekulárním režimu, tedy při tak nízkém tlaku, kdy střední volná dráha je dostatečně velká ve srovnání s rozměrem otvoru. Při zvyšujícím se tlaku začnou částice vytvářet uspořádaný proud otvorem, vodivost otvoru přestává být konstantní a začíná růst.

Řešením tohoto problému může být použití menších otvorů. Malých otvorů však musíme paralelně použít více, aby jejich vodivost byla dostatečná pro přiměřeně rychlé ustavení rovnovážného tlaku. Etalon založený na těchto multiotvorových clonách vyrobený ve spolupráci s MFF UK je v současné době testován v laboratořích ČMI. Cílem výzkumu je rozšíření rozsahu primární návaznosti zajišťované státním etalonem vysokého vakua směrem k vyšším tlakům.

### Závěr

Státní etalon vysokého vakua zabezpečuje přenos jednotky velmi nízkého absolutního tlaku na pracovní etalony nižších řádů a na pracovní měřidla – ionizační a viskózní vakuometry, Penningovy vakuometry, Piraniové měrky.

Pro energetický průmysl České republiky zajišťuje klíčovou návaznost velmi malého hmotnostního průtoku (hledáče netěsností, sekundární etalony heliových netěsností), důležitou i pro další obory, jako například výstupní kontroly výrobků v automobilovém průmyslu nebo při výrobě zdravotnické techniky.

Článek ve stručnosti shrnuje základní principy fungování státního etalonu vysokého vakua. Zájemci o podrobnější informace je mohou najít v níže citované literatuře, případně si je vyžádat prostřednictvím e-mailu ([mvicar@cmi.cz](mailto:mvicar@cmi.cz)).

### Literatura

- [1] Dokumentace státního etalonu vysokého vakua, zpráva č. 6013-ZV-C0001-13.
- [2] GRONYCH, T., PEKSA, L., ŘEPA, P., WILD, J., TESAŘ, J., PRAŽÁK, D., KRAJÍČEK, Z.: The use of diaphragm bellows to construct a constant pressure gas flowmeter for the flow rate range  $10^{-7}$  Pa m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> to  $10^{-1}$  Pa m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. *Metrologia*. Vol. 45 (2008), No. 1, p. 46 - 52.
- [3] PEKSA, L., GRONYCH, T., ŘEPA, P., TESAŘ, J., VIČAR, M., PRAŽÁK, D., KRAJÍČEK, Z., WILD, J.: Determination of pumping speed and its impact on the overall uncertainty budget of the CMI orifice flow standard. *Metrologia*. Vol. 45 (2008), No. 3, p. 368 - 375.
- [4] GRONYCH, T., PEKSA, L., PRAŽÁK, D., VIČAR, M., ŘEPA, P., KRAJÍČEK, Z., STANĚK, F., TESAŘ, J.: Changes in the NPL orifice conductance on a transition from molecular gas flow to transitional flow. *Vacuum*. 2010, Vol. 84, No. 1, p. 280 - 282.
- [5] PEKSA, L., ŘEPA, P., GRONYCH, T., TESAŘ, J., PRAŽÁK, D.: Uncertainty analysis of the high vacuum part of the dynamic flow standard. *Vacuum*. 2004, Vol. 76, No. 4, ISSN 0042-207X/\$, p. 477-489.
- [6] Wikipedie, <http://cs.wikipedia.org/>.
- [7] PEKSA, L., GRONYCH, T., JEŘÁB, M., KRAJÍČEK, Z., PRAŽÁK, D., STANĚK, F., TESAŘ, J., VIČAR, M.: Problematika primárních etalonů velmi nízkých tlaků plynu – Část I. Fyzikální aspekty budování primárních etalonů vakua. *Metrologie*. Vol. 19 (2011), No. 4, p. 17 - 20.
- [8] PEKSA, L., GRONYCH, T., JEŘÁB, M., KRAJÍČEK, Z., PRAŽÁK, D., STANĚK, F., TESAŘ, J., VIČAR, M.: Problematika primárních etalonů velmi nízkých tlaků plynu – Část II. Užívané principy primárních etalonů vakua. *Metrologie*. Vol. 21 (2012), No. 1, p. 1 - 3.
- [9] PEKSA, L., GRONYCH, T., JEŘÁB, M., KRAJÍČEK, Z., PRAŽÁK, D., STANĚK, F., TESAŘ, J., VIČAR, M.: Problematika primárních etalonů velmi nízkých tlaků plynu – Část III. Technologické aspekty realizace primárních etalonů vakua. *Metrologie*. Vol. 21 (2012), No. 2, p. 14 - 17.
- [10] STANĚK, F., TESAŘ, J.: Metrologické zajištění primární návaznosti v oboru vakuum v ČR. *Metrologia a skúšobníctvo*. Vol. 18 (2013), No. 3-4, p. 27 - 35. ISSN 1335-2768.
- [11] PEKSA, L., GRONYCH, T., VIČAR, M., JEŘÁB, M., ŘEPA, P., TESAŘ, J., PRAŽÁK, D., KRAJÍČEK, Z., STANĚK, F.: Method of measuring the change in volume of diaphragm bellows used in a volume displacer of a constant-pressure gas flowmeter (with a practical guide). *Measurement*. Vol. 44 (2011), No. 6, p. 1143 - 1152.
- [12] PEKSA, L., GRONYCH, T., JEŘÁB, M., ŘEPA, P., VIČAR, M., KRAJÍČEK, Z., PRAŽÁK, D., STANĚK, F., TESAŘ, J.: Dynamic extension – A new principle for a vacuum primary standard for UHV-range ( $10^{-6}$  -  $10^{-10}$  Pa) calibration of hot cathode ionisation gauges. *Vacuum*. 2011, Vol. 85, No. 11, p. 1047-1051.

## STÁTNÍ ETALON DÉLKY A TVARU V OBLASTI NANOMETROLOGIE

**Mgr. Petr Klapetek, PhD.<sup>1</sup>,**

**Mgr. Miroslav Valtr PhD.<sup>1</sup>,**

**Doc. Ing. Josef Lazar<sup>2</sup>, Ing. Ondřej Číp PhD.<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Český metrologický institut, Okružní 31, 638 00 Brno

<sup>2)</sup> Ústav přístrojové techniky, Královopolská 147, 612 64 Brno

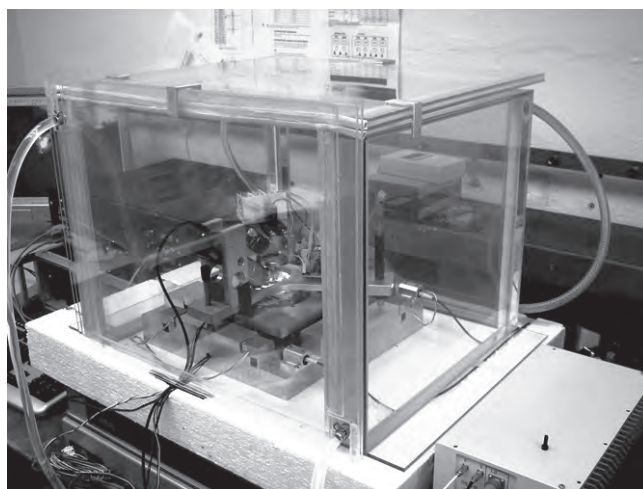
## Úvod

V posledních deseti letech pozorujeme velký rozmach nanotechnologií a jejich rychle rostoucí využití v nejrůznějších oblastech průmyslu, počínaje stále se zvyšujícím stupněm integrace mikroelektronických prvků, přes nové kompozitní materiály, a konče nanočásticemi v kosmetických produktech. Průmyslové procesy, které se v této souvislosti využívají, potřebují metrologické zajištění, které je v mnoha směrech nerealizovatelné konvenčními metodami. Měření fyzikálních veličin s velmi vysokým rozlišením (v řádu nanometrů až mikrometrů) je zcela samostatnou disciplínou metrologie. V tomto měřítku je již velmi obtížné vytvářet senzory, které by byly schopné měřit jen jednu konkrétní veličinu. Většina měření je prováděna poměrně komplikovanými postupy a interpretace dat je podstatně složitější, než je pro měření té které veličiny obvyklé. Nový obor – nanometrologie –, který se takovými měřeními zabývá, se postupně objevuje ve většině metrologických institutů. Stejně jako ve všech dalších oborech, ani zde se neobejdeme bez základních etalonů, na které by bylo možné navázat další zařízení. Vzhledem k tomu, že základní veličinou při měření je délka (měření geometrie je součástí jakéhokoli měření v tomto oboru, byť bychom chtěli charakterizovat např. magnetické pole), nabízela by se možnost využít konvenčních etalonů délky, jimiž jsou lasery a na ně navázané interferometrické odměřovací systémy. To by ale vzhledem k měřeným rozměrům bylo nepraktické, je proto nutné konstruovat zařízení, které by s návazností na primární etalony délky bylo schopno přímo charakterizovat nano- a mikrostruktury. Je proto nutné použít zařízení, kterým by bylo možné přímo charakterizovat typické struktury používané v nanotechnologiích – např. schodky či mřížky.

Základní měřicí technikou pro účely nanometrologie je rastrovací sondová mikroskopie (SPM – scanning probe microscopy), a zejména její varianta AFM (atomic force microscopy). Tato metoda umožňuje měřit morfologii povrchů pevných látek v rozlišení, které se i na vzduchu může blížit rozlišení atomárnímu. Maximální rozsah měřené plochy je přitom v řádu desetin milimetru. Velké rozlišení, rychlost i nedestruktivní přístup se zasloužily o množství aplikací AFM v metrologii malých délek, zejména při měření rozměrů nano- a mikroobjektů a měření parametrů povrchové drsnosti. AFM může být navíc kombinováno i s dalšími senzory (např. magnetického pole), a je tedy možné provádět lokální materiálovou analýzu, byť ve většině případů nikoliv jako absolutní měření. V rámci řešení projektu programu GAAV „Nanotechnologie pro společnost“ jsme proto ve spolupráci s Ústavem přístrojové techniky AVČR zkonstruovali speciální rastrovací mikroskop vhodný pro použití jako primární etalon v oboru nanometrologie.

## Popis metrologického SPM

Etalon se skládá z několika funkčně nezávislých celků provázaných řídicí elektronikou a softwarem. Základem etalonu je polohovací systém od firmy Physik Instrumente, který zajišťuje pohyb vzorku. Laserový odměřovací systém je zdrojem návaznosti při měření, kromě toho je využit pro kompenzaci parazitních rotací stolku. V pomyslném průsečíku os interferometrů laserového odměřovacího systému je umístěna sonda (velmi ostrý hrot na pružném držáku umožňujícím snímání síly mezi sondou a povrchem), která se při metrologických měřeních nepohybuje. Celý systém je uzavřen do teplotně stabilizačního systému zajišťujícího minimální teplotní driftы i při dlouhotrvajících měřeních (**obr. 1**).



**Obr. 1:** Metrologické SPM v tepelně izolačním boxu

## Stolek Physik Instrumente

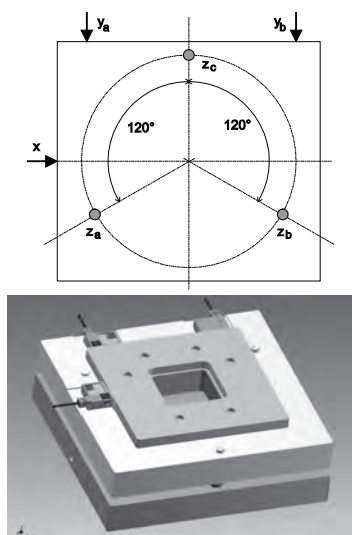
Tento polohovací systém využívá kombinace pružných lamel a piezoelektrických převodníků a umožňuje měření v maximálním rozsahu 200×200×20 mikrometrů s rozlišením v řádu jednotek nanometrů (podle parametrů zpětné vazby). Stolek sám je vybaven kapacitními senzory a je schopen pracovat v režimu zpětné vazby (pro účely polohování). K řízení polohování stolku je využita digitální jednotka E710, která zajišťuje jak vlastní generování vysokého napětí pro jednotlivé piezoelementy, tak čtení poloh stolku pomocí integrovaných kapacitních senzorů. Elektronika je propojena s osobním počítačem sériovým rozhraním GPIB.

Pro kombinaci stolku s dalšími zařízeními jsme využili vlastní knihovnu, která byla vytvořena pro ovládání stolku přes rozhraní GPIB (karta National Instruments) v operačním systému Linux. To s sebou nese některé výhody z pohledu kombinace více různorodých přístrojů i z pohledu vzdáleného ovládání přístroje při dlouhotrvajících měřeních.

## Laserový odměřovací systém

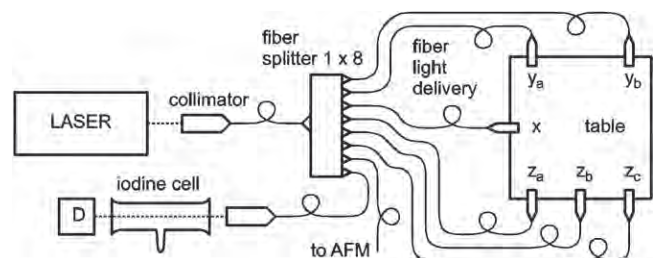
Laserový odměřovací systém využívá jódem stabilizovaný Nd:YAG laser (532 nm) a na míru vyrobenou sadu interferometrů pro tuto vlnovou délku. Zahrnuje celkem šest nezávislých senzorů: 1 senzor pro osu x, 2 senzory pro osu

y a 3 senzory pro osu z. Senzory jsou umístěny takovým způsobem, aby jejich pomyslný střed byl ve středu stolku (kde je umístěn hrot mikroskopu). Světlo z Nd:YAG laseru je do jednotlivých interferometrů rozvedeno vláknovou optikou. Na stolku Physik Instrumente je umístěna deska se šesti zrcadly, na kterou je při měření pokládán vzorek, resp. držák vzorku. Schéma celé sestavy je znázorněno na **obr. 2**, schéma optické části na **obr. 4**.



**Obr. 2:** (nahore) Pozice odměřování interferometry (pohled shora), hrot je umístěn ve středu desky ve virtuálním středu všech paprsků, (dole) pohled na celou sestavu.

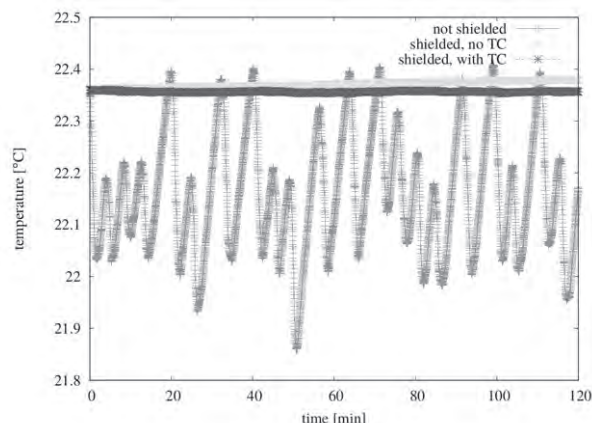
Mechanické komponenty základny a odrazné desky interferometrů, stejně jako elektronika, byly vyrobeny v Ústavu přístrojové techniky AVČR. Elektronika příslušející k interferometru se skládá z vlastních detekčních jednotek pro jednotlivé kanály a serveru (PC s OS Windows) zodpovědného za kontinuální příjem dat z elektroniky a jejich další předávání. Jedná se o server založený na protokolu Netcans (přenos dat přes TCP/IP), který dále komunikuje s vlastní řídicí elektronikou mikroskopu. Součástí sestavy je také jednotka pro měření tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu. Tyto údaje jsou předávány prostřednictvím serveru do řídicího počítače, kde jsou využity pro výpočet indexu lomu vzduchu.



**Obr. 3:** Rozvod světla se stabilizací vlnové délky

Kromě poskytnutí návaznosti je interferometrický systém využit také ke kompenzaci parazitních rotací stolku, které jsou v řádu desítek mikroradiánů a měly by vliv na výslednou nejistotu. K tomuto účelu jsou využity střížné piezoelektrické prvky instalované pod deskou se zrcadly

(která je zároveň držákem vzorku). Příklad takové kompenzace je zachycen na **obr. 4**.



**Obr. 4:** Parazitní rotace stolku bez aktivní kompenzace a s kompenzací

### Hlava mikroskopu

Hlavou mikroskopu nazýváme detekční prvek pro snímání vzdálenosti mezi hrotem a povrchem, resp. síly působící mezi hrotem a povrchem, tj. veličiny, která je využita pro zpětnou vazbu v mikroskopu. Tato hlava se skládá z následujících součástí:

- hrot a jeho držák upevněný na piezokeramice pro rychlý posuv v ose z (vyrovnání rychlých dějů, jako jsou vibrace);
- senzor posunu hrotu vůči hlavě SPM (např. senzor mechanického napětí, kapacitní nebo interferometrický senzor);
- předzesilovač pro signály z detekce vzdálenosti hrotu od povrchu (např. tunelový proud, kvadrantní detektor);
- motorizovaný držák hlavy mikroskopu umožňující jeho umístění na základnu interferometru.

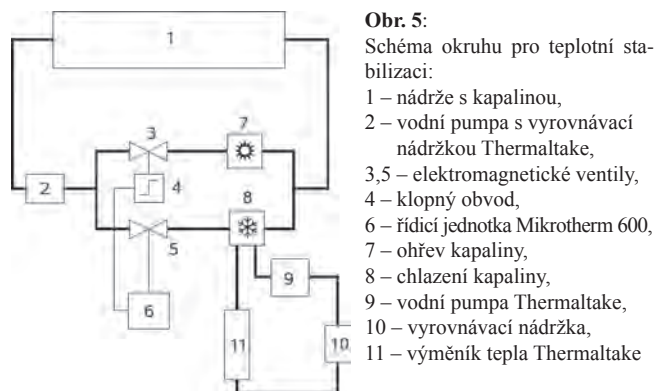
K hlavě je připojena elektronika, která zpracovává signály z detektoru vzdálenosti mezi hrotem a povrchem a zprostředkovává rychlou zpětnou vazbu pro rychlý posuv hrotu v ose z. Tato elektronika je založena na využití jednočipového mikroprocesoru Atmel (Atxmega) a je spojena s řídicím počítačem pomocí sériové linky RS232 a kabelu vedoucího k multifunkční měřicí kartě National Instruments PCI 6251.

### Teplotní stabilizace

Ačkoliv jsme se snažili většinu komponent konstruovat z materiálů s minimální tepelnou roztažností (např. invar), nebylo to u všech součástí možné (např. stolek Physik Instrumente je hliníkový) a systém je proto do jisté míry citlivý na změny teploty. Pro minimalizaci vlivu změn teploty na měření je kolem systému instalována aktivní teplotní stabilizace. Konstrukce byla navržena jako vodní, digitálně řízený stabilizační okruh; teplo je předáváno skleněnými výměníky vymežujícími měřicí prostor. Tato konstrukce má oproti vzduchovému systému výhodu ve velké tepelné kapacitě použitého média, sama kapalina ve výměnících tak slouží v měřicí komoře jako stabilizační prvek.

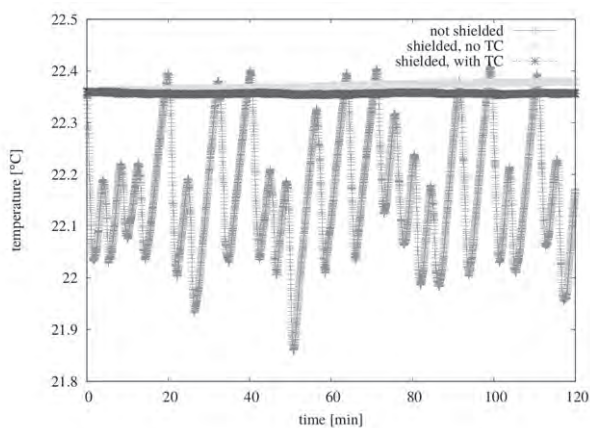
Schématické znázornění teplotní stabilizace zachycuje **obr. 5**. Metrologické SPM je obklopeno třemi nádržemi s kapalinou. Horní a přední víko z dvojitého plexiskla spo-

lečně s nádržemi pak uzavírá prostor o velikosti přibližně  $50 \times 50 \times 40 \text{ cm}^3$ . Spodní stranu tvoří polystyrenová deska. Nucený oběh kapaliny v okruhu je zajišťován pumpou 2 (obr. 2). Vlastní stabilizace teploty kapaliny (a tím i teploty vzduchu ve vymezeném objemu) probíhá díky neustálému přepínání toku kapaliny přes „teplou“ a „studenou“ větev. V případě, že řídicí jednotka 6 vyhodnotí na základě teplotního čidla (Pt100) umístěného ve vyrovnávací nádrži pumpy 2 teplotu kapaliny v okruhu jako vyšší, než je zvolené nastavení, dojde k otevření elektromagnetického ventilu 5 a zároveň, díky klopnému obvodu založenému na časovači NE555, k zavření ventilu 3. Tím je do oběhu přivedena kapalina ochlazená pomocí Peltierova článku o maximálním chladicím výkonu 267 W. Je-li teplota ve vyrovnávací nádrži nižší, než je zvolená hodnota, logický signál z řídicí jednotky se přepne, a tím dojde k uzavření ventilu 5 a zároveň k otevření ventilu 3. Na chlazení „teplé“ strany Peltierova článku bylo nutné zkonstruovat samostatný chladicí okruh sestávající z pumpy 9, vyrovnávací nádržky 10 a výměníku tepla 11. Výměník a obě pumpy byly zakoupeny jako součást počítačového vodního chlazení firmy Thermaltake. K ohřevu kapaliny v „teplé“ větvi okruhu slouží obvod L298, který byl použit pro napájení cívek elektromagnetických ventilů. Pro otevření ventilu je zapotřebí proudu cca 1 A, což vedlo k významnému zahřívání obvodu L298. Tento obvod jsme proto použili jako zdroj tepla pro „teplé“ rameno stabilizačního okruhu, čímž se vyřešilo také jeho chlazení.



**Obr. 5:** Schéma okruhu pro teplotní stabilizaci:

- 1 – nádrže s kapalinou,
- 2 – vodní pumpa s vyrovnávací nádržkou Thermaltake,
- 3,5 – elektromagnetické ventily,
- 4 – klopný obvod,
- 6 – řídicí jednotka Mikrotherm 600,
- 7 – ohřev kapaliny,
- 8 – chlazení kapaliny,
- 9 – vodní pumpa Thermaltake,
- 10 – vyrovnávací nádržka,
- 11 – výměník tepla Thermaltake



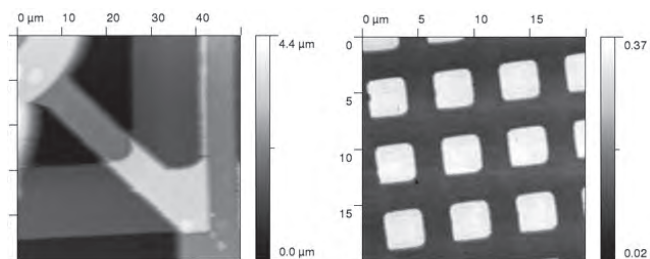
**Obr. 6:** Výsledek stabilizace teploty

Ve výsledku jsme s teplotně stabilizačním systémem schopni udržet teplotu s přesností na 0,01 K po dobu několika hodin, což je pro měření i velmi komplikovaných vzorků zcela dostačující. Srovnání režimu stabilizace s běžným prostředím v laboratoři je znázorněno na obr. 6.

### Software SPM

Software mikroskopu je založen na bázi knihoven volně šiřitelného programu Gwyddion, na jehož vývoji se ČMI podílí (<http://gwyddion.net>). Jedná se o modulární program pro analýzu SPM dat a pro účely vytvoření ovládacího programu k mikroskopu byly využity zejména jeho knihovny pro vizualizaci a správu dat.

Řídicí program komunikuje se serverem interferometru a v každém okamžiku měření je zaznamenávána kromě hodnot poloh ze stolku také hodnota čtení jednotlivých interferometrů (každý proces je čten samostatným vláknem a hodnoty jsou současně ukládány pro zajištění synchronizace). Tím je zajištěna metrologická návaznost a možnost přepočtu všech měřených hodnot na údaje poskytnuté interferometrem.



**Obr. 7:** Výsledek měření mikroelektronického prvku a kalibrační mřížky

### Měření pomocí SPM a analýza nejistot

Jako příklad typického měření využívaného v nanometrologii uvádíme výsledek měření povrchu mikroelektronického prvku a kalibrační mřížky, což jsou poměrně běžné vzorky. Veličinou, kterou v tomto případě vyhodnocujeme, je laterální rozměr šířky masky, resp. periody mřížky.

Vyhodnocení nejistoty měření typu A se provádí v souladu s dokumentem EA/R, tj. na základě rozptylu měřených dat. Obecně je pro dosažení co možná nejpřesnějšího určení periody mřížky nutné provádět vysoký počet opakovaných měření. Kromě opakování měření profilů na měřených datech (jedno měření) je žádoucí, je-li to technicky možné, opakovat také vlastní měření pomocí AFM v průběhu experimentu, v tomto případě jsme provedli tři nezávislá měření. Soubor hodnot periody vstupující do vyhodnocení nejistoty typu A tedy zahrnuje cca 50 údajů.

Pro vyhodnocení nejistoty typu B vycházíme z následujících vlivů:

- nejistota kalibrace mikroskopu v ose x (z nejistoty interferometru);
- nejistota teploty přepočtená na teplotní roztažnost materiálu masky;
- nejistota kolmosti zvoleného profilu ke směru motivu.

Nejistoty měření kombinujeme na základě dokumentu EA/R použitím zákona o šíření chyb, z funkčního vyjádření příspěvků a stanovením jejich citlivostních koeficientů. Pro

ilustraci, průměrná hodnota periody mřížky cca 700 nm měřená přes oblast 75  $\mu\text{m}$  je tedy určena s rozšířenou nejistotou 1 nm ( $k = 2$ ). Nejistota metrologického SPM je tedy 5 $\times$  nižší než nejistota komerčního mikroskopu námi využívaného v předchozích mezinárodních porovnáních (6 nm na 1000 nm).

Vzhledem k tomu, že senzory, které jsou v systému dostupné, poskytují velké množství doplňujících informací, je možné dále studovat nejistoty systému a různými kompenzacemi je snižovat. Pro ilustraci možností šestiosého interferometru uvádíme na **obr. 8** mapu systematických chyb stolku jako takového (bez využití kompenzace parazitních rotací), která byla právě šestiosým interferometrem získána.



**Obr. 8:** Mapa systematických chyb stolku Physik Instrumente v celém objemu 200 $\times$ 200 $\times$ 20 mikrometrů, délka šipek je v rozsahu 0,1-1,3  $\mu\text{m}$ . Při tomto měření nebyla využita kompenzace parazitních rotací.

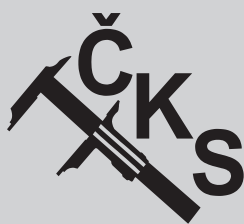


### Závěr

Ve spolupráci Českého metrologického institutu a Ústavu přístrojové techniky AVČR byl zkonstruován speciální rastrovací sondový mikroskop s poměrně velkým rozsahem, který je přímo navázán na etalony délky. Parametry metrologického rastrovacího mikroskopu spolu s výrazně jednodušším řetězcem návaznosti jsou příspěvkem k výraznému snížení nejistoty pro měření v oblasti nanometrologie. Etalon je k dispozici pro poskytování návaznosti v oboru měření ve velmi malém rozsahu dalším subjektům, typicky kalibrací přenosových normálů, jako jsou mřížky či schodky, nebo etalony šířky masky. Je možné jej také využít pro měření velmi malé drsnosti, která se vyskytuje na velmi dobře opracovaných površích, či na površích vytvářených různými technikami depozice (typicky se jedná o tenké vrstvy).

## SEMINÁŘ PRO ELEKTRICKÉ VELIČINY ČKS

České kalibrační sdružení pořádá letos seminář z oblasti elektrických veličin 30. 9. 2014 tradičně v informačním centru školicího střediska Jaderné elektrárny Dukovany. Je již 10. setkání pořádané ČKS, pro všechny zájemce o měření a metrologii elektrických veličin. Tentokrát to bude seminář se zaměřením nejen na multimetry a jejich vlastnosti, včetně problematiky závad a oprav, kalibrace, nejistoty, ale informativně budou probrány i ostatní méně často kalibrované elektrické veličiny a specifika pro kalibrace vlastností signálů, vedlejších vlastností prvků a speciální kalibrace (fáze, AM, FM, Q, D, THD, pH metry, konduktometry, mosty pro odporovou termometrii, R dekady na AC atd.).



Novinkou budou letos obory, které dosud nebyly na akcích metrologů prezentovány. Bude to ESD, Elektrostatika, elektrostatická odolnost, její význam, elektrostatické pracoviště a kalibrační laboratoř a dále EMC, Elektromagnetická kompatibilita a její význam v obecné praxi i v metrologii.

Na závěr budou ukázky kalibrací a měření i v oblasti EMC v praxi, a možnosti praktické konzultace a možnost návštěvy informačního centra JE Dukovany a exkurze v AKL JE Dukovany ČEZ, a.s., možnost diskuse se zástupci výrobců a AKL a ZKL. Přednášejícími na semináři jsou špičkoví odborníci s dlouholetou praxí a zkušenostmi z oblasti kalibrace, zkoušení a revizí, zaměstnanci Českého metrologického institutu a členové Českého kalibračního sdružení a zástupci špičkových výrobců, zkušeben i kalibračních laboratoří. K doplnění znalostí budou k akci vydána i rozsáhlá skripta k uvedené problematice v rozsahu cca 200 stran.



## OUTSOURCING V METROLOGII

**Ing. Josef Vojtíšek**

*Český metrologický institut*

Mnoho firem si klade otázku – máme budovat vlastní metrologickou laboratoř, spolupracovat s několika dodavateli nebo zvolit jediného partnera formou OUTSOURCINGU? Jak volit optimálního dodavatele? Co je dobré vědět dříve, než získáme vlastní zkušenosti s outsourcingovou smlouvou? Tento příspěvek se pokouší objasnit principy outsourcingu v metrologii, možnosti i rizika této služby. Přináší podnět k zamyšlení i pro organizace s dlouhodobě zavedeným systémem v oblasti metrologie.

**Outsourcing** je proces, při kterém společnost deleguje vedlejší činnosti ze své interní struktury na externí entitu (dodavatele) specializovanou na provádění těchto operací. Outsourcing se považuje za obchodní rozhodnutí, které má vést ke snížení nákladů a /nebo k zaměření se na důležitější úkoly v rámci výrobního procesu související s konkurenceschopností.

Outsourcing (zkráceně OS) je pojem, který vychází ze slov out (=vnější) a source (=zdroj) a znamená uskutečňování činností pomocí vnějších zdrojů. Metoda OS se provozuje již od sedmdesátých let a v letech osmdesátých se stala pro mezinárodní koncerny, jako např. Kodak, Xerox, GM, apod., součástí podnikových procesů pro vybrané podpůrné oblasti. V České republice máme dlouhodobou tradici v poskytování OS. Fungují tak mj. některé závodní jídelny, které využívají služeb OS společností. V oblasti IT, kde je tato metoda nejrozšířenější, mnohé společnosti poznaly, že vlastní vývoj a údržba informačního systému je pro ně z ekonomického hlediska nevýhodná. Proto se obracejí na počítačové firmy – poskytovatele OS, kterým předávají odpovědnost za návrh, budování a správu IT. Metody OS se uplatňují i v jiných oborech, jako např. logistika, personalistika, finanční služby, marketing, facility (ostraha, úklid, údržba a správa objektů) a také v **METROLOGII**.

Zajištění OS v oblasti metrologie ve formě komplexní péče o měřidla firmám zpravidla umožňuje:

- soustředit se na hlavní činnost organizace („core bussines“),
- zabezpečovat pravidelné metrologické kontroly bez nutnosti hlídání termínů,
- uvolnit kapacitu, snížit nároky na interní lidské zdroje a jejich vzdělávání, zvýšit produktivitu vlastní činnosti,
- uvolnit finanční zdroje pro jiné účely,
- snížení a sdílení rizik, kdy oba partneři mají zájem – především ekonomický – na úspěšném průběhu projektu (tzv. WIN TO WIN přístup),
- přístup k možnostem a schopnostem v outsourcované oblasti na nejvyšší úrovni,
- možnost restrukturalizace firmy včetně všech přínosů,
- uvolnění kapitálových prostředků,
- snížení nákladů (při správně nastavených podmínkách smlouvy),
- rozložení nákladů spojených s danou službou do pravidelných a velmi snadno plánovatelných položek,
- předpoklad konzistentních výsledků (špičkové technologie, smluvní garance za funkčnost).

Dodavatelům umožňuje OS práci s klienty, kteří řeší podobné problémy (redukce ztrát při zavádění nových metod). Mohou se soustředit na investice do špičkových technologií, metod i personálu.

Mezi nevýhody OS služeb patří:

- značný dopad případného zániku dodavatele na naši činnost,
- ztráta odborných oddělení odběratele,
- ztráta kontroly nad klíčovými zdroji OS oblasti,
- problémy s ukončením smlouvy,
- nepružnost smlouvy při reakci na změny trhu nebo změny a úpravy projektu,
- problémy při nekvalitním projektovém řízení dodavatele (**ale i odběratele**),
- možný konflikt zájmů (dodavatel zná vybavení firmy v OS oblasti, zná její technologii, bezpečnost SW vybavení atd.).

Jaká je obvyklá náplň outsourcingu v metrologii? Na základě běžně dostupných informací subjektů poskytujících tuto službu ji můžeme shrnout např. takto:

- analýza současného stavu a návrh optimalizace metrologického zabezpečení,
- provádění kalibrací a ověřování měřidel nebo zajištění této služby,
- zajištění dopravy měřidel před i po kalibraci příp. v rámci servisu,
- asistenci nebo zastoupení společnosti při auditech v oblasti metrologie,
- pomoc při vypracování směrnic pro zacházení s měřidly (nejčastěji při tvorbě Metrologického řádu),
- poradenství v oboru metrologie (technické i legislativní),
- komplexní inventarizaci měřidel, identifikaci a označení,
- kategorizaci dle typu měřidla včetně nastavení kalibračních intervalů,
- zavedení do evidence měřidel (obvykle různé databázové aplikace pro správu měřidel),
- poradenství při výběru měřicích přístrojů a servisu měřidel,
- poradenství při výběru a nákupu měřidel,
- spolupráce při výběru a hodnocení dodavatelů,
- provádění školení pracovníků u odběratele nebo jejich zajištění (legislativní, obecná metrologie, specializace na jednotlivé druhy měřidel podle oboru).

Od dodavatele OS se očekává dobré technické a personální zázemí tj.:

- moderní měřidla a používané metody,
- etalony s prokázanou návazností na národní (mezinárodní) etalony,
- zkušený technický personál s kvalifikací odpovídající realizovaným službám,
- dlouholetá praxe v oblasti metrologie,
- kvalitní a fungující organizační struktura,
- procesní přístup (umožňuje řešit také nestandardní úlohy),
- odpovídající laboratorní prostory,
- počítačová síť s komplexním informačním systémem,
- automobilový park příp. mobilní laboratoř,
- způsobilost vykonávat OS nestranně a důvěryhodně (akreditace jako prokázání způsobilosti).

### Zavádění outsourcingu v oblasti metrologie

Postup zavádění outsourcingu má vždycky několik základních fází. V oblasti metrologie hovoříme nejčastěji o třech etapách.

**1. Fáze – úvodní** ... zahrnuje nejčastěji posouzení aktuálního stavu:

- audit stavu metrologického zabezpečení měřidel a měření u odběratele,
- analýza podnikové dokumentace týkající se metrologie (Metrologický řád),
- posouzení požadavků zákazníka a systému řízení kvality (QMS),
- posouzení vhodnosti používání měřidel k danému účelu.

**2. Fáze – nastavení systému** ... vychází z požadavků odběratele a obecných předpisů:

- zařazení měřidel do kategorií (dle zákonných požadavků a požadavků QMS),
- inventarizace měřidel, stanovení intervalů kalibrací / ověřování / kontroly měřidel,
- vytvoření databáze měřidel a harmonogramu ověřování měřidel stanovených, kalibrací měřidel pracovních a způsobu zabezpečení měřidel orientačních,
- nastavení systému pro aktivaci a vyřazování měřidel, pravidel údržby příp. periodického servisu,
- úprava Metrologického řádu,
- prvotní zaškolení pracovníků odběratele.

**3. Fáze – realizační** ... praktické naplňování požadavků vytvořených ve druhé fázi:

- zabezpečení ověřování a kalibrace v souladu se stanoveným harmonogramem dodavatelsky, případně subdodatelsky,
- součinnost při kontrole funkčnosti měřidel (příp. celých měřicích řetězců na místě jejich použití),
- zprostředkování oprav měřidel, případně koordinace spolupráce se servisní organizací,
- vedení evidence měřidel, údržba a aktualizace databáze měřidel,
- vyhodnocování přesnosti měření v provozu po rekalibraci měřidla,
- verifikace a úprava rekalibračních intervalů (na základě zjištěného stavu, stability měřidel),
- průběžná aktualizace Metrologického řádu,
- poradenství při zavádění a udržování dokumentace v metrologické oblasti,
- školení zaměstnanců v oblasti metrologické legislativy příp. obsluhy měřidel včetně SW produktů,
- zastupování objednavatele při konání metrologického dozoru,
- poradenství při nákupu měřidel a měřicích zařízení z hlediska metrologických požadavků.

### Zabezpečení OS služeb

Laboratoře zabezpečují outsourcingové služby vlastními silami nebo na některé dílčí výkony používají subdodavatele. Podíl subdodávek by měl být znám, odběratelé by měli postupovat velmi opatrně u nabídek, které jsou zajišťovány subdodatelsky jako celek (dodavatel je pouze prostředníkem). Kalibrace jsou prováděny v laboratořích dodavatele

nebo ve formě externích výkonů (kalibrace měřicích řetězců přímo ve výrobě). Někdy je možné využít vhodných prostor u odběratele a zřídit metrologickou laboratoř přímo v jeho lokalitě. Tato možnost bývá využívána především v oblasti běžných komunálních měřidel. Speciální přístroje nebo přesná měřidla (hlavní nebo pracovní etalony) jsou vždy kalibrovány v laboratoři dodavatele. Pokud jsou měřidla dodavatelem přepravována, je vhodné smluvně ošetřit způsob dopravy podle charakteru převážených měřidel (eliminovat riziko otřesů, vhodné přepravní obaly, zajištění akceptovatelných podmínek prostředí apod.). U obou subjektů musí existovat způsobilé kontaktní osoby, které odpovídají za hladký průběh realizace všech činností v rámci OS (ideálně jeden pracovník u každého subjektu, což je jistý předpoklad pouze dvoustranné komunikace, která je v této činnosti nutná). Dodavatel musí mít také k dispozici vlastní nebo smluvní způsobilý personál pro poradenský servis, zastupování při auditech, provádění školení, spolupráci při tvorbě dokumentace, legislativní pomoc, tvorbu a údržbu databáze atd. Tato skutečnost by měla být prověřena odběratelem před uzavřením smlouvy.

Všechny výkony dodavatele se obvykle zpracují do časového harmonogramu, schváleného oběma stranami (nejčastěji roční). Případné změny se řeší operativně podle momentálních kapacitních možností obou stran. Protože kalibrace měřidel může znamenat i zastavení části výroby (měřicí řetězce technologických celků), bývá odběratel upozorněn s dostatečným předstihem (cca měsíc) na konec platnosti kalibrace a provedení rekalibrace. Předávání měřidel při odvozu i dovozu obvykle realizují zmíněné kontaktní osoby dohodnutým způsobem na dohodnutém místě. Kalibrace u dodavatele proběhne plně v souladu s jeho zavedeným systémem kvality, nejčastěji jako akreditovaný výkon dle ČSN EN ISO/IEC 17025. Tím je mj. garantováno použití validovaných postupů a dodržení pravidel návaznosti měřidel. Jestliže musí dodavatel volit subdodávku, přednostně se obrací na akreditované laboratoře. Součástí služeb může být v případě potřeby i drobná údržba měřidla, jeho seřízení příp. zajištění nutné opravy. Při seřízení měřidla je nezbytné provést kalibraci před i po seřízením, tyto údaje musí mít odběratel k dispozici. Opravy měřidel obvykle realizují smluvní servisní organizace, ale schválení rozpočtu opravy musí nejprve provést odběratel. Má právo zvolit si jiného dodavatele, který je pro něj výhodnější cenou, zkušenostmi, dostupností atd. Kalibraci po opravě měřidla zajistí dodavatel OS. Před zahájením OS může odběratel nahlédnout do systémových dokumentů dodavatele (především do kalibračních nebo zkušebních postupů) a vyvolat diskusi o jejich úpravě. Požadavky odběratele nesmí umožňovat nesprávná měření nebo přinášet jakékoliv výhody. Významné změny akreditovaných postupů jsou navíc vázány na jejich validaci při zachování správné technické praxe dané veličiny a nestrannosti výkonu.

Veškerá externí činnost dodavatele se provádí podle platných právních norem a interních předpisů odběratele týkajících se BOZP a PO. Základní školení absolvuje každý pracovník dodavatele ve své organizaci, odběratel by měl provést doplňkové školení týkající se jeho provozu. Ochranné pracovní pomůcky zabezpečuje svým zaměstnancům vždy dodavatel. Expertní a poradenskou činnost zajišťují opět kontaktní pra-

covníci, vykonávat ji ale mohou smluvní odborníci v předem dohodnutém rozsahu. Při provádění školení je vhodné, když si odběratel určí požadovaná témata školení. Podle nich dodavatel zvolí školící pracovníky a odběratel by měl následně provést hodnocení kvality a efektivnosti školení. Odpovědné hodnocení školení pomáhá k vytvoření kvalitní struktury lektorského sboru především z řad externích pracovníků. Všechny informace, ke kterým má dodavatel přístup v souvislosti s poskytováním metrologických služeb jsou považovány za důvěrné. Smlouvy by měly řešit také úhradu nákladů vyvolaných např. nesprávnou manipulací s měřidly jak na straně dodavatele, tak na straně odběratele. Také kontrola činnosti dodavatele může být ošetřena smluvně např. zpracováním přehledu činnosti v pravidelných intervalech (čtvrtletně), ve kterém budou uvedeny základní kvantitativní údaje (počet kalibrací ... plán a skutečnost, překročení lhůt včetně uvedení důvodů, počet vyřazených a nastavených měřidel, počet oprav včetně ekonomických údajů, soupis odstávek v souvislosti s kalibracemi a předmětných zařízení nebylo-li provedeno při centrální odstávce zařízení, počet a druh expertních, poradenských a školících činností atd.).

### Metrologické informační systémy (MIS)

V rámci OS služeb je základním předpokladem správného fungování dokonalá evidence měřidel, pro kterou využívají dodavatelé různé typy metrologických SW produktů. Jedná se o informační systémy určené pro metrologická pracoviště, výdejny, kontrolní útvary apod., kde plní funkci operativní evidence měřidel a funkci evidence všech souvisejících servisních a kontrolních úkonů. Velmi často se využívá tzv. technologie client - server (zkráceně C/S), což je označení způsobu datové komunikace vzdáleného počítačového pracoviště se serverem. Zpravidla jsou takto označovány programové systémy, jejichž data jsou uložena centrálně, obvykle na jednom výkonném serveru. Programy na vzdálených pracovištích, takzvaných klientech, získávají data ze serveru nebo je na server ukládají. Jedná se tedy o datovou komunikaci mezi klientem a serverem – odtud název client-server. Dnes používané MIS se neomezují na pouhou pasivní evidenci měřidel, ale umožňují i řadu aktivních činností. V základní evidenci zakázek je možné odlišit firmy, pro které jsou prováděny jednorázové výkony od firem se zavedeným OS. Databáze měřidel a zakázek jsou vzájemně propojeny, díky tomu každá změna u měřidla v rámci OS se automaticky přenáší po ukončení zakázky do databáze měřidel. Ve stručném přehledu se pokusím shrnout základní funkce současných MIS:

- Evidence dodavatelů kalibračních služeb
- Evidence všech pracovních měřidel nestanovených a zařízení s měřicími řetězci (metrologické karty se všemi dostupnými údaji)
- Archivace, tvorba a řízení postupů s využitím přednastavených algoritmů
- Evidence etalonů a pracovních měřidel stanovených
- Informace o zakázkách a zákaznících
- Informace o dodavatelích kalibračních služeb
- Hodnocení dodavatelů kalibračních služeb resp. všech služeb ovlivňujících kvalitu

- Sestavení plánů kalibrací ve zvoleném intervalu
- Sledování pohybu měřidel ve výrobním procesu
- Vyhodnocení způsobilosti měřidel
- Komunikace s externími pracovišti, distribuce protokolů v libovolném formátu
- Manipulace s daty (vyhodnocení kalibrací, export dat, statistika)
- Provádění kalibrací (speciální algoritmy pro ovládání vybraných druhů zařízení a sběr dat)
- Sledování historie měřidel (vyhodnocení driftu)
- Plánování a evidence pomocných úkonů (servis, údržba)
- Evidence přípravků a nástrojů (výdejny komunálního nářadí)
- Analýzy měřicích systémů
- Výpočty nejistot měření
- Zpracování, tisk a archivace kalibračních listů

### Cena za Outsourcing

Cena za úvodní etapu nabízených služeb se zpravidla stanoví dohodou s odběratelem jako jednorázový poplatek, závislý zejména na počtu měřidel a odhadu stavu metrologického zabezpečení měření a související metrologické dokumentace u objednavatele. Cena komplexních služeb prováděných v etapě realizace (souhrnně nebo položkově) může být stanovena jako:

- a) paušální cena – pravidelný měsíční poplatek zahrnující cenu za kalibraci / ověřování měřidel v souladu s harmonogramem, vedení databáze a další dohodnuté expertní a poradenské činnosti. Cena bude určena jako průměrná v závislosti na počtu a druhu kalibrovaných / ověřovaných měřidel a na kalibračních lhůtách jednotlivých měřidel. Do ceny je obvykle zahrnuta množstevní sleva, zahrnující optimalizaci rekalkibračních intervalů a možnost současné kalibrace několika měřidel,
- b) kombinovaná cena – pravidelný měsíční paušál dle předchozího odstavce a individuální platby za ověřování / kalibraci měřidel realizovaných na základě jednorázových písemných požadavků (nejčastější způsob, při rozmanité struktuře měřidel nelze všechna paušalizovat),
- c) cena za individuální služby – nepravidelná fakturace na základě dílčích písemných objednávek (přílohou smlouvy bývá ceník jednotlivých služeb veškerých OS činností; ceny kalibrací rozděleny i podle druhů měřidel, uplatnění slev je minimální).

Nastavení splatnosti je nezbytnou součástí smlouvy. Při dlouhodobém poskytování OS se často objevuje tlak ze strany odběratele na každoroční snížení smluvních cen (po úvodních problémech se kalibrace staly rutinní záležitostí, doprava měřidel je optimalizována, harmonogram je upraven tak, aby se prováděla kalibrace více měřidel současně, dochází k redukcím měřidel apod.). Tato filosofie je reálná po dobu cca dvou, tří let po zavedení OS, ale následně se náklady dodavatele stabilizují a díky inflaci a růstu režijních nákladů je snižování ceny možné pouze současně s redukcí počtu výkonů. Slevy za poskytované služby závisí rovněž na počtu výkonů (vyšší objem zakázek umožňuje snadnější optimalizaci výkonů a tím i vyšší slevu). Nastavení cen, které vyhovují oběma subjektům, bývá obvykle nejkomplicovanějším problémem při zavádění OS služeb.

## MĚŘENÍ KAPACITY S DMM

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Ing. Jana Horská, PhD.

## Úvod

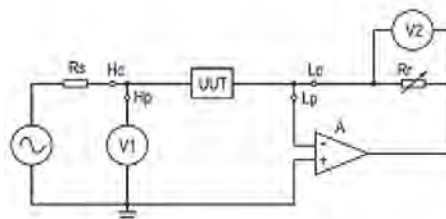
Mnoho digitálních voltmetrů obsahuje funkci pro měření kapacity. Tyto přístroje obvykle pracují tak, že nabíjejí a vybíjejí kondenzátor známým proudem a měří rychlost změny napětí. Čím pomalejší je rychlost nárůstu napětí, tím je měřená kapacita větší. Digitální multimetry obvykle měří kondenzátory v rozsahu od několika nanofaradů do několika set mikrofaraadů.

Měření pro kondenzátor, měřený s ručním multimetrem v ceně stovek až několik tisíc Kč může dát podstatně jiný výsledek než pro stejný kondenzátor měřený s LCR metrem v ceně desítek až stovek tisíc Kč. Totéž se může stát, když se stejný kondenzátor měří dvěma různými ručními multimetry. I zde měření může to také poskytnout výsledky, které se liší o několik procent v závislosti materiálu dielektrika kondenzátoru a na algoritmu měření. Je cílem uživatele měřidla i metrologa zjistit, které faktory přispívají k této různorodosti a, to je ještě důležitější, vědět, kdy je potřeba přejít na měření drahým LCR metrem. Proto je důležité pochopit principy měření a algoritmy použité pro kapacitní měření na DMM. Analýzu kapacitního měření lze nejlépe pochopit tím, že se zkoumá způsob, jakým jsou měřeny odpory. Když digitální multimetr měří odpor, používá zdroj konstantního proudu nějaké známé hodnoty, s cílem generovat napětí na měřeném rezistoru. To má za následek DC napětí, které je snadno přepočteno na hodnotou odporu, které ADC a firmware signálu multimetru zpracuje. Chybové podmínky v systému měření odporu jsou snadno pochopitelné a dají se potlačit. Termální EMF, odpor přírodních vodičů, svodové proudy a vlastní ohřev jsou některé z více významných zdrojů chyb a mohou být sníženy pomocí vhodných metod měření a vestavěnými funkcemi multimetru, jako je například kompenzace offsetu. I v levných DMM mohou být bez větších potíží měřeny odpory s přesností lepší než 30 ppm. Vytvoření dostatečně přesného měření pro pasivní komponenty jiného typu, jako je například kondenzátor, je zcela jiná věc.

## Vysoce přesná měření kapacity

Ve vysocí výkonných LCR metrech, je použitá technika jak najít hodnotu kondenzátoru udělána tak, že AC signál známé frekvence je aplikován přes interní zdroj s nízkou hodnotou vnitřního odporu na měřený kondenzátor zapojený v sériové konfiguraci na vstupu operačního zesilovače měřícího převodníku. AC proud tekoucí do kondenzátoru, který musí proudit přes odpor ve zpětné vazbě operačního zesilovače převodníku, vytváří střídavé napětí na odporu. Velikost a fáze tohoto napětí může být měřena ve srovnání s původním signálem AC a kapacitu lze vypočítat. Techniky pro měření mohou být velmi přesné a mohou poskytnout informace i o dalších parametrech, jako je ztrátový činitel, ale nástroje, které implementují tyto techniky jsou specializované a tako-

vo přístroje stojí desítky až stovky tisíc Kč. Univerzální přístroje, jako jsou DMM, mají nízkonákladová omezení, která jim nedovolují, aby zahrnovaly signálu AC zdroje, nicméně, mohou implementovat i funkci měření kapacity a to tím, že použijí stejného zdroje stejnosměrného proudu jako je použito k měření odporu.



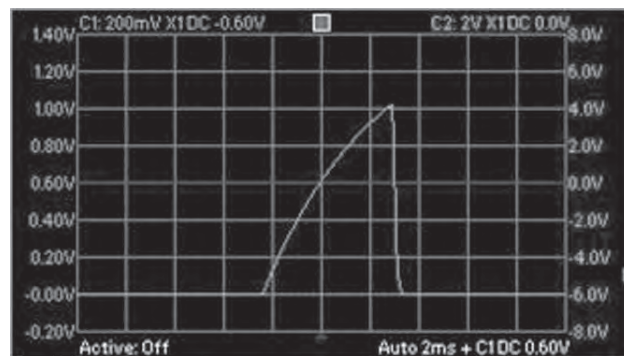
Obr. 1: Přesný měřič impedance (R, L, C) napájí měřený prvek (UUT) ze zdroje harmonického napětí a ze změřených V1 a V2 a jejich fázového rozdílu se vypočte požadovaná složka impedance

## Levné kapacitní měření

Jak bylo uvedeno dříve, digitální multimetry obsahují přesný vnitřní zdroj proudu, který se používá k vytvoření stejnosměrného napětí na měřeném odporu. Stejný přesný zdroj proudu může být použit i k vytvoření úbytku napětí na kondenzátoru. Na svorkách ideálního kondenzátoru, který se nabíjí z ideálního zdroje konstantního proudu, se vytvoří pilový nárůst napětí, charakterizovaný rovnicí

$$I = C \, dV / dt.$$

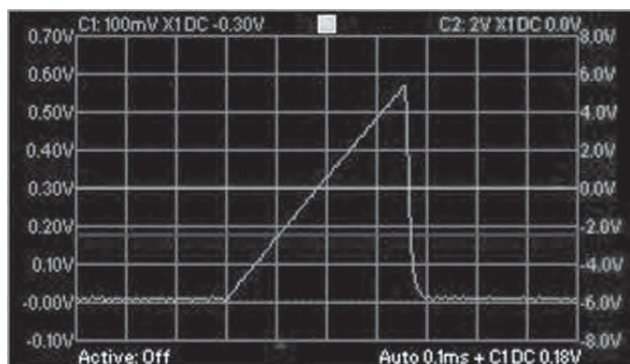
Proto může být hodnota kapacity C vypočtena v časové oblasti použitím konstantního zdroje proudu a pozorováním rychlosti změny napětí na kondenzátoru. Mnoho levných DMM a kapesních DMM provádí měření kapacity za předpokladu, že zdroj proudu i měřený kondenzátor jsou oba ideální. Žádné ideální kondenzátory však neexistují. Kondenzátory mají neideální vlastnosti, jako dielektrická absorpce, svod, ztrátový činitel, a ekvivalentní sériový odpor (ESR). Tyto vlastnosti mohou způsobovat podstatnou chybu v oblasti časové měřicí techniky, jak je popsáno výše. Proto u většina levných přístrojů, které mají funkci měření kapacity, mají ve specifikaci poznámku o tom, že jejich specifikace platí pouze pro foliové kondenzátory. Foliové kondenzátory,



Obr. 2: Průběh napětí na kondenzátoru 50 nF při měření malým ručním DMM

jako jsou kondenzátory s polyesterovým nebo polypropylenovým dielektrikem, mají dostatečně nízké ztráty, takže tato technika měření v časové oblasti může dát výsledky, s přesností na 1 %.

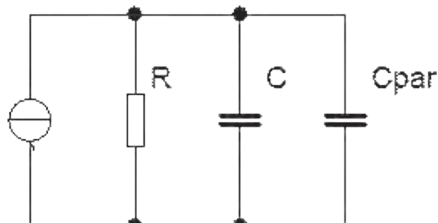
Chyby, zavedené vlivem nedokonalých nefilmových dielektrik, však nemusí nutně vyžadovat použití vysoce výkonných LCR metrů. Existují i další techniky, které byly zavedeny v nedávné době v stolních multimetrech, které mohou snížit chyby způsobené nefilmovými dielektriky, aniž by bylo na úkor přesnosti měření.



Obr. 3: Průběh napětí na kondenzátoru 50 nF při měření stolním 6,5 dig. DMM

### Lepší levné kapacitní měření

Ztráty v kondenzátoru, který se nabíjí ze stejnosměrného zdroje proudu lze nejnázorněji modelovat jako paralelní odpor ke kondenzátoru. Tento model je znázorněn na obr. 4:



Obr. 4: Časový model měření kapacity se ztrátami R a parazitní kapacitou měřiče Cpar.

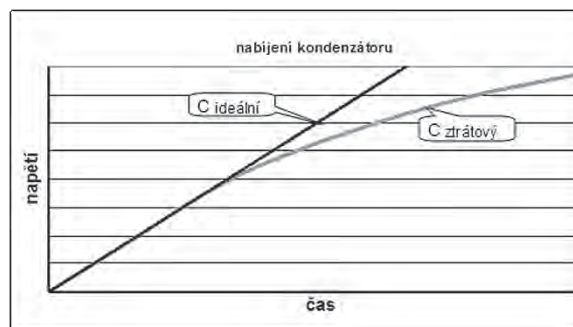
Konstantní zdroj proudu připojený na paralelní obvod RC vytvoří na výstupu napětí ve tvaru oblouku, který se mění s časem, a je vyjádřen:

$$v(t) = IR(1 - e^{-t/\tau})$$

za předpokladu, že na kondenzátoru není žádné počáteční napětí. V této rovnici je časová konstanta rovna  $R \cdot C$  a  $I$  je hodnota konstantního proudu zdroje. Obě tyto nabíjecí křivky pro ideální nabíjení s lineární závislostí a křivka pro kondenzátor se ztrátami jsou znázorněny na obr. 5.

Všimněte si, že paralelní odpor má tendenci ohýbat přímku podle exponenciály. Oblast mezi přímkou a křivkou je složka, která vznikla kvůli ztrátám a vytváří chybu měření. Protože se jedná o transcendentální rovnici, je docela obtížné ji řešit bez použití iterační techniky. Derivace této rovnice,

$$\frac{dv}{dt} = \frac{I}{C}(e^{-t/\tau})$$



Obr. 5: Kondenzátor a úbytek napětí, s a bez ztráty.

může být řešena v uzavřené formě. Pokud je časová konstanta RC známá, může se hodnota C najít nahrazením do této rovnice. Vylepšení tedy spočívá v nalezení závažnosti RC časové konstanty.

Pro zjištění RC časové konstanty je kondenzátor podle testu prvního vybití měřen s připojením buď s odporem paralelně, nebo tím, že se obrátí polarita zdroje proudu. Konstantní proud se zapne a vysoce rychle snímané vzorky hodnoty průběhu napětí jsou čteny na analogově/digitálním převodníku (ADC) multimetru. Exponenciální proložení se provádí z těchto měření a to pomocí jak z hodnoty samotné, tak ze sklonu přímky mezi sousedními čteními je vypočítána časová konstanta RC. Tento algoritmus má řadu přísných požadavků, které ho činí nevhodným pro libovolný digitální multimetr:

- První a nejdůležitější je, že musí ADC v digitálním multimetru dost rychle zachytit více bodů na růstu napětí na testovaném kondenzátoru a to bez zavedení významného šumu měření.
- Za druhé, konstantní zdroj proudu multimetru nesmí vykazovat jiné než ideální chování, jako je například tepelný drift při zapínání.
- Za třetí, musí se odečíst vnitřní kapacita multimetru a kapacita sond, což může být stejně jednoduché jako použití „Math Null“ funkce a odečíst aktuální čtení ze všech následujících měření.
- Konečně, parazitní vnitřní vstupní kapacita multimetru musí mít poměrně dobrý faktor kvality, aby se zabránilo zavedení chyb způsobených vlastní RC časovou konstantou.
- Pokud tyto požadavky jsou splněny, mohou uživatelé získat podstatně lepší přesnosti údajů. (například kapacitní měření v Agilent 34410A je založeno na metodě, velmi podobné jako je popsáno výše.)

Výše popsaná měření vyžadují aktuální zdroj pouze jedné polarity. Vnitřní odpor z multimetru může být použit k vybití měřeného kondenzátoru. S trochu více nákladů v použitém zdroji, může být proveden i jiný způsob potlačení vlivu ztrát. Pokud je k dispozici přesný zdroj proudu a proudové zrcadlo se zdrojem proudu, pak může být vytvořen pravoúhlý střídavý proudový signál i v opačné polaritě v předem určeném intervalu. Tento střídavý proud zdroje vytvoří trojúhelníkový průběh napětí, pokud je připojen na měřený kondenzátor. Pokud má kondenzátor ztráty, budou na trojúhelníku vlny obsahují exponenciální výrazy, jak je znázorněno na obr. 2.

Tyto exponenciální podmínky mohou změnit velikost harmonických ve frekvenčním spektru průběhu napětí. Zkoumáním harmonických složek mohou být odstraněny vlivy ztrát. Multimetr National Instruments NI 4072 používá metodu podobnou této, ve kterém je rychlá Fourierova transformace (FFT) použita pro stanovení kmitočtového spektra a první a třetí harmonické jsou použity k odstranění vlivu ztráty měřeného kondenzátoru.

### Chyby při kapacitním měření na DMM

Existuje několik významných problémů u jakéhokoliv časově orientovaného měření kapacity. První z nich je, že hodnota kapacity se může měnit podstatně s frekvencí. Některé klasické LCR metry, jako je Agilent 4263B a řada dalších, mají schopnost měření kapacity na více frekvencích pomocí přepínání frekvence interního zdroje střídavého napětí měřiče. U hliníkového elektrolytického kondenzátoru se může kapacita lišit až o několik procent mezi frekvencí 100 Hz a 1 kHz.

Jak silná je závislost kapacity na frekvenci můžeme ukázat například na mezilaboratorním porovnání MPZ číslo 013-ZVC-6300-01, kde byl mimo jiné měřen i tantalový elektrolytický kondenzátor SPRAGUE typ 109D 1000  $\mu\text{F}$ , který měl na 50 Hz 1046  $\mu\text{F}$ , ale při zvyšování frekvence kapacita klesala tak, že na 1 kHz měl už jen 157,1  $\mu\text{F}$ .

Méně nákladný algoritmus obvykle pracuje na jedné frekvenci, a proto neposkytuje další informace o vlastnostech měřeného prvku při vyšších frekvencích. Ačkoli měření v multimetrech nemusí být nesprávné, liší se od těch, které měří metr LCR, už jednoduše protože je rozdíl ve frekvenci měření. Platí, že čím větší má kondenzátor ztráty, tím více závisí jeho hodnota na frekvenci. To je velmi výrazné pro elektrolytické kondenzátory

Další neideální charakteristické chování kondenzátorů, které může vést k zkreslení výsledků měření s nižšími náklady je ekvivalentní sériový odpor kondenzátoru, neboli ESR. Předpokládáme na chvíli, že se používá k nabíjení kondenzátoru při testu při měřicím cyklu kladná polarita proudu. Pokud se používá odpor připojený mezi kondenzátorem a zemí pro vybití kondenzátoru a má obvod připravit pro další cyklus měření, potom až co možná nejnižší napětí na kondenzátoru bude blízké k 0 V.

Vzhledem k tomu, konstantní proud vytváří napětí rampy na kondenzátoru, hodnota napětí po více měřicích cyklech může být větší než 0V. Toto zkreslení vlivem DC složky nevytváří žádné významné chyby pro filmové a keramické kondenzátory, ale pro hliníkové elektrolytické kondenzátory to může mít na výsledek velký vliv. To je kvůli tomu že ESR se mění nelineárně s DC předpětím.

Jednoduchý způsob vyřešení tohoto problému je, aby bylo zkreslení výsledků vlivem DC na kondenzátoru co nejmenší, se provádí pomocí střídavého zdroje proudu, při vybití pod 0 V, nebo tím, že se snižuje amplituda napětí proudu na kondenzátoru. Každá z těchto technik může poskytnout přesné výsledky. V některých případech ale může být hodnota kondenzátoru s DC předpětím žádoucí, to je v případě, že je kondenzátor použit v obvodu, který má DC předpětí v normálním provozu (například při blokování a oddělení napájení). U přesných měřičů, které používají zdroj AC, jako je u LCR metru je obvykle zabudována i možnost měřit hodnotu i s předpětím DC.

Tato analýza ukazuje, že jsou mnohé vlastnosti, které se musí vzít v úvahu při měření hodnoty kondenzátoru. Pro obecné řešení problémů (kontrola stavu a hodnoty součástky), nebo pro měření vysoce kvalitních filmových kondenzátorů, je jednoduchá a nenákladná časově orientovaná technika integrována do univerzálních multimetru a měla by být více než adekvátní. Pro měření, která vyžadují vysokou přesnost a měření dalších parametrů, by měl být volbou výkonný LCR metr. Jak je uvedeno výše, jsou některé střední cesty mezi těmito dvěma extrémy, které snižují vliv ztrát pomocí relativně levných metod. Tyto metody neumožní výpočet dalších vlastností, jako je měření faktoru ztrát kondenzátoru, ale zlepšují přesnost měření pro kondenzátory nižší kvality.

Kalibrace DMM pro funkci měření C.

Pro hodnoty kapacity do 10(100) $\mu\text{F}$  není obtížné zajistit pro kalibraci sadu vhodných kondenzátorů. Ty mohou být kalibrovány na přesném RLC metru, pozor ale na to, že kapacita každého kondenzátoru je frekvenčně závislá. Menší frekvenční závislost kapacity mají kondenzátory s menšími ztrátami, proto je velikost ztrát i jedním z měřitek volby kondenzátoru, který je vhodný pro kalibraci DMM. Kondenzátory používáme keramické nebo foliové. Elektrolytické nejsou vhodné.

Pro kapacity nad 10 $\mu\text{F}$  je jediným vhodným řešením použití kapacitních simulátorů v univerzálních kalibrátorech DMM. Například kalibrátor M-140 MEATEST, s.r.o. umožní simulovat etalon kapacity pro hodnoty od 700 pF až do 100 $\mu\text{F}$  což většinou plně postačí

### Literatura

- [1] Bill Coley a Conrad Proft, *Měření kapacity: jak porozumět a používat správnou techniku a výrazně zlepšit výsledky*, Agilent Technologies 8/22/2006
- [2] Agilent Impedance Measurement Handbook, *A guide to measurement technology and techniques*, 4th Edition, <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5950-3000.pdf>



## METROLOGICKÝ ŘÁD ORGANIZACE a související dokumenty a předpisy

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Řád podnikové metrologie (Metrologický řád organizace) má u nás velmi dlouhou, cca padesátiletou tradici. V článku Řád podnikové metrologie (a jak jej zpracovávat), autor Čeněk Nenáhlo, dipl. tech., ČMS, je velmi přehledně vysvětlena tato problematika s minimem odkazů na normy a předpisy. Citována je pouze norma ČSN EN ISO/IEC 17025 [7], která se týká požadavků kladených na zkušební a kalibrační laboratoře a norma ČSN EN ISO 10012 (management měření) [8]. Bohužel dnes již jen s těmito dvěma normami nevystačíme.

Když jsem před padesáti lety začínal v podniku TESLA Brno, který tehdy vyráběl kolem 90 typů měřících přístrojů, stačil v dokumentaci celého podniku organizační řád, řád podnikové metrologie, řád normalizace a řád organizace VTEI (knihovna). Všechno to byly jen několikastránkové vnitropodnikové předpisy. Za posledních cca 15 let došlo k zavedení řady mezinárodních dokumentů, které musí být respektovány v Řádu podnikové metrologie každého podniku. Globalizace neumožňuje je neuvážovat. Podnikové dokumenty musí být v souladu s platnými zněními těchto dokumentů, protože současný stav světového hospodářství je založen na mezinárodní spolupráci a obchodu a platí to velmi výrazně i pro strojírenskou, popř. kovozpracující výrobu a zvláště silně pro výrobu s vazbou na automobilový průmysl, jak bylo uvedeno v záhlaví článku Č. Nenáhla. Proto je článek pana Nenáhla doplněn v tomto článku odkazy na základní dokumenty, které je nutné respektovat i při zpracování Řádu podnikové metrologie. Outsourcing je podrobně probrán v článku ing. Vojtíška [22], a GUM, VIM 3 a normy pro veličiny v článku Ing. Jindřicha Běťáka [23].

### Metrologické požadavky

#### Členění měřidel

Předně je třeba zajistit členění a specifické požadavky z hlediska legální metrologie a s měřidly spadajícími do regulované sféry pracovat samostatně podle předpisů, dostupných na [www.unmz.cz](http://www.unmz.cz) [17]. U měřidel spadajících do oblasti legální metrologie jde z pohledu potřeb podniku hlavně o plnění příslušných předpisů, viz také [27].

U neregulované oblasti je úloha metrologa širší. Je třeba si uvědomit a specifikovat, která měřidla mají přímý vliv na kvalitu činnosti organizace a věnovat jim větší pozornost (specifikace, rezerva přesnosti při měření, rekalibrační interval, mezikalibrační kontroly, kontroly samotných měřidel i v rámci celé linky, pokud jsou do ní zařazena).

U některých moderních elektronických měřidel často ani výrobce neví, zda udal specifikaci jako chybu nebo nejistotu, je to třeba vyjasnit před zařazením měřidla v organizaci.

#### Názvosloví

Je to především nutnost používat platné jednotné názvosloví, které ale bylo v minulosti už třikrát dost podstatně revidováno a nyní bylo celosvětově sjednoceno do normy

VIM3 [3]. Znamená to mimo jiné, že v novém slovníku již neexistuje a nikdy nemůže být ani v podniku použit pojem normál ani pojem cejchování. Mezinárodní slovník pro metrologii – Základní a obecné pojmy a související termíny (VIM3) je nejnáze dostupný ve Sbornících technické harmonizace 2010, vydané UNMZ pod názvem, Terminologie z oblasti metrologie (2. vydání) [9], kde je uveden i slovník legální metrologie. To znamená, že veškeré použité názvosloví i v podnikové dokumentaci musí odpovídat VIM3, slovníku OIML [4], případně i slovníku IEV [5], na který VIM3 citován, případně dalších aktuálních vydání oborových názvoslovných sborníků a články [32], [38]. V databázi norem byl VIM 3 zaveden jako TNI 010115 [3].

#### Vyjadřování výsledků měření

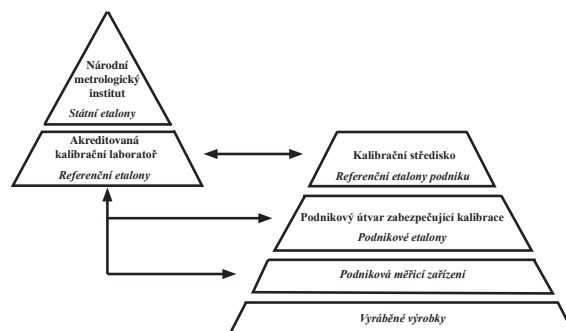
Dávno pryč jsou zlaté časy používání jednoduché normy MIL STD 45662A ve většině světa, kdy stačilo, aby etalon použitý při kalibraci byl nejméně čtyřikrát přesnější než kalibrovaný přístroj.

Nyní má být každý výsledek měření udán s nejistotou stanovenou pro úroveň pravděpodobnosti 95% a to platí i pro vnitropodnikové dokumenty s výjimkou oblasti legální metrologie. Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci (ILAC-P14:01/2013) [10], předepisuje v kapitole 6.2, že údaj o výsledku měření musí zahrnovat hodnotu měřené veličiny a příslušnou rozšířenou nejistotu U. V kalibračních listech/certifikátech se výsledek měření má uvádět ve tvaru  $y \pm U$  s přiřazenými měřicími jednotkami pro y a U. Nejistota může být udána nejvýše na 2 platná místa a i z tohoto pohledu by měl podnikový metrolog kontrolovat veškerou dokumentaci, týkající se měření a případně i reklamovat externí kalibrační listy. Závazný a základní je dokument GUM (JCGM 100:2008 s dodatky) [2], dostupný na <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>

Pro složitost GUMu se používá pro stanovení nejistot dokument EA-04/02 Vyjadřování nejistot měření při kalibracích [1]. Nejistota musí být udána v souladu s EA-4/02, u laboratoří akreditovaných UKAS podle dokumentu M 3003 [19], u mimoevropských laboratoří někdy přímo s odkazem na GUM, [2].

#### Návaznost

Publikace EA-04/07 Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony stanoví návaznost podle obr. 1.



Obr. 1: Návaznost měřidel podle EA-04/07 (dříve EAL G-12) [12]

Publikace: EA-04/07 uvádí v kapitole 6.4 pro vnitropodnikovou kalibraci (závodní kalibraci) v bodě 6.4.1, že vnitropodnikový kalibrační systém zajišťuje, že veškeré měřicí a zkušební zařízení používané podnikem bude pravidelně kalibrováno vůči vlastním referenčním etalonům. Podnikové referenční etalony musí být navázány prostřednictvím kalibrace prováděné akreditovanou kalibrační laboratoří nebo národním metrologickým institutem. Vnitropodniková kalibrace může být dokladována podnikovým kalibračním listem, kalibrační značkou nebo jiným vhodným způsobem. Údaje o kalibracích musí být uchovávány po předepsanou dobu. Povaha a rozsah metrologické kontroly vnitropodnikové kalibrace jsou ponechány na úvaze příslušného podniku. Musí být přizpůsobeny příslušným požadavkům, aby výsledky získané měřicím a zkušebními zařízeními byly dostatečně přesné a spolehlivé. Z pohledu požadavků norem řady EN ISO 9000 není akreditace organizací vykonávajících vnitropodnikovou kalibraci pro interní potřeby nutná, avšak při užití vnitropodnikového kalibračního listu externí organizací pro potřebu prokázání návaznosti má být požadováno, aby organizace, která kalibrační list vydala, byla schopna prokázat svou způsobilost k jeho vydání. Hierarchie etalonů a organizační struktura v oblasti metrologie zabezpečující návaznost výsledků měření a zkoušení v rámci organizace na státní etalony je zobrazena na **obr. 1**.

Pro každou úroveň hierarchie je určen uživatel etalonu nebo měřicího a zkušebního zařízení, spolu se svými funkcemi v rámci výše zmíněné struktury, metrologickou základnou a výsledky své činnosti (dokumentace). Mezinárodně uznatelná návaznost měření může být jen na národní metrologické instituty v rámci jejich uznaných kalibračních schopností (CMC), uvedených na stránkách Mezinárodního úřadu po míry a váhy (BIPM). Návaznost může být prostřednictvím akreditovaných laboratoří v rámci mezinárodní dohody MLA. Návaznost na neakreditovaného výrobce měřidla je mimosystémová a neprojde auditem kvality.

### CMC

Každá kalibrační laboratoř, tedy i vnitropodniková, musí znát své kalibrační schopnosti měření CMC. CMC jednotlivých národních metrologických institutů, jež jsou publikovány v databázi KCDB na webu BIPM, [13], poskytují ověřenou možnost návaznosti na jednotky SI nebo, pokud to není možné, na dohodnuté referenční hodnoty nebo odpovídající etalony vyšší úrovně. Posuzovatelům akreditovaných laboratoří se doporučuje nahlédnout do KCDB (<http://kcdb.bipm.org>) vždy při přezkoumání laboratoří stanovené hodnoty nejistoty CMC a její bilance pro zajištění, že uváděné hodnoty nejistoty jsou konzistentní s hodnotami národních metrologických institutů, na které se laboratoř ve své návaznosti odvolává. Každá, mezinárodně uznatelná kalibrace musí být návazná až k úrovni publikovaných CMC na KCDB (<http://kcdb.bipm.org>), [13]. V moderních oblastech rozvíjejícího se měření se to někdy nezdaří, protože příslušná CMC ještě neexistuje a takový případ se musí posoudit individuálně.

### Kalibrační postupy

Nelze uvažovat jen postupy ČMS. Nadřazené před národními jsou postupy Euramet, které by měly být vždy, pokud je to možné, respektovány. ČIA uvádí české překlady jen pro 4 příručky z 21 publikovaných. Úplný seznam je na <http://www.euramet.org/index.php?id=calibration-guides>, [11]. Pro oblast legální metrologie existuje řada postupů, dokumentů, doporučení a příruček volně dostupných na <http://www.oiml.org/en/publications/introduction>. Řadu zkušeností z těchto materiálů lze použít i mimo regulovanou oblast měření.

### Uvádění shody se specifikací

ILAC-G08 Pokyny k uvádění shody se specifikací [14], je podrobný dokument, který musí být vždy respektován. Podniky by uvítaly, kdyby od kalibrační laboratoře dostaly celkový údaj o splnění specifikace kalibrovaného měřidla. Podrobněji viz [34]. U složitých přístrojů, kde kalibrační list obsahuje desítky až stovky neměřených hodnot se často stává, že některé body jsou mimo specifikaci výrobce nebo o některých nemůže kalibrační laboratoř rozhodnout, protože výsledky jsou ovlivněny nejistotou měření laboratoře. Pak dochází ke dvěma základním situacím. První je, že kalibrovaný přístroj v uvažované specifikaci nemá přímý vliv na kvalitu výstupů organizace. V tomto případě často postačí vyhodnocení a informování koncového uživatele (správný štítek a kopie kalibračního listu). Závaznější je druhý případ, kdy měření přístrojem má přímý vliv na kvalitu. Zde je nutné posoudit, zda uvažovaná metrologická specifikace byla stanoven s dostatečnou rezervou i při použití výsledků podle kalibrace a v kladném případě věnovat kritickým oblastem zvýšenou pozornost včetně mezilhůtových porovnání.

### Stanovení kalibračních intervalů

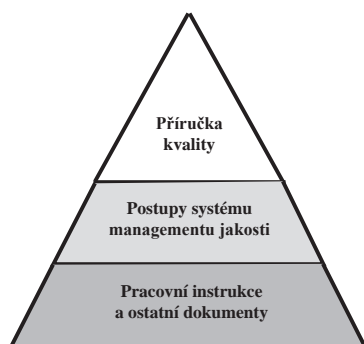
ILAC-G24 Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů [15], jsou spíše obecně návodové, konkrétní doby najdeme u řady zahraničních, hlavně akreditačních organizací. Všeobecně platí, že výchozí kalibrační interval nemá být delší, než doporučuje výrobce měřidla a postupně může být korigován až na základě dalších kalibrací. Kde je to možné, je třeba sledovat trendy driftu a využívat mezikalibrační kontroly. Podrobnosti jsou i v [30] a [26].

### Systémové požadavky

Vznik systému řízení kvality má svůj původ ve 20. letech minulého století, kdy s rozšířením sériové výroby vznikal požadavek na zavedení systému. Samotná norma ISO 9001 má svůj původ ve Velké Británii v 80. letech ale rozšířila se po celém světě. Aplikace systému procesů v organizaci spolu s identifikací těchto procesů, jejich vzájemným působením včetně jejich managementu, lze nazývat „procesní přístup“. Postupně se měnilo i systémové názvosloví.

Dokumentace systému managementu kvality bývá v organizaci obvykle členěna do tří úrovní (přesný návod pro tvorbu dokumentace poskytuje norma ČSN ISO/TR 10013: 2002 [16]) a je znázorněna na **obr. 2**.





Obr. 2: Tvorba dokumentace podle ČSN ISO/TR 10013: 2002

Dokumentace systému managementu obvykle zahrnuje:

- Úroveň 1 příručka kvality;
- Úroveň 2 dokumentované postupy (popisují činnosti, které procházejí různými funkcemi);
- Úroveň 3 pracovní instrukce (popisují provedení všech rozhodujících činností jedné funkce);

Na čtvrté úrovni bývají v organizaci formuláře (dokument pro shromažďování údajů o provedených činnostech a dosažených výsledcích dokládajících soulad s požadavky systému managementu kvality); plány kvality (specifikují postupy a zdroje související s daným projektem, produktem, procesem nebo smlouvou a kdo a kdy je používá); specifikace; externí dokumenty (požadavky zákonů a předpisů, normy, pravidla a příručky pro údržbu atd.); záznamy (dokumenty, v nichž jsou uvedeny výsledky nebo které podávají důkaz o provedení činnosti; nositelé informací o tom, co se vlastně v organizaci děje).

Řád podnikové metrologie patří v tomto systému členění dokumentace do úrovně 2.

Procesní přístup podstatně změnil i používané názvosloví, což dělá potíže starším a neproškoleným pracovníkům.

Mnoha organizacím se osvědčilo i využití vývojových diagramů v řádu podnikové metrologie i v kalibračních postupech.

### **Metrologické informační systémy**

Základním předpokladem správného fungování metrologického řádu organizace je i dokonalá evidence měřidel, pro kterou využívají dodavatelé různé typy metrologických softwarových produktů. Jedná se o informační systémy které plní funkci operativní evidence měřidel a funkci evidence všech souvisejících servisních a kontrolních úkonů určené pro metrologická pracoviště, výdejny, kontrolní útvary apod.. Dnes používané informační systémy se neomezují na pouhou pasivní evidenci měřidel, ale umožňují i řadu aktivních činností, u některých včetně kalibračního postupu s výpočtem nejistot nebo predikcí driftu na základě historie měřidla. Databáze měřidel a zakázek jsou vzájemně propojeny, díky tomu každá změna u měřidla se automaticky přenáší po ukončení zakázky do databáze měřidel. Je třeba věnovat pozornost zálohování, odolnosti proti vnesení nepatřičných dat a validaci systému.

### **Štítkování**

Dnešní doba vyžaduje používání štítků na měřidle k rychlé orientaci o stavu měřidla. Pro oblast legální metrologie jsou používané štítky a značky předepsány, pro neregulovanou oblast měření by měly být popsány v řádu podnikové metrologie. ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 v bodě 5.5.7 požaduje pro vadné zařízení jasné označení jako vyřazené z provozu a v bodě 5.5.8 požaduje, pokud je to z praktického hlediska možné, aby veškeré zařízení, které vyžaduje kalibraci, bylo opatřeno štítkem, kódem nebo jinak identifikováno za účelem udání stavu kalibrace včetně data poslední kalibrace a data nebo termínu, kdy je třeba provést následnou kalibraci. Tyto zásady by měly být použity i v podnikové praxi.

### **Závěr**

Řád podnikové metrologie je v organizacích používán už mnoho let. Cílem článku bylo upozornit na základní mezinárodní dokumenty, které mnohdy vznikaly později než řády podnikové metrologie v mnoha organizacích a které se k problematice vztahují a se kterými by žádný řád podnikové metrologie neměl být v rozporu. Nejvíce se změnilo hlavně názvosloví. Výhodou je, že žádný mezinárodní dokument zásadně nemění již dříve využívané principy. V dnešní době je již dostatek literatury a i časopis *Metrologie* se této problematice opakovaně věnuje. Pro ty, kteří nemají čas novinky a požadavky vyhledávat a sledovat zavedlo České kalibrační sdružení systém dvou konferencí do roka, kde vedoucí pracovníci UNMZ, ČMI a ČIA informují o aktuálních problémech a trendech vývoje. Na těchto konferencích je možné přímo konzultovat i aktuální problémy organizací.

### **Literatura**

- [1] EA-04/02 M *Výjadřování nejistot měření při kalibracích (Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration (previously EAL- R2), DEC 1999)*, (včetně dodatku 1 k dokumentu EA-4/02) (dříve EAL-R2)
- [2] ISO/IEC Guide 98-3:2008 – *Uncertainty of measurement – Part 3, Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)* (k dispozici na [www.BIPM.org](http://www.BIPM.org))
- [3] ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM3)* (k dispozici na [www.BIPM.org](http://www.BIPM.org)), české vydání TNI 01 0115 (010115) *Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)*.
- [4] *International Vocabulary of Terms in Legal Metrology: OIML Secretariat Bureau International de Métrologie Légale (BIML)*.
- [5] *slovník IEV, Electropedia: The World's Online Electro-technical Vocabulary* (k dispozici na <http://www.electropedia.org/>)
- [6] ISO 80000-1:2009, *Quantities and units - Part 1: General*
- [7] ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 *Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří*
- [8] ČSN EN ISO 10012 *Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení*

- [9] Sborník technické harmonizace 2010, *Terminologie z oblasti metrologie*, (2. vydání) UNMZ
- [10] ILAC-P14:01/2013 *Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci ILAC (Policy for Uncertainty in Calibration na <https://www.ilac.org/>*, International Accreditation Forum (IAF),
- [11] *informace o akreditaci kalibračních laboratoří* jsou dostupné pro ČIA na [www.cia.cz](http://www.cia.cz), pro ILAC (the International Laboratory Accreditation Cooperation) na <https://www.ilac.org/>, pro IAF (International Accreditation Forum) na <http://www.iaf.nu/>, pro Evropskou akreditaci EA (European co-operation for Accreditation) na <http://www.european-accreditation.org/0>
- [12] EA-04/07 M *Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony (Traceability of Measuring and Test Equipment to National Standards (previously EAL-G12)*, NOV 1995)
- [13] KCDB (k dispozici na <http://kcdb.bipm.org>)
- [14] ILAC-G08 *Pokyny k uvádění shody se specifikací (Guidelines on the Reporting of Compliance with Specification, 2009)*
- [15] ILAC-G24 *Pokyny pro stanovení kalibračních intervalů měřicích přístrojů (Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments, 2007)*
- [16] ČSN ISO/TR 10013: 2002, *Směrnice pro dokumentaci systému managementu jakosti*
- [17] <http://www.unmz.cz/urad/pravni-predpisy-v-oblasti-metrologie>
- [18] EA-01/16 *Prohlášení o rovnocenné úrovni určené k použití signatáři EA MLA (Statement on equivalence to be used by the EA MLA signatories, November 2010)*
- [19] M3003 EDITION 3 | NOVEMBER 2012 *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement*
- [20] MIL-STD-45662A, *Military standard Calibration system requirements US*
- [21] Čeněk Nenáhlo, dipl. tech., *Řád podnikové metrologie (a jak jej zpracovávat)*, Metrologie 4-2013, str. 12
- [22] Ing. Josef Vojtíšek, *Outsourcing v metrologii*, Metrologie 1-2014
- [23] Ing. Jindřich Běťák (ČMS), *GUM, VIM 3 a normy pro veličiny*, Metrologie 4-2013, str. 36
- [24] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., *Organizace práce v kalibračních laboratořích*, Metrologie 1-2013, str. 26
- [25] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., *Kalibrace zařízení pro měření času nejjednoduššími prostředky*, Metrologie 1-2013, str. 13
- [26] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., *Stanovování kalibračních intervalů-2*, Metrologie 3-2013, str. 23
- [27] Ing. Emil Grajciar, *Koncepce rozvoje NM S ČR na období let 2012–2016*. Metrologie 1-2012, str. 25
- [28] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. *Metrologie času a frekvence v praxi*. Metrologie 3-2012, str. 6
- [29] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., *Organizace práce v laboratořích -1*, Metrologie 4-2012, str. 15
- [30] Ing. František Jelinek, CSc. *Stanovování kalibračních intervalů*, Metrologie 4-2012, str. 18
- [31] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. Dr. Ing. Pavel Horský, *Digitální multimetry a jejich specifikace* Metrologie 1-2011, str. 1
- [32] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., *Metrologie a názvosloví*, Metrologie 3-2011, str. 14
- [33] Čeněk Nenáhlo, dipl. tech., *Metrologie ve strojírenském procesu*, Metrologie 4-2011, str. 10
- [34] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Dr. Ing. Pavel Horský, *Prohlášení o shodě při kalibracích*, Metrologie 2-2010, str. 19
- [35] Mgr. Petr Křen *Zaokrouhlování výsledků a nejistot*, Metrologie 3-2010, str. 27
- [36] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. *Výjadřování přesnosti měření*, Metrologie 4-2010, str. 11
- [37] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc. *Metrologie elektrických veličin a kvalita v kalibračních laboratořích elektrických veličin*, Metrologie 1-2009, str. 7
- [38] Ing. Kateřina Čábelová, Ing. Jaroslav Skopal *Mezinárodní metrologický slovník*, Metrologie 4-2009, str. 26
- [39] Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., *Podmínky při měření*, Metrologie 4-2007, str. 13



### Nový sborník technické harmonizace

## Moderní evropský standard zabezpečení

Obsah sborníku „Pokyny ke stanovení úrovně zabezpečení objektů a provozoven proti krádežím vloupáním podle evropských norem“ poskytuje společná pravidla pro aplikaci mechanických zábran a poplachových systémů, která by měla umožnit optimalizovat zabezpečení majetku.

Sborník byl zpracován ve spolupráci s Ministerstvem vnitra ČR a Asociací technických bezpečnostních služeb Gremium Alarm.

Sborník najdete na [www.unmz.cz](http://www.unmz.cz) - Sborníky technické harmonizace.

## NOVINKY V OBLASTI REFERENČNÍCH MATERIÁLŮ

**Ing. Jan Tichý**

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

### Abstrakt

Článek diskutuje stávající terminologii, připomíná historický vývoj a zamýšlí se nad dalším směřováním této specifické oblasti metrologie u nás i ve světě. Do určité míry je článek trochu „filozofující“ a to v odborné technické literatuře nebývá zvykem. Je to však záměr autora, který chce i tímto přístupem na stránkách časopisu vyvolat k tématu širší diskusi.

### 1. Úvod

Referenční materiál tvoří specifickou kategorii etalonu, který má zpravidla omezenou dobu expirace, platnosti certifikátu (informačního listu) a postupně se spotřebovává. Důležitými faktory jsou stabilita, homogenita a omezující podmínky pro použití (např. minimální návažka, minimální teplota, tlak, apod.).

Bez referenčních materiálů (jakékoli metrologické úrovně) by nemohla existovat chemická měření. Měření v oborech chemie a biochemie mají v současném světě velký význam. Na základě výsledků měření se např. často rozhoduje o našem zdraví (můžeme být léčeni zbytečně, nebo naopak neléčení vůbec) nebo o řešení problémů v oblasti životního prostředí (škodliviny v ovzduší, čistota vod, zabezpečení skládek, sanace ekologických zátěží apod.). Z měření se dovídáme o kvalitě a složení potravin, což ovlivňuje i naše spotřebitelské chování. Měříme chemické složení látek a materiálů, které dále využíváme v technologiích, výrobě, stavebnictví. Nové materiály a nové technologie přispívají ke zvýšení kvality našeho života.

### 2. Co je referenční materiál (definice) a jakou má úlohu

Definice:

#### referenční materiál (RM)

Materiál, dostatečně homogenní a stabilní s ohledem na jednu či více specifikovaných vlastností, který byl stanoven jako vhodný pro zamýšlené použití v měřicím procesu

#### certifikovaný referenční materiál, ISO Guide 34:2009 [1]

Referenční materiál charakterizovaný metrologicky platným postupem pro jednu či více specifikovaných vlastností, doprovázený certifikátem, který poskytuje hodnotu specifikované vlastnosti, její přidruženou nejistotu a prohlášení o metrologické návaznosti

#### certifikovaný referenční materiál (CRM), VIM 3 [2]

Referenční materiál doprovázený dokumentem vydaným způsobilou osobou a poskytující jednu nebo více specifikovaných hodnot vlastnosti s přidruženými nejistotami a návaznostmi s použitím platných postupů

V případě CRM jsou uvedeny dvě definice; je v nich určitý rozdíl, ne charakteru „technického“, ale spíše „legislativního“.

Nové definice CRM a RM se poprvé objevily v revizi ISO Guide 34 [1], která byla zakončena vydáním nového revidovaného Pokynu ISO Guide 34 v roce 2009. Revidovaný metrologický slovník naopak vycházel z platného ISO Guide 30 (RM – vybrané termíny a definice).

Pozn. 1) v angl. originále VIM3 je uveden termín „auto-ritative body“, v českém překladu TNI je „způsobilá osoba“)

Pozn. 2) Pokyn ISO Guide 34 změnil název z původního: „Požadavky na zajištění kvality při přípravě RM“ na „Požadavky na způsobilost výrobce RM“, z čehož je vidět posun v uvažování (od požadavku certifikace RM způsobilou osobou k akreditaci odpovědného výrobce).

Kombinace tří (níže uvedených) „charakteristických skupin“ vede k široké a pestré nabídce RM.

- ✓ Analyt (prvek, látka, forma prvku – speciace)
- ✓ Matrice (voda, vzduch, ocel, půda, kal, sediment, koňská játra, krevní sérum, moč, sklo, aj.)
- ✓ Koncentrační rozmezí (od stopových množství po koncentrace hlavních složek)

Přes širší nabídky může být v některých dílčích oblastech maticových RM nedostatek. Některé kombinace analyt, matrice a koncentrace nemusí být pokryty a je třeba zvážit, čím mohou být příp. nahrazeny. Proto je důležitá role analytika při výběru RM vhodného pro daný účel.

Referenční materiály nejsou jen RM chemického složení, jsou i RM fyzikálně chemických vlastností (tvrdost, viskozita, hustota, elektrolytická vodivost, apod.). Vlastnost RM může být kvantitativní i kvalitativní.

RM jsou velmi užitečné nástroje a pomáhají nám zvládat analytické úkoly a dosahovat cíle důvěryhodného (a tudíž přesného a precizního) měření. Jsou určeny jednak k hodnocení, jednak k přenosu hodnot.

#### Hodnocení

- validace metody,
- vyhodnocování nejistoty výsledku,
- verifikace správného provedení metody.

#### Přenos hodnot

- kalibrace měřicího přístroje,
- zajištění návaznosti výsledků,
- zajištění návaznosti hodnot RM nižších tříd.

#### Klasifikace (třídění) RM:

V zásadě existují dva typy RM, odlišné charakterem přípravy, charakterizací (certifikací), prokázáním návaznosti a většinovým užitím.

#### Čisté látky a jejich směsi:

jsou to primární velmi čisté chemikálie, směsi plynů, kalibrační roztoky. Většinou jde o „klasické výrobky“, připravované kontinuálně. Vzhledem k charakteru materiálu je charakterizace (certifikace) čistých látek jednodušší, založená např. na gravimetrické přípravě. K získání důvěryhodných metrologických charakteristik RM (hodnota, nejistota, návaznost) postačuje charakterizace jednou metodou v jedné laboratoři. Jsou převážně využívány pro

kalibraci přístrojů (analytickou koncovku). Tyto RM mohou být jak certifikované, tak necertifikované. Na základě metody přípravy a stanovení (certifikovaných) hodnot vlastností a příslušných nejistot (příp. vyhodnocení čistoty hlavní složky nebo sumy nečistot), můžeme tyto RM charakterizovat jako primární či sekundární (certifikované) referenční materiály.

*Pozn.: z hlediska „jednoduchosti“ certifikace můžeme k této kategorii RM chemického složení přiřadit i RM fyzikálně – chemických vlastností.*

### Matricové RM

jsou přírodní a technologické materiály, připravené často jednorázově jako specifický projekt. Jde např. o různé analyty v rozdílných maticích: PCB a dioxiny v čistírenském kalu, elementy v půdě, pesticidy v olivovém oleji, bílkoviny v moči, prvky v odlišném koncentračním rozmezí v různých typech ocelí a litin, atd.

V případě CRM musí být matricové materiály charakterizovány certifikačním experimentem (více nezávislých metod, více laboratoří), užití je především ke kontrole analytického procesu, k validaci metod.

Ke kalibraci se využívají matricové RM v metalurgii u komparativních nedestruktivních metod (např. optická emisní spektrometrie s buzením jiskrou, rentgenová fluorescenční spektroskopie).

Výše jsou uvedeny dvě definice CRM. Souvisí to s historickým vývojem: starší definice (uvedená ve VIM 3) vychází z původního ISO Guide 30 [3] nová definice byla přijata s novelizací ISO Guide 34. [1]

Z hlediska technického rozdíly nejsou: CRM musí být homogenní, stabilní, metrologických charakteristik je dosaženo charakterizací materiálu (provedení certifikačního experimentu a jeho vyhodnocení v souladu s ISO Guide 35), certifikát CRM musí splňovat požadavky Pokynu ISO Guide 31. [4]

RM dříve znamenal jak obecný název, tak i metrologickou kategorii, CRM jako nejvyšší úroveň, RM jako nižší úroveň. Současný přístup je jiný: RM je obecný (generický) pojem a materiály se dělí na CRM a NRM (necertifikované, non-certified RM).

Dříve se někteří „klíčoví hráči“ (renomovaní výrobci CRM, NMIs) dívali na certifikaci RM jako na certifikaci shody, kdy byla požadována certifikace nějakou národní nebo mezinárodní autoritou. Proto je mj. v zákoně o metrologii § 8 „Certifikace referenčních materiálů“ a proto působnost ČMI certifikovat RM.

Zásadní proměnou prošel i klíčový Pokyn ISO Guide 34 [1], který původně stanovoval kritéria kvality přípravy RM. V roce 2000 byl změněn na kritéria stanovující způsobilost výrobců RM.

### 3. Potřeba zajištění důvěryhodnosti RM a s tím související otázky

Jak zajistit důvěryhodnost referenčního materiálu? Je referenční materiál výrobek a zboží? Je lepší liberální přístup nebo je nutná regulace?

Pokusme se odpovědět na tyto otázky.

**Důvěryhodnost** může být zajištěna akreditací, i v této oblasti se akreditace prosadila a akreditační orgány mohou akreditovat výrobce referenčních materiálů na základě Pokynu ISO Guide 34:2009, ČSN EN ISO/IEC 17025 a příslušného dokumentu ILAC. Akreditací je potvrzena způsobilost výrobce RM/CRM podle rozsahu akreditace, který určí typ, matici, rozsah analytů, koncentrační rozmezí. Další, v ČR dosud platnou, cestou k důvěryhodnosti je certifikace RM dle zákona o metrologii. Důvěryhodný je pak konkrétní CRM (příp. sada CRM), jehož certifikát vydal ze zákona k tomu zplnomocněný orgán (ČMI, příp. AMS).

Referenční materiál není **výrobkem** v klasickém smyslu slova, je výrobkem specifickým. Náležitosti certifikátu (pro CRM) a Informačního listu (pro RM) upravuje Pokyn ISO Guide 31 [4] (a jsou také uvedeny v Příloze prováděcí Vyhlášky č.262/2000 Sb. v platném znění).

Pro RM (NRM) je povinné v informačním listu uvést základní metrologické charakteristiky (hodnoty vlastností) a další nezbytné informační údaje jako je název materiálu, informace o výrobcu, zamýšlený účel použití, informace o uchování, instrukce pro použití, doba stability a platnosti. Certifikát CRM musí kromě toho mít uvedeny certifikované hodnoty a jejich příslušné nejistoty, prohlášení o metrologické návaznosti a popis materiálu. Informační list RM a certifikát CRM jsou nedílnou součástí RM a CRM.

Není ani tak složité CRM připravit (vyrobit), ale provést certifikaci CRM vedoucí až k žádoucímu certifikátu. Certifikací CRM se rozumí postup dle Pokynu ISO Guide 35 [5] – zahrnuje v sobě vlastní přípravu (úpravu materiálu, testy homogenity, stability) a charakterizaci materiálu, tj.: vlastní měření, statistické zpracování výsledků, technické posouzení a přiřazení hodnot (certifikované hodnoty a nejistoty) a vydání certifikátu. Tento proces je často mnohem náročnější a nákladnější než vlastní příprava (výroba).

Výrobovou certifikací (dle zák. 22/1997 Sb. v platném znění) v případě CRM uplatnit nelze, neboť CRM není „klasickým“ výrobkem, nemá přidělené ČJK (číslo jednotné klasifikace) Českým statistickým úřadem.

Referenční materiál je kromě metrologického nástroje také **zbožím**. Je tedy předmětem obchodu a může mít i komparativní výhody, např. lépe prodejný bude CRM akreditovaného výrobce či CRM, který byl certifikován (nebo vyroben) národní či mezinárodní autoritou (např. ČMI).

Při položení otázky: „**Liberální přístup** ano či ne?“ jako vždy najdeme argumenty pro i proti. Pro liberální přístup jednoznačně hovoří praxe v jiných zemích EU, postupný nástup akreditace výrobců RM, ubývající zájem o certifikaci RM Českým metrologickým institutem. V neposlední řadě je důvodem i to, že CRM většinou nejsou předmětem regulované sféry, byť i tam svoji dílčí úlohu plní (např. v doporučeních OIML jsou u analyzátorů výfukových plynů a analyzátorů alkoholu v dechu kladeny požadavky na kalibrační plyny).

Argumentem proti úplnému vypuštění paragrafu o certifikaci RM v zákoně o metrologii je zachování alternativní

cesty, která výrobce CRM koriguje v průběhu přípravy a certifikace (charakterizace), tj. jedná se o řízený proces pod supervizí odborníků (Komise pro RM), což je vhodné zejména u CRM připravených projektově, jednorázově.

#### 4. Akreditace výrobců RM

Tématem současnosti je zavádění akreditace výrobců referenčních materiálů, na něž se Český institut pro akreditaci připravuje od roku 2011, kdy byl proveden překlad ISO Pokynu34:2009. ČIA v rámci Programu rozvoje metrologie 2013 úspěšně řešil úkol akreditace RMP, jehož výsledkem je příslušná Metodika pro akreditaci výrobců RM (RMP) [6].

Jak bylo již uvedeno výše, jsme stále u dvou typů CRM a tím i u dvou rozdílných přístupů:

Kontinuální výroba (čisté látky a jejich směsi): zde je akreditace RMP vhodná, nebude až takový problém s rozsahem akreditace a jeho příp. rozšířením. Je tu však i další aspekt a tím je mezinárodní obchod. Úspěšný výrobce CRM se musí umět přizpůsobit novým (často „politickým“) požadavkům. A tak jsme např. u kalibračních vodných roztoků zažili postupnou „normalizační smršť“ – začalo se normou ISO 17025, pak se přidala norma ISO 9001 a v současnosti se zavádí ISO Guide 34 a na světě je tzv. „triple accreditation“. A ta je (bude) podmínkou prodeje na některých významných trzích.

Projektová příprava (matricové látky): zde je to s akreditací mnohem složitější. Jak nastavit rozsah akreditace? Další projekt může být o jiné matici, jiných analytech. Materiálu se vyrobí dávek na 10, 15 let. Po spotřebování CRM se o výrobě další šarže neuvažuje. Analytika se vyvíjí a tento materiál už bude překonaný, nebude vyhovovat novým postupům, příp. výrobce zanikne nebo se dá přednost jinému projektu, příp. se analyty a jejich koncentrační rozsahy významně změní.

Otázkou je, zda „projektově orientovaný“ RMP bude mít o rozsáhlou akreditaci zájem, zda mu akreditace přinese nějakou významnou (nadstandardní) hodnotu (např. obchodní výhodu). V takovém případě by bylo vhodné akreditaci „rozdělit“ na obecnou část, kde RMP prokáže zvládnutí řízení projektu přípravy a certifikace CRM, tj. všechny činnosti, za něž je podle ISO Guide 34 odpovědný a k nimž nemůže použít subdodavatele. Druhou částí by už byl konkrétní projekt CRM. To vše ještě bude řešeno při diskusích odborníků.

#### 5. Jak ošetřit referenční materiály v zákoně o metrologii ?

Z hlediska zákona je neoddiskutovatelná zmínka o referenčních materiálech, neboť se jedná o specifické etalony, čili zvláštní kategorii měřidla.

V současném zákoně je § 8 „Certifikace referenčních materiálů“, která je ze zákona svěřena ČMI, příp. AMS. V případě nového zákona bude znění paragrafu, event. jeho úplné vypuštění předmětem diskusí, jejichž výsledkem by měl být soulad se současnou praxí ve světě. Obor přípravy a certifikace RM byl v naší zemi velmi rozvinutý a to zejména díky

aplikačním výzkumným ústavům jako např. byly Výzkumný ústav ČKD, Výzkumný ústav Vítkovických železáren, Ústav nerostných surovin v Kutné Hoře, Sklářský ústav v Hradci Králové. Dnes tyto ústavy již neexistují, nebo se zabývají jinou činností, velké podniky výrobu a certifikaci RM pro neefektivnost ukončily na začátku devadesátých let minulého století.

Protože však příprava a certifikace RM měly u nás velkou tradici, vznikli pokračovatelé této tradice v privátních subjektech (Analytika, SPL Bohumín) a na počátku 21. století se v Česku připravily a certifikovaly některé unikátní CRM, které nás ve světě dobře reprezentují. A vzhledem ke zkušenostem zákazníků to jistě dokáží i bez akreditace či certifikace Českým metrologickým institutem.

#### 6. Závěr

V blízké budoucnosti bude hlavním tématem diskusí v oblasti chemické metrologie především zavádění akreditace výrobců CRM Českým institutem pro akreditaci a úprava či úplné vypuštění paragrafu o RM z nového či novelizovaného zákona o metrologii. V této diskusi by měl zaznít i hlas uživatelů CRM/RM, kteří potřebují RM vhodné pro jejich účel, ekonomicky únosné a zároveň vyhovující požadavkům „akreditačních“ předpisů (zejména pak ČSN EN ISO/IEC 17025).

Český trh, na kterém se uplatňují CRM a RM, je malý. Referenční materiály se k nám ve větší míře dovážejí, v menší míře (a jen v některých dílčích oborech) se vyrábějí u nás a vyvážejí do světa. České CRM (byť jich je málo) jsou v mnohých případech unikátní a ve světě ceněné, proto by byla velká škoda, kdyby se přestaly vyrábět a nahradily dovozem. Bylo by dobré zajistit podporu jejich další výroby např. vytvořením přiměřených a ekonomicky únosných podmínek pro jejich bezproblémové uznávání v zahraničí. Jedná se o zavedení služby akreditace výrobců RM Českým institutem pro akreditaci, která se hodí zejména pro kontinuální výrobu RM. Pro výrobu CRM orientovanou projektově je vhodné navázat na tradici certifikace RM Českým metrologickým institutem a modifikovat stávající systém (a sním i příslušnou legislativu) tak, aby ve světě obstál. Potěšitelné je, že se v ČMI na tom již pracuje.

#### 7. literatura a zdroje

- [1] ISO Guide 34, 2009: „General requirements for the competence of reference material producers“
- [2] TNI 01 0115, ÚNMZ, český překlad VIM 3
- [3] ISO Guide 30, „Reference materials – Selected terms and definitions“, Draft 2013
- [4] ISO Guide 31, „Reference materials – Contents of certificates and accompanying documentation“
- [5] ISO Guide 35, 2006: „Reference materials – General and statistical principles for certification“
- [6] Klokočnicková E., *Závěrečná zpráva Programu rozvoje metrologie: „Zavedení služby akreditace výrobců referenčních materiálů do akreditačního systému ČR“*, ČIA 2013
- [7] <http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=1205>

# PLÁN STANDARDIZACE – PROGRAM ROZVOJE ZKUŠEBNICTVÍ V ROCE 2013

**Helena Jirásková, Ing. Vojtěch Petřík, CSc.**

*Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

Čtenáři odborného časopisu *Metrologie* jsou každoročně seznamováni se situací v jedné z oblastí státního zkušebnictví, a to s přípravou a realizací Plánu standardizace – Programu rozvoje zkušebnictví (PS – PRZ) v uplynulém roce.

Klíčovým dokumentem, který upravuje vybrané oblasti posuzování shody v České republice je zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Pracovní úplné znění tohoto zákona je zveřejněno na [www.unmz.cz](http://www.unmz.cz).

Zákon stanoví povinnosti klíčovými subjektům, které v systému působí. Za tyto subjekty lze považovat Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, který uděluje autorizaci a zabezpečuje notifikaci a oznamování způsobilých subjektů. Dále to jsou zmiňované subjekty, tedy autorizované osoby (AO), notifikované osoby (NO) a oznámené subjekty (OS). K nim lze přiřadit i pověřené organizace (PO), působící ve dvou sektorech.

PS – PRZ pro rok 2013 byl, stejně jako v předchozích letech, připraven odborem státního zkušebnictví ÚNMZ a zahrnoval úkoly směřující k řešení aktuálních problémů státního zkušebnictví, vycházející z potřeb ÚNMZ a dále z námětů jednotlivých autorizovaných osob, Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací, EUROLAB-CZ a Českého institutu pro akreditaci. Potřebu řešení jednotlivých úkolů, výběr řešitelů a oponentů posuzovala Komise pro posuzování shody, zejména její řídicí výbor. Konečnou podobu PS – PRZ pro rok 2013 schválil předseda ÚNMZ.

Schválený program je zveřejněn na webovém portálu ÚNMZ ([www.unmz.cz](http://www.unmz.cz)). Na tomto portálu jsou zveřejněny i programy pro předchozí roky, stejně tak jako výstupy řešených úkolů, a to od roku 2001.

Finanční prostředky na PS – PRZ pro rok 2013 byly ve výši 5,5 mil. Kč. Řešeno bylo 83 úkolů.

Skladba PS – PRZ byla stejná jako v předchozích letech, tedy rozdělená do pěti částí.

## Výsledky plnění PS – PRZ v roce 2013

### Část 1 Metodické zabezpečení posuzování shody podle platných nařízení vlády

Tato část obsahovala čtyři úkoly. Za nejvýznamnější lze v dané oblasti považovat úkol:

- Revize, případně aktualizace všech technických návodů pro posuzování shody stavebních výrobků uvedených v příloze č. 2 nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky (řešitel TZÚS, s. p.).

Cílem uvedeného úkolu bylo zajistit trvalou aktuálnost technických návodů. Tyto dokumenty představují základní soubor požadavků kladených na jednotlivé výrobky stanovené shora uvedeným nařízením vlády. Toto nařízení vlády je specifické tím, že se jedná o předpis mající platnost pouze v ČR a uplatňuje se pouze na ty výrobky, na které se nevztahuje nařízení EP a Rady (EU) č. 305/2011, které je základním předpisem pro oblast stavebních výrobků od 1. 7. 2013. O této problematice pojednává článek Ing. A. Šimkové v č. 2/2013 časopisu *Metrologie*.

I když byl hlavním řešitelem úkolu TZÚS, s. p., podílela se na řešení řada dalších AO podle své specializace. Výsledkem byla hlavně redukce návodů již neaktuálních.

Další dva úkoly zahrnovaly tvorbu metodik. Jejich prostřednictvím byly řešeny aktuální problémy posuzování shody v regulované sféře. Jedná se o tyto úkoly:

- Metodika postupu notifikované osoby při posuzování shody zdravotnických prostředků s nebezpečím přenosu nákazy TSE na člověka ve smyslu Nařízení Komise (EU) č. 722/2012 o zvláštních požadavcích týkajících se požadavků ve směrnici Rady 90/385/EHS a 93/42/EHS s ohledem na aktivní implantabilní zdravotnické prostředky a zdravotnické prostředky vyrobené s použitím tkání zvířecího původu (řešitel ITC, a. s.).
- Zpracování a ověření metodiky zkoušení přetlakových klapek plynových stabilních hasicích zařízení (SHZ) pro jednotné postupy AO při posuzování shody vybraných stavebních výrobků podle NV č. 163/2002 Sb., (řešitel PAVUS, a. s.).

Poslední úkol v této části PS PRZ se týkal rozšiřování informací o státním zkušebnictví se speciálním zaměřením na oblast, v níž došlo k nejvýraznějším změnám:

- Výuka o státním zkušebnictví v sektoru stavebních výrobků pro studenty středních odborných škol (řešitel ITC, a. s.)

Záměrem řešení bylo nejen poskytování informací o systému, ale i vybudování zájmu studentů o danou problematiku, event. o budoucí působení v tomto systému.

### Část 2 Metodické zabezpečení posuzování shody výrobků, jejichž stanovení k posuzování shody je připravováno

- Příprava na metodické zabezpečení při posuzování shody v oblasti elektromobility (řešitel EZÚ, s. p.)

V sektorech pokrytých platnými nařízeními vlády vydanými k provádění zákona č. 22/1997 Sb., nebyly očekávány v průběhu roku 2013 výraznější změny, takže byl řešen úkol s dlouhodobější perspektivou. Řešitel zajišťoval činnost koordinační skupiny a účastnil se národních i mezinárodních jednání skupin pro elektromobilitu (např. v rámci IECEE, CENELEC). Výstupem řešení jsou metodické materiály pro sjednocený postup, které vznikly při jednotlivých jednáních.

### Část 3 Zabezpečení koordinace jednotného postupu autorizovaných osob

Tato část byla, stejně jako v předchozích letech, zaměřena na koordinaci autorizovaných osob (AO), působících v oblastech pokrytých jednotlivými nařízeními vlády. Vzhledem k úpravám v oblasti stavebních výrobků se koordinace týkala nejen autorizovaných osob, ale i oznámených subjektů.

Celkem část 3 zahrnovala 18 úkolů. Výsledkem řešení bylo:

- zajištění činnosti koordinačních skupin AO formou organizace koordinačních porad,
- zajištění komunikace mezi příslušnými koordinačními skupinami a dalšími zainteresovanými stranami jako např. Českou obchodní inspekci a zástupci podnikatelské sféry,
- přenos informací publikovaných v Úředním věstníku EU (OJEU) do činnosti koordinačních skupin a příslušných AO/NO,
- projednávání výsledků jednání pracovních skupin notifikovaných osob působících v rámci EU na koordinačních poradách AO, zpracování a distribuce metodických materiálů.

Tato část plánu napomáhá mj. realizaci povinnosti Úřadu zajišťovat dodržování jednotného postupu autorizovaných osob při jejich činnosti. Tuto povinnost ukládá ÚNMZ zákon č. 22/1997 Sb. Významnou roli zde sehrávají koordinační pracoviště, kterými jsou přední AO/NO/OS, působící na základě smluv s ÚNMZ. Koordinační činnost je poměrně významná, neboť se týká v některých sektorech (zejména stavební výroby) značného počtu subjektů.

### Část 4 Mezinárodní spolupráce

Tato část byla nejrozsáhlejší, zahrnovala 42 úkolů, jejichž realizací bylo zajištěno na úrovni autorizovaných/notifikovaných/oznámených osob a subjektů:

- zabezpečení trvalé spolupráce se všemi skupinami notifikovaných osob působících v rámci EU a účast na zasedáních zástupců notifikovaných osob pro příslušné směrnice,
- působení v rámci stálých výborů a pracovních skupin pro vybrané směrnice,
- účast na zasedáních odborných komisí mezinárodních organizací, jejichž činnost souvisí s posuzováním shody,
- práce ve vertikálních a horizontálních sektorových skupinách působících v oblasti jednotlivých směrnic.

Tato část plánu napomáhá významně k zabezpečení spolupráce se zahraničními notifikovanými osobami. Účast na zasedáních evropských skupin notifikovaných osob je jednou ze základních povinností notifikovaných osob. Většina směrnic však umožňuje i nepřímé zastoupení, ÚNMZ se tedy snaží na příslušných jednáních zabezpečit vždy alespoň účast jednoho subjektu z ČR. Na koordinačních poradách českých subjektů jsou pak získané informace předávány dalším subjektům.

Pokud jde o působení v rámci evropských organizací, bylo zabezpečeno:

- zastupování českých subjektů posuzujících shodu v řídicí struktuře EUROLAB a v základních komisích

TCQA a JTC PTC EUROLAB (*Technical Committee for Quality Assurance a Joint Technical Committee on Product Testing and Certification*) a uspořádání zasedání EUROLAB/CEOC JTC PTC v Praze,

- zastupování ve strukturách EOTA (*European Organisation for Technical Approvals*),
- zapojení do činnosti organizací a systémů CEOC, IECEx, EGOLF, CTL – CB a světového kódu zkoušení traktorů OECD,

Tato část plánu napomáhá k zajištění účasti v práci evropských organizací aktivních v oblasti posuzování shody obecně. Jedná se zejména o EUROLAB, představující vrcholné sdružení evropských laboratoří, kde zástupce ČR zastává funkci presidenta Řídicího výboru.

Co se týká TCQA, v zájmu úspory prostředků pokračovala již osvědčená praxe spočívající v koordinaci organizace jednotlivých zasedání TCQA tak, aby probíhala v souvislosti se zasedáními Řídicího výboru, resp. Valného shromáždění nebo Zasedání národních představitelů ve stejném místě, čímž se významně zvýšila účast na jednáních a zkvalitnila se jejich výstupy. TCQA se specializuje na činnost laboratoří v širším smyslu tj. nejen laboratoří fyzikálních, ale také farmaceutických nebo diagnostických. V roce 2013 se konala 2 zasedání TCQA, obou se zúčastnil Ing. Jiří Sobola.

JTC PTC se zaměřuje na oblast certifikací výrobků a inspekci. Velmi důležitým aspektem je spolupráce s organizací CEOC na připomínkování dokumentů a přípravě společných stanovisek Eurolab a CEOC ke všem významným dokumentům vydávaným EK a EA. Přetrvává stav, kdy v řadě záležitostí je obtížné dojít ke konsensuálnímu stanovisku, protože některé zájmy EUROLAB a CEOC se přirozeně rozcházejí. Navíc CEOC se zdá být celkově aktivnější organizací a v JTC PTC má silnou pozici skupina TÜV a snaží se ji využít pro prosazování svých názorů a zájmů na evropské úrovni pod autoritou EUROLAB. V roce 2013 se zintenzivnila spolupráce s IFIA (Mezinárodní federace inspekčních agentur), která se začala zúčastňovat aktivně jednání JTC PTC. V roce 2013 se konala 2 zasedání JTC PTC, obou se zúčastnil Ing. Alexander Šafařík-Pštroz.

Jarní zasedání JTC PTC bylo organizováno v Praze pod záštitou ÚNMZ, a to v jeho kongresovém centru. Věcně a organizačně technicky zasedání zajistil EUROLAB-CZ, konkrétně TZÚS Praha, s. p. ve spolupráci se SZÚ s. p. Celé zasedání účastníci velmi pozitivně hodnotili a ocenili též záštitu ÚNMZ.

V organizaci EOTA má ČR zastoupení ve Výkonném výboru a v Technickém výboru. Zástupci ČR působí i jako předsedové některých vertikálních sektorových skupin. Organizační uspořádání EOTA prochází zásadními změnami, které byly vyvolány nařízením EP a Rady (EU) č. 305/2011. Evropské technické schvalování je převáděno na novou organizaci. Ve stávající struktuře plnil Ing. Jiří Sobola úkoly jak v Řídicím týmu EOTA, tak ve finančním výboru této organizace a v jejím výkonném výboru. Nově vzniká organizace EOTA/OTAB, a to na základech původní EOTA. Celý proces transformace stále probíhá. Pracovníci TZÚS, s. p. se v roce 2013 zúčastnili třinácti zasedání vrcholných orgánů EOTA.

Zapojení do činnosti organizací a systémů CEOC, IECEX, EGOLF, CTL – CB a světového kódu zkoušení traktorů OECD, přináší českým subjektům kontakt s předními světovými pracovišti. V některých sektorech jsou certifikáty nebo zprávy příslušných subjektů, představujících třetí stranu, nezbytným předpokladem pro uplatnění výrobku na zahraničních trzích.

### Část 5 Zdokonalování činnosti autorizovaných osob

Tato část obsahovala úkoly zaměřené jednak na porovnání výstupů autorizovaných osob při posuzování shody stanovených výrobků, jednak na vytváření a udržování databází.

V prvé z uváděných oblastí byly významné tyto úkoly:

- Porovnání výstupů jednotlivých notifikovaných osob při posuzování shody výbušnin pro civilní použití (se zahrnutím zahraničních subjektů) (řešitel VVUÚ, a. s.). Při porovnání spolupracovaly následující subjekty: BAM – Německo; CEOC – Belgie; GIG – Polsko; INCD – Rumunsko; INNERIS – Francie; Konstrukta-Defence a. s. – Slovensko; LOM – Španělsko; PvTT – Finsko; TÜV Rheinland Intercert – Maďarsko; VVUÚ – Česká republika.
- Porovnání výstupů jednotlivých zkušebních organizací v oblasti „Zařízení dětských hřišť“ (NV č.173/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů) se zaměřením na herní prvky a kvalitu povrchů z hlediska bezpečnosti“ (se zahrnutím zahraničních subjektů) (řešitel ITC, a. s.). Při porovnání spolupracovaly následující subjekty: AIJU, Avda, De la industria – Španělsko; IISG Istituto Italiani Sicurezza dei Giocattoli – Itálie; Institut pro testování a certifikaci, a. s. – Česká republika.
- Porovnání výstupů notifikovaných osob v souvislosti s posuzováním shody stanovených výrobků podle harmonizované normy ČSN ENTSI EN 300 220-2 k R&TTED (řešitel VTÚ, s. p.). Při porovnání spolupracovaly následující subjekty: VÚS Banská Bystrica, laboratoř EMC; VÚS Banská Bystrica, laboratoř rádiových zariadení a elektrickej bezpečnosti; EVPÚ Nová Dubnica; EZÚ, s. p., Praha; ČMI Testcom Praha; VTÚ, s. p., o. z. VTÚPV; ITC, a. s. Zlín.
- Porovnání výstupů notifikovaných osob v souvislosti s posuzováním shody stanovených výrobků podle harmonizované normy ČSN EN 61000-3-2 ed.3&A1&A2 k R&TTED a EMCD (řešitel VTÚ, s. p.). Při porovnání spolupracovaly následující subjekty: EZÚ, s. p., Praha; SZÚ, s. p., Brno; TÜV SÜD Czech s. r. o., pobočka Ostrava; ITC, a. s., Zlín, divize 4 Elektro, Uherské Hradiště; ČMI – laboratoře Testcom, Praha; VTÚms. p., o. z. VTÚPV, Vyškov; EVPÚ a. s., Nová Dubnica; VÚS, n. o., Banská Bystrica.

Databáze jsou vytvářeny a provozovány v následujících oblastech:

- výbušniny pro civilní použití (řešitel VVUÚ, a. s.)
- požární klasifikace stavebních výrobků (řešitel PAVUS, a. s.)
- Evropské databáze nebezpečných látek ve stavebních výrobcích (řešitel ITC, a. s.)
- databáze certifikátů osobních ochranných prostředků (řešitel VÚBP, v. v. i.)

Další úkoly obecnějšího charakteru byly následující:

- Zajištění aktualizace provozu Informačního portálu ÚNMZ specializovaného na právní a technické dokumenty v oblasti uvádění stavebních výrobků na jednotný evropský trh včetně měsíčních aktualizací všech jeho kapitol (řešitel ITC, a. s.)
- Informační podpora národního systému posuzování shody produktů v ČR cestou zveřejňování aktuálních zpráv z EU (řešitel AAAO).

Významné byly úkoly z oblasti vzdělávání pracovníků působících v systému státního zkušebnictví. Kurz posuzování shody pro pracovníky AO/NO řešila AAAO prvně v roce 2011, e-learningovým způsobem, který umožnil zájemcům snazší přístup k informacím, bez potřeby dojíždění do výukového střediska. Hodnocení kurzu bylo pozitivní, proto byl do plánu pro rok 2013 zařazen následující úkol:

- Příprava kurzů posuzování shody pro pracovníky AO/NO. Etapa 4 – základní obecný kurz – 2. pokračování (řešitel AAAO).

Dále úkoly:

- Podpora sjednocení postupů AO, kontrolních orgánů a výrobců při posuzování bezpečnosti hraček založená na zpracování pracovních překladů „Guidance dokumentů“ EU do českého jazyka se záměrem jejich zpřístupnění veřejnosti (řešitel AAAO)
- Publikace „Uvádění výrobků ze třetích zemí na trh EU“ (řešitel AAAO)
- Rozvoj spolupráce v rámci překonávání technických překážek obchodu na jednotný trh celní unie: Rusko, Bělorusko, Kazachstán (řešitel SZÚ, s. p.)
- Vyhodnocení využívání a uplatňování dokumentu „Informace Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) a Českého institutu pro akreditaci, o.p.s. (ČIA) k posuzování autorizovaných osob a žadatelů o autorizaci“ zveřejněného na [www.unmz.cz](http://www.unmz.cz) (řešitel AAAO)
- Posuzování odborné způsobilosti pracovníků akreditovaných subjektů (žadatelů o autorizaci či oprávnění) podílejících se na posuzování shody výrobků vybranými postupy (řešitel ČIA)
- Vytvoření české a anglické verze webové stránky kontaktního místa MPO pro nařízení CPR (řešitel ITC, a. s.)
- Přehled postupů notifikace v některých zemích EU (řešitel AAAO)

Úkoly zadané do tohoto programu byly splněny, vesměs bez potřeby prodloužení termínů. Pokud došlo k částečnému nesplnění úkolů, jednalo se o případy, kdy na evropské úrovni neproběhla plánovaná jednání v předpokládaných termínech a došlo k jejich přesunu na prosinec 2013, nebo do roku 2014. U všech úkolů proběhla řádná oponentní řízení, kdy oponenty byli jmenováni zástupci subjektů zainteresovaných na výstupech řešených úkolů.

Výstupy všech úkolů jsou uloženy v odboru státního zkušebnictví ÚNMZ.



## PROGRAM ROZVOJE METROLOGIE 2013, ÚKOLY ŘEŠITELŮ MIMO ČMI

## Ing. Jiří Beran

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Tento článek podává metrologické veřejnosti základní informaci o výsledcích úkolů, které v PRM 2013 řešili řešitelé, kteří nejsou v přímé působnosti Českého metrologického institutu. Výjimku tvoří k ČMI přidružené laboratoře (VÚGTK a ÚFE), které jsou v tomto přehledu rovněž uvedeny.

Celkem bylo v PRM 2013 řešeno 41 úkolů. Z tohoto počtu řešil Český metrologický institut 22 úkolů, subjekty mimo jeho přímou působnost (ostatní řešitelé) pak 19 úkolů (z toho přidružené laboratoře - 4 úkoly).

Jednalo se o úkoly z oblasti chemických stanovení (měření), elektrických veličin, času a frekvence, velmi vysokého vakua, metrologických předpisů, velké délky, tíhového zrychlení, akreditace kalibračních laboratoří, ionizujícího záření atd.

### Výsledky a výstupy řešení jednotlivých úkolů: Řešitel

#### II/2/13 Uchovávání státního etalonu času a frekvence ÚFE AV ČR

Výsledky řešení úkolu:

Aproximace sekundy TAI s rozšířenou relativní nejistotou  $6 \cdot 10^{-14}$  v průměrovacím intervalu 1 den.

Realizace UTC(TP) s rozšířenou nejistotou 42 ns vůči UTC v predikčním intervalu 20 dnů. Měření diferencí UTC(TP) – AT(c) a jejich analýza. Měření UTC(TP) – T(GPS) ve formátech CGGTTS, P3 a RINEX.

Analýza vybraných diferencí UTC(TP) – UTC(k) získaných metodou společných pozorování GPS.

Distribuce UTC(TP) v internetu prostřednictvím serverů NTP a TSA. Rekalibrace oscilátorů BVA 5 MHz a základních měřicích systémů laboratoře.

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. Ve spolupráci s BIPM jsou prostřednictvím UTC(TP) navazovány troje cesiové hodiny operující v ČR, které tak přispívají k vytváření mezinárodní atomové stupnice TAI (resp. UTC).

#### II/3/13 Uchovávání státního etalonu velkých délek ECM 110-13/08-041

VÚGTK

Hlavní cíle úkolu uchovávání státního etalonu velkých délek (geodetická základna Košnice a dálkoměr Leica TCA 2003) a laser trackeru AT 401 (CMM) v roce 2013 byly především kalibrace základny pomocí laser trackeru AT 401, systematizovaná měření dílčích úseků etalonu a vypracování dokumentace pro doplnění kompletu etalonu o AT 401.

V současné době je SE složen z kompletu 12 stabilizovaných pilířů s nucenou centrací (pilíře jsou vybaveny pevným šroubem pro uchycení příslušných podložek pro ustavení přístrojů) a totální stanicí Leica TCA 2003, pomocí které je prováděna kontrola délkových parametrů SE a vlastní metrologická návaznost SE.

Vzhledem k přesnosti nového přístroje Leica AT 401 je podán návrh, na základě prokázané výhody využití tohoto zařízení na SE, na jeho doplnění do kompletu SE.

#### II/4/13 Uchovávání státního etalonu tíhového zrychlení ECM 120-3/08-040

VÚGTK

Základním cílem úkolu bylo uchovávání metrologických vlastností státního etalonu tíhového zrychlení (ECM 120-3/08-040), kterým je absolutní balistický gravimetr FG5 č. 215. Vysoká kvalita etalonu byla prokázána v mezinárodním kontextu na předchozích porovnávacích měřeních. Úkol v roce 2013 se skládal z následujících dílčích cílů, částečně zaměřených i k rozvoji státního etalonu.

Byly to:

- účast na CIPM klíčovém porovnání ve Walferdange v roce 2013,
- stanovení difrakční korekce státního etalonu,
- aktualizace rozpočtu nejistot.

#### III/13/13 Rozvoj etalonáže času a frekvence

ÚFE AV ČR

Všechny cíle úkolu byly splněny. Byla realizována měřicí aparatura pro příjem a zpracování signálů GLONASS a ověřena její funkce.

Na základě výsledků experimentálních měření je možné konstatovat, že měřicí aparatura pro porovnání časových stupnic etalonů času a frekvence prostřednictvím globálního družicového navigačního systému GLONASS instalovaná v LSEČF pracuje podle očekávání a na její činnosti nebyly shledány žádné nedostatky.

Dále se realizoval nový měřicí systém, navržený tak, aby umožnil automatizované zpracování naměřených dat a odesílání výsledků do BIPM na denní bázi.

#### III/14/13 Sestavení primárního skupinového etalonu vakuových veličin v oboru HV a UHV s cílem vyhlášení státním etalonem

MFF UK

Vyvíjený přístroj je realizován na špičkové úrovni ve srovnání se světovým stavem. Využívá originální koncepcí přímo stlačovaného měchove, kterou doplňuje o stabilizaci vnějšího tlaku a půjde o jednu z prvních konstrukcí primárního průtokoměru konstantního tlaku s reduktorem objemu odplyňovatelným za zvýšené teploty.

Primární průtokoměr konstantního tlaku s vypékacím reduktorem objemu představuje špičkový metrologický přístroj – standard malého proudu plynu a základ

etalonu malé plynové netěsnosti. V kombinaci s dalšími aparaturami sestavy zvyšuje kapacitu primárních kalibračních úkonů v oblasti metrologie vakua.

Celá sestava, jejíž je primární průtokoměr součástí, představuje unikátní primární etalon velmi vysokého vakua, jehož vyvinutím se ČMI zařazuje mezi nejprestižnější metrologické instituty zabývající se metrologií tlaku a vakua.

Celkovým výsledkem řešením úkolu je funkční vakuová aparatura průtokoměru umožňující evakuování jednotlivých částí, odplynění části pro generování nejmenších proudů za zvýšené teploty, plnění jednotlivých částí kalibračním plynem a stabilizaci jeho tlaku, generování konstantního proudu plynu nastavitelného v rozmezí několika řádů.

V roce 2013 v rámci řešení úkolu:

Byly navrženy a úspěšně zrealizovány konstrukční úpravy průtokoměru, zajišťující bezproblémovou manipulaci s díly průtokoměru během odplynování reduktorů objemu za zvýšené teploty.

Byla navržena metoda kalibrace změn objemů měchovců průtokoměru.

Systém průtokoměru byl doplněn o potřebné komponenty, které budou začleněny do automatického měřicího systému během kalibrací. Byly vyvinuty podprogramy pro tyto komponenty a připraveno programové řízení kalibrace měchovců.

Byl proveden návrh a konstrukce měřicího zařízení pro kalibraci reduktorů objemu použitých v průtokoměru a vyřešena technická realizace návaznosti měření časových intervalů na primární etalon času.

Dále byla připravena příslušná část podkladů (soupis a fyzické shromáždění dokumentace k jednotlivým komponentám sestavy průtokoměru) pro budoucí vyhlášení sestavy etalonů státním etalonem.

V jeho rámci byla provedena kalibrační měření reduktorů objemu obou průtokoměru a proveden návrh výpočetního postupu stanovení kalibračních polí pro jednotlivé reduktory.

Výsledkem dílčího řešení jsou kalibrační pole změn objemů obou reduktorů objemu v závislosti na stupni stlačení a použitém přetlaku.

Kalibrační pole jsou navázána na etalon délky s přenosem na etalony pro vyšší tlaky.

Celkovým výsledkem řešení je možnost absolutního určení generovaného proudu plynu takto kalibrovanou sestavou průtokoměru v rozsazích  $10^{-2} - 10^{-5}$  a  $10^{-4} - 10^{-7} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

### **III/15/13 Mnohootvorová clona typu NPL pro metrologii vakua**

**MFF UK**

Náplní úkolu bylo zvolenými technologiemi vyrobit prototypy přesných mnohootvorových clon s malými otvory, jejichž vakuovou vodivost je možno určit z geometrických rozměrů. Zároveň byly připraveny mnohootvorové clony s otvory takových rozměrů, že je zachováno

molekulární proudění do tlaků jednotek až desítek Pa. Kombinace obou typů clon umožní konstrukci primárního etalonu vakua na principu dynamické expanze v rozsahu  $10^2 - 10^2 \text{ Pa}$ .

### **III/16/13 Impedanční komparátory**

**FEL ČVUT**

V první etapě řešení úkolu byl po rešerši příslušné literatury proveden rozbor různých možností využití uvedených měřičů při postupném navazování etalonů elektrické impedance. Konkrétně se jednalo jednak o navazování 1:1 substituční metodou, jednak o navazování  $k:1$  s eliminací vlivu nelinearity měřiče použitím přidavných indukčních poměrových prvků. Při simultánním navazování kapacitních etalonů jmenovitých hodnot 10 pF, 100 pF a 1000 pF byl testován systém vytvořený z měřiče LCR Agilent 4284A, napěťového transformátoru s převodem 1:1 a osmidekadového indukčního děliče napětí NL Engineering PR1.

Ve druhé etapě řešení úkolu byl pro navazování etalonů vlastní indukčnosti s různými jmenovitými hodnotami realizován systém tvořený měřičem Agilent 4284A a dvěma děliči NL Engineering PR1. Systém byl použit při vzájemném porovnávání etalonů vlastní indukčnosti GenRad 1482-E (1 mH), 1482-H (10 mH) a 1482-L (100 mH). Tyto etalony, které jsou třísivkové, bylo třeba v této souvislosti vybavit adaptory pro čtyřpárové připojení.

### **VII/1/13 Zpracování nových kalibračních postupů**

**ČMS**

V rámci úkolu byly zpracovány nové kalibrační postupy pro měřidla:

- Mikrometrický hloubkoměr
- Úhlové měrky
- Pevné odpichy
- Tracker (mobilní měřicí systém)
- Bimetalové teploměry
- Výškové mikrometry
- Termokamery
- Digitální anemometry

### **VII/2/13 Revize vydaných kalibračních postupů**

**ČMS**

V rámci řešení úkolu byly revidovány postupy pro následující skupiny měřidel:

- Mikrokátorová hlavice
- Kuželové kalibry
- Nožové úhelníky
- Tlakové teploměry
- Skleněné teploměry pro viskozimetrii
- Vrcholové a univerzální voltmetry
- Analogový střídavý wattmetr
- Mechanické stopky
- Příměrné desky
- Přístroje pro měření kruhovitosti
- Měřicí mikroskop
- Měřicí přípravky

- Měřicí stroj portálový
- Nastavovací kroužky

#### **VII/4/13 Optimalizace využití mezilaboratorních porovnávání zkoušek (MPZ) v akreditovaných kalibračních laboratořích (AKL)**

**ČIA**

Na základě provedeného rozboru akreditovaných laboratoří a na základě náročnosti provedení optimálního vypracování harmonogramu provádění zkoušení způsobilosti, byly vybrány 4 obory měření, u kterých byl proveden podrobný rozbor. Jednalo se o tyto obory: geometrické veličiny, tlak, teplota a elektrické veličiny. Obdobným způsobem bude vhodné přistupovat i k dalším oborům.

Dále byla vybrána hodnotící kritéria pro optimální a vypovídající tvorbu harmonogramu provádění zkoušek způsobilosti a zpracován konkrétní příklad vytvoření plánu zkoušení způsobilosti na období 5ti let.

Závěry úkolu byly zapracovány do návrhu změny příslušného MPA.

#### **VII/5/13 Zavedení služby „Akreditace výrobců referenčních materiálů“ do akreditačního systému ČR**

**ČIA**

Základním cílem úkolu bylo zavedení akreditace producentů referenčních materiálů dle ISO Guide 34:2009 do akreditačního systému České republiky dle postupů Českého institutu pro akreditaci, o.p.s. tak, aby postup splňoval požadavky normy ČSN EN ISO/IEC 17011.

Tato akreditace zkvalitní činnost producentů referenčních materiálů v České republice a bude přínosem zejména pro chemickou metrologii.

Řešení úkolu proběhlo dle navrženého postupu:

1. Byla provedena literární rešerše k zadané problematice, která prošla průběžnou oponenturou včetně struktury připravované metodiky.
2. Byla vytvořena metodika pro akreditaci producentů referenčních materiálů a potřebné formuláře pro žádost o udělení akreditace producenta referenčních materiálů a zahájení řízení. Dokument také obsahuje informace o tom, jak definovat rozsah akreditace producentů RM. Metodika vyhovuje požadavkům ILAC-G 12:2000 (11). Formuláře vyhovují procesním požadavkům pro akreditaci subjektů posuzování shody.

#### **VII/8/13 Návrh pravidel pro určení rozsahu měření a hodnot CMC v případě použití náhradní zátěže při kalibracích vah s neautomatickou činností**

**ČKS**

Cílem úkolu bylo stanovení závislosti podílu náhradní zátěže na velikosti celkové nejistoty a návržení pravidel pro stanovení rozsahu měření a hodnot CMC při akreditovaných kalibracích vah s neautomatickou činností v případě využití náhradní zátěže. Dosažené cíle jsou podpořeny a ověřeny praktickým měřením.

#### **VIII/1/13 Metody měření parametrů časových základů FEL digitalizátorů spojitých signálů s vysokým rozlišením**

**ČVUT**

V rámci řešení úkolu byly navrženy metody a postupy pro měření základních parametrů časových základů digitalizátorů: odchylka frekvence od nominální hodnoty (frekvenční offset), krátkodobá a dlouhodobá frekvenční stabilita vyjádřená pomocí Allanovy odchylky, fázový šum.

Dále byly navrženy a realizovány vybrané obvodové a přístrojové prvky systému, rozšířeno stávající programové vybavení a realizováno komplexní pracoviště pro měření výše uvedených parametrů digitalizátorů.

#### **VIII/3/13 Kvalitativní zkoušky nových syntetických drog**

**Axys Varilab**

Předmětem úkolu bylo jednak rozšíření validace metody stanovení nových drog na bázi substituovaných katinonů o stanovení drog na bázi piperazinů a dalším okruhem bylo získání analytických charakteristik nových syntetických cannabinoidů, a to látek s označením XLR-11, AKB-48 a 5-fluoro-AKB-48.

#### **VIII/6/13 Dělič pro přesné měření impulsních napětí do 100 kV**

**FEL ČVUT**

V úvodní části úkolu byla provedena rešerše dostupné literatury, která se zabývá problematikou vysokonapěťových impulsních děličů. Na základě rozboru výsledků rešerše bylo navrženo řešení, jehož první částí je návrh a realizace odporového impulsního děliče. Vysokonapěťová část děliče byla realizována pomocí odporového drátu bifilárně uloženého ve speciální tkanině. Ten je tvořen několika tenkými stočenými odporovými vodiči pro snížení vlivu elektrického povrchového jevu. Nízkonapěťová část děliče je tvořena paralelní kombinací SMD rezistorů, což zajišťuje jejich minimální frekvenční závislost. Výsledky ověření vlastností tohoto děliče vykazují jeho použitelnost do frekvence 1 MHz. Při použití tohoto děliče je však problematické stanovení jeho teplotní závislosti poměru odporů, jejich dlouhodobé stability a frekvenční závislosti.

Druhá část řešení úkolu se týkala návrhu a realizace impulsního děliče pomocí kapacit. Vychází ze současného vybavení v laboratoře ČMI, kde je k dispozici tlakový kondenzátor 50 pF/400 kV a 100 pF/100 kV. Pro návrh děliče byl zvolen kondenzátor 100 pF, tak aby parametry realizovaného děliče bylo možné porovnat s referenčním děličem Haefely CS200/1000, pro měření impulsního napětí tvaru 1,2/50 μs, o maximální vrcholové hodnotě 200 kV. Bylo zvoleno sériové uspořádání děliče tvořeného dvěma rezistory a dvěma kondenzátory.

V prvním kroku bylo navrženo a ověřeno zapojení, kde byly využity metalizované rezistory a foliové kondenzátory. Při použití těchto součástek dochází ke vzniku výrazných vysokofrekvenčních oscilací v oblasti čela impulsu.

Z toho důvodu byl v následujícím kroku nahrazen rezistor ve vn části děliče rezistorem, který je tvořen odporovým drátem bifilárně uloženým ve speciální tkanině. Toto vedlo k utlumení vf kmitů s frekvencí vyšší než 1 MHz, aniž by se ovlivnila oblast nižších kmitočtů. Nepříznivě se rovněž projevila frekvenční závislost kapacity foliových kondenzátorů. K potlačení těchto kmitočtů došlo až při použití speciálních keramických kondenzátorů, které mají minimální frekvenční závislost kapacity. V tomto případě se nepříznivě projeví řádově větší hodnota ztrátového činitele ve srovnání s foliovými kondenzátory. To má za následek rychlejší pokles tílu měřeného impulzu.

Navržené řešení vycházelo z vn kondenzátoru, který byl k dispozici, a v dostupné literatuře dosud nebylo popsáno. U popsaných, resp. komerčně vyráběných kapacitních impulzních děličů je zpravidla použit méně kvalitní vn kondenzátor s podstatně větší kapacitou a větším ztrátovým činitelem. Navržené řešení lze tedy považovat za přínos v oblasti měření impulzních napětí.

### VIII/7/13 Nejistoty odběru a stanovení nejistot

**CSlab**

Úkol se zabýval stanovením nejistot měření vybraných ukazatelů odpadu, vodného výluhu odpadu, vzorkování odpadu a odhadem cílových nejistot měření, a to pomocí cíleného mezilaboratorního experimentu. Tyto ukazatele jsou v souladu s platnými právními předpisy - zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech v platném znění, vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky, v platném znění. Jednalo se o ukazatele v pevném materiálu: arzen, kadmium, chrom celkový, rtuť, nikl, olovo, vanad, polychlorované bifenyly (PCB), uhlovodíky  $C_{10} - C_{40}$ , polyaromatické uhlovodíky (PAU), BTEX (suma benzenu, toluenu, ethylbenzenu a xylenu), extrahovatelné organicky vázané halogeny (EOX) a ve vodném výluhu o rozpuštěný organický uhlík (DOC), fenolový index, chloridy, fluoridy, sírany, arsen, baryum, kadmium, chrom celkový, měď, rtuť, nikl, olovo, antimon, selen, zinek, molybden, rozpuštěných látek a pH.

### VIII/16/13 Odporové bočníky pro širší kmitočtové pásmo

**FEL ČVUT**

Řešení úkolu proběhlo ve dvou etapách.

V první etapě řešení úkolu byly realizovány a testovány páskové odporové etalony jmenovitých hodnot 0,01  $\Omega$  a 0,001  $\Omega$ . Indukčnosti realizovaných etalonů byly vypočteny z jejich rozměrů, jejich AC-DC difference byly stanoveny experimentálně postupným navázáním na odporový etalon Tinsley 1682 se známou kmitočtovou závislostí.

Ve druhé etapě byla navržena dvě různá provedení etalonů jmenovité hodnoty 0,1  $\Omega$ . Jednalo se jednak o oktofilární etalon s odporovým elementem tvořeným manganinovým odporovým drátem průměru 3,5 mm, jednak o etalon se 100 paralelně zapojenými rezistory SMD MELF jmenovité hodnoty 10  $\Omega$ , umístěnými v otvorech v celkem 10 žebrech z dvoustranné desky plošných spojů. Jedno z žeberek bylo konkrétně realizováno a měřením byla stanovena jeho časová konstanta. U oktofilárního etalonu byla z navržených konstrukčních parametrů vypočtena předpokládaná kmitočtová závislost jeho sériového ekvivalentního odporu.

### VIII/18/13 Zlepšení ověřování měřidel EOAR

**SÚJCHBO**

Cílem úkolu bylo posuzování alternativních filtrů, jejich testování, hodnocení a nalezení nejvhodnější varianty pro zlepšení metrologických parametrů ověřování měřidel koncentrace ekvivalentní objemové aktivity radonu – EOAR.

Výsledkem řešení úkolu byl výběr mikrovláknitých filtrů Whatman (Glasfaser-Mikrofilter GF/A) za podmínky použití drobných technických vylepšení k zamezení demonstrace netěsností. Jako náhradu je možno použít filtry Sartorius (GLASFIBRE PREFILTER 13400-42-Q), jejichž vlastnosti jsou prakticky totožné s filtry Whatman.

### VIII/19/13 Validace metody kalibrace snímačů rychlosti rotace v trajektorii pohybu tělesa na zařízení PKG - snímače na principu gyro

**TZÚS**

Pro účely technické diagnostiky jízdních stavů dopravních prostředků (motorových vozidel, letadel, lodí) se v aplikacích měřicích systémů používají gyroskopické senzory úhlových rychlostí v jedno nebo více osém provedení. V převážné většině jsou integrovány do vyhodnocovacích jednotek s výstupem pro sběr naměřených dat. Pro účely zkoušek a experimentálních měření je nutné zjišťovat přesnost naměřených hodnot těmito snímači v hodnotách průběhu úhlového natočení v závislosti na jeho rychlosti, respektive dráze. K tomuto účelu slouží metodika kalibrace, která byla zpracována v rámci řešení úkolu.

Výše uvedené vyhodnocení je pouze stručnou informací o základních výstupech řešení jednotlivých úkolů, zařazených do Programu rozvoje metrologie 2013 a řešených subjekty mimo Českého metrologického institutu.

Kompletní zprávy, případně další písemné dokumenty, popisující výsledky řešení výše uvedených úkolů, jsou k dispozici u zadavatele (ÚNMZ) těchto úkolů a jejich řešitelů.



## DEN ÚNMZ – 2014

## Bc. Patrik Vagel

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Dne 6. února 2014 se uskutečnilo setkání odborné veřejnosti a partnerů Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (dále jen ÚNMZ, Úřad) na semináři „Den ÚNMZ – 2014“. Již tradičně se akce konala v prostorách kongresového hotelu Clarion v pražských Vysočanech. Oproti předchozím letům došlo k poměrně zásadní úpravě programu: blok vystoupení partnerských organizací byl nahrazen představením poradních orgánů předsedy ÚNMZ a ministra průmyslu a obchodu. Ani tentokrát však účastníci nebyli ochuzeni o tradiční blok vystoupení vedoucích zaměstnanců Úřadu zaměřený na plnění úkolů v loňském roce a perspektivy pro rok letošní.

Počet účastníků na této tradiční akci se tentokrát pohyboval okolo 220 přihlášených osob. Tradičně hojný byl počet vystavovatelů, kterých bylo tentokrát devět. Účastníci tak měli možnost seznámit se podrobněji s činnostmi těchto organizací. Pozitivem byl dostatečný prostor, který měli vystavovatelé k dispozici díky umístění prezentací a občerstvení do samostatného sálu Zenit sousedícího se sálem Nadir, v němž se uskutečnil hlavní program a který se osvědčil již v loňském roce.

Program zahájil úvodním slovem předseda Úřadu Mgr. Viktor Pokorný, který účastníky uvítal, shrnul zásadní úkoly, jichž se Úřad zhostil v roce 2013, zrekapituloval personální změny, k nimž v loňském roce došlo, a v krátkosti seznámil účastníky s náplní semináře.

Po jeho vystoupení následoval projev zástupkyně Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO), ředitelky odboru technické harmonizace a spotřebitelské legislativy paní Ing. Ivany Kocové, Ph.D. Ve svém příspěvku se zaměřila zejména na zásadní body vzájemné spolupráce a jejich zhodnocení.

Poté již přišel na řadu blok příspěvků vedoucích zaměstnanců ÚNMZ, který zahájil předseda Úřadu Mgr. Viktor Pokorný. Po něm následoval příspěvek Ing. Jiřího Kratochvíla, ředitele odboru technické normalizace, a vystoupení dalších ředitelů odborných odborů Úřadu, kteří zrekapitulovali vývoj za uplynulý rok v jim svěřené oblasti a připomněli

také nejdůležitější úkoly pro rok letošní. U řečnického pultu se tak vystřídali: Ing. Zbyněk Veselák, ředitel odboru metrologie, Ing. Květa Včelová, ředitelka odboru státního zkušebnictví, a Ing. Miroslav Chloupek, ředitel odboru mezinárodních vztahů.

Seminář byl rozdělen na dvě části přestávkou, ve které bylo pro účastníky zajištěno občerstvení. Během přestávky probíhala ve foyer a přilehlém sále živá diskuze. V úvodu druhého bloku pan předseda uvítal Ing. Jana Dubna, ředitele sekce digitální ekonomiky a ochrany spotřebitele MPO, kterému se, i přes pracovní vytížení, podařilo druhé části semináře zúčastnit. Poté následovala druhá část semináře, v níž zástupci poradních orgánů předsedy Úřadu představili jimi zastupované orgány, přiblížili statut těchto orgánů a hlavní aktivity, jimž se tyto orgány věnují. Postupně tak vystoupili: Ing. Václav Mach, reprezentující Radu pro technickou normalizaci (RTN), po něm následovalo vystoupení RNDr. Jiřího Tesaře, Ph.D., který představil fungování Rady pro metrologii (RPM), a blok vystoupení zástupců poradních orgánů zakončil Ing. Jaroslav Veselý, CSc., zastupující z titulu předsedy Komise pro posuzování shody (KPS). Celý program pak završila prezentace Komise pro technické překážky obchodu (KTPO), poradního orgánu ministra průmyslu a obchodu. Úvodní části prezentace se ujala tajemnice této komise paní Ing. Jindra Kafková, která svým vystoupením připravila prostor svým kolegyním, Mgr. Ireně Lopojdové a RNDr. Kláře Popadičové, které blíže představily fungování jednotlivých subkomisí KTPO – Subkomise notifikace – 98/34/ES a Subkomise notifikace – TBT a Subkomise EHK/OSN. Všechna vystoupení sklidila zasloužený potlesk. Bližší informace o obsahu přednášek jsou dostupné na webových stránkách ÚNMZ.

Poté již následovalo závěrečné slovo předsedy ÚNMZ Mgr. Viktora Pokorného, který poděkoval účastníkům, vystupujícím, jakož i vystavovatelům a pozval je k připravenému občerstvení a neformální diskuzi.

Věříme, že provedené úpravy programu přispěly k větší dynamice celé akce a nabídly informace z nových oblastí, že tak bude při přípravě Dne ÚNMZ 2015 na co navazovat a že se při příležitosti jeho konání znovu v hojném počtu setkáme i v následujícím roce.



## SETKÁNÍ PŘEDSEDŮ TNK A PŘEDÁNÍ CENY VLADIMÍRA LISTA A ČESTNÝCH UZNÁNÍ VLADIMÍRA LISTA 2013

### Bc. Patrik Vagel

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví



Dne 5. 12. 2013 se uskutečnilo v Konferenčním centru Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) na Biskupském dvoře slavnostní předání Ceny Vladimíra Lista a čestných uznání Vladimíra Lista, tradičně spojené se setkáním předsedů Technických normalizačních komisí (TNK). Zúčastnilo se ho přibližně 80 pozvaných hostů, jak z řad předsedů TNK, tak i čestní hosté a zástupci MPO a ÚNMZ.

Pracovní část setkání byla zaměřena na oblast technické normalizace, především na rekapitulaci a hodnocení práce v roce 2013 a na představení plánů a záměrů pro následující období.



Předseda Úřadu Mgr. Viktor Pokorný

Po úvodním slově předsedy Úřadu Mgr. Viktora Pokorného se moderování celé akce ujal Ing. Jiří Kratochvíl, ředitel Odboru technické normalizace. Ve své prezentaci pohovořil o statusu národní normalizační organizace ÚNMZ, shrnul významné úspěchy v roce 2013 a představil výzvy pro následující období. Následující vystoupení Ing. Stefana Krebse, asistenta ředitele odboru, bylo zaměřeno na aktivity a rozvoj TNK 144 Nanotechnologie a v souvislosti s tím zejména na získávání nových expertů pro TNK a mezinárodní spolupráci. Vedoucí oddělení elektrotechniky Ing. Zuzana Nejezchlebová, CSc., v součinnosti s Ing. Petrem Kubešem, sekretářem CEN a současně referentem oddělení elektrotechniky, poté zrekapitulovala novinky v tomto oddělení jak z hlediska vnitřního fungování, tak z hlediska mezinárodní spolupráce. Novou tvář mezi vedoucími oddělení odboru technické normalizace je Ing. Lukáš Tichý, vedoucí oddělení stavebnictví, který při své prezentaci představil nejen sám sebe, ale především klíčové informace z oddělení sta-



Vedoucí oddělení stavebnictví Ing. Lukáš Tichý

vebnictví. Po jeho vystoupení následovala krátká přestávka s občerstvením, která byla z velké části věnována neformální diskusi k představeným tématům. Po přestávce pak dostala slovo Ing. Andrea Peková, vedoucí oddělení chemie a životního prostředí, která zrekapitulovala činnost svého oddělení v roce 2013. Blok přednášek poté uzavřela JUDr. Zdeňka Burešová s informacemi na téma novinek z oblasti mezinárodních a evropských normalizačních organizací. Bližší informace o obsahu přednášek jsou dostupné na webových stránkách ÚNMZ.

Po pracovní části následovala část slavnostní: předávání Ceny Vladimíra Lista a čestných uznání Vladimíra Lista, spojené se stručným představením profesní kariéry všech oceněných. Za potlesku přítomných byla předána čestná uznání Ing. Danuši Marušičové, Ing. Vincentu Csirikovi a JUDr. Jiřímu Kultovi. Hlavní ocenění, Cena Vladimíra Lista, bylo pro rok 2013 uděleno Prof. Ing. Jiřímu Studničkoví, DrSc.



Držitelé čestných uznání V. Lista – JUDr. Jiří Kult, Ing. Danuše Marušičová, Ing. Vincent Csirik. Držitel hlavního ocenění – Ceny Vladimíra Lista – Prof. Ing. Jiří Studnička, DrSc. (třetí zleva).

Velmi příjemné setkání pak uzavřel závěrečným slovem předseda Úřadu, Mgr. Viktor Pokorný a pozval přítomné k neformální diskusi nad připraveným občerstvením.

## ZASEDÁNÍ PRACOVNÍ SKUPINY A VÝBORU PRO MĚŘIDLA PŘI EVROPSKÉ KOMISI

**Ing. Eliška Machová**

*Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

Dne 5. prosince 2013 se v Bruselu konalo zasedání pracovní skupiny a Výboru pro měřidla při Evropské komisi. Členy pracovní skupiny pro měřidla jsou zástupci členských států, sdružení WELMEC, zástupce OIML, zástupci CEN/CENELEC, profesních sdružení výrobců měřidel (AQUA, CECIP, CECOD) a sdružení notifikovaných osob NoBoMet. Členy výboru pro měřidla jsou zástupci členských států. Jednání vedl pan Hans Ingels, vedoucí oddělení C1 Generálního ředitelství Podniky a průmysl.

Po úvodních bodech jednání zástupce CEN/CENELEC podal informaci o posledním vývoji v oblasti normalizace – o mandátech Evropské komise M/347 a M/374 (směrnice 2004/22/ES, o měřicích přístrojích, MID), M/412 (NAWI), M/441 (Smart Meters), M/468 (Electric Vehicles), M/490 (Smart Grids) a M/457 (pneuměřiče). V lednu 2014 by měl být v Úředním věstníku zveřejněn odkaz na soubor norem EN ISO 4064 k vodoměrům, které nahradí stávající evropské normy, přičemž přechodné období bude tříleté. Cca v únoru 2014 proběhne hlasování o harmonizovaných normách EN 45501 (váhy s neautomatickou činností) a EN 12645 (pneuměřiče). Co se týká námítky k normě EN 50470:2006 (Elektroměry), CLC/TC 13 vypracoval jako dočasné řešení technickou zprávu TR 50579:2012 „Electricity metering equipment – Severity levels, immunity requirements and test methods for conducted disturbances in the frequency range 2-150 kHz“. Zároveň probíhají práce na nové normě týkající se metod zkoušení. Ve své činnosti pokračuje koordinační skupina Smart Metering zodpovědná za mandát M/441. Dosud bylo publikováno více než 50 norem. Souhrnnou informaci o činnosti této skupiny je možné nalézt na webové adrese <http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Smartmetering/Pages/default.aspx>. Co se týká standardizace elektroměrů pro vozidla na elektrický pohon, bylo navrženo zadat CEN/CENELEC studijní mandát z důvodů, že elektřina pro vozidla na elektrický pohon je zmiňována v návrhu směrnice EP a Rady o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. V této souvislosti byla účastníky jednání položena otázka, zda je směrnice o měřicích přístrojích brána v úvahu také v souvislosti s ostatními alternativními palivy. LNG je v působnosti směrnice 2004/22/ES, o měřicích přístrojích (MID), ale neexistují harmonizované normy ke zkoušení přístrojů. Stlačený zemní plyn (CNG) v působnosti směrnice MID není. Studijní mandát by měl pomoci identifikovat oblasti, kde by byla vhodná normalizace.

Zástupce Evropské komise představil dokument týkající se typových schválení v souvislosti s přechodem na nové harmonizované normy pro váhy s neautomatickou činností, který by měl interpretovat případné nejasnosti. Po definitivních úpravách tak bude k dispozici jednotný výklad uvedené problematiky.

Pracovní skupina dále navázala na diskusi zahájenou při minulém zasedání na téma měření elektřiny dodávané do sítě. V tomto bodě je problém výkladu, kdy většina členských států se shoduje na tom, že směrnice o měřicích přístrojích zahrnuje automaticky oba případy, tedy měření elektřiny jak odebrané ze sítě, tak dodané do sítě, a jsou takovým elektroměrům vydávány certifikáty. Evropská komise může s tímto výkladem souhlasit a navrhne zpracovat studijní mandát.

Pokračovala také diskuse nad dokumentem vypracovaným jako podklad již pro minulá jednání k výkladu teplotních mezí pro váhy s automatickou činností. Bylo konstatováno, že současný text směrnice o měřicích přístrojích týkající se teplotních mezí je dostačující – použije se teplotní rozsah uvedený v příloze MI-006 a zároveň článek 8.3 směrnice. Pokud jde o teplotní meze uvedené v tabulce 1 Přílohy I směrnice, je možné vybrat jakoukoli hodnotu jak z horní, tak z dolní řádky a ne pouze dvojice hodnot uvedené pod sebou. Mimo výše uvedené, příloha MI-006 obsahuje výjimku (kapitola 2). Dokument bude na základě proběhlé diskuse upraven a bude podávat jednotný výklad této problematiky směrnice o měřicích přístrojích.

Pracovní skupina dále projednávala návodové dokumenty WELMEC, v nichž jsou zpracovány srovnávací tabulky směrnice MID s dokumenty OIML, na něž by měly být zveřejněny odkazy v Úředním věstníku EU. Dokumenty představila předsedkyně WELMEC paní Anneke van Spronsen; jedná se o normativní dokumenty k následujícím druhům měřidel: plynoměry (příloha MI-002), gravimetrické plnicí váhy s automatickou činností (příloha MI-006-III), diskontinuální součtové váhy (příloha MI-006-IV), kontinuální součtové váhy (příloha MI-006-V), kolejové váhy s automatickou činností (příloha MI-006-VI). Zveřejnění odkazů v Úředním věstníku EU následně schválil Výbor pro měřidla na svém odpoledním zasedání.

Pracovní skupina dále projednala stažení odkazů na normativní dokumenty uveřejněných v Úředním věstníku EU. Jedná se o následující odkazy: OJ 2009/ C 268/1: plynoměry (příloha MI-002), OJ 2006/ C 269/6: měřicí systémy pro kontinuální a dynamické měření množství kapalin jiných než voda (MI-005), OJ 2006/ C 269/9: dávkovací váhy s automatickou činností (MI-006-II), OJ 2006/ C 269/11: gravimetrické plnicí váhy s automatickou činností (MI-006-III), OJ 2006/ C 269/14: diskontinuální součtové váhy (MI-006-IV), OJ 2006/ C 269/16: kontinuální součtové váhy (MI-006-V), OJ 2006/ C 269/19: kolejové váhy s automatickou činností (MI-006-VI), OJ 2006/ C 269/27: analyzátoři výfukových plynů (MI-010). Stažení odkazů v Úředním věstníku EU následně schválil Výbor pro měřidla na svém odpoledním zasedání.

V následujícím bodě Různé proběhla diskuse k dotazu Bulharska týkajícího se měřicích systémů pro měření průtoku, během níž bylo vyjasněno, že do působnosti MID spadá měření celkového objemu směsi ethanol – voda, nikoli

## INFORMACE

ale měření absolutního množství ethanolu ve směsi; na ně se vztahuje dokument OIML R 117.

Co se týká tzv. nového legislativního rámce, zástupci Evropské komise informovali pracovní skupinu, že práce na nových směrnicih jsou před dokončením a formálně by měly být schváleny v prvním čtvrtletí roku 2014. Jejich zveřejnění v Úředním věstníku EU se předpokládá v březnu nebo v dubnu 2014, počátek účinnosti pak o dva roky později, v roce 2016.

Před dokončením je také Blue Guide, který by měl být k dispozici pouze elektronicky, a to v angličtině začátkem

roku 2014 a následně během prvního čtvrtletí v dalších jazycích EU. Blue Guide bude zatím pokrývat stávající legislativu a s počátkem účinnosti nových směrnic bude upraven.

Příští jednání pracovní skupiny EK pro měřidla se bude konat v červnu 2014 a hlavním tématem budou nové směrnice o měřidlech a o vahách s neautomatickou činností.

Veškeré dokumenty a další informace je možné získat u účastnice jednání Ing. Elišky Machové z odboru metrologie ÚNMZ, e-mail: [machova@unmz.cz](mailto:machova@unmz.cz).



## NABÍDKA AKCÍ ČESKÉ METROLOGICKÉ SPOLEČNOSTI

### Nabídka akcí na II. čtvrtletí 2014

Česká metrologická společnost Vám předkládá přehled akcí na II. čtvrtletí 2014, který může být ještě doplněn.

14. květen 2014 ČSVTS, 315	<b>S 484-14</b>	Nové kalibrační postupy
28. květen 2014 ČSVTS, 315	<b>K 485-14</b>	Stanovení nejistot měření elektrických veličin
2.–5. 6. 2014 ČSVTS, 219	<b>K 486-14</b>	40. základní kurz metrologie

Podrobná nabídka (včetně přihlášek a formulářů žádostí) všech akcí ČMS, certifikace způsobilosti pracovníků, kalibračních postupů i publikací ČMS bude je trvale k dispozici na webové stránce ČMS

[www.csvts.cz/cms](http://www.csvts.cz/cms)

Nabídku s přihláškou si můžete vyžádat také v sekretariátu ČMS:

tel./fax: 221 082 254

e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)

Certifikační místo má samostatnou e-mail adresu:

e-mail: [cert-cms@csvts.cz](mailto:cert-cms@csvts.cz)

tel.: 221 082 283

### Výhled na podzimní měsíce roku 2014

Na podzimní měsíce roku 2014 připravujeme řadu seminářů a kurzů, které mohou být ještě doplněny akcemi, které by si vyžadovala situace. Výčet těchto akcí bude ještě doplněn a včas Vás budeme o aktuální nabídce informovat.

8. říjen 2014 ČSVTS, 418	<b>K 488-14</b>	Řízení metrologie v organizaci
15. říjen 2014 ČSVTS, 318	<b>S 489-14</b>	Metrologie v analytických laboratořích
22. říjen 2014 ČSVTS, 318	<b>K 487-14</b>	Metrologie v interních auditech
12. listopad 2014 ČSVTS, 418	<b>Ko 490-14</b>	16. fórum metrologů a sjezd ČMS
26. listopad 2014 ČSVTS, 318	<b>K 491-14</b>	13. kurz pro technické kontrolory
8.–11. 12. 2014 ČSVTS, 219	<b>K 492-14</b>	41. základní kurz metrologie

Trvale nabízíme **K 90 Korespondenční kurz metrologie**, který není vázán na pevný termín a studium lze zahájit kdykoliv.

Na dny 11. a 12. března 2014

Česká metrologická společnost připravuje 23. konferenci



### Měřicí technika pro kontrolu jakosti

s výstavou měřicí techniky

v kongresovém centru PRIMAVERA, Plzeň, Nepomucká 128.

Další informace a přihláška na [www.csvts.cz/cms](http://www.csvts.cz/cms)

Zveme Vás

vedení ČMS



## ROZHODČÍ ŘÍZENÍ: ZA SVÝM PRÁVEM A PENĚZI RYCHLEJI



### ROZHODČÍ SOUD

při Hospodářské komoře České republiky  
a Agrární komoře České republiky

**Většina občanů asi ví, co Rozhodčí soud při Hospodářské komoře ČR a Agrární komoře ČR je: Instituce, která soudí spory. Jaké přednosti ale rozhodčí soud vlastně má? A je rozhodčí řízení především podnikatelskou záležitostí, nebo ho může využít každý občan? Kde všude lze rozhodčí řízení použít?**

#### Rychlost pro férové

I když mnozí dovedou říct, co Rozhodčí soud je, vyskytuje se ve znalostech jeho fungování řada nejasností či nepřesností. Možná i proto je ve srovnání se západoevropskými i dalšími zeměmi rozhodčí řízení v České republice stále ještě Popelkou, i když situace se v poslední době pozvolna mění. To dokládá i rostoucí počet sporů, které jsou rozhodovány Rozhodčím soudem při HK ČR a AK ČR – v posledních letech každoročně dosahuje kolem tří tisíc.

Přítom výhody rozhodčího řízení jsou jednoznačné: rychlost rozhodování, rychlost vymahatelnosti práva a úspora financí. K tomu, aby spor byl řešen v rozhodčím řízení, stačí splnit dvě základní podmínky: musí jít o spor finanční, majetkové povahy a obě smluvní strany svoji dobrovolnou vůli tímto způsobem své spory řešit musí vyjádřit písemnou formou.

Nedostatečné pochopení principů lze dokumentovat na řadě příkladů z praxe. Například člen představenstva bytového družstva navrhol, aby do smlouvy s obcí družstvo zařadilo rozhodčí doložku. Právník to nedoporučil z jediného důvodu: Nelze se v případě prohry odvolat. Příklad druhý: Dodavatel chtěl zálohu po odběrateli, jedné seriózní instituci, která nikdy neměla problém s včasným placením faktur. Instituce ale zálohy na zboží či služby neposkytuje. Řešení se nabízelo formou včlenění rozhodčí doložky do objednávky. Právník instituce ale toto řešení odmítl se slovy: máme platit my, kdyby měli platit oni nám, tak bych byl pro. To jsou typické ukázky nepochopení výhody jednoinstančnosti rozhodčího řízení.

Právě jednoinstanční charakter rozhodčího řízení je ale jeho předností – soudní řízení se zbytečně neprotahuje a stojí tak vlastně i méně peněz. Když firmy řeší své spory před rozhodčím soudem, mohou očekávat, že rozhodčí nález bude vydán do šesti až osmi měsíců (samozřejmě podle složitosti sporu). Pokud předloží svůj spor státnímu soudu, pravděpodobně budou čekat na rozsudek delší dobu. A pokud některá strana bude řízení záměrně protahovat nebo se odvolá, může se spor táhnout řadu let. Při roční úrokové sazbě, která byla ve smlouvě sjednána, to může představovat, že sporná částka se zněkolikanásobí. A to nepočítáme náklady, které firma vynakládá na lidi, kteří se musí případu věnovat.

Jednoinstančnost, tedy zřeknutí se možnosti odvolání, je tedy jednou z hlavních předností rozhodčího řízení. Je

ale třeba upozornit na mýtus, že tak tomu je a musí být vždy. Zúčastněné strany se již při uzavírání smlouvy s rozhodčí doložkou mohou dohodnout, že řízení nemusí být jednoinstanční a lze se odvolat. Pravidla průběhu rozhodčího řízení si totiž strany do značné míry určují samy – zda rozhodčí senát bude tříčlenný (což je nejobvyklejší), nebo ho třeba bude řešit pouze jeden rozhodce, určují si místo jednání atd. Zřící se ale jednoinstančnosti je nevýhodné – dopředu se totiž strany zřikají jedné z předností rozhodčího řízení, jíž je rychlost vnesení rozhodčího nálezu a následně také rychlejší vymahatelnost jejich práva. K tomu je třeba si uvědomit, že když je rozhodnuto dobře a podle práva, pak by mělo jakékoliv odvolání dopadnout stejně. K tomu zúčastněné strany si volí svého zástupce v rozhodčím senátu – a lze pochybovat o tom, že by si vybraly člověka, který problematice nerozumí a nebo který je proti firmě zaujatý.

To je další rozdíl mezi rozhodčím soudem a běžným soudem státním: Zúčastněné strany se většinou dohodnou, že rozhodčí senát budou tvořit tři členové, přičemž každá ze stran si vybere jednoho rozhodce, kteří se poté shodují na předsedovi rozhodčího senátu. Výhodou je, že se mnohdy jedná o lidi, kteří znají právo z obou stran – nejen suchý výklad paragrafů, ale také konkrétní obchodní praxi, znají a dobře se orientují v jednotlivých oborech.

Další výhodou rozhodčího řízení je jeho neformálnost. Strany jsou často na začátku prvního jednání nesmiřitelné a v podstatě nejsou schopny spolu vůbec komunikovat. Po několika hodinách ústního jednání před rozhodčím soudem se ale často situace začíná pomalu měnit. Strany se sice ještě nedohodnou, ale na návrh předsedy rozhodčího senátu, zda nechtějí přerušit jednání a zkusit nalézt dohodu, začnou spolu komunikovat. Neformálnost řízení a snaha nalézt řešení otevírá dveře pro další spolupráci obou stran.

#### Pomoc v cizině

Rozhodčí řízení je pomocníkem českým podnikatelům i v jiné sféře – v zahraničním obchodě. V době vstupu do EU mi představitel jedné střední firmy uváděl, že se setkávají s tím, že některé firmy ze zemí Unie (uváděl konkrétní příklad irské firmy) jim neplatí. Zatímco v ČR ví, jak své peníze dostat, na území EU to neumí. Obával se složitosti, zdouhavosti žaloby i cizího prostředí, které jim nemusí být příznivě nakloněno. Zejména pak se mu zdála situace složitější v případě, kdy neměl podepsanou smlouvu, ale obchod se realizoval na základě objednávky.

Pro takovéto případy je dobré sjednat se zahraničním partnerem rozhodčí doložku. Rozhodčí doložka nemusí být jen ve složitých smlouvách. I objednávka a její potvrzení zakládají smluvní vztah. Proto česká firma může na každé objednávce mít napsanou doložku o řešení sporů u rozhodčího soudu a požadovat od partnera – v tomto případě irského – aby takto doplněnou a podepsanou objednávku zaslal zpět. České firmy by měly překonat ostych a za svými penězi jít.

Ten, kdo dluží a je finančně zdravý, nese také všechny náklady sporu, tedy i na výkon práva. Když mi má zahraniční partner zaplatit 1. dubna a neudělá tak, 15. dubna se ho zeptám proč nezaplatil, tedy připomenu pohledávku, 30. dubna se znovu připomenu a pokud obratem obstojně nevysvětlí důvod, proč peníze ještě nemám, podávám na něj 1. května u rozhodčího soudu žalobu (samozřejmě mám-li

sjednanu rozhodčí doložku). A soukromí exekutoři po vynešení rozhodčího nálezu pracují nejen po celé Evropě, ale téměř na celém světě, rychle. Někdy ale stačí i připomenutí v poslední upomínce, že bude předáno k řešení rozhodčímu soudu. Rozhodčí řízení je tak prostředkem k tomu, aby si české firmy mohly účinně za svými penězi, za svým právem jít a také se svého práva rychle dovolat.



## ROZHODČÍ SOUD

při Hospodářské komoře České republiky  
a Agrární komoře České republiky

### Řešení Vašeho sporu efektivně, rychle a odborně!

#### O Rozhodčím soudu

- byl založen roku 1949
- řídí se zákonem, Statutem, Řádem
- vede Seznam rozhodců a tím garantuje odbornou kvalitu rozhodčího řízení probíhajícího před Rozhodčím soudem
- na Listině rozhodců je více než 240 rozhodců z tuzemska i zahraničí

#### Sekretariát Rozhodčího soudu zajišťuje

- konzultace před uzavřením smlouvy či podáním žaloby u Rozhodčího soudu
- odborné znalce
- tlumočníky
- veškerou administrativu spojenou s rozhodčím řízením před Rozhodčím soudem

#### Jaké spory řeší?

- obchodní vztahy (kupní smlouvy, nájemní smlouvy, smlouvy o dílo, úvěrové smlouvy ...)
- občanskoprávní (mj. i manželské smlouvy, kupní smlouvy na nemovitost, smlouvy o půjčce ...)
- pracovní právní vztahy (smluvní podmínky mzdového charakteru)

#### Výhody rozhodčího řízení

- řízení je jednoinstanční, neveřejné, rychlé, méně formální
- rozhodčí nálezy jsou v tuzemsku i v zahraničí dobře vykonatelné
- Newyorská úmluva z roku 1958 umožňuje uznání a výkon rozhodčích nálezů ve více než 140 státech světa
- strany si mohou určit místo i jazyk rozhodčího řízení

Podmínka pro rozhodování sporu v rozhodčím řízení před Rozhodčím soudem při HK ČR a AK ČR je platná rozhodčí doložka ve prospěch tohoto soudu.

#### Znění rozhodčí doložky doporučené k zapracování do Vašich smluv:

Všechny spory vznikající z této smlouvy a v souvislosti s ní budou rozhodovány s konečnou platností u Rozhodčího soudu při Hospodářské komoře České republiky a Agrární komoře České republiky podle jeho řádu jedním rozhodcem jmenovaným předsedou Rozhodčího soudu.

Všechny spory vznikající z této smlouvy a v souvislosti s ní budou rozhodovány s konečnou platností u Rozhodčího soudu při Hospodářské komoře České republiky a Agrární komoře České republiky podle jeho řádu třemi rozhodci.

Veškeré potřebné dokumenty lze nalézt na adrese: [www.soud.cz](http://www.soud.cz)

### Rozhodčí soud je tu pro Vás.

Další informační materiály jsou k dispozici stranám, ale i ostatním zájemcům v sídle soudu Dlouhá 13, Praha 1, v jazyce českém, ruském, anglickém, německém a francouzském. Telefonní spojení je: tel.: +420-222 333 340, fax: +420-222 333 341, e-mail: [paha@soud.cz](mailto:paha@soud.cz)

---

**Redakční rada:**

Ing. Emil Grajciar (předseda), Ing. František Jelínek, CSc. (místopředseda), Ing. Josef Vojtíšek, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Bc. Jan Klíma, Ing. Jiří Kazda, Mgr. Václava Holušová, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Jaroslav Rajlich, Ing. Petr Pánek, CSc., Ing. Jan Tichý, Jitka Hrušková. PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 15 % 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, Gorazdova 24, 128 01 Praha 2. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: prosinec 2013. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, tel./fax: +420 326 394 888, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

---

**Foto na obálce:**

Etalon měření vlhkosti plynů za zvýšeného tlaku

**Photo on the front page:**

Hi-pressure primary humidity generator

