



**Český institut pro akreditaci, o.p.s.**

Olišanská 54/3, 130 00 Praha 3

Celkem 35 stran

Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc.

Datum zpracování: 18.11.2013

## **Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2013**

**Číslo úkolu:**

**VII/4/13**

### **ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA**

**Název úkolu:**

**„Optimalizace využití  
mezilaboratorních porovnávacích zkoušek (MPZ)  
v akreditovaných kalibračních laboratořích (AKL)“**

**Řešitel:                    Ing. Martin Matušů, CSc.**


**Spoluřešitel:            Ing. Jindřich Šabata**

**Schválil:                   Ing. Milan Badal**

**Datum: 26.11.2013**

**Rozdělovník:    2 x ÚNMZ  
                          1 x ČIA – útvar 400  
                          1 x ČIA – útvar 500/600  
                          3 x oponenti**


**Výtisk č.:**

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matuší, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 1. Resumé

Cílem úkolu je vypracovat podrobný rozbor způsobu využití MPZ v AKL na území ČR a navrhnout optimalizovaný způsob využití MPZ v praxi AKL ČR včetně podrobných metodických návodů.

Výsledky řešení budou použity v praxi pro přibližně 190 akreditovaných subjektů ČR prostřednictvím Českého institutu pro akreditaci (ČIA).


|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 2. Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1. RESUMÉ.....  | 2  |
| 2. OBSAH.....   | 3  |
| 3. ÚVOD .....   | 4  |
| 4. NÁVRH ÚKOLU TECHNICKÉHO ROZVOJE .....  | 4  |
| 5. NÁVRH OBECNÝCH PRAVIDEL NA VYUŽITÍ MPZ A DP V OBLASTI KALIBRACÍ A MĚŘENÍ ... | 4  |
| 6. VLASTNÍ ŘEŠENÍ ÚKOLU.....  | 5  |
| 7. ZÁVĚR .....  | 32 |

PŘÍLOHA Č.1: PŘÍKLAD STANOVENÍ PĚTILETÉHO PLÁNU ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

PŘÍLOHA Č.2: PLÁNOVACÍ LIST ÚKOLU

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matuší, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

### 3. Úvod

V ČR je aktuálně 117 akreditovaných kalibračních laboratoří (AKL) v různých oborech měření. Jedním ze standardních nástrojů pro zajištění jednotnosti a správnosti měření (dle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění) a prokázání kvality kalibrací AKL (dle požadavků normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2005) jsou mezilaboratorní porovnávací zkoušky (MPZ), resp. dvoustranná porovnání (DP či DMPZ). Současně je tento nástroj využíván u 52 akreditovaných zkušebních laboratoří, které zajišťují v rámci své činnosti interní kalibrace. V neposlední radě jsou MPZ a DP využívána v oblasti akreditace certifikačních orgánů pro certifikaci výrobků a inspekčních orgánů (dalších 30 akreditovaných subjektů).

### 4. Návrh úkolu technického rozvoje

Hlavním cílem úkolu je vypracovat podrobný rozbor způsobu využití MPZ v AKL na území ČR a navrhnout optimalizovaný způsob využití MPZ v praxi AKL ČR včetně podrobných metodických návodů.

K tomuto cíli by měly vést tyto dílčí kroky:

- provést rozbor počtu akreditovaných kalibračních laboratoří dle oborů (podoborů),
- vypracovat rešerši využití MPZ a DP při prokazování způsobilosti a kvality kalibrací v rámci mezinárodního ujednání CIPM MRA,
- návrh obecného optimalizovaného schématu MPZ a DP pro jednotlivé oblasti z hlediska rozsahů a přesností měření vzhledem k deklarovaným CMC hodnotám,
- podrobné doporučení pro jednotlivá schémata a obory kalibrací z hlediska frekvence opakování MPZ a DP v klíčových rozsazích,
- návrh metodického pokynu zohledňující výsledky řešení výše uvedených bodů.

### 5. Návrh obecných pravidel na využití MPZ a DP v oblasti kalibrací a měření

Návrh obecných pravidel MPZ a DP v oblasti kalibrací a měření vychází z dokumentu ILAC P09 „Politika ILAC pro účast v aktivitách zkoušení způsobilosti (ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities, 2010)“ a EA – 4/18 „Návod k určení úrovně a četnosti ve zkoušení způsobilosti“, které nadále pro účely posuzování ČIA interpretuje. Vychází z následujících zásad:


- 1) V rámci posuzování ČIA není využíván systém měřících auditů, ale pouze systém porovnávacích měření
- 2) Porovnávací měření není možno z hlediska časového, kapacitního ani ekonomického provést pro každou službu poskytovanou posuzovaným subjektem, proto se porovnání provádí pouze v klíčových oblastech (tj. oborech a rozsazích) měření a toto porovnání pak prokazuje způsobilost pro služby v rámci celé klíčové oblasti
- 3) Klíčové oblasti pro nejrozšířenější obory měření s nejvyšším počtem akreditovaných kalibračních laboratoří budou identifikovány a popsány ČIA v rámci řešení tohoto úkolu PRM
- 4) Kalibrační laboratoř by se v dané klíčové oblasti, ve které poskytuje služby, měla zúčastnit porovnávacích zkoušek vždy minimálně jednou za akreditační cyklus
- 5) Kalibrační laboratoř by se prioritně měla účastnit kruhových mezilaboratorních porovnávacích zkoušek organizovaných akreditovanými poskytovateli
- 6) Pokud se z časových či jiných relevantních důvodů nemůže laboratoř účastnit kruhových mezilaboratorních porovnávacích zkoušek organizovaných akreditovanými poskytovateli, zúčastní se dvoustranných mezilaboratorních porovnávacích zkoušek organizovaných akreditovaným poskytovatelem
- 7) V případě, kdy není pro danou klíčovou oblast možné se zúčastnit ani dvoustranných mezilaboratorních porovnávacích zkoušek organizovaných akreditovaným poskytovatelem z ČR a účast na zkouškách poskytovaných zahraničním akreditovaným poskytovatelem by byla neefektivní (např. z hlediska časového či logistického), prokáže laboratoř svoji způsobilost náhradní metodou dle dokumentu EA – 4/18 „Návod k určení úrovně a četnosti ve zkoušení způsobilosti“.

## 6. Vlastní řešení úkolu

### 6.1 Zásady pro vytvoření harmonogramu zkoušení způsobilosti (PT)

Z čeho vycházet, jak stanovit optimálně počet PT – hodnotící kritéria:

- z rozsahu akreditace v daném oboru (podoborů)
- z měřicí schopnosti kalibrace - CMC
- ze zařízení (přístrojů, snímačů ..), které laboratoř může kalibrovat
- z přístrojového vybavení (etalonů), které laboratoř používá ke kalibraci
- z prostor a personálu
- z četnosti provádění kalibrací v daném oboru
- z kalibračních postupů, na které je laboratoř akreditována

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;"><b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br/>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3</p> | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 6.2 Rozsah akreditace v daném oboru

Dělení na obory lze rozdělit následujícím způsobem:

- 1 - Geometrické veličiny
- 2 - Mechanické veličiny, zkoušení materiálu
- 3 - Veličiny z oblasti tepla a teploty
- 4 - Elektrické a magnetické veličiny, přístroje pro měření a záznam elektrických a neelektrických veličin
- 5 - Optické veličiny
- 6 - Veličiny času, frekvence a akustiky
- 7 - Fyzikálně-chemické veličiny
- 8 - Veličiny atomové a jaderné fyziky

Dělení na podobory v rámci oboru lze rozdělit následujícím způsobem:

- 1 1 - Délka
- 1 2 - Rovinný úhel
- 1 3 - Plošný obsah
- 1 4 - Objem, průtok
  
- 2 1 - Hmotnost
- 2 2 - Mechanický pohyb
- 2 3 - Síla, mechanické zkoušky materiálu
- 2 4 - Tlak, mechanické napětí
- 2 5 - Zkoušky vlastností a vad materiálu
  
- 3 1 - Teplo, teplotní roztažnost
- 3 2 - Měřidla pro kontrolu teploty
  
- 4 1 - Měřidla elektrických veličin
- 4 2 - Přístroje pro měření magnetických veličin a charakteristik
- 4 3 - Přístroje pro zobrazení a záznam elektrických a neelektrických veličin
- 4 4 - Automatická a poloautomatická zařízení elektrických a neelektrických veličin

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

5 1 - Světelné veličiny

5 2 - Lontová optika

6 1 - Čas, frekvence

6 2 - Akustický tlak

6 3 - Mechanické kmitání

7 1 - Hustota

7 2 - pHmetrie a ionometrie

7 3 - Index lomu

7 4 - Konduktometrie

7 5 - Vlhkost

7 6 - Viskozita

7 7 - Chemické složení

7 8 - Měření emisí

8 1 Měřidla ionizujícího záření

8 2 Atomová fyzika

Dále lze pokračovat v dělení na skupiny měření (přístroje), níže je příklad pro obor geometrických veličin:

1 1 1 0 - Délkové míry

1 1 2 0 - Délkové měřicí přístroje

1 1 3 0 - Vícesouřadnicové měřicí přístroje a jejich komponenty

1 1 4 0 - Měřidla pro kontrolu geometrického tvaru a vzájemné polohy


1 1 5 0 - Měřidla pro kontrolu drsnosti povrchu

1 1 6 0 - Měřidla pro kontrolu závitů

1 1 7 0 - Měřidla pro kontrolu ozubení

1 1 8 0 - Přístroje pro automatickou kontrolu

1 1 9 0 - Měřidla pro výrobní zařízení a pro jejich kontrolu

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

- 1 2 1 0 - Úhlové míry
- 1 2 2 0 - Úhlové měřicí přístroje
- 1 2 3 0 - Měřidla pro kontrolu kuželů
- 1 2 4 0 - Přístroje pro geodézii
  
- 1 3 1 0 - Přístroje pro měření plošného obsahu
  
- 1 4 1 0 - Měřidla objemu
- 1 4 2 0 - Měřidla průtoku

Z tohoto rozdělení je zřejmé, že vycházet při tvorbě harmonogramu PT z oborů a podoborů nepostačuje a v mnoha případech bude nutné vycházet z podrobnějšího dělení a to na podobory podoborů.

### 6.3 Rozbor počtu akreditovaných laboratoří dle oborů (podoborů)

Přílohou úkolu „Optimalizace využití mezilaboratorních porovnávacích zkoušek (MPZ) v akreditovaných kalibračních laboratořích (AKL)“ jsou příklady vytvoření optimálního harmonogramu zkoušení způsobilosti. Je logické, že příklady harmonogramu zkoušení způsobilosti budou vytvořeny u oborů (podoborů), kde je akreditováno nejvíce laboratoří.

Byl proveden rozbor akreditovaných laboratoří ČIA k 21. 6. 2013.

K tomuto datu je akreditováno 115 AKL. Rozbor je proveden k jednotlivým oborům a podoborům:

#### 1 – Geometrické veličiny: 52 AKL

- 11 – délka: 45 AKL
- 12 – úhel: 26 AKL
- 13 – obsah: 22 AKL
- 14 – objem: 20 AKL

#### 2 – Mechanické veličiny, zkoušení materiálů: 54 AKL

- 21 – hmotnost: 18 AKL
- 23 – síla: 13 AKL
- 24 – tlak: 40 AKL



### **3 – Veličiny s oblasti tepla a teploty: 35 AKL**

32 – teplota: 35 AKL

### **4 – Elektrické a magnetické veličiny: 36 AKL**

41 – měřidla elektrických veličin: 30 AKL

42 – magnetické veličiny: 6 AKL

### **5 – Optické veličiny: 5 AKL**

### **6 – Veličiny času, frekvence a akustiky: 13 AKL**

61 – čas, frekvence: 13 AKL

### **7 – Fyzikálně-chemické veličiny: 14 AKL**

### **8 – Veličiny atomové a jaderné fyziky: 3 AKL**

Kritériem pro úvahu nad harmonogramem provádění zkoušek způsobilosti v daném oboru, resp. podoboru bylo, že v tomto podoboru je akreditováno minimálně 15 laboratoří (tedy alespoň cca 12 % laboratoří).

## **6.4 Rozbor pro oblast geometrických veličin**

Velké množství jednotlivých měřidel délky a úhlu lze pro účely MPZ rozdělit na skupiny s podobným principem měření a kalibrace.

### **1.1 Délka**

#### **1.1.1 Koncové měřky**

Porovnávají se dvě koncové měřky stejné jmenovité hodnoty.

Pro účely MPZ lze zvolit dvě možné sady:

Krátké koncové měřky (0,3 ÷ 100) mm

Dlouhé koncové měřky (125 ÷ 1000) mm

#### **1.1.2 Měření s využitím délkoměru**

Délkoměrem se rozumí přístroj pro měření rozměru v jedné ose s přímou indikací měřené hodnoty. Příslušenství délkoměrů umožňuje měřit různé předměty.

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek:

Válečkové kalibry (hladké kalibry na díry), třmenové kalibry (hladké kalibry na hřídele), měřicí drátky, nastavovací kroužky pro vnitřní měření, lístkové spároměrky, speciální kalibry, nastavné tyčky k mikrometrům, kvalifikační koule k 3D strojům.

#### 1.1.3 Závitová měřidla

Hlavním parametrem je střední průměr závitu. Pro jeho určení se používá pomocných těles - drátků nebo kuliček.

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek:

Mezní závitový kalibr – závitový trn, mezní závitový kalibr – závitový kroužek.

#### 1.1.4 Posuvná měřidla

Základní metodou je kalibrace pomocí koncových měrek.

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek:

Posuvky, posuvné hloubkoměry, posuvné výškoměry, posuvná měřidla na sváry (s noniem, displejem, kruhovým číselníkem, pro vnější a vnitřní měření).

#### 1.1.5 Mikrometrická měřidla

Tato měřidla mají společný konstrukční prvek - mikrometrický šroub. Základní metodou je kalibrace pomocí koncových měrek (a nastavných kroužků v případě třídotekových mikrometrických dutinoměru).

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek:

Třmenový mikrometr, mikrometrické odpichy, pasometr (mikropasometr), mikrometrická hlavice, třídotekové dutinoměry, mikrometry na závity, mikrometry na ozubená kola.

#### 1.1.6 Měřidla s číselníkovým indikátorem


Kalibrace se provádí přednostně na svislém délkoměru - zařízení pro kalibraci číselníkových úchylkoměrů, lze však použít i vodorovný délkoměr.

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek: číselníkový úchylkoměr, elektronický úchylkoměr, dutinoměry s číselníkovým úchylkoměrem.

#### 1.1.7 Čárková měřítka

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek:

Čárková měřítka tříd přesnosti I, II, III, měřítka plochá, tenká a ohebná a stáčecí, pásma, svinovací metry, skládací metry.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matuší, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

### 1.1.8 Délkoměry

Kalibrace se provádí pomocí etalonových těles (koncových měrek). Často prováděná na místě u zákazníka. Pro účely MPZ lze použít jednoosé délkoměry vodorovné a svislé.

### 1.1.9 Stroje 2D/3D

2D strojem se rozumí přístroj pro měření ve dvou osách - strojírenský mikroskop, kamera, profilprojektor.

3D strojem se rozumí třísouřadnicový měřicí stroj s dotykovým, nebo optickým snímáním.

Kalibrace se provádí pomocí etalonových těles (koncových měrek, skleněných měřítek stupňových měrek a dalších).

MPZ lze realizovat na jednom místě s vlastní sadou etalonových těles nebo použitím vhodně zvoleného tělesa.

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek: šablony, závitové šablony, etalonová čárková měřítka, kalibry, kroužky, koule, kužely, prizmatické podložky, kalibry podle výkresu.

## 1.2 Úhel

### 1.2.1 Úhломěry

Kalibrace je prováděna nejčastěji vkládáním etalonových úhlových měrek mezi pravítka (čelisti) úhломěru a je porovnávána hodnota etalonu s hodnotou indikovanou na stupnici úhломěru. Kalibrační body musí být voleny tak, aby byl pokryt celý rozsah měření. V případě mechanických úhломěrů s dělením stupnice na  $4 \times 90^\circ$ ,  $2 \times 180^\circ$  a úhломěrů s rozsahem  $(0 - 360)^\circ$ , musí být měřeny všechny čtyři kvadranty. Měřicí body by měly být voleny tak, aby byla prověřena i pomocná jemnější stupnice, např. použitím měrek  $15'10''$ ,  $30'20''$ ,  $45'30''$ ,  $60'40''$ ,  $75'50''$  a dále by měl být prověřen úhel každých celých  $90^\circ$ .

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek: mechanický úhломěr, digitální úhломěr, optický úhломěr.

### 1.2.2 Úhlové měrky

Pro účely MPZ lze zvolit jakoukoliv vhodnou sadu v intervalu  $(0 - 90)^\circ$ , která obsahuje alespoň některé měrky se jmenovitou hodnotou, která není v celých stupních.

### 1.2.3 Libely

Libely pracují na principu působení zemské gravitace a používají se na měření malých sklonů vzhledem k horizontální poloze, změn sklonů nebo ustavení do vodorovné roviny. Dle principu měření se dělí na dvě základní skupiny – libely kapalinové a libely elektronické. U většiny libel, zejména kapalinových, není hodnota

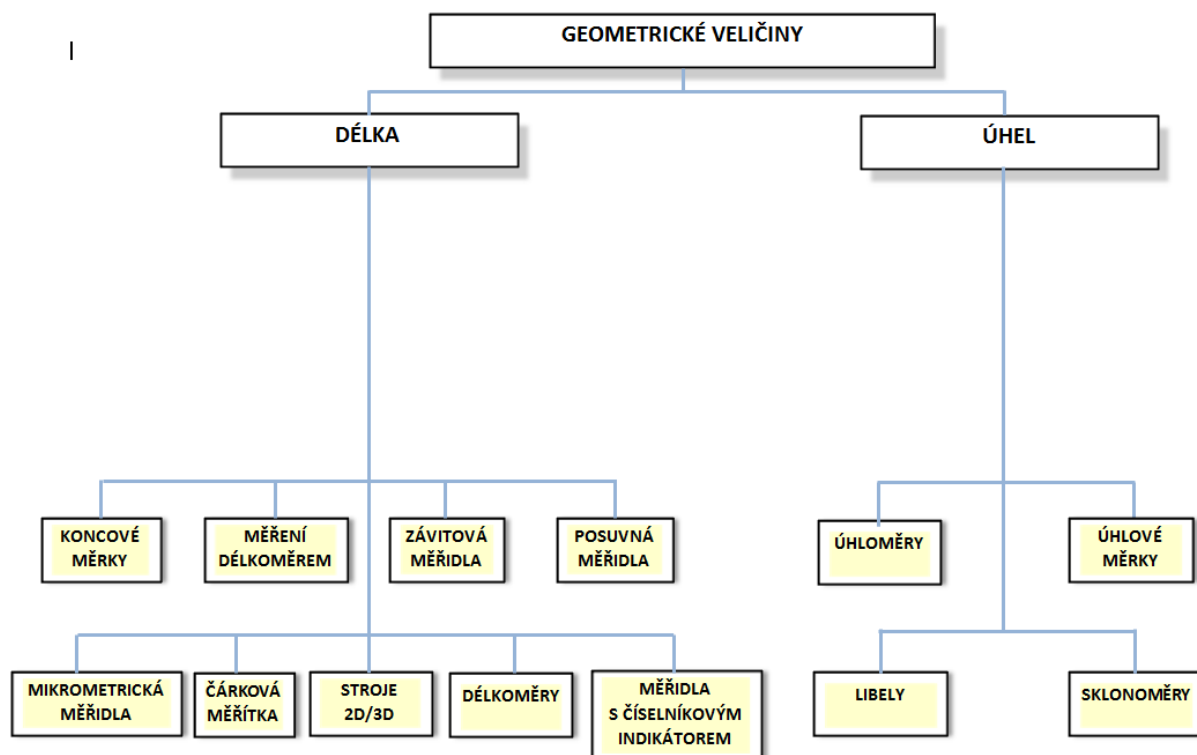
sklonu měřena v běžných jednotkách úhlu, ale jako poměr sklonu ke vzdálenosti jednoho metru, tedy mm/m. Charakteristickým parametrem těchto libel je citlivost dílku, tedy velikost hodnoty úhlu, o kterou se musí libela naklonit, aby se okraj bublinky posunul o jeden dílek (z jedné rysky na rysku vedlejší).


Pro účely MPZ jsou nejčastěji používány strojní libely.

### 1.2.4 Sklonoměry

Sklonoměry se používají na měření sklonů vzhledem k horizontální poloze nebo změn těchto sklonů a stejně jako libely pracují na principu působení zemské gravitace. Ve srovnání s libelami mají mnohem větší rozsah (většinou celých 360°) a nižší přesnost měření.

Pro účely MPZ lze použít některé z těchto položek: sklonoměr mechanický, sklonoměr digitální nebo sklonoměr optický.



|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 6.5 Rozbor pro oblast tlaku a odvozených veličin

Velké množství jednotlivých měřidel tlaku lze pro účely MPZ rozdělit na skupiny s podobným principem měření a kalibrace.

### 2.1 Absolutní tlak

#### 2.1.1 Oblast vysokého vakua


Jedná se o oblast jednoznačně vymezenou použitelnou měřicí technikou založenou na nepřímém měření vakua pomocí koncentrace molekul plynu a převládajícími fyzikálními jevy (zejména povrchovými procesy na stěnách systému). Všeobecně akceptovanou hranicí rozsahu je hodnota 0,1 Pa (často uváděna jako  $10^{-1}$  Pa), dolní hranice není z praktického hlediska omezena. Je vysoce pravděpodobné, že se pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použít žhavený ionizační vakuometr se zvýšenou geometrickou odolností (zejména pro rozsahy pod  $10^{-3}$  Pa) nebo viskózní vakuometr s rotující kuličkou (SRG vakuometr). V případě porovnávacích zkoušek laboratoří zaměřených na kalibraci technologických vakuometrů v průmyslových procesech lze využít i Penningův vakuometr. V podmínkách MPZ je nutné přesně specifikovat tlakové médium (nejčastěji dusík nebo argon) a podmínky měření, aby nedošlo ke kontaminaci měřidla nečistotami (zejména uhlovodíky z vývěv s olejovou náplní).

#### 2.1.2 Oblast vakua

Tato oblast má jednoznačně definovanou spodní hranici pomocí absolutního tlaku 0,1 Pa (často uváděna jako  $10^{-1}$  Pa). Horní hranice je dána používanou měřicí technikou (termální, Piraniho či kapacitní vakuometry) a kritickými fyzikálními procesy (zejména závislostí ustanovení termodynamické rovnováhy na geometrických parametrech systému), nejčastěji se používá hodnota 1000 Pa (často uváděna jako  $10^3$  Pa nebo 1 kPa), ovšem za horní hranici této oblasti lze s přihlédnutím ke specifickým vlastnostem kalibrační aparatury jednotlivých laboratoří akceptovat libovolnou hodnotu v řádu jednotek kPa. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použít kapacitní membránový vakuometr (v případě laboratoří s přesnějšími CMC doplněný o vyhřívání na konstantní teplotu). Použití termálních a Piraniho vakuometrů je vzhledem k nízké přesnosti a stabilitě omezeno pouze na dvoustranné porovnání laboratoří zaměřených na kalibraci technologických vakuometrů.

#### 2.1.3 Oblast barometrického tlaku

Oblast barometrického tlaku je definována rozsahem od 10 kPa do 100 kPa absolutního tlaku v plynném médiu (ovšem často se lze setkat se zúženou definicí rozsahu barometrů od 80 kPa do 115 kPa). Pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky v tomto rozsahu se předpokládá využití buďto digitálních barometrů nebo digitálních

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

tlakoměrů s absolutním rozsahem v řádu 100 kPa (které ovšem často potřebují referenci nulového tlaku). Porovnávací zkoušky vykonané v tomto rozsahu jsou dostatečné pro prokázání způsobilosti v celém rozsahu absolutního tlaku od barometrického tlaku výše, ovšem v případě absolutních tlaků vyšších jak 1 MPa se doporučuje současné provedení porovnávacích měření v oblasti přetlaku v plynném médiu.

## 2.2 Přetlak

### 2.2.1 Oblast přetlaku v plynném médiu

Oblast přetlaku v plynném médiu je charakterizována rozsahem od jednotek kPa (nejčastěji uváděno 5 kPa) po 10 MPa přetlaku. Jedná se o vůbec nejčastější a nejjednodušší oblast tlakové stupnice pokrývanou kalibračními laboratořemi. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit číslicový tlakoměr, převodník tlaku nebo v případě méně přesných kalibračních laboratoří i deformační tlakoměr příslušného rozsahu. Naopak pro porovnávání nejpřesnějších laboratoří je možné využít pístové tlakoměry. V pokynech pro měření se doporučuje jednoznačně specifikovat podmínky a způsob nulování měřidla, jednotlivé tlakové body včetně případného proměření hysterezní křivky a požadavky na čistotu plynného média (zejména u přesnějších číslicových tlakoměrů).

### 2.2.2 Oblast vysokého přetlaku v plynném médiu

Jedná se o oblast tlakové stupnice v plynném médiu charakterizovanou přetlakem typicky vyšším než 10 MPa mající specifické technické, technologické a bezpečnostní požadavky při provádění kalibrací. V některých případech jsou pro tento rozsah využívány speciální etalony přetlaku v plynném médiu s olejovým mazáním. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit číslicový tlakoměr, převodník tlaku nebo v případě méně přesných kalibračních laboratoří i deformační tlakoměr příslušného rozsahu. Součástí pokynů pro měření by kromě definice jednotlivých tlakových bodů měly být i pokyny pro měření hysterezní křivky včetně doby ponechání při maximálním zatížení v rámci jedné série měření a možnost či vyloučení použití etalonů s olejovým mazáním.

### 2.2.3 Oblast přetlaku v kapalném médiu

Oblast přetlaku v kapalném médiu je charakterizována použitými etalony s horním rozsahem měření 100 MPa (někdy též uváděny hodnoty 60 MPa nebo 70 MPa). Spodní hranice rozsahu není z praktického hlediska omezena, často se ovšem vzhledem ke korekci na hydrostatický tlak uvádí hodnota 100 kPa. Jedná se o druhou nejčastější oblast tlakové stupnice pokrývanou kalibračními laboratořemi. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit číslicový tlakoměr, převodník tlaku nebo v případě méně přesných kalibračních laboratoří i deformační tlakoměr příslušného rozsahu. Naopak

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

pro porovnávání nejpřesnějších laboratoří je možné využít pístové tlakoměry. V pokynech pro měření se doporučuje jednoznačně specifikovat podmínky a způsob nulování měřidla, jednotlivé tlakové body včetně případného proměření hysterezní křivky a druh kapalného média včetně požadavků na jeho čistotu (zejména u pístových tlakoměrů).

#### 2.2.4 Oblast vysokého přetlaku v kapalném médiu

Tato specifická oblast tlakové stupnice vyžaduje od kalibrační laboratoře kromě odlišné etalonové základny i zvládnutí celé řady speciálních a specifických postupů, metod a technologií včetně bezpečnostních. Typicky je definována hodnotami tlaku nad 100 MPa. Pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky v tomto rozsahu se hodí pouze pístové tlakoměry speciální vysokotlaké konstrukce a vysokotlaké převodníky tlaku. V omezené míře pro laboratoře s méně přesnými CMC lze použít i speciální konstrukce deformačních tlakoměrů. Zejména při použití pístových tlakoměrů se předpokládá, že rovnocenným parametrem se stanovení efektivní plochy bude stanovení deformačního koeficientu tlakoměru, při vyhodnocení měření je pak nezbytné vzít v potaz i vzájemnou korelaci efektivní plochy a deformačního koeficientu, např. metodou tlakových hladin.

### 2.3 Podtlak


#### 2.3.1 Oblast podtlaku

Oblast podtlaku je charakterizována rozsahem od jednotek kPa (nejčastěji uváděn 1 kPa, ale v závislosti na laboratoří používaných etalonech jsou možné hodnoty i 3 kPa nebo 5 kPa) po desítky kPa (maximální hodnotou je aktuální hodnota barometrického tlaku závisující kromě atmosférických podmínek i na nadmořské výšce laboratoře). Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit číslicový tlakoměr, převodník tlaku nebo v případě méně přesných kalibračních laboratoří i deformační tlakoměr příslušného rozsahu. V některých případech lze pro porovnávací zkoušky efektivně použít měřidlo s kombinovaným podtlakově-přetlakovým rozsahem, např. číslicový tlakoměr s rozsahem -100 kPa až 200 kPa.

### 2.4 Malý přetlak, podtlak a tlakové diference

#### 2.4.1 Oblast malého přetlaku, podtlaku a tlakových diferencí

Jedná se o velmi specifickou oblast tlakové stupnice rozsahově charakterizovanou významným vlivem termálních fyzikálních jevů a využitím zcela odlišných etalonových zařízení. Její zvládnutí vyžaduje od laboratoře řadu specifických znalostí a dovedností. Nejčastěji bývá charakterizována rozsahem 10 Pa až 5 kPa přetlaku, podtlaku či tlakových diferencí (někdy též uváděny v závislosti na použitém typu a technologii etalonu horní hodnoty 1 kPa či 3 kPa). Jako měřidla pro mezilaboratorní

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

porovnávací zkoušky se v tomto rozsahu používají speciální nízko rozsahové číslicové tlakoměry či převodníky tlaku (nejčastěji s technologií CDG nebo EFA), v případě velmi přesných laboratoří lze efektivně použít i konické pístové tlakoměry typu Vosdudch. Porovnání realizované v jednom tlakovém modu (např. přetlaku) lze použít i pro prokázání technické způsobilosti v ostatních relativních tlakových modech (tj. např. podtlaku a tlakových diferencích).

## 2.5 Tlakové difference za vysokého statického tlaku

### 2.4.1 Oblast tlakových diferencí za vysokého statického tlaku

Jedná se o specifickou oblast tlakové stupnice, pro kterou je charakteristický nikoliv rozsah tlakové difference, ale parametr měření, konkrétně statický tlak vyšší než 1 MPa (a také použitá etalonážní technika). Jako měřidla pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky se v tomto rozsahu používají téměř výlučně speciální převodníky tlakové difference. Při specifikaci porovnávacích zkoušek je nezbytné kromě jednotlivých tlakových bodů zadat i přesné hodnoty parametru statického tlaku, při kterých má být kalibrace provedena.

## 2.6 Tlakové netěsnosti

### 2.6.1 Oblast vakuových/heliových netěsností

Charakteristickým znakem této oblasti odvozené od tlakové stupnice není rozsah netěsnosti, ale parametr měření, konkrétně měření netěsností za tlaku výrazně nižšího než je atmosférický tlak (v praxi se používají hodnoty vakua v širokém rozsahu od  $10^2$  Pa až do  $10^{-5}$  Pa). Jako měřidla pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky se v tomto rozsahu používají téměř výlučně permeační vakuová netěsnost. Při specifikaci porovnávacích zkoušek je nezbytné přesně specifikovat kromě parametru vakua i referenční hodnotu teploty etalonové netěsnosti. Mezilaboratorní porovnání realizované pro jedno médium netěsnosti v této oblasti (např. helium) lze použít pro prokázání technické způsobilosti i pro ostatní média (např. freonové netěsnosti).

### 2.6.2. Oblast tlakových netěsností

Charakteristickým znakem této oblasti odvozené od tlakové stupnice není rozsah netěsnosti, ale technologie detekce netěsnosti založená na změně tlaku. Typickým parametrem měření je tlak převyšující hodnotu atmosférického tlak (v praxi se používají hodnoty tlaku až do 100 MPa. Jako měřidla pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky se v tomto rozsahu používají téměř výlučně měřidla či detektory tlakových netěsností.



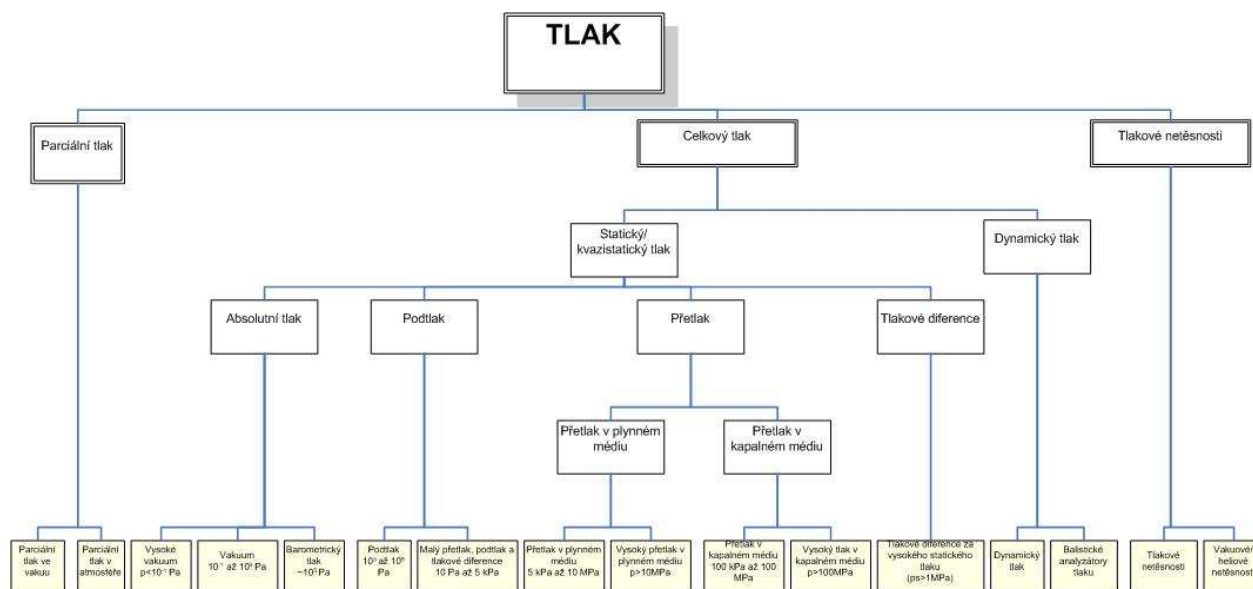
## 2.7 Dynamický tlak


### 2.7.1 Oblast balistických analyzátorů tlaku

Charakteristickým znakem této oblasti tlakové stupnice není rozsah tlaku, ale parametr dynamiky měření, konkrétně délkou tlakového impulzu maximálně v řádu jednotek ms. V praxi se hodnoty rozsahu tlaků pohybují v závislosti na konstrukci balistického analyzátoru tlaku od 100 MPa do 800 MPa. Jako měřidla pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky se v tomto rozsahu používají téměř výlučně balistické analyzátor tlaku.

### 2.7.2 Oblast dynamického tlaku

Charakteristickým znakem této oblasti tlakové stupnice není rozsah tlaku, ale parametr dynamiky měření, konkrétně délkou tlakového impulzu v řádu minimálně stovek ms, často až desítek či stovek s. V praxi se hodnoty rozsahu dynamických tlaků pohybují v širokém rozsahu od jednotek kPa do stovek MPa. Jako měřidla pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky se v tomto rozsahu používají zejména převodníky tlaku určené pro dynamická měření.



|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 6.6 Rozbor pro oblast teploty a odvozených veličin

Velké množství jednotlivých měřidel teploty lze pro účely MPZ rozdělit na skupiny s podobným principem měření a kalibrace.

### 3.1 Kontaktní teplota

#### 3.1.1 Oblast nízké kontaktní teploty

Jedná se o oblast zahrnující kryogenní teploty a teploty nižší než je typická hodnota laboratorních lázní a termostatů pro realizaci kontaktní teploty ve střední oblasti. Nejčastější limitní hodnotou je  $-40\text{ °C}$ , ovšem existuje i celá řada zařízení s teplotami vyššími (typicky  $-30\text{ °C}$ ) či nižšími (např.  $-50\text{ °C}$ ). Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit platinový odporový teploměr ve čtyřvodičovém zapojení nebo přímoukazující teploměr.

#### 3.1.2 Oblast střední kontaktní teploty

Tato oblast se definuje rozsahem laboratorních lázní a termostatů pro realizaci kontaktní teploty ve střední oblasti. Nejčastější spodní limitní hodnotou je  $-40\text{ °C}$ , ovšem existuje i celá řada zařízení s teplotami vyššími (typicky  $-30\text{ °C}$ ) či nižšími (např.  $-50\text{ °C}$ ), horní limitní hodnota je typicky  $550\text{ °C}$ , ovšem i zde existují zařízení s rozsahem odlišným (často pouze  $430\text{ °C}$ , v některých případech dokonce až  $660\text{ °C}$ ). Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit platinový odporový teploměr, přímoukazující teploměr nebo termoelektrický článek.


#### 3.1.3 Oblast vysoké kontaktní teploty

Její spodní rozsah je definován rozsahem laboratorních lázní a termostatů pro realizaci kontaktní teploty ve střední oblasti, typicky  $550\text{ °C}$ . Horní rozsah je neohrazen, pouze je potřeba zohlednit při výběru používaných zařízení pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit speciální vysokoteplotní platinový odporový teploměr, přímoukazující teploměr nebo termoelektrický článek.

### 3.2 Bezkontaktní teplota

#### 3.2.1 Oblast nízké bezkontaktní teploty

Jedná se o oblast zahrnující rozsah teplot od přibližně  $-30\text{ °C}$  do  $+200\text{ °C}$ . Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky budou v tomto rozsahu použity pásmové infračervené teploměry s příslušným rozsahem. Tato oblast nezahrnuje měření pomocí infračervených termokamer bez ohledu na vlnovou délku.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matuší, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

### 3.2.2 Oblast střední bezkontaktní teploty

Jedná se o oblast zahrnující rozsah teplot od +200 °C do +1000 °C (v některých případech +900 °C resp. + 1100 °C v závislosti na roz sahu černých těles a použité vlnové délky). Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky budou v tomto rozsahu použity pásmové infračervené teploměry s příslušným rozsahem nebo selektivní infračervené teploměry. Tato oblast nezahrnuje měření pomocí infračervených termokamer bez ohledu na vlnovou délku.

### 3.2.3 Oblast vysoké bezkontaktní teploty

Jedná se o oblast zahrnující teploty vyšší než +1000 °C. Horní rozsah není omezen. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky budou v tomto rozsahu použity selektivní infračervené teploměry nebo jasové pyrometry. Tato oblast nezahrnuje měření pomocí infračervených termokamer bez ohledu na vlnovou délku.

### 3.2.4 Oblast kalibrace infračervených termokamer

Jedná se o oblast definovanou používaným zařízením (infračervenou termokamerou) bez ohledu na teplotní rozsah. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky budou v tomto rozsahu použity termokamery odpovídajících vlastností.

Tato oblast je využita i na jiné systémy termokamer (např. ve viditelné části spektra).

### 3.2.5 Oblast kalibrace černých těles


Jedná se o oblast definovanou používaným zařízením (černými tělesy) bez ohledu na teplotní rozsah. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky budou v tomto rozsahu použita černá tělesa odpovídajících vlastností na jednotlivých vlnových délkách.

## 3.3 Povrchová teplota

Tato oblast se zabývá měřením teploty povrchu kontaktní cestou.

### 3.3.1 Oblast nízké povrchové teploty

Jedná se o oblast zahrnující teploty nižší než je typická hodnota laboratorního zařízení pro realizaci povrchové teploty ve střední oblasti. Nejčastější limitní hodnotou je + 50 °C. Spodní rozsah není omezen. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit přímoukazující teploměr s povrchovou sondou odpovídajících vlastností.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

### 3.3.2 Oblast střední povrchové teploty

Jedná se o oblast zahrnující teploty v rozsahu typické hodnoty laboratorního zařízení pro realizaci povrchové teploty ve střední oblasti, nejčastěji + 50 °C až +350 °C. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit přímokazující teploměr s povrchovou sondou odpovídajících vlastností.

### 3.3.3 Oblast vysoké povrchové teploty

Jedná se o oblast zahrnující teploty nad rozsahem typické hodnoty laboratorního zařízení pro realizaci povrchové teploty ve střední oblasti + 350 °C. Horní rozsah není ohraničen. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit vysokoteplotní přímokazující teploměr s povrchovou sondou odpovídajících vlastností.

## 3.4 Vlhkost v plynném médiu

### 3.4.1 Oblast relativní vlhkosti vzduchu

Jedná se o oblast zahrnující celý rozsah relativní vlhkosti vzduchu při atmosférickém tlaku a definované teplotě. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit převodník relativní vlhkosti vzduchu s analogovým nebo digitálním výstupem nebo přímokazující vlhkoměr zobrazující relativní vlhkost odpovídajících vlastností.

### 3.4.2 Oblast rosného bodu vzduchu

Jedná se o oblast zahrnující celý rozsah teplot rosného bodu vzduchu při atmosférickém tlaku. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit zrcátkový rosnobodový teploměr odpovídajících vlastností.

### 3.4.2 Oblast rosného bodu plynů za zvýšeného tlaku

Jedná se o oblast zahrnující celý rozsah teplot rosného bodu plynů (včetně vzduchu) za tlaků vyšších než je atmosférický. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit zrcátkový nebo optický vysokotlaký rosnobodový teploměr odpovídajících vlastností. Mezilaboratorní zkouška v této oblasti je využitelná i k prokázání technické způsobilosti pro kalibraci měřidel v oblasti relativní vlhkosti za vyšších tlaků než je atmosférický a pro kalibraci vlhkostních měřidel jiných plynů než je vzduch za atmosférického tlaku.

### 3.5 Vlhkost v pevných látkách

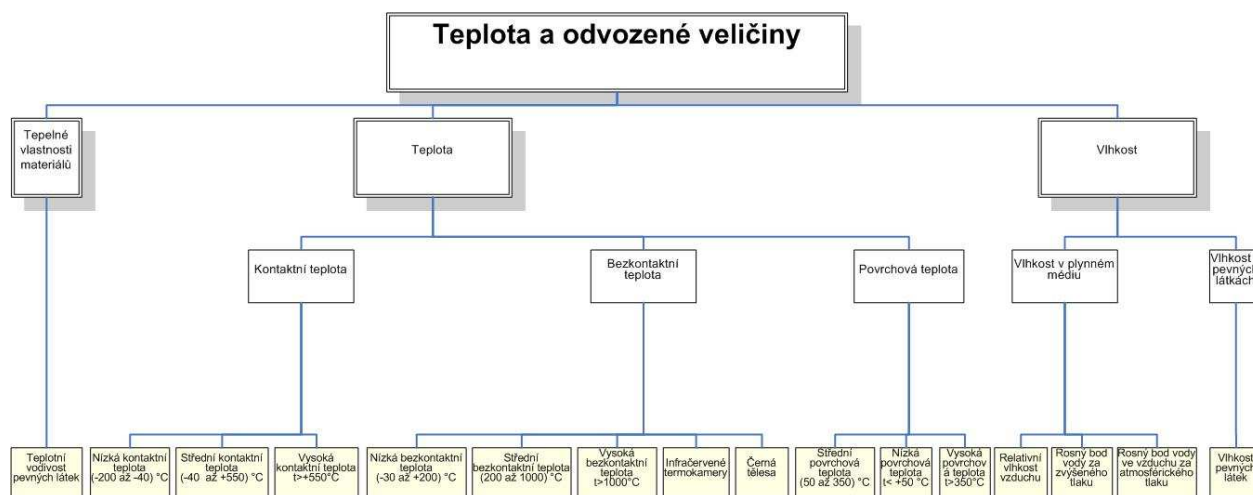
#### 3.5.1 Oblast vlhkosti v pevných látkách

Jedná se o oblast zahrnující celý rozsah vlhkosti pevných látek bez ohledu na použitý materiál, rozsah vlhkosti a teploty. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit referenční materiál odpovídajících vlastností.

### 3.6 Tepelné vlastnosti materiálů


#### 3.6.1 Oblast teplotní vodivosti pevných látek

Jedná se o oblast zahrnující celý rozsah teplotní vodivosti pevných látek bez ohledu na použitý materiál a rozsah teplot. Předpokládá se, že pro mezilaboratorní porovnávací zkoušky bude v tomto rozsahu použit referenční materiál odpovídajících vlastností.



### 6.7 Stejnoseměrné a nízkofrekvenční elektrické veličiny

Celá takto vymezená oblast zahrnuje měření několika veličin, a to: stejnosměrné a střídavé napětí, stejnosměrný a střídavý proud, stejnosměrný odpor, celou oblast impedancí, výkon a práci elektrického proudu a elektrické signály. Střídavé veličiny jsou pak ve většině případů měřeny do kmitočtů 1 MHz, popř. 10 MHz.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 4.1 Stejnoseměrné napětí

### 4.1.1 Malá stejnosměrná napětí

Jedná se oblast od jednotek nV až po jednotky mV. Pro generování takto malých napětí jsou většinou používány odporové děliče, pro měření pak speciální nanovoltmetry, popřípadě nulové indikátory. Pro účely MPZ by se dal použít některý z komerčně vyráběných nanovoltmetrů. Protože se při tak malých napětích již velmi uplatňují termoelektrické napětí, jsou tyto nanovoltmetry opatřeny speciálními konektory a kabely. Charakterizace těchto nanovoltmetrů by měla být prováděna nejlépe přímo proti kvantovému etalonu JVS.

### 4.1.2 Stejnoseměrná napětí středního rozsahu

Jedná se o oblast od cca 10 mV až po 1000 V. Je to nejběžnější rozsah měření v oblasti stejnosměrných napětí. Jako zdroje se používají kalibrátory, jako měřidla většinou multimetry. Přesnosti měření jsou dány rozlišením použitých měřidel, a to od řádově desetin procenta pro 3½-místné multimetry až po jednotky ppm u 8½-místných multimetrů. Obdobná situace je i u kalibrátorů. Pro účely MPZ se jako nejvíce vhodný jeví 6½-místný multimetr pro běžné laboratoře a 8½-místný multimetr pro lépe vybavené laboratoře. Výběr multimetru by měl odpovídat deklarovaným CMC zúčastněných laboratoří. Výhodou multimetru je možnost porovnání celého rozsahu generovaných ss napětí. Pro oblast měření by se dal využít kalibrátor. Je však nutno počítat s vyššími náklady na dopravu, kvůli váze kalibrátoru. Také pořizovací cena takového kalibrátoru je ve srovnání s multimetrem značná.

### 4.1.3 Vysoká stejnosměrná napětí

Jedná se o napětí nad 1000 V. Pro účely MPZ lze použít vhodnou vysokonapěťovou sondu nebo vhodný stejnosměrný kilovoltmetr.

## 4.2 Střídavá napětí

### 4.2.1 Malá střídavá napětí

Jedná se o hodnoty 1 mV a menší v kmitočtové oblasti 10 Hz až 1 MHz. Pro generování se využívají indukční děliče, pro měření pak speciální milivoltmetry, lock-in zesilovače a podobně. S určitými omezeními by šla tato měřidla použít pro účely MPZ. Vzhledem k minimálnímu počtu laboratoří by se nejspíše jednalo o dvoustranná porovnání.

### 4.2.2 Střídavá napětí středního rozsahu

Jedná se o běžně používanou oblast měření s rozsahem od cca 10 mV do 1000 V efektivní hodnoty a v kmitočtové oblasti od 10 Hz do 1 MHz. Signál je většinou sinusového průběhu, ale mohou se měřit i jiné průběhy. Pro generování se používají stejně jako u stejnosměrného napětí kalibrátory, pro měření pak

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
| <br><small>NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN</small> | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

multimetry. Přesnost je menší než u stejnosměrného napětí a závisí na kmitočtu měřeného signálu.

Pro účely MPZ lze s výhodou použít vhodný multimetr, popřípadě kalibrátor, nebo generátor. Pomocí generátoru lze porovnávat i měření nesinusových či neharmonických signálů.

#### 4.2.3 Vysoká střídavá napětí

Jedná se o napětí nad 1000 V. Nejběžnějším kmitočtem pak je síťový kmitočet 50 Hz. Pro účely MPZ se dají použít přesné měřicí transformátory nebo vysokonapěťové sondy. Ty se mohou použít i pro jiné kmitočty.

### 4.3 Stejnosměrné proudy

#### 4.3.1 Malé stejnosměrné proudy

Patří sem měření a generování proudů v řádu jednotek pA až jednotek  $\mu\text{A}$ . Jedná se o měření, která již vyžadují kvalitní vybavení laboratoře a zejména znalosti pracovníků provádějících tato citlivá měření. Z hlediska MPZ by se dalo uvažovat o použití komerčně vyráběných pikoampérmetrů. Další možností by pak bylo použití tzv. sourceometrů, které jsou schopny generovat takto malé proudy.

#### 4.3.2 Střední hodnoty stejnosměrného proudu

Jedná o rozsahy od jednotek  $\mu\text{A}$  až po cca 100 A. Spodní část rozsahu je velmi dobře pokryta běžnými multimetry a kalibrátory. Tyto přístroje lze po pečlivém výběru použít i pro případná porovnání. Proudů nad 10 A se pak většinou měří pomocí bočnicků (malých stejnosměrných odporů). Po dostatečné charakterizaci lze tyto bočníky použít i pro účely MPZ. Zejména je potřeba u bočnicků znát teplotní koeficient, výkonový koeficient a dlouhodobou stabilitu použitého bočnicku.


#### 4.3.3 Vysoké stejnosměrné proudy

Jedná se o měření proudů v řádu stovek ampér až desítek kA. Pro proudy pod 1kA lze ještě použít proudové bočníky, pro větší proudy to již vzhledem k velkým výkonovým ztrátám nelze. Zde se většinou používají magnetické senzory (Hallové sondy). Většina běžných laboratoří takto velké proudy neměří. Pro specializované laboratoře by bylo nutné vyvinout speciální jednoúčelové transportní etalony pro konkrétní porovnávací zkoušky.

### 4.4 Střídavé proudy

#### 4.4.1 Malé střídavé proudy

Patří sem měření a generování střídavých proudů v řádu jednotek pA až jednotek  $\mu\text{A}$  při kmitočtech do cca 100 kHz. Jedná se vesměs o speciální měřidla pro zkoušení

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matuší, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

např. součástek a materiálů. Většina běžných laboratoří v této oblasti nekalibruje. Pro případná porovnání by s největší pravděpodobností bylo nutné vyvinout speciální etalony.

#### 4.4.2 Střední střídavé proudy

Jedná o rozsahy od jednotek  $\mu\text{A}$  až po cca 100 A při kmitočtech do 30 kHz, někdy až do 100 kHz. Spodní část rozsahu je velmi dobře pokryta běžnými multimetry a kalibrátory. Tyto přístroje lze po pečlivém výběru použít i pro případná porovnání. Proudů nad 10 A se pak většinou měří pomocí střídavých bočníků (koaxiální provedení, speciální konstrukce se známou kmitočtovou charakteristikou). Pro přesná měření se střídavé proudové bočníky používají i pro menší proudy. Po dostatečné charakterizaci lze tyto bočníky použít i pro účely MPZ. Zejména je potřeba u bočníků znát teplotní koeficient, výkonový koeficient, AC/DC diferenci a dlouhodobou stabilitu použitého bočníku.

#### 4.4.3 Vysoké střídavé proudy

Jedná se o měření proudů v řádu jednotek až desítek kA. Až na výjimky se většinou jedná o měření na kmitočtu 50 Hz (zejména energetika). Pro měření se vesměs používají přesné měřicí transformátory proudu nebo Rogovského cívky, pro menší proudy se občas používají i koaxiální bočníky. Patří sem také měření proudu pomocí klešťových ampérmetrů. Z hlediska MPZ lze použít vhodné měřicí transformátory proudu. Z hlediska velkého rozšíření klešťových ampérmetrů je nezbytné pořídit MPZ také pro tuto oblast měřidel. Zde je nutné dbát na vhodný výběr cestovního etalonu – typ kleští, stabilita měřidla, citlivost na polohu kleští vůči vodiči (cívce).

### 4.5 Stejnoseměrné odpory


#### 4.5.1 Malé hodnoty ss odporu včetně proudových bočníků

Patří sem hodnoty stejnosměrného odporu menší než 1  $\Omega$ . Při běžných kalibracích se používá metoda porovnání se známým odporem při stejném měřicím proudu procházejícím kalibrovaným a etalonovým odporem. Pro málo přesná měření lze použít i V-A metodu. Většina měření probíhá v olejové, popř. vzduchové lázni pro minimalizaci vlivu teploty na měření. Dále sem také patří kalibrace mikroohmetrů. Pro účely MPZ lze použít přesných a relativně stabilních etalonů odporu.

#### 4.5.2 Střední hodnoty ss odporu

Jedná se o hodnoty od 1  $\Omega$  až do cca 1 G $\Omega$ . Tyto hodnoty se dají poměrně dobře a přesně měřit běžnými multimetry. Na druhou stranu kalibrátory určené pro kalibrace multimetrů obsahují buď sadu přesných odporů (přesné kalibrátory) popřípadě elektronicky simulované hodnoty odporu (méně přesné kalibrátory). Nejpresnější etalony jsou pak jedno hodnotové míry odporu, většinou dekadických hodnot, vyznačující se velmi vysokou stabilitou a malým teplotním koeficientem. Pro realizaci



|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

nedekadických hodnot se pak používají odporové dekády. Pro účely MPZ se jeví jako nejvhodnější použít přesné etalony odporu pro oblast měření. Pro oblast generování pak lze s výhodou použít přesných multimetrů, které umožňují provést porovnání současně pro různé hodnoty odporů v daném měřeném rozsahu.

#### 4.5.3 Vysoké a ultravysoké ss odpory

Jedná se o odpory v řádu  $G\Omega$  až  $P\Omega$ . Tato měření jsou extrémně citlivá a zdlouhavá. Je nutné věnovat velkou pozornost správnému uzemnění měřicího obvodu. S rostoucí hodnotou odporu roste i vliv přítomnosti obsluhy. Pro vlastní měření se používají speciální mosty a teraohmmetry. Z hlediska MPZ se jeví jako nejschůdnější použití přesných vysokoohmových etalonů. Problémem u těchto porovnání většinou bývá citlivost těchto etalonů na okolní prostředí, např. na vlhkost v laboratoři nebo na změny vlhkosti při transportu. To klade zvýšené nároky na vlastní vyhodnocení těchto porovnání.

## 4.6 Impedance

Obecně měření impedance probíhá v komplexní rovině, proto jsou výsledkem vždy dva parametry. Dost často se však druhý parametr neuvádí, i když většina používaných RLC mostů zobrazuje při měření oba parametry.

### 4.6.1 Kapacita a ztrátový činitel

Běžný rozsah měření kapacity je poměrně široký, a to od jednotek pF až po desítky mF. Většina měření probíhá na základním kmitočtu 1 kHz. Kmitočtový rozsah pak bývá obvykle od 20 Hz do 1 MHz a je závislý na hodnotě měřené kapacity a použitém RLC mostu. Kapacita při vyšších kmitočtech se měří jen výjimečně. Většina laboratoří je pro tato měření vybavena komerčními čtyřpárovými RLC mosty a sadou etalonů kapacity v dekadických hodnotách.

Druhým udávaným parametrem pak bývá ztrátový činitel  $D$  (jedná se o bezrozměrnou jednotku).

Pro účely MPZ je možné použít vhodné etalony kapacity. Etalony by měly mít dostatečnou stabilitu a měly by být známé minimálně jejich teplotní koeficienty. V rámci porovnání je možné měřit na několika kmitočtech.

### 4.6.2 Střídavý odpor

Běžně se při kalibraci střídavého odporu udává buď pouze reálná složka odporu nebo přímo modul impedance  $|Z|$ . Měřený rozsah bývá od jednotek  $m\Omega$  až po desítky  $M\Omega$ . Kmitočtový rozsah bývá od 20 Hz do 1 MHz. U malých hodnot odporů, používaných jako bočníky, se dost často měří reálná složka pomocí V-A metody.

Pro účely MPZ je možno použít vhodné etalony odporu. Před vlastním porovnáním je potřeba provést charakterizaci těchto etalonů. V rámci porovnání je nutné stanovit, který parametr se bude udávat a při kterých kmitočtech se bude měřit.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

#### 4.6.3 Indukčnost a činitel jakosti

Rozsah měření je obvykle od jednotek  $\mu\text{H}$  až po desítky H, někdy může být i vyšší až jednotky kH, většinou se pak jedná o syntetické etalony indukčnosti. Kmitočtový rozsah bývá od 20 Hz do 1 MHz. Většina měření však probíhá na základním kmitočtu 1 kHz.

Druhým udávaným parametrem pak bývá činitel jakosti Q (jedná se o bezrozměrnou jednotku).

Pro účely MPZ je možno použít vhodné etalony indukčnosti. Před vlastním porovnáním je potřeba provést charakterizaci těchto etalonů.

### 4.7 Výkon a práce elektrického proudu


#### 4.7.1 Stejnosměrný výkon

Jedná se o poměrně jednoduché měření ss napětí a proudu. Proto je většinou dostačující, pokud se laboratoř zúčastnila porovnání v rámci těchto dvou veličin. Pokud by přeci jen vyvstala potřeba takového porovnání, lze použít komerčně dostupné stejnosměrné wattmetry, popř. stejnosměrné elektroměry pro oblast generování nebo některé typy multifunkčních kalibrátorů, které umožňují současně generovat napětí a proud.

#### 4.7.2 Střídavý výkon

Jde o důležitou oblast měření vzhledem k úzké vazbě na energetiku. Spadají sem jak kalibrace wattmetrů, výkonových analyzátorů, kvalimetrů (měřidel pro určování kvality elektrické energie) ale také elektroměrů (včetně jejich ověřování jako stanoveného měřidla). Střídavý elektrický výkon se měří v širokém rozsahu nejen napětí, proudů ale i kmitočtů. Je závislý na fázovém posunu mezi napětím a proudem – měření činného a jalového výkonu, a také na přítomnosti harmonických složek v měřeném signálu. Dále je možno měřit výkon v jednofázové i vícefázové soustavě a v různých zapojeních (dvouvodičová soustava, třívodičová soustava, atd.). Kvalimetry pak dále měří různé nesymetrie v přenosové soustavě, poklesy a výpadky, flickr a mnoho dalších parametrů. To vše klade zvýšené nároky na znalosti pracovníků, pohybujících se v této oblasti metrologie, ale i na potřebné přístrojové vybavení.

Z hlediska současných potřeb běžných kalibračních laboratoří lze v pro MPZ použít přesné výkonové analyzátory nebo přesné elektronické elektroměry, které umějí s dostatečnou přesností měřit většinu parametrů. Je však nutné předem provést jejich dostatečnou charakterizaci, což je často časově náročné. Pro oblast měření výkonu by se nabízelo využití výkonových kalibrátorů, ale vzhledem k jejich ceně, rozměrům, hmotnosti a také relativně složitému ovládní to není v současné době proveditelné.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## 4.8 Elektrické signály

### 4.8.1 Fáze

Jedná se o měření rozdílu fáze dvou signálů o stejném kmitočtu. Signály mohou mít rozdílnou amplitudu. Většina měřičů fáze měří fázový rozdíl dvou střídavých napětí. Pokud je potřeba měřit rozdíl fáze mezi napětím a proudem, je potřeba převést nejprve proud na napětí pomocí bočníku se známou fázovou chybou. Pro účely MPZ lze použít komerční elektronický fázoměr, někdy může být výhodné použít pro porovnání i měřidla střídavého výkonu, která měří fázový posuv mezi napětím a proudem.

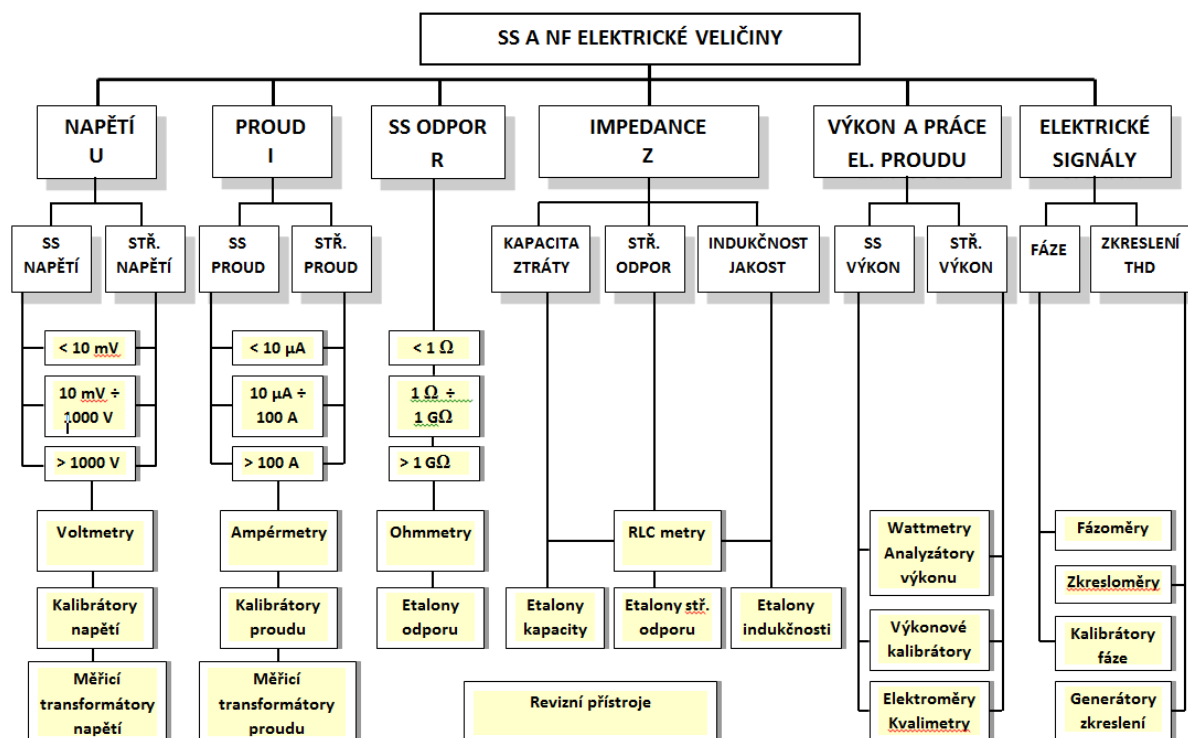
### 4.8.2 Harmonické zkreslení signálu

Jako měřidla se používají zkresloměry, audioanalyzátoři, spektrální analyzátoři, popřípadě digitální osciloskopy. Jako zdroje se používají funkční generátory, které by bylo možné použít i v rámci MPZ, protože pomocí těchto generátorů lze generovat vhodné průběhy s definovaným zkreslením.

## 4.9 Revizní přístroje

Jedná se o specifickou skupinu měřících přístrojů používaných zejména v oblasti elektrické bezpečnosti. Tyto přístroje měří již výše zmíněné elektrické veličiny, ale za specifických podmínek, např. za přítomnosti síťového napětí. Dále lze s nimi provádět další specifická měření v oblasti rozvodů elektrické energie, proto je u nich nutné provádět kalibrace za daných podmínek, k čemuž v dnešní době převážně slouží speciální kalibrátory pro revizní přístroje. Kromě základního měření střídavého napětí, proudu a výkonu v síťových rozvodech se tyto měřidla používají k měření přechodových odporů (malé hodnoty odporů), izolačních odporů (velké hodnoty odporů), impedance sítě, impedance zemní smyčky, unikajících proudů, ale také vypínacích proudů chráničů a vypínacích časů chráničů.

Z hlediska MPZ by se dal jako referenční etalon použít některý s přesných komerčních přístrojů, u kterého by se ověřila jeho dlouhodobá stabilita. Výhodou by u takového přístroje byla možnost porovnání většiny měřených veličin.




## 6.8 Zohlednění výsledků řešení úkolů

Z uvedených rozborů řešení úkolu jsou níže na příkladech zpracovány návrhy optimálního zpracování plánu MPZ a DMPZ se zohledněním jejich frekvence opakování za 5-ti leté akreditační období. Návrh metodického pokynu zohledňuje výsledky výše uvedených bodů (rozborů) a respektuje principy popsané v dokumentech ČSN EN ISO/IEC 17043 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti, ILAC-P9:11/2010 Politika ILAC pro účast v aktivitách zkoušení způsobilosti a EA – 4/18 Návod k určení úrovně a četnosti ve zkoušení způsobilosti.

### Zásady pro vytvoření harmonogramu zkoušení způsobilosti (PT)

Z čeho vycházet, jak stanovit optimálně počet PT – hodnotící kritéria:

- z rozsahu akreditace v daném oboru (podoborů)
- z měřicí schopnosti kalibrace - cmc
- ze zařízení (přístrojů, snímačů, ..), které laboratoř může kalibrovat
- z přístrojového vybavení (etalonů), které laboratoř používá ke kalibraci

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

- z prostor a personálu
- z četnosti provádění kalibrací v daném oboru
- z kalibračních postupů, na které je laboratoř akreditována

### **Příklad rozdělení k určení zkoušek způsobilosti :**

#### **Rozsah akreditace v daném oboru**

Laboratoř je akreditována (dle číselníku ČIA) na obor 2 - Mechanické veličiny, zkoušení materiálu a podobor 2 4 – Tlak. Je zřejmé, že toto rozdělení k optimálním určení PT je nedostatečné. Z Osvědčení o akreditaci vyplývá, že laboratoř může provádět kalibrace v tomto podoboru (s rozdělením na další podobory) v podtlaku, přetlaku (plyn a kapalina), absolutním tlaku, barometrickém tlaku a tlakové diferenci při statickém tlaku. To je další dělení, které je nutné zohlednit při stanovení optimálního harmonogramu PT.

#### **CMC laboratoře**

Laboratoř má na daný obor, resp. podobor stanovený v příloze Osvědčení CMC. Teoreticky by však laboratoř měla mít pro každý řádek CMC provedeno zkoušení způsobilosti. V praxi to ale může být obtížné realizovatelné. Je tedy i zde nezbytné optimalizovat harmonogram PT.

Příklad k určení zkoušek způsobilosti pro CMC:


Laboratoř je akreditována v podoboru 32 – měřidla pro kontrolu teploty na kalibraci bezdotykových teploměrů a to v rozsahu (-30 až 600) °C. V tomto rozsahu má 6 hodnot (řádků) CMC. Optimální je zkoušení způsobilosti ve 3 hodnotách CMC a to v krajních bodech, tedy -30 °C a 600 °C, a dále pak při teplotě 0°C. Při této teplotě (míněno u bezdotykových teploměrů) může nastat nejvíce problémů.

#### **Typ měřeného přístroje či zařízení, které laboratoř může kalibrovat**

Dalším kritériem pro stanovení harmonogramu PT je, jaké přístroje (zařízení, snímače ..) je laboratoř dle přílohy Osvědčení oprávněna kalibrovat. Optimálně by za období 5-ti let měla laboratoř absolvovat zkoušení způsobilosti u všech typů. Je zřejmé, že v mnoha případech ani toto není reálné absolvovat, jak ekonomicky tak logicky a musí se volit optimální řešení pro absolvování PT. Vyhodnocovacím kritériem pro stanovení optimálního PT by měla být např. náročnost prováděné kalibrace, rozdílnost kalibrace, přesnost kalibrovaného přístroje.

Příklad určení dle typů měřidel absolvování zkoušek způsobilosti:

Laboratoř je oprávněna v podoboru 41 – kalibrace elektrických veličin provádět akreditovaně kalibraci kalibrátorů, multimetrů, analogových voltmetrů, ampérmetrů a ohmmetrů, odporových dekád a odporových normálů, wattmetrů, teplotních

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

kalibrátorů, konduktometrů a pH-metrů (vždy elektrická část). Při zvážení předchozích kritérií se jako neoptimálnější řešení nabízí např. provedení kalibrace kalibrátoru, odporové dekády, wattmetru a teplotního kalibrátoru. Velmi často bude nutné volit určitý kompromis.

### **Přístrojové vybavení (etalony), používané laboratoří ke kalibraci**

Optimální je využití všech etalonů a zařízení, které laboratoř využívá ke kalibraci. V praxi, ale ani toto není často reálně možné. Kritériem pro určení toho, jakého vybavení má být pro zkoušení způsobilosti využito je např. jeho přesnost, náročnost obsluhy, typová rozdílnost, jeho vlastnosti, náchylnost na vliv okolního prostředí.

Příklad určení zkoušení způsobilosti dle přístrojového vybavení:

Pro kalibrace podobor 24 tlak, je laboratoř ke kalibraci vybavena pístovými tlakoměry, kalibrátorem tlaku, digitálními tlakoměry, etalonovým barometrem, vývěvou, vzduchovým a olejovým lisem. Při zvážení předchozích hledisek je jednoznačné, že při PT musí být použit pístový tlakoměr, který je na obsluhu nejnáročnější, nejpresnější a nejcitlivější na vliv prostředí. Dalším kritériem by mohlo být využití pístového tlakoměru pro kalibrace v podtlaku a optimálně pro kalibraci absolutního tlakoměru, kdy bude nutné využít etalonový barometr.

### **Prostory a personál**

Při úvaze o optimalizaci harmonogramu zkoušení způsobilosti je nutné brát v úvahu v jakých prostorách a jakým personálem jsou kalibrace prováděny. U personálu je vhodné brát v úvahu jakou kvalifikaci pracovník má, frekvenci provádění předmětných kalibrací. U prostor, zda jsou tyto laboratoře ve stejné budově s obdobnými podmínkami (orientace, klimatizace ..), nebo zda jsou úplně odděleny či zda se jedná o laboratoř s více pracovišti.

Příklad určení zkoušení způsobilosti na základě prostor a personálu:

Laboratoř má akreditaci na podobor 11 – délka. Kalibrace v tomto podoboru provádí na 2 pracovištích (laboratořích), tato pracoviště jsou ve 2 městech a vzdáleny od sebe cca 150 km. Na každém pracovišti jsou k provádění kalibrací oprávněni 2 pracovníci. Z uvedeného vyplývá, že PT musí být provedeno pro každé pracoviště a to i přesto, že jsou kalibrace prováděny dle stejného postupu a obdobným přístrojovým vybavením. Při výběru, který pracovník má kalibraci provést, může jako pomocné kritérium sloužit množství provedených kalibrací. Pokud jeden pracovník za cca 1 rok provede např. 70 % kalibrací z celého objemu a je vedoucím na daném pracovišti, je vhodnější, aby v prvním kole PT provedl kalibraci on.

Při výběru vhodného PT je velmi významná i skutečnost, zda laboratoř je oprávněna provádět kalibrace i mimo stálé prostory. Toto kritérium musí být zahrnuto a využito při tvorbě harmonogramu zkoušení způsobilosti.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

### Četnost provádění kalibrací v daném oboru

Dalším pomocným rozhodovacím kritériem při tvorbě harmonogramu programu PT je i to jak často a v jakém objemu z celkového množství kalibrací jsou tyto prováděny. Je třeba zohlednit i aspekty, jako náročnost prováděných kalibrací, požadovaná přesnost (nejistoty),

Příklad určení zkoušení způsobilosti na základě četnosti jejich provádění:

Laboratoř je akreditována na podobor 21 – hmotnost. Je oprávněna provádět kalibrace závaží od třídy F1. Z rozboru počtu provádění kalibrací v tomto podoboru jednoznačně vyplývá, že nejčastěji jsou prováděny kalibrace závaží třídy M1 – cca 50 %. Kalibrace závaží třídy F1 jsou prováděny jen z cca 10 %. Přesto při volbě vhodného PT je jasné, že největší vypovídací schopnost o správnosti (kvalitě) prováděných kalibrací má účast v PT pro kalibraci závaží pro třídu F1. Účast v PT pro závaží třídy M1 má vypovídací schopnost o správnosti provádění kalibrací mnohem nižší.

### Akreditované kalibrační postupy


Při braní v úvahu tohoto kritéria je jednoznačné, že za určité období by laboratoř měla absolvovat PT pro všechny postupy, které využívá pro akreditované kalibrace. Při rozhodování v jakém pořadí budou jednotlivé kalibrační postupy využity pro PT je třeba zohlednit např. náročnost prováděných kalibrací, nejistoty, četnost provádění kalibrací podle těchto postupů

Příklad určení zkoušení způsobilosti na základě četnosti jejich provádění:

Laboratoř v podoboru 32 – měřidla pro kontrolu teploty je mimo jiné akreditována, a na tyto kalibrace mají zpracovány postupy, na kalibraci odporových teploměrů - sekundárních etalonů 2. řádu, odporové snímače teploty, termoelektrické snímače teploty, skleněné teploměry, snímače teploty s převodníkem, přímoukazující teploměry (digitální, analogové), měřicí řetězce teploty včetně teplotních sond mimo stálé prostory. Z hlediska náročnosti a velikosti nejistoty (CMC) je nevhodnější účast v PT u odporových teploměrů - sekundárních etalonů 2. řádu, z hlediska četnosti (na základě provedeného rozboru v laboratoři) a na základě možného zdroje chyb při kalibraci pak termoelektrické snímače teploty. Dalším významným kritériem, které je třeba brát do úvahy je fakt, že laboratoř provádí kalibrace mimo stálé prostory, kde mohou být úplně odlišné faktory ovlivňující správnost kalibrace.

### Shrnutí

Pro možnost vypracování optimálního harmonogramu PT např. na období 5-ti let, je vhodné nejdříve vyhodnotit každé hodnotící kritérium zvlášť a pak je následně sjednotit do společného harmonogramu zkoušení způsobilosti v daném oboru, resp. podoboru.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

Jako poslední krok pak je vhodné vypracovat společný harmonogram za celou AKL v celém rozsahu akreditace dle přílohy Osvědčení o akreditaci.

Jsou i jiné způsoby zjišťování správnosti provádění kalibrací, ale **žádný z ostatních způsobů zjišťování správnosti provádění kalibrací plně nenahrazuje účast laboratoře v (D)MPZ pořádaných organizací, která je k tomu akreditována.**


## 7. Závěr

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

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

Po ukončení tohoto úkolu budou jeho závěry zapracovány do příslušných metodických pokynů pro akreditaci (MPA), která uvádějí politiku ČIA pro účast v národních a mezinárodních aktivitách v oblasti zkoušení způsobilosti.



|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

## Příloha 1:

### Příklad stanovení pětiletého plánu zkoušení způsobilosti konkrétní laboratoře

Laboratoř je akreditována na kalibraci dle přílohy osvědčení v oboru teplota a tlak v následujícím rozsahu:

**Tlak:** kalibrační rozsah (-100 až 10 000) kPa, pro podtlak, přetlak a absolutní tlak, pro plynné a kapalné médium. Dle přílohy osvědčení mají 5 hodnot CMC. Na kalibraci mají zpracovány 2 kalibrační postupy prováděné pouze ve stálých prostorách laboratoře (a to i pro teplotu), pro kalibraci je využívána jedna místnost společná s teplotou. Kalibraci je oprávněn provádět jeden pracovník, který je způsobilý k provádění kalibrace deformačních tlakoměrů a elektromechanických tlakoměrů, číslicových tlakoměrů, převodníků tlaku s elektrickým výstupním signálem. Na toto má laboratoř následující přístrojové vybavení:

Pístový tlakoměr, v. č. 3032911, měřicí rozsah (1,5 ÷ 100) kPa, médium dusík, rozšířená nejistota (1,5 ÷ 10) kPa ± 2 Pa, (20 ÷ 100) kPa ± 0,02 % měřené hodnoty;

Pístový tlakoměr, v. č. 3032921, měřicí rozsah (20 ÷ 1000) kPa, médium dusík, rozšířená nejistota (20 ÷ 100) kPa ± 20 Pa, (20 ÷ 1000) kPa ± 0,02 % měřené hodnoty;

Pístový tlakoměr, v. č. 11839/280L, měřicí rozsah (0,1 ÷ 10) MPa, médium olej, rozšířená nejistota (0,1 ÷ 1) MPa ± 0,3 kPa, (1 ÷ 10) MPa ± 0,03 % měřené hodnoty;

Číslicový tlakoměr DPI 145, v. č. 0755/98-10, měřicí rozsah (-0,1 ÷ 2) MPa, rozšířená nejistota (0 ÷ 20) kPa ± 8 Pa, (20 ÷ 2000) kPa ± 0,04 % měřené hodnoty, (80 ÷ 1150) mbar abs. ± 0,3 mbar abs.;

Externí snímač k číslicovému tlakoměru DPI 145, v. č. 0755/98-10, v. č. 1092145, měřicí rozsah (0 ÷ 7) MPa, rozšířená nejistota (0 ÷ 1,4) MPa ± 0,56 kPa, (1,4 ÷ 7) MPa ± 0,04 % měřené hodnoty;


Externí snímač k číslicovému tlakoměru DPI 145, v. č. 0755/98-10, v. č. 1117956, měřicí rozsah (0 ÷ 70) MPa, rozšířená nejistota (0 ÷ 14) MPa ± 11 kPa, (14 ÷ 70) MPa ± 0,07 % měřené hodnoty;

Číslicový tlakoměr MC 5, v. č. 25513791, měřicí rozsah (0 ÷ 10) MPa, rozšířená nejistota 0,04 % měřené hodnoty + 1 kPa, (80 ÷ 1150) mbar abs. ± 0,5 mbar abs.

Jak vytvořit plán MPZ (DMPZ):

Z rozsahu kalibrace je vhodné na zkoušení způsobilosti posoudit krajní body rozsahu - tedy hodnotu cca -100 kPa a 10 MPa. Laboratoř používá ke kalibraci plynné a kapalné médium – nutné prostřídat obě média. Dále měří podtlak, přetlak a absolutní tlak - prostřídat všechny. Je oprávněna kalibrovat deformační tlakoměry, digitální tlakoměry a převodníky tlaku – vhodné prostřídat všechny.

Z tohoto kritéria vyplývá, že laboratoř se musí zúčastnit 3 (D)MPZ.

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matuší, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

Z měřicí schopnosti kalibrace (CMC). Laboratoř má v příloze osvědčení 5 hodnot CMC, přičemž nejnižší hodnota je 2 Pa a to v rozsahu (-10 až 10) Pa. Pro 1 (D)MPZ je nutné použít takový přístroj, který bude (svojí chybou) blízký této hodnotě. Nejistoty měření uvedené v rámci (D)MPZ, musí být blízké CMC.

Z přístrojového vybavení. Zde je nutné volit (D)MPZ taková, aby byl vždy použit jiný přístroj (etalon) nebo nejlépe na jedno (D)MPZ využito více etalonů. Při (D)MPZ použít jak pístový (ten prioritně) tak číslicový tlakoměr. Ideálně, by v rámci pětiletého období, měly být použity všechny etalony použité při určování CMC.

Z prostor a personálu. Vzhledem k tomu, že ke kalibraci je využívána jedna místnost (laboratoř), kalibrace mimo stálé prostory laboratoř neprovádí a kalibrace smí provádět pouze jeden pracovník, není o čem rozhodovat.

Četnost provádění kalibrací. Procentuálně je laboratoř prováděna z cca 50% kalibrace deformačních tlakoměrů, z cca 30% kalibrace digitálních tlakoměrů a z 20% kalibrace převodníků tlaku. Optimální by bylo, dle tohoto kritéria absolvovat 3 (D)MPZ, nicméně mohou postačovat dvě a to přednostně pro kalibraci deformačních tlakoměrů a převodníků tlaku.


Z kalibračních postupů, pro které je laboratoři přiznána akreditace. Laboratoř je akreditována v rozsahu dvou kalibračních postupů v oboru tlak. Za pětileté období je nutné absolvovat dvě (D)MPZ vždy podle jiného akreditovaného postupu.

Shrnutí: Z uvedeného vyplývá, že pro obor tlak je za pětileté období nutné absolvovat 3 (D)MPZ. Je žádoucí, aby byl překontrolován celý akreditovaný rozsah, nejistoty byly blízké CMC a to prioritně nejnižší CMC – 2 Pa. Byl měřen podtlak, přetlak a absolutní tlak a bylo využito plynné i kapalně médium. Byl minimálně jedenkrát použit pístový tlakoměr, byla provedena kalibrace deformačního tlakoměru, převodníku tlaku a případně digitálního tlakoměru a byly využity ke kalibraci oba kalibrační postupy.

Tedy, bude-li to reálné, bude provedena kalibrace digitálního tlakoměru pro absolutní tlak v rozsahu (0 až 150) kPa abs. Kalibrace převodníku tlaku v rozsahu (0 až 10) MPa médium plyn. Kalibrace deformačního tlakoměru s rozsahem do 100 MPa médium olej.

**Teplota**: kalibrační rozsah (-30 až 120)°C. Dle přílohy osvědčení o akreditaci mají 3 hodnoty CMC. Na kalibraci mají zpracovány 3 akreditované kalibrační postupy. Smějí akreditovaně provádět kalibraci skleněných teploměrů, číselníkových (analogových, digitálních) teploměrů, odporových teploměrů a snímačů teploty s převodníkem. Kalibrace je prováděna v jedné laboratoři a jedním pracovníkem. Na toto má laboratoř následující přístrojové (etalonové) vybavení:

- Číslicový teploměr OMEGA DP 251;
- Odporový teploměr ISOTECH, Pt 100;
- Multimetr HP 34401A;
- Etalonový odpor 100Ω;

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
|  | <b>Český institut pro akreditaci, o.p.s.</b><br>Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3 | Celkem 35 stran                     |
|  |   | Zpracoval: Ing. Martin Matušů, CSc. |
|  |   | Datum zpracování: 18.11.2013        |

Termostaty (kapalinové lázně) s rozsahem (-30 až 50)°C a (50 až 120)°C.

Z uvedeného lze usuzovat, že je vhodné absolvovat za pětileté období tři (D)MPZ. Nejnáročnější je kalibrace odporového teploměru, teploměru s převodníkem a skleněného teploměru. Nejnižší hodnota CMC je 0,09°C. Laboratoř nejvíce provádí kalibraci číselníkových teploměrů. Vzhledem k akreditovanému rozsahu, nebude problém při (D)MPZ provést kalibraci v celém rozsahu.

Tedy, bude-li to reálné, bude provedena kalibrace odporového teploměru a teploměru s převodníkem v rozsahu (-30 až 120)°C a skleněného teploměru v části rozsahu a ve všech případech s nejistotou měření blízkou hodnotám CMC.

Za 5-ti leté období se má laboratoř zúčastnit 6-ti (D)MPZ pořádaných organizací, která je k tomu akreditována ČIA či signatářem multilaterální dohody EA.