



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 1/42

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

25.10.2021

Plán standardizace – Program rozvoje metrologie 2021

Číslo úkolu: VII/05/21

Zpráva pro závěrečnou oponenturu

Principy kalibrace v oboru tlak

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Ing. Martin Valenta, ČIA

Spoluřešitel: Ing. Zdeněk Faltus

Vypracoval: Ing. Martin Valenta, ČIA

Schválil: Ing. Pavel Nosek, ČIA

Datum: 25.10.2021

Rozdělovník: 1 × ÚNMZ

1 × ČIA, útvar 600

2 × oponenti

Výtisk č.: ...



1 RESUMÉ

Předkládané řešení úkolu programu rozvoje metrologie se věnuje sjednocení názvů principů kalibrace v oboru tlak a stejně jako předchozí úkol, věnovaný elektrickým veličinám, má za cíl poskytnout odborné veřejnosti nástroj, který usnadní sjednocování terminologie používané v přílohách osvědčení o akreditaci (dále i jen POA), a tím přispěje k jejich lepší srozumitelnosti a vzájemné porovnatelnosti.

Předchozí úkol specifikoval základní pravidla, která jsou zde využita a aplikována pro obor tlak. Základem i zde je přístup, který za ucelenou informaci o kalibrační a měřicí schopnosti (CMC) laboratoře považuje pro danou veličinu teprve celý řádek tabulky, počínaje specifikací předmětu kalibrace přes nezbytný rozsah s případnými parametry a přidruženou nejistotu až po zde řešený princip kalibrace. A i zde platí, že název sloupce je obecný, popis ve sloupci uvedený má obsahovat dostatečnou informaci pro zákazníka, z níž bude schopen zhodnotit vhodnost laboratoře pro zamýšlený účel, kromě principu zde tedy může být uvedena metoda nebo případně i velmi stručný postup. Nedílnou součástí je i přehled základních termínů v oboru tlak a jejich anglických ekvivalentů s cílem zvýšit kvalitu a jednotnost anglických překladů příloh osvědčení o akreditaci.



2 OBSAH

1	RESUMÉ	2
2	OBSAH	3
3	ÚVOD	5
4	Přehled dříve řešených úkolů PRM.....	6
5	POŽADAVKY NA POA	7
6	ZADÁNÍ PRO ÚKOL PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE	8
7	UVÁDĚNÍ PRINCIPŮ KALIBRACE V POA – V CMC TABULKÁCH PRO OBOR TLAK. 9	
7.1	Přehled principů uváděných v doposud vydaných POA.....	10
7.2	Kalibrovaná veličina/Předmět kalibrace	14
7.2.1	<i>Deformační tlakoměry</i>	16
7.2.2	<i>Snímače tlaku a převodníky tlaku</i>	16
7.2.3	<i>Číslicové tlakoměry</i>	17
7.2.4	<i>Pístové tlakoměry</i>	18
7.2.5	<i>Tlakové spínače</i>	18
7.2.6	<i>Piezoelektrické snímače tlaku</i>	18
7.3	Princip kalibrace.....	18
7.4	Parametry měřené veličiny	21
7.4.1	<i>Tlakové médium</i>	21
7.4.2	<i>Tlakový režim</i>	21
7.5	Nejnižší uváděna rozšířená nejistota měření	22
7.6	Identifikace kalibračního postupu	23
7.6.1	<i>Kalibrační postup – Deformační tlakoměry</i>	26
7.6.2	<i>Kalibrační postup – elektromechanické tlakoměry</i>	27
7.6.3	<i>Kalibrační postup – pístové tlakoměry</i>	28
8	TERMINOLOGIE V ANGLICKÉ VERZI POA	29
9	SHRNUTÍ	30
10	ZÁVĚR	31
	ČERPANÉ NÁKLADY NA ÚKOL	Chyba! Záložka není definována.
	Příloha 1 – Příloha osvědčení DAkkS D-K-15055-01-00 europascal GmbH, Hanau, Německo	
	32	
	Příloha 2 – Příloha osvědčení FINAS K004 Inspecta Tarkastus Oy, Mittauslaitteet, Helsinky,	
	Finsko	35



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 4/42

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

25.10.2021

Příloha 3 – Příloha osvědčení RvA K 048 Minerva Meettechnik B.V.	36
Příloha 4 – Příloha osvědčení SAS SC 0058 APTOMET AG, Gümligen, Švýcarsko	38
Příloha 5 – Příloha osvědčení UKAS 0152 ServiceCal Limited, Heywood, Lancashire, Velká Británie.....	39
Příloha 6 – Příloha osvědčení COFRAC N° 2-1615 rév. 5 MANUMESURE, Meyzieu, Francie 40	
Příloha 7 – Vzorová specifikace rozsahu akreditace kalibrační laboratoře I.....	41
Příloha 8 – Vzorová specifikace rozsahu akreditace kalibrační laboratoře II.....	42



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 5/42

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

25.10.2021

3 ÚVOD

Nová verze POA, která reagovala také na aktualizaci harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, kromě změny vzhledové nepřinesla zásadní obsahové změny, s výjimkou nového sloupce popisujícího princip (metodu, postup) kalibrace. V předchozím roce zpracovaný úkol programu rozvoje metrologie dal základ pohledu na vztah mezi kalibrovaným předmětem a tím, čím laboratoř kalibruje. Tento vztah by měl být zřejmý právě z informace ve sloupci princip.

Protože řada informací je pro tento úkol PRM společná s informacemi, uvedenými ve zprávě o řešení úkolu č. VII/05/20, doporučují autoři čtenáři věnovat pozornost i zprávě z tohoto úkolu.



4 Přehled dříve řešených úkolů PRM

Všechny úkoly PRM, řešené ČIA, mají společný rys, kterým je podpora laboratoří při sestavování přehledu aktivit laboratoře, splňujících požadavky harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Takový přehled vhodně reaguje na požadavek normy deklarovat aktivity v souladu s normou, bez ohledu na to, zda tyto aktivity jsou nebo nejsou zahrnuty do rozsahu akreditace.

Předchozí fáze úkolů PRM, řešených ČIA, se věnovala sjednocování informací uváděných v POA z hlediska správného stanovování hodnot nejistot v tabulce CMC:

- PRM VII/05/17 pro obor teplota,
- PRM VII/04/18 pro obor statický objem,
- PRM VII/05/18 pro obor tlak,
- PRM VII/05/19 pro obor délka.

Výsledkem řešení těchto úkolů byl přehled nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují hodnotu nejnižších udávaných nejistot měření a které nelze při jejich výpočtu bez řádného zdůvodnění zanedbat s cílem výrazně zlepšit možnost využití tabulky CMC zákazníky kalibračních laboratoří. Přínosem pro akreditované kalibrační laboratoře je posílení důvěry, že ve svých výpočtech nejistot neopominuly žádný podstatný příspěvek a hodnota nejnižší udávané nejistoty uvedená v tabulce CMC ve spojení s ostatními informacemi, především principem kalibrace, dobře odráží schopnost laboratoře provádět kalibrace s odpovídajícími nejistotami.

Zmíněná fáze navazovala na starší úkoly PRM z let 2009 až 2012, které se věnovaly průběžnému sjednocování postupů akreditovaných kalibračních laboratoří v oborech tlak, teplota, elektrické a geometrické veličiny, a na úkoly z let 2013 až 2017, jejichž tématy byly optimalizací využití MPZ v akreditovaných kalibračních laboratořích, „in-house“ referenčním materiálům a správné praxe při používání referenčních materiálů.

Řešený úkol, jehož řešení zde autoři předkládají, navazuje svým cílem na obdobný úkol řešený v roce 2020, a to Principy kalibrace v oboru základních elektrických veličin, řešený pod označením VII/05/20. Tento úkol se ve své první části věnoval obecným vztahům mezi kalibrujícím a kalibrovaným přístrojem a jejich „naturelu“, tedy tomu, zda přístroj veličinu měří nebo generuje. Na těchto základech byl vystavěn obecný postup tvorby textu do sloupce princip. V další části pak byl tento postup aplikován pro základní elektrické veličiny, kde je situace poměrně přehledná, a pro revizní přístroje, které naopak dovolují několik možných přístupů v závislosti na volbě podle důležitosti kalibrovaných veličin.



5 POŽADAVKY NA POA

Požadavky na informace zveřejňované o akreditovaném subjektu jsou obsahem kapitoly 7 harmonizované normy ČSN EN ISO/IEC 17011:2018, konkrétně čl. 7.8.3 c) a stejné požadavky lze nalézt i v článku 4, resp. 4.1 dokumentu ILAC-P14:09/2020 Politika ILAC pro nejistoty při kalibraci. Jedním z požadavků je „**metoda nebo postup kalibrace nebo měření a typ přístroje nebo materiálu, který je kalibrován nebo měřen**“. Formálně byl požadavek na metodu nebo postup kalibrace naplněn již dříve, nicméně pouhé označení dokumentu, který popisuje postup kalibrace, neposkytuje prakticky použitelnou informaci. Typ kalibrovaného přístroje uváděn většinou byl, v odůvodněných případech byla postačující informace o kalibrované veličině. V aktuální POA je typ kalibrovaného přístroje vyžadován, ovšem míra podrobnosti či přesnosti závisí na konkrétní situaci, je tak možné velmi přesně popsat typ nebo skupinu typů kalibrovaného přístroje, naopak v případě, že je kalibrační laboratoř omezena pouze veličinou, pak lze použít i velmi obecný popis měřidel (například zdroje, resp. měřidla stejnosměrného napětí). V kombinaci s principem kalibrace by mělo být zcela zřejmé, co a jak laboratoř kalibruje a zda se jedná o generování, měření, porovnávání atd.

Smyslem této práce není snaha omezit nebo unifikovat činnost kalibračních laboratoř, ale sjednotit názvy nejběžněji používaných postupů, metod nebo principů při kalibraci, aby stejný text vyjadřoval stejnou nebo prakticky stejnou činnost a zákazník se při porovnávání POA na toto pravidlo mohl spolehnout.

Uvedení principu nebere laboratoři možnost kalibrace i jinými postupy, které byly řádně posouzeny, a laboratoř je zařadila do dokumentu, kterým definuje rozsah svých činností v souladu s požadavky ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, čl. 5.3, pokud těmito metodami dosahuje větších (horších) hodnot nejistoty.

Pro úplnost dodejme, že na webových stránkách ČIA (sekce Dokumenty ke stažení – Dokumenty pro kalibrační laboratoře) je kromě vlastní šablony Přílohy 3 žádosti, která je základem pro přílohu následně vystaveného osvědčení o akreditaci, k dispozici i podrobný návod k jejímu vyplnění. Vlastní šablona má nastavené formátování, které je v souladu s pravidly, uvedenými v návodu, její správné využití dává laboratoři vysokou míru důvěry, že návrh přílohy osvědčení o akreditaci bude připraven bez zbytečných nedostatků.



6 ZADÁNÍ PRO ÚKOL PROGRAMU ROZVOJE METROLOGIE

Celkovým cílem úkolu bylo sestavit přehled nejužívanějších principů (metod, postupů) kalibrace, které se reálně v laboratořích používají, a kriticky je zhodnotit podle pravidel, nastavených úkolem PRM předešlého roku (úkol PRM VII/05/20) a tento přehled doplnit o přehled základních anglických termínů, které se v oboru používají, často i ne zcela správně a v souladu s technickou realitou.

První část řešení tvoří rešerše většiny dosud vydaných POA pro obor tlak a přehled dosud použitých textů principů a informace o jejich použití pro různé předměty kalibrace a různé rozsahy. Přehled je doplněn o komentáře k vybraným příkladům.

Ve druhé části je pozornost věnována základnímu rozdělení etalonů a předmětů kalibrace z hlediska jejich funkce a provázání v měřicí sestavě i s ohledem na zvyklosti zahraničních akreditačních orgánů. Z toho vyplývající vztahy mezi etalonem a kalibrovaným zařízením tvoří jádro pro popis metody kalibrace.

Na tento základ navazuje výklad pojmů potřebných k formulaci principu, jádra metody kalibrace a doplňujících a dalších pojmů, s nimiž tvoří výsledný popis principu kalibrace. Budeme-li se striktně držet definic, je v oboru tlak pouze jediný princip, v příslušném sloupci tabulky CMC by se tedy měla uvádět metoda, případně postup kalibrace.

Navazující část se podrobně zabývá parametry měření tlaku a pro úplnost uvádí definice termínů a vysvětluje vhodnost a nevhodnost některých překladů. Nechybí ani pohled na nejnižší uváděnou nejistotu měření a identifikaci kalibračního postupu, tím jsou pokryty všechny sloupce POA, z hlediska oboru podstatné.

Závěrečnou částí je přehled termínů, používaných v oboru tlak, a jejich anglických ekvivalentů, vhodných k použití v anglických překladech POA.

Při řešení jakýchkoli otázek souvisejících s kalibrací je nutno rozlišovat mezi hlediskem technickým a hledisky ostatními (především obchodním a marketingovým). Technické hledisko je dáno definicí kalibrace:

Činnost, která za specifikovaných podmínek v prvním kroku stanoví vztah mezi hodnotami veličiny s nejistotami měření poskytnutými etalonem a odpovídajícími indikacemi s přidruženými nejistotami měření a ve druhém kroku použije tyto informace ke stanovení vztahu pro získání výsledku měření z indikace (VIM3, 2.39)

Důležitá je i poznámka 3: „Samotný první krok ve výše uvedené definici je často chápán jako kalibrace.“ a i ji je třeba brát v úvahu, nicméně při stanovování principu kalibrace je důležité se vždy ptát, zda je definice naplněna.



7 UVÁDĚNÍ PRINCIPŮ KALIBRACE V POA – V CMC TABULKÁCH PRO OBOR TLAK

Dokument ILAC P14:09/2020 v čl. 4.1 uvádí:

Rozsah akreditace akreditované kalibrační laboratoře musí zahrnovat kalibrační a měřicí schopnost (CMC) vyjádřenou na základě:

- měřené veličiny nebo referenčního materiálu,
- metody nebo postupu kalibrace nebo měření a typu kalibrovaného nebo měřeného přístroje nebo materiálu,
- rozsahu měření a tam, kde to přichází v úvahu také dalších parametrů, např. kmitočet použitého napětí, a
- nejistoty měření.

Aktuální příloha o akreditaci pro obor měřené veličiny tlak má následující formu:

CMC pro obor měřené veličiny: Tlak, mechanické napětí

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah				Parametr(y) měř. veličiny	Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	Identifikace kalibračního postupu ³	Pracoviště
		min	jedn.	max	jedn.					
			až							
			až							
			až							
			až							
			až							
			až							
			až							
			až							
			až							

Cíl úkolu je orientovaný primárně na rozbor a sjednocení popisu ve sloupci POA „Princip kalibrace“. Neméně důležité je v případě veličiny tlak také sjednocení termínů ve sloupci „Kalibrovaná veličina/Předmět kalibrace“ a „Parametr(y) měřené veličiny“, jak požaduje ILAC P14:09/2020 v čl. 4.1 b), c).

7.1 Přehled principů uváděných v doposud vydaných POA

Aktuálně je v ČR akreditovaných 37 kalibračních laboratoří, které působí v oboru veličiny tlak. Následující tabulky uvádí přehled termínů popisujících Předmět kalibrace a Princip kalibrace v doposud vydaných POA, doplněný o poznámku k uvedeným textům.

KL	Předmět kalibrace	Princip kalibrace
2202	Deformační tlakoměry; číslicové tlakoměry; pístové tlakoměry Měřicí řetězce tlaku včetně provozní kalibrace tlakoměrů Měřicí převodníky tlaku	Hydrostatické porovnání s etalonem Přímé porovnání s etalonovým tlakoměrem
	U převodníků tlaku není „přímé porovnání“ správný termín, stejně tak termín „hydrostatické porovnání“ vylučuje pneumatické systémy.	
2222	Deformační tlakoměry Převodníky tlaku Číslicové tlakoměry	Porovnání s etalonovým digitálním tlakoměrem
2229	Deformační tlakoměry Převodníky tlaku Číslicové tlakoměry	Porovnání s etalonovým tlakoměrem
2233	Deformační a elektromechanické tlakoměry Pístové tlakoměry	Porovnání s etalonem
2236	Deformační tlakoměry	Porovnání s etalonem
2240	Deformační tlakoměry	Metoda přímého porovnání
2245	Deformační a číslicové tlakoměry Převodníky tlaku včetně diferenčních Měřicí řetězce tlaku	Porovnání s etalonem
	Správně uvádí také hodnoty statického tlaku při měření tlakové difference. Řádně uvádí, že nejnižší udávaná nejistota kalibrace je uvedena bez započítání vlivu kalibrovaného měřidla.	
2249	Deformační a číslicové tlakoměry, převodníky tlaku, diferenční měřicí řetězce tlaku a jiné	Porovnání s etalonem

KL	Předmět kalibrace	Princip kalibrace
	Termín „diferenční měřicí řetězce tlaku a jiné“ není vhodný. Neuvádí informaci o statickém tlaku, (jedná se o měření přetlaku) „a jiné“ je vágní termín nevhodný do POA.	
2254	Deformační a číslicové tlakoměry a převodníky tlaku	Porovnání s číslicovým tlakoměrem Porovnání s mikromanometrem Porovnání s kuličkovým tlakoměrem Porovnání s pístovým tlakoměrem
	Režim tlaku (absolutní tlak, přetlak) uvádí ve sloupci Kalibrovaná veličina, což je jedna z možností. Většina aktuálních POA uvádí režim tlaku ve sloupci Parametry měřené veličiny (což je preferované řešení).	
2261	Deformační a elektromechanické tlakoměry včetně diferenčních, měřicí řetězce tlaku, tlakoměry na kyslík	Porovnání s etalonovým tlakoměrem
	Médium kyslík – uvádět v parametrech měřené veličiny	
2269	Deformační tlakoměry, číslicové tlakoměry. Tlakoměry jako součást válcových zkušeben brzd silničních vozidel, tlakoměry jako součást přístrojů na měření brzdného zpomalení tzv. decelerometrů Přístroje na měření tlaku vzduchu a huštění pneumatik silničních vozidel	Porovnání s etalonovým digitálním tlakoměrem
	Popis konkrétního použití tlakoměrů nepatří do POA, pokud nemá záměrně omezit rozsah typů kalibrovaných přístrojů, viz kap. 7.2	
2273	Deformační tlakoměry, ručkové manometry, číslicové tlakoměry, digitální manometry, převodníky tlaku, měřicí řetězce tlaku, kalibrátory tlaku, barometry, letecké tlakové výškoměry, tlakové rychloměry a letecké tlakové kalibrátory	Porovnání s etalonovým digitálním tlakoměrem Porovnání s etalonovým pístovým tlakoměrem
	Zbytečně zdvojené názvy (deformační tlakoměry/ručkové manometry, číslicové tlakoměry/digitální manometry). Popis konkrétní aplikace, viz kap. 7.2.	
2275	Deformační tlakoměry, elektromechanické tlakoměry s tlakovým převodníkem, nebo s digitální indikací	Porovnání s etalonovým pístovým tlakoměrem
	Nestandardní popis elektromechanických tlakoměrů	



KL	Předmět kalibrace	Princip kalibrace
2280	Tlakoměry deformační ručkové, digitální, analogové, převodníky tlaku	Porovnání s etalonem Hydrostatické porovnání
2281	Číslicové a deformační tlakoměry	Porovnání s etalonem
2285	Deformační a elektromechanické tlakoměry (měřicí převodníky a snímače tlaku, číslicové tlakoměry)	Přímé měření na etalonovém kalibračním zařízení
	„Přímé měření“ není správný termín pro kalibraci deformačních a elektromechanických tlakoměrů	
2286	Deformační a číslicové tlakoměry, převodníky tlaku	Porovnání s etalonem
	Neuvádí režim tlaku, i když je zřejmé, že se jedná o přetlak.	
2287	Převodníky tlaku, digitální tlakoměry, deformační tlakoměry	Měření na kalibrátoru tlaku
2288	Deformační tlakoměry (manometry), elektromechanické tlakoměry, převodníky tlaku, měřicí řetězce tlaku	Porovnání s etalonem
	„Manometry“ je nadbytečné	
2290	Deformační tlakoměry, číslicové tlakoměry, měřicí řetězce tlaku, převodníky tlaku s elektrickým výstupem	Porovnání s etalonovým tlakoměrem
2301	Deformační tlakoměry, měřidla tlaku v pneumatikách. Elektromechanické tlakoměry (číslíkové tlakoměry, převodníky tlaku s digitálním výstupem měřené veličiny)	Porovnávací měření s etalonem tlaku
	Termín „převodníky tlaku s digitálním výstupem měřené veličiny“ vylučuje analogové převodníky tlaku (což může být záměr).	



KL	Předmět kalibrace	Princip kalibrace
2308	Deformační tlakoměry Elektromechanické tlakoměry (číslicové tlakoměry, převodníky tlaku s elektrickým výstupním signálem) Podtlak diferenčních tlakoměrů	Porovnání s etalonem
	Nestandardní text: „Podtlak diferenčních tlakoměrů“. Termín „podtlak“ a následně záporné hodnoty odporuje definici podtlaku.	
2318	Deformační a elektromechanické tlakoměry	Porovnání s etalonovým tlakoměrem
2322	Tlakoměry digitální, tlakoměry digitální (součást měřidel těsnosti)	Porovnávací měření s etalonem tlaku
	Popis konkrétní aplikace, viz kap.7.2 (může jít o záměrné omezení).	
2323	Tlakoměry deformační	Porovnání s etalonovým tlakoměrem
2331	Deformační tlakoměry Převodníky tlaku s elektrickým výstupním signálem Číslicové tlakoměry	Porovnání s etalonem
2337	Deformační a elektromechanické tlakoměry	Porovnání s Fluke PPC4 Porovnání s Beamex MC5
	Konkrétně uvedený model použitého etalonu není vhodné uvádět v POA	
2340	Deformační a číslicové tlakoměry, převodníky tlaku a měřicí řetězce tlaku	Porovnání s etalonovým číslicovým tlakoměrem Porovnání s etalonovým tlakoměrem
2354	Deformační tlakoměry, číslicové tlakoměry, převodníky tlaku s digitálním zobrazením měřené veličiny, měřicí řetězce s digitálním zobrazením měřené veličiny	Porovnání s etalonovým digitálním tlakoměrem
	„převodníky tlaku s digitálním zobrazením měřené veličiny“ = číslicové tlakoměry	
2362	Deformační a číslicové tlakoměry, převodníky tlaku a měřicí řetězce tlaku	Porovnání s etalonovým kalibrátorem Porovnání s pístovým tlakoměrem Porovnání s číslicovým tlakoměrem

KL	Předmět kalibrace	Princip kalibrace
2374	Deformační tlakoměry, číslicové tlakoměry, převodníky tlaku a měřicí řetězce tlaku	Porovnání s tlakoměrem
	Porovnání s „etalonovým tlakoměrem“ nebo krátce „s etalonem“	
2386	Elektronické tlakoměry, vestavěné tlakoměry parních a horkovzdušných sterilizátorů a přístrojů teplotní techniky	Porovnání s etalonem (digitálním tlakoměrem)
	Popis konkrétní aplikace, viz kap.7.2	
2387	Deformační tlakoměry, převodníky tlaku, číslicové tlakoměry	Porovnání s etalonem
2389	Deformační a číslicové tlakoměry, snímače a převodníky tlaku	Porovnání s etalonovým kalibrátorem tlaku
2396	Deformační tlakoměry	Porovnání s digitálním etalonem tlaku Porovnání s pístovým etalonem tlaku
2399	Deformační tlakoměry	Porovnání s etalonovým číslicovým tlakoměrem
2405	Deformační a elektromechanické tlakoměry	Porovnání s etalonem

7.2 Kalibrovaná veličina/Předmět kalibrace

V popisu Kalibrované veličiny/Předmětu kalibrace je významná nejednotnost v rámci ČR, viz údaje z aktuálních POA laboratoří působících v oblasti tlaku, výklad jednotlivých evropských akreditačních orgánů také není shodný.

Některé zahraniční akreditační orgány, např. DAkKS (viz Příloha 1), FINAS (viz Příloha 2), RvA (viz Příloha 3), SAS (viz Příloha 4), v části POA Kalibrovaná veličina/Předmět kalibrace neuvádějí typy kalibrovaných tlakoměrů, ale režimy tlaku (absolutní tlak, přetlak, diferenční tlak), považované za rozdílné kalibrované veličiny. Tuto informaci uvádí naše POA v části parametry měřené veličiny.



Jiné zahraniční akreditační orgány, např. UKAS (viz Příloha 5), COFRAC (viz Příloha 6), obdobně jako ČIA, uvádějí různé kategorie kalibrovaných tlakoměrů. UKAS používá inspirativní rozčlenění kalibrovaných tlakoměrů, které je jednoduché a výstižné:

Pressure indicating instruments and gauges	Indikační tlakoměry
Pressure measuring devices with an electric output	Přístroje na měření tlaku s elektrickým výstupem
Dead-weight testers	Pístové tlakoměry
Pressure relief valves and switches	Pojistné ventily a spínače tlaku
Piezoelectric devices with a charge output	Piezoelektrická zařízení, kde výstupním signálem je elektrický náboj

Při výběru termínů popisujících předmět kalibrace je potřeba najít kompromis mezi jednoduchou kategorizací, výstižností a stručností a na druhé straně podrobným rozpisem typů tlakoměrů a popisem konkrétních aplikací.

Vzhledem na zavedenou praxi v ČR je doporučené následující členění kalibrovaných tlakoměrů:

- deformační tlakoměry,
- elektromechanické tlakoměry (snímače tlaku, převodníky tlaku, číslicové tlakoměry),
- pístové tlakoměry.

Další kategorie (uváděné UKAS nebo COFRAC), které se v akreditovaných kalibračních laboratořích v ČR aktuálně nevyskytují:

- tlakové spínače,
- piezoelektrické snímače tlaku,
- děliče tlaku – dividery
- číslicové pístové tlakoměry (tlaková měrka spojená s dynamometrem).

Následující možné kategorie přístrojů jsou zastaralé nebo se v praxi obvykle nepoužívají:

- kapalinové tlakoměry,
- prstencové tlakoměry,
- zvonové tlakoměry.

Tlakoměry se používají v různých aplikacích a mohou být součástí složitých systémů. Hodnota měřeného tlaku, případně s dalšími údaji, se může přepočítávat na jinou veličinu. Typickým příkladem toho mohou být měřiče netěsností, letecké výškoměry a rychloměry, systémy pro kalibraci leteckých přístrojů ADTS a další. Kalibrace (obvykle i nastavení) zabudovaných tlakoměrů je pouze nutnou podmínkou správné činnosti celku. Bez hlubší znalosti pneumatického zapojení, přístupových kódů apod. nelze správně provést kalibraci zabudovaných tlakoměrů. Pořád se ale jedná o kalibraci tlakoměrů. Další kontrola funkčnosti daného systému, validace firmware apod. není předmětem POA.

Aktuální návod ke zpracování POA (příloha č. 3 žádosti/výzvy – kalibrační laboratoře) v části Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace uvádí:

Uvádí se typ kalibrovaných zařízení, v případě potřeby (např. v případě více podoborů) se na prvním místě uvede i kalibrovaná veličina. Předmět



kalibrace ve formě typu (skupiny, druhu) přístrojů definuje, jaké přístroje může KL kalibrovat, čímž je možné vymezení kalibrovaných přístrojů zpřesnit nebo omezit. Tento výčet může omezovat postup na zcela konkrétní měřidla, jejich druhy či skupiny. Na druhé straně může být KL schopná kalibrovat všechna zařízení daného oboru či podoboru, pak se použije název obecný (např. „měřidla kmitočtu“). Specifikace přístrojů může být složitější, pokud má zahrnovat různé a rozsáhlé skupiny přístrojů, někdy stačí např. „digitální a analogové tlakoměry“, jinde může být uveden druhový název, např. „osciloskopy“.

Uvádění konkrétní aplikace má opodstatnění pouze při záměrném omezení rozsahu typů kalibrovaných přístrojů. Uvedení obecného termínu, např. „deformační tlakoměry“ nebo „číslicové tlakoměry“ dovoluje kalibrovat všechny tlakoměry daného typu včetně tlakoměrů určených pro popisovanou aplikaci. Kalibrace tlakoměru, který je součástí komplexnějšího systému nebo je jeho údaj přepočítán na jinou veličinu, probíhá stejně jako u samostatně stojícího tlakoměru. Marketingový účel, který je v tomto popisu obsažen, nepatří do POA.

7.2.1 Deformační tlakoměry

Oficiální označení dle ČSN EN 472 je „indikační tlakoměr s pružným měřicím prvkem“. Tento termín je výstižný, ale je příliš popisný, dlouhý a v praxi se nepoužívá. Termín „deformační tlakoměr“ je často používán v praxi i v stávajících POA. Měl by být používán jednotně a tak nahradit všechny další varianty jako: ručkové tlakoměry, analogové tlakoměry, Bourdonův tlakoměr atd.

Termín deformační tlakoměry zahrnuje indikační tlakoměry s libovolným pružným měřicím prvkem, tj. tlakoměry s pružnou trubicí dle ČSN EN 837-1, membránové a krabicové tlakoměry dle ČSN EN 837-3, tlakoměry používané při svařování, řezání a příbuzných procesech dle ČSN EN ISO 5171 (předtím ČSN EN 562), vysokotlaké tlakoměry nad 1600 bar dle DIN 16001, deformační tlakoměry absolutního tlaku dle DIN 16002, kompresiometry indikační i registrační, spínače tlaku vybavené stupnicí hodnot tlaku, caisson tlakoměry, tlakoměry Magnehelic, tlakoměry s pístem a pružinou, deformační tlakoměry používané jako „pneuměřiče“, apod.

Měřidla tlaku v pneumatikách silničních motorových vozidel s výjimkou měřidel tlaku používaných výlučně pro měření tlaku v pneumatikách uživateli motorových vozidel jsou stanovená měřidla, která podléhají státní metrologické kontrole podle Opatření obecné povahy č. 0111-OOP-C021-17. Pokud se ale jedná o kalibraci „pneuměřiče“, postup se neliší od kalibrace běžného deformačního tlakoměru, to obdobně platí i v případě, že je „pneuměřič“ realizován číslicovým tlakoměrem.

7.2.2 Snímače tlaku a převodníky tlaku

Rozdíl mezi anglickým termínem „transducer“ a „transmitter“ je jednoznačný. Výstupem „transduceru“ je nízkourovňový napěťový signál, frekvence, atd., kdežto výstupem „transmitteru“ je unifikovaný výstupní signál analogový nebo digitální, např.: (4 až 20) mA, (0 až 10) V, HART, RS232, RS485. Podle IEC 60050-351+A1 (351-56-29) je rozdílem jednoznačný: „measuring transmitter = measuring transducer the output variable of which is a standardized signal.“



Český ekvivalent je nejednoznačný, viz tabulka příkladů českého překladu v normách:

Norma	Účinnost	(measuring) transducer	(measuring) transmitter
ČSN IEC 902	03/1994 ... 08/2001	měřicí snímač	měřicí převodník
ČSN IEC 60050-351	01/2008 ... 08/2016	měřicí převodník	měřicí snímač
ČSN IEC 60050-351 +A1	09/2016 -	měřicí převodník	měřicí měnič
ČSN EN 60770-1	04/2000 ... 01/2014		měřicí převodník
ČSN EN 60770-1 ed.2	10/2011 -		měřicí převodník
ČSN EN IEC 62828-1	08/2018 -		vysílač

Vyhláška č. 345/2002 Sb. v aktuálním znění uvádí „snímače tlaku“ a „snímače tlakové difference“, Opatření obecné povahy č. 0111-OOP-C057-15 uvádí „měřicí převodníky tlaku“. Jednoznačnou shodu nebude zřejmě možné v blízké době dosáhnout. Pro většinu laboratoří by mohlo být vyhovující uvádět oba termíny společně např. „měřicí převodníky a snímače tlaku“, pokud to dovolují konkrétní podmínky dané laboratoře. Naprostá většina kalibrací se týká „transmitterů“ a termín „převodník tlaku“ je běžně používán ve stávajících POA.

7.2.3 Číslicové tlakoměry

Jak vyplývá z názvu, kritériem pro zařazení přístroje do této kategorie je číslicový údaj o hodnotě tlaku, a to nezávisle od principu použitého při měření tlaku (piezorezistivní, kapacitní, indukčnostní, rezonanční, ...). EURAMET cg-17 zavedl termín „elektromechanické tlakoměry“, čímž se popisují snímače tlaku, převodníky tlaku a tlakoměry s číslicovou nebo analogovou indikací. Moderní tlakoměrná zařízení mají často několik výstupních signálů, např.: (4 až 20) mA, HART, displej s digitální indikací tlaku.

Jak uvádí i dokument EURAMET cg-17, do kategorie číslicových tlakoměrů, resp. kategorie elektromechanických tlakoměrů, patří i kalibrace měřicí části kalibrátorů tlaku. Součástí standardní kalibrace „kalibrátoru tlaku“ není prověření dalších funkcí kalibrátoru tlaku. Termín „kalibrátor tlaku“ nerozlišuje způsob generování tlaku (manuální nebo automatické) ani způsob mechanického provedení, tj. zdali se jedná o kompaktní kalibrátor tlaku s ovládáním klávesnicí přístroje nebo počítačem na jedné straně a číslicovým tlakoměrem spojeným s ruční pumpičkou na straně druhé.

Do kategorie číslicových tlakoměrů řadíme i tzv. „měřicí řetězce tlaku“. Každý číslicový tlakoměr je „měřicím řetězcem tlaku“, který v zásadě obsahuje senzor tlaku na začátku a zobrazovací jednotku na konci řetězce. Rozdílem mezi „číslicovým tlakoměrem“ a „měřicím řetězcem tlaku“ má být délka přenosových drah signálu a případné rozdílné podmínky okolí pro jednotlivé členy měřicího řetězce. Podle TNI 01 0115:2009 je měřicí řetězec „řada prvků měřicího systému, která vytváří jedinou cestu pro měřicí signál od snímače k výstupnímu prvku“. Norma uvádí příklad měřicího řetězce: deformační tlakoměr s Bourdonovou trubicí. Kalibrace měřicích řetězců je typicky kalibrace mimo stálou kalibrační laboratoř, což vyžaduje náročnější stanovení nejistoty kalibrace než při kalibraci v laboratoři s řízenými vlastnostmi prostředí. Používání kategorie „měřicí řetězce tlaku“ je z pohledu zákazníka kalibrační



laboratoře užitečné, je ale vhodné omezit používání tohoto termínu na kalibrace mimo laboratorní prostory.

Do kategorie číslicových tlakoměrů dále patří i přístroje, které měřený tlak využívají na stanovení jiných odvozených veličin. Typickým příkladem jsou letecké přístroje a kalibrátory leteckých přístrojů (ADTS – Air Data Test Set), které měří primárně tlak a jejich firmware zajišťuje přepočítání naměřených hodnot tlaku na jinou veličinu. Jednoznačně se jedná o kalibraci tlakoměrů. Součástí standardní kalibrace těchto přístrojů není validace firmware celého měřicího systému.

7.2.4 Pístové tlakoměry

Kategorie pístových tlakoměrů zahrnuje tlakoměry pracující na principu definice tlaku, tj. síla působící na plochu. Plocha je realizovaná tlakovou měrkou (systém neutěsněného pístu a pouzdra), síla je daná tíhovou silou naložených závaží. Patří sem tlakoměry s přímým zatížením i tlakoměry s nepřímým zatížením pomocí páky, hydraulické i pneumatické systémy. Číslicové pístové tlakoměry (tlaková měrka spojená s dynamometrem) jsou samostatnou kategorií, na kterou se nevztahuje EURAMET cg-3.

7.2.5 Tlakové spínače

Tlakové spínače nelze jednoznačně zařadit mezi měřidla tlaku, což nezpochybňuje potřebu jejich pravidelné kontroly, tj. stanovení spínacího resp. rozpínacího tlaku a hystereze. U spínačů tlaku bez vyznačené stupnice se jedná o zkoušení a nevztahuje se na ně EURAMET cg-17.

7.2.6 Piezoelektrické snímače tlaku

Piezoelektrické snímače tlaku využívají piezoelektrického jevu, kdy u některých druhů krystalů působením mechanické deformace vzniká elektrický náboj. K hlavním přednostem piezoelektrických snímačů tlaku jsou jejich dobré dynamické vlastnosti, časová konstanta je v řádu mikrosekund, čímž jsou předurčeny k měření dynamických tlakových průběhů. Nevýhodou je obtížnější zpracování signálu a nemožnost měřit ve statickém stavu. Na kalibraci piezoelektrických snímačů tlaku se nevztahuje EURAMET cg-17

7.3 Princip kalibrace

JCGM 200:2012 (VIM 3) uvádí následující definice termínů princip, metoda, postup:

2.4

měřicí princip

princip měření

jev sloužící jako základ měření

2.5

metoda měření

měřicí metoda

generický popis logického organizování činností použitých při měření

2.6

postup měření

podrobný popis měření podle jednoho nebo více měřících principů a dané metody měření založený na modelu měření a zahrnující jakýkoliv výpočet k získání výsledku měření

V návodu na zpracování POA se u položky Princip kalibrace uvádí:

„Uvede se princip, metoda, případně postup, použitý pro danou kalibraci, kterým laboratoř dosahuje nejistot, uvedených v CMC tabulce. Např. tepelný přenos, potenciometrická metoda, měření interferometrem atd. V nejvyšší nouzi lze připustit i formulace porovnání s etalonem nebo přímé měření, vždy by mělo být doplněno alespoň specifikací použitého etalonu nebo měřidla (porovnání s etalonovým měřidlem, přímé měření fyzikální realizace jednotky).“

Pro potřeby POA se tyto pojmy princip, metoda, postup považují za synonyma a informace ve sloupci POA Princip kalibrace má sloužit zákazníkovi pro lepší orientaci při objednávání služeb příslušné laboratoře.

Principy měření tlaku jsou různé, např.: vyhodnocení deformace vhodného deformačního členu u deformačních tlakoměrů, měření tlaku pomocí výšky kapaliny o známé hustotě, nebo změna kapacity daná změnou polohy membrány u kapacitních snímačů a mnoho dalších principů dostatečně popsanych v literatuře (např. *Snímače tlaku – principy, vlastnosti a použití*, Automa, č. 2, 7, 10 a 11/2007, *Snímače tlaku*, Automa, č. 1/2011).

Princip využívaný při kalibraci tlakoměrů je pouze jeden, a to Pascalův zákon, podle kterého jestliže na tekutinu (kapalinu nebo plyn) působí vnější tlaková síla, tlak v každém místě tekutiny vzroste o stejnou hodnotu.

Metodou při kalibraci indikačních tlakoměrů je přímé porovnání hodnoty referenčního a kalibrovaného tlakoměru, v případě převodníků tlaku nepřímé porovnání hodnoty výstupního signálu kalibrovaného převodníku tlaku a hodnoty „ideálního“ výstupního signálu pro hodnotu tlaku daného referenčním tlakoměrem. Hodnota „ideálního“ výstupního signálu se vypočítá podle dané převodové charakteristiky kalibrovaného převodníku tlaku.

Možností, jak generovat požadovanou hodnotu tlaku, je několik:

Hydraulický systém

- ruční tlakový lis nebo pumpička, a to samostatně stojící nebo jako součást pístového tlakoměru;
- automatický regulátor tlaku, který využívá princip změny tlaku změnou objemu, nebo teploty.

Pneumatický systém

- ruční tlakový lis nebo pumpička, a to samostatně stojící nebo jako součást pístového tlakoměru;
- automatický regulátor tlaku, který využívá regulaci elektromagnetickými ventily a průtokovými regulátory;
- ruční regulace pomocí ventilů zvyšujících a snižujících tlak spolu s tlakovou láhví a případně vývěvou.

Rozdíl mezi jednotlivými způsoby generování požadované hodnoty tlaku je v jejich rychlosti, pohodlí pracovníka laboratoře a možnosti automatizace kalibračního procesu. Na samotném výsledku kalibrace a kvalitě provedené kalibrace se v zásadě neprojeví. To je důvod, proč není



vhodné zavádět obdobný způsob popisu principu kalibrace zavedený u elektrických veličin, kde je situace významně odlišná a má význam rozlišovat termíny „měření“ a „generování“.

Pro zákazníka vyvolávají termíny „přímé měření“, „nepřímé měření“, „přímé porovnání“, „nepřímé porovnání“ při kalibraci tlakoměrů víc otázek než odpovědí, proto je vhodné se jim vyhnout a použít následující standardní popis.

Pro kalibraci tlakoměrů se ve sloupci Princip kalibrace v současné chvíli nejčastěji vyskytují tyto texty:

- porovnání s etalonem;
- porovnání s pístovým tlakoměrem;
- porovnání s kalibrátorem tlaku;
- porovnání s číslicovým tlakoměrem apod.

Pro kalibrační laboratoře vybavené pouze jedním nebo dvěma etalony tlaku je možné použít bližší popis s uvedením typu použitého etalonu (pístový tlakoměr, číslicový tlakoměr, kalibrátor tlaku). U kalibračních laboratoří, které mají více etalonů a u každého dílčího rozsahu může být použit jiný typ etalonu, by tabulka CMC v POA mohla být nepřehledná. Proto je v odůvodněných případech možné využít méně přesný, ale jednodušší popis „porovnání s etalonovým tlakoměrem“.

Při kalibraci tlakoměrů absolutního tlaku se kromě etalonů absolutního tlaku často využívá princip vyplývající ze vztahu:

$$p = p_e + p_{amb}$$

kde je

- p hodnota absolutního tlaku
- p_e hodnota přetlaku
- p_{amb} hodnota barometrického tlaku okolí

tj. hodnota absolutního tlaku je daná součtem hodnoty přetlaku a hodnoty barometrického tlaku. Nejmenší rozšířenou nejistotu absolutního tlaku, pokud je tento stanovený součtem přetlaku a hodnoty barometrického tlaku, je možné uvést v samostatném řádku jednoznačnou hodnotou nejistoty, nebo poznámkou pod tabulkou, že nejistota absolutního tlaku je vyšší o příspěvek k nejistotě od barometru, např. 50 Pa. Preferovaná je první možnost (viz Příloha 8).

Při kalibraci pístových tlakoměrů (pokud je etalonem také pístový tlakoměr) se používá speciální metoda porovnávání tzv. cross-floating metoda. EURAMET cg-3 uvádí postup kalibrace pro pneumatické i hydraulické systémy a popisuje metodu A (přímé porovnání tlaku) a metodu B (stanovení efektivní plochy tlakové měřky a hmotnosti závaží pístového tlakoměru). Metoda A se používá při kalibraci pístových tlakoměrů s nepřímým zatížením (pákový mechanismus na zatěžování pístu). EURAMET cg-3 přímo uvádí, že metoda A se obvykle nepoužívá, pokud je požadovaná malá nejistota, z čehož vyplývá, že se tato metoda při uvádění CMC v POA nevyskytuje. V naprosté většině kalibrací pístových tlakoměrů se používá metoda B, tj. stanovení efektivní plochy tlakové měřky a hmotnosti závaží pístového tlakoměru.

7.4 Parametry měřené veličiny

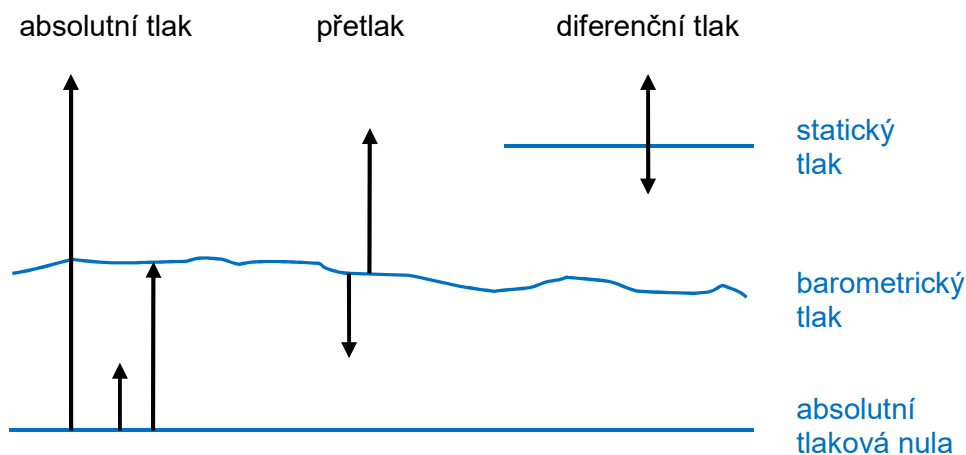
Každá veličina má vlastní specifika. Pro veličinu tlak jsou zásadní použité tlakové médium a tlakový režim. Tyto informace se uvádějí v POA ve sloupci Parametr(y) měř. veličiny.

7.4.1 Tlakové médium

Tlakové médium může být plynné nebo kapalné. Standardně používané plynné médium na kalibraci je suchý vzduch nebo dusík. Bližší vlastnosti použitého média, tj. kvalita stlačeného vzduchu dle ISO 8573-1 (třída 0 až 6) nebo čistota dusíku (4.6, 4.8, 5.2, ...) se v POA neuvádí. V případě kapalného tlakového média se standardně používá olej, pro vysoké tlaky Sebacate, pro speciální bezolejové aplikace voda, líh a další. Obdobně jako u plynného média se v POA tyto informace neuvádějí. Doporučené označení tlakového média je plyn, kapalina.

7.4.2 Tlakový režim

Další základní informací při kalibraci tlakoměru je tlakový režim, ve kterém pracuje kalibrovaný tlakoměr. Rozhodujícím faktorem je referenční hodnota měřeného tlaku, která může být rovna absolutní nule, okamžité hodnotě barometrického tlaku nebo libovolné hodnotě statického tlaku. Podle toho rozlišujeme absolutní tlak, přetlak a diferenční tlak. Rozdíly mezi jednotlivými režimy měření tlaku jsou zřejmé z obr. 1.



Obrázek 1: Rozdíl mezi absolutním tlakem, přetlakem a diferenčním tlakem

ČSN EN ISO 80000-4 pro veličinu tlak používá značku p (absolutní tlak) a v poznámce uvádí:

Značka p_e se doporučuje pro přetlak $p - p_{amb}$, kde p_{amb} je okolní tlak. Přetlak je tedy kladný nebo záporný podle toho, zda je p větší nebo menší než p_{amb} .

NÁRODNÍ POZNÁMKA

Pro $p - p_{amb} < 0$ se používá termín podtlak $p_e = p_{amb} - p$.



Doporučené označení tlakového režimu v části POA Parametr(y) měř. veličiny:

- přetlak
- absolutní tlak
- diferenční tlak
- vakuum

Další termíny, popisující v POA tlakový režim nebo kalibrovanou veličinu, jsou nadbytečné z následujících důvodů:

Podtlak

Národní poznámka definuje tento termín a je možné ho používat v české verzi POA. Podle uvedené definice se podtlak vyjadřuje v kladných hodnotách. Tomuto termínu se dá vyhnout uváděním hodnot přetlaku se záporným znaménkem. Používat termín podtlak v anglické verzi POA se nedoporučuje, pokud ano, je správný termín „negative gauge pressure“, často užívaný doslovný překlad „underpressure“ je nesprávný.

Barometrický tlak

Barometrický tlak, nebo také atmosférický tlak je z principu absolutní tlak, takže pokud nejsou další důvody pro samostatné uvedení barometrického tlaku, je vhodné uvádět CMC pro barometrický tlak v části absolutního tlaku, měřicí rozsah 80 kPa až 120 kPa, případně může mít i jiné meze, např. 70 kPa až 110 kPa.

Diferenční tlak

Diferenční tlak bez aplikace statického tlaku je přetlak.

Relativní tlak

Termín relativní tlak se používá jako synonymum pro přetlak a podtlak. ČSN EN IEC 62828-2:2018 uvádí: Pojem „relativní tlak“ označující přetlak je zastaralý a koncepčně nesprávný, proto je třeba se mu vyhnout. (The term „relative pressure“ to indicate gauge pressure is obsolete and conceptually wrong, so it should be avoided.)

Vakuum

Termín vakuum popisuje stav systému, ve kterém je tlak plynu nižší než hodnota okolního atmosférického tlaku. Není jednoznačně rozlišené, zda se jedná o absolutní tlak nebo podtlak. Termín vakuum je v POA vhodné používat pouze ve spojení s „nízkým absolutním tlakem“, tj. s kalibrací tepelných, ionizačních vakuometrů apod. Oblast vakua (hrubé vakuum, jemné vakuum, vysoké vakuum, ultra vysoké vakuum) není předmětem tohoto úkolu.

7.5 Nejnížší uváděna rozšířená nejistota měření

Hodnoty nejistoty měření při kalibraci tlakoměrů jsou standardně uváděny ve formě hodnoty vztážené k měřené hodnotě tlaku nebo jako hodnota v příslušné jednotce tlaku, případně kombinovaně. Pokud je uvedena relativní hodnota v procentech, je vztáжена k měřené hodnotě veličiny (jak se uvádí v poznámce 2 ve stávajících POA).

Při uvádění nejnížší rozšířené nejistoty měření, stejně jako při jmenovitém rozsahu veličiny, je nutné používat jednotky tlaku Pa, kPa, MPa, přípustné jsou jednotky bar, mbar. Používání dalších jednotek tlaku v POA se nedoporučuje, viz přílohy ČSN ISO 80000-4.

Omezení používání dalších jednotek tlaku mimo výše uvedené platí pouze pro POA. Nijak neomezuje používání jiných jednotek tlaku v kalibračních listech, pokud jsou použity u daného



kalibrovaného tlakoměru. Vzhledem k velkému množství jednotek tlaku a přetrvávající nejasnosti v převodních činitelích (převážně u jednotek vyplývajících ze sloupce vody nebo rtuti) je doporučeno uvést v kalibračním listě i použitý převodní činitel.

Další doporučenou možností je uvádět nejistotu měření v následujícím tvaru, např.:

$$5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e + 10 \text{ Pa}$$

kde pro veličinu tlak je vhodné používat symboly dle ČSN EN ISO 80000-4.

Pro diferenční tlak Δp se zvýšeným statickým tlakem p_e ve tvaru, např.:

$$1 \cdot 10^{-6} \cdot p_e + 5 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta p + 10 \text{ Pa}$$

Dokument ILAC P-14:09/2020 v čl. 4.3 požaduje:

„Uvedená CMC musí zahrnovat příspěvek od nejlepšího existujícího zařízení, které má být kalibrováno, aby deklarovaná CMC byla prokazatelně realizovatelnou.“

Pokud příspěvky k nejistotě přisuzované „nejlepšímu existujícímu zařízení“ mohou nejnižší udávanou nejistotu významně ovlivnit a tyto příspěvky k nejistotě přisuzované zařízení lze oddělit od ostatních příspěvků, pak mohou být příspěvky přisuzované zařízení vyloučeny z prohlášení CMC.

„V takovém případě však rozsah akreditace musí jasně uvádět, že nejsou zahrnuty příspěvky k nejistotě přisuzované zařízení.“

Výše uvedené je typické při kalibraci deformačních tlakoměrů, kdy rozhodujícím příspěvkem k nejistotě je opakovatelnost a omezené rozlišení kalibrovaného tlakoměru. Kalibrační laboratoř, která uvádí v POA pouze kalibraci deformačních tlakoměrů, by měla uvádět prohlášení, např.: „Nejnižší udávaná nejistota kalibrace je uvedena bez započítání vlivu kalibrovaného měřidla.“

7.6 Identifikace kalibračního postupu

POA uvádí označení kalibračního postupu konkrétní kalibrační laboratoře. Systém značení kalibračních postupů je dán systémem dané laboratoře a bez dalšího popisu neposkytuje zákazníkovi žádnou informaci. Akreditace kalibrační laboratoře je vázaná na uvedený schválený postup, který by neměl být v zásadním rozporu s obecně platnými dokumenty (především EURAMET cg-17 a EURAMET cg-3), to ovšem neznamená, že musí být s těmito dokumenty totožný.

POA vydávané UKAS uvádějí informaci o principu kalibrace nebo metodách v kolonce Poznámky (Remarks), kde se uvádí, že kalibrační postupy jsou kompatibilní s dokumenty EURAMET cg-3 a EURAMET cg-17 („methods consistent with EURAMET cg-3 and cg-17“), což je správná poznámka podporující srovnatelnost kalibračních postupů i v mezinárodním měřítku.

POA vydávané DAkkS uvádí v kolonce Podmínky měření/Postup označení veřejně dostupných dokumentů (DKD-R 6-1, EURAMET cg-3, EURAMET cg-17), které lze považovat za kalibrační postupy. Pro indikační tlakoměry se uvádí dokument DKD-R 6-1 spolu s EURAMET cg-17, někdy doplněný ještě o DIN EN 837-1, DIN EN 837-3. Jedná se tím pádem



o dva, resp. tři rozdílné kalibrační postupy, což je matoucí. Podle dostupných informací je jediným používaným kalibračním postupem DKD-R 6-1.

Dokument EURAMET cg-17, verze 4.0 (04/2019) je z uvedených kalibračních postupů nejaktuálnější a podobnost mnoha jeho ustanovení s DKD-R 6-1 (03/2014) je neoddiskutovatelná. EURAMET cg-17 již ve verzi 3.0 spojil kalibraci mechanických manometrů (deformačních tlakoměrů) a elektromechanických manometrů. EURAMET cg-17 je dostatečně podrobným kalibračním postupem popisujícím i stanovení nejistot měření při kalibraci, a na rozdíl od dalších dokumentů je zaměřený jednoznačně na kalibraci měřidel tlaku.

V úvodu EURAMET cg-17 se píše:

„Tento dokument poskytuje pokyny k postupům měření ve specifikovaných oblastech měření. Použitím doporučení, uvedených v tomto dokumentu, mohou laboratoře produkovat výsledky kalibrace, které lze uznat a přijmout v celé Evropě. Použité přístupy nejsou povinné, jsou odborným vedením kalibračních laboratoří. Dokument byl vytvořen jako prostředek podporující konzistentní přístup ke správné měřicí praxi vedoucí k akreditaci laboratoře a podporující její akreditaci.“

Seznam normativních dokumentů souvisejících s kalibrací tlakoměrů:

ČSN EN 472: 1996

Měřidla tlaku – Terminologie

ČSN EN 837-1:1998

Měřidla tlaku – Část 1: Tlakoměry s pružnou trubicí – Rozměry, metrologie, požadavky a zkoušení

ČSN EN 837-3:1998

Měřidla tlaku – Část 3: Membránové a krabicové tlakoměry – Rozměry, metrologie, požadavky a zkoušení

Předmětem norem ČSN EN 837-1 a ČSN EN 837-3 nejsou tlakoměry s rozsahem vyšším než 1600 bar ani tlakoměry absolutního tlaku.

DIN 16001:2017

Mechanical pressure and temperature gauges – High pressure gauges – Dimensions, Metrology, Requirements and Testing

DIN 16002:2017

Mechanical pressure and temperature gauges – Absolute pressure gauges – Dimensions, Metrology, Requirements and Testing

ČSN EN 60770-1 ed. 2:2011

Měřicí převodníky pro řídicí systémy průmyslových procesů – Část 1: Metody hodnocení vlastností

ČSN EN 60770-3 ed. 2:2015

Měřicí převodníky pro řídicí systémy průmyslových procesů – Část 3: Metody hodnocení vlastností inteligentních převodníků

ČSN EN 61298-1 ed. 2:2009

Zařízení pro měření a řízení průmyslových procesů – Obecné metody a postupy pro hodnocení vlastností – Část 1: Obecné úvahy

ČSN EN 61298-2 ed. 2:2009

Zařízení pro měření a řízení průmyslových procesů – Obecné metody a postupy pro hodnocení vlastností – Část 2: Zkoušky při referenčních podmínkách

ČSN EN 61298-3 ed. 2:2009

Zařízení pro měření a řízení průmyslových procesů – Obecné metody a postupy pro hodnocení vlastností – Část 3: Zkoušky pro určování účinku ovlivňujících veličin

Soubor norem IEC 62828 ruší a nahrazuje normy IEC 60770 a navrhuje revizi norem IEC 61298

ČSN EN IEC 62828-1:2018

Referenční podmínky a postupy pro zkoušení vysílačů pro měření průmyslových procesů – Část 1: Obecné postupy pro všechny typy vysílačů

ČSN EN IEC 62828-2:2018

Referenční podmínky a postupy pro zkoušení vysílačů pro měření průmyslových procesů – Část 2: Zvláštní postupy pro vysílače tlaku

OIML R 101, Edition 1991 (E)

Indicating and recording pressure gauges, vacuum gauges and pressure-vacuum gauges with elastic sensing elements (ordinary instruments)

OIML R 109, Edition 1993 (E)

Pressure gauges and vacuum gauges with elastic sensing elements (standard instruments)

OIML R 110, Edition 1994 (E)

Pressure Balances

EURAMET cg-17, Version 4.0 (04/2019)

Guidelines on the Calibration of Electromechanical and Mechanical Manometers

<https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/>

EURAMET cg-3, Version 1.0 (03/2011)

Calibration of Pressure Balances

<https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/>

Guideline DKD-R 6-1, Edition 03/2014

Calibration of Pressure Gauges

https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/dienstleistungen/dkd/archiv/Publications/Guidelines/DKD-R_6-1_2016_englisch.pdf

Normativní dokumenty související s kalibrací tlakoměrů nejsou jednotné ve všech ustanoveních. Rozdíly, a to je zásadní, jsou také v celkovém zaměření jednotlivých dokumentů.

V případě dokumentů OIML R se jedná jednoznačně o oblast regulované sféry, tj. typové schvalování a ověřování stanovených měřidel (OIML R 101, OIML R 109, OIML R 110).

EN 837 pro deformační tlakoměry popisuje kromě základních zkoušek souvisejících s přesností další zkoušky související s provozuschopností tlakoměrů a stanovuje technické požadavky na výrobcu.

Soubor norem EN 60770 a EN 61298 popisuje zkoušky pro celkové hodnocení vlastností „vysílačů“ (transmitterů) libovolných veličin. Soubor norem IEC 60770 je zrušený a nahrazuje ho soubor norem IEC 62828 orientovaný na konkrétní veličiny (tlak, teplota, výška hladiny, průtok) a popisuje také celý soubor zkoušek pro hodnocení vlastností provozuschopnosti.



Rozdíly jednotlivých dokumentů se projevují mimo jiné v požadavcích na:

- o teplotu prostředí;
- o odstup přesnosti etalonu a kalibrovaného zařízení;
- o počty tlakových bodů a opakovaných měřicích cyklů.

Tyto rozdílné požadavky znázorňují ve zjednodušené formě tabulky v následující kapitole.

7.6.1 Kalibrační postup – Deformační tlakoměry

Při kalibraci deformačních tlakoměrů jsou zásadní kromě dokumentu EURAMET cg-17 také ČSN EN 837-1 a ČSN EN 837-3. Dokumenty OIML R 101 a OIML R 109 byly vydány pro účely ověřování stanovených měřidel a také vzhledem na datum jejich vydání nejsou rozhodující pro kalibrační postup na deformační tlakoměry.

Porovnání vybraných ustanovení dokumentů na kalibraci deformačních tlakoměrů

Normativní dokument	ČSN EN 837-1:1998 ČSN EN 837-3:1998	EURAMET cg-17, verze 4.0 (04/2019)
Předmět dokumentu	Indikační tlakoměry s pružnou trubicí, membránové a krabicové tlakoměry	Mechanické tlakoměry
Teplota při zkoušení	(20 ± 2) °C (tř. př. 0,1; 0,25; 0,6) (20 ± 5) °C (ostatní tř. přesnosti)	18 °C až 28 °C, stabilita ± 1 °C
„Rozcvičení“ 0 % až 100 % rozsahu	---	minimálně dvakrát up/down podrobný postup
Počet zkoušených tlakových bodů pro třídu přesnosti		
0,1	10	11
0,25	10	6
0,6	10	6
1	5	6
1,6	5	6
2,5	5	6
4	4	6
Počet měřicích cyklů	Jenom obecná národní poznámka o více sériích měření	3 cykly ve 2, 4 nebo 11 bodech podle přesnosti tlakoměru
Odchylka hodnoty tlaku při opakování od první hodnoty	---	max ± 1 % kalibrovaného rozsahu
Časová prodleva na plném rozsahu	---	5 min
Odstup přesnosti minimálně	Meze dovolené chyby DUT a etalonu 4 : 1	Nejistoty DUT a etalonu 2 : 1

EURAMET cg-17 vyžaduje provedení opakovaných měření dle přesných pravidel na rozdíl od ČSN EN 837-1 a ČSN EN 837-3, které uvádějí pouze neurčité doporučení v národní



poznámce o výhodnosti provedení zkoušky přesnosti a hystereze měřidel více sériemi měření. Minimální počet zkoušených tlakových bodů dle EURAMET cg-17 je (kromě tříd přesnosti 0,25 a 0,6) vyšší. Zvýšením minimálního počtu zkoušených tlakových bodů u uvedené třídy přesnosti na 10 se zmíněný rozpor i vzhledem k četnosti těchto tlakoměrů odstraní.

Volnější požadavky EURAMET cg-17 na teplotu okolí a odstup přesnosti etalonu se promítnou do nejistoty měření při kalibraci a následně do výroku o shodě. U deformačních tlakoměrů je obvyklé uvádět výrok o shodě. Rozhodovací pravidla dle ILAC G8:09/2019 se začínají uplatňovat v praxi a „podmíněný výrok“ z důvodu vysoké nejistoty měření může přimět zákazníka uvažovat nad změnou dodavatele kalibračních služeb. Přitom požadavek na odstup přesnosti kalibrovaného tlakoměru a etalonu tlaku 4 : 1 u deformačních tlakoměrů nezpůsobí většině kalibračních laboratoří žádný problém.

7.6.2 Kalibrační postup – elektromechanické tlakoměry

Při kalibraci elektromechanických tlakoměrů jsou zásadní kromě dokumentu EURAMET cg-17 také ČSN EN IEC 62828-1 a ČSN EN IEC 62828-2.

Porovnání vybraných ustanovení dokumentů na kalibraci elektromechanických tlakoměrů

Normativní dokument	ČSN EN IEC 62828-1:2018 ČSN EN IEC 62828-2:2018	EURAMET cg-17, Verze 4.0 (04/2019)
Předmět dokumentu	„Vysílače tlaku“ (pressure transmitters)	Elektromechanické tlakoměry
Teplota při zkoušení	Referenční teplota 20 °C, teplota při zkoušení 15 °C až 25 °C; max. rychlost změny 1 °C/10 min, ale max. 3 °C/h	18 °C až 28 °C, stabilita ± 1 °C
„Rozcvičení“ 0 až 100 % rozsahu	---	min 2-krát up/down podrobný postup
Počet zkoušených tlakových bodů	5	6 (Basic) 11 (Standard) 11 (Comprehensive)
Počet měřicích cyklů	1 cyklus	3 cykly ve 2, 4 nebo 11 bodech podle přesnosti tlakoměru
Odchylka hodnoty tlaku při opakování od první hodnoty	---	max ± 1 % kalibrovaného rozsahu
Časová prodleva na plném rozsahu	---	2 min
Odstup přesnosti minimálně	Nejistoty DUT a etalonu 3 : 1	Nejistoty DUT a etalonu 2 : 1

EURAMET cg-17 uvádí specifický postup stanovení nejistot měření při kalibraci tlakoměrů, který zohledňuje typický malý počet opakovaných měření. Na druhou stranu připouští postup dle EA-4/02, příloha E.



Důležitým bodem EURAMET cg-17, který by ve schváleném kalibračním postupu měl být dodržen, je přesné stanovení a dodržení minimálního počtu zkoušených tlakových bodů a minimální počty opakovaných měření v závislosti na cílové nejistotě kalibrovaného tlakoměru, viz čl. 5.2.

Standardně požadovaný odstup přesnosti při kalibraci tlakoměrů 4 : 1 je potřebné zachovat pro většinu kalibrací. Pouze ve speciálních případech (přesnost lepší než 0,05 %, nízké rozsahy tlaku) využít ustanovení EURAMET cg-17 s odstupem přesnosti 2 : 1. Menší odstup přesnosti se projeví ve vyšší hodnotě nejistoty měření, a následně při uvádění výroku o shodě, obdobně jako u deformačních tlakoměrů.

Rozdílné požadavky předmětných dokumentů na teplotu okolí při kalibraci elektromechanických tlakoměrů se na nejistotě měření vzhledem k jejich teplotní kompenzaci významně neprojeví.

7.6.3 Kalibrační postup – pístové tlakoměry

Při kalibraci pístových tlakoměrů nedochází k rozporu, vyvolanému rozdílnými požadavky normativních dokumentů. Kalibrační postupy na pístové tlakoměry musí být kompatibilní s dokumentem EURAMET cg-3, verze 1.0. Tento dokument popisuje metodu A (přímé porovnání tlaku generovaného referenčním a kalibrovaným tlakoměrem) a metodu B (stanovení efektivní plochy tlakové měrky a hmotnosti závaží pístového tlakoměru). Metoda A se používá při kalibraci pístových tlakoměrů s nižší přesností (vyšší nejistotou měření) a tudíž se standardně v POA neobjevuje.

8 TERMINOLOGIE V ANGLICKÉ VERZI POA

Odborná terminologie každé veličiny má svá specifika, která překladatel nemusí dokonale znát. Nutno se vyhnout především doslovným překladům termínů, např.: Deformation manometers, Pressure converters, Overpressure, Underpressure.

Doporučené anglické ekvivalenty označení předmětu kalibrace:

Deformační tlakoměry	Mechanical pressure gauges
Elektromechanické tlakoměry	Electromechanical manometers
Převodníky tlaku	Pressure transmitters
Snímače a převodníky tlaku	Pressure transducers and transmitters
Číslicové tlakoměry	Digital manometers
Pístové tlakoměry	Piston gauges (Pressure balances, Dead-weight testers)
Měřicí řetězce tlaku	Pressure measuring chains

Doporučené anglické ekvivalenty označení principu kalibrace:

Porovnání s etalonovým tlakoměrem	Comparison with the standard
	Comparison with the reference standard
Porovnání s pístovým tlakoměrem	Comparison with the piston gauge
Porovnání s kalibrátorem tlaku	Comparison with the pressure calibrator
Porovnání s číslicovým tlakoměrem	Comparison with the digital manometer
Cross-floating metoda	Cross-floating method
Metoda stanovení efektivní plochy	Effective area determination method

Doporučené označení tlakového média v části Parametr(y) měř. veličiny:

Plyn	Gas
Kapalina	Liquid

Doporučené označení tlakového režimu v části Parametr(y) měř. veličiny:

Přetlak	Gauge (pressure)
Absolutní tlak	Absolute (pressure)
Diferenční tlak	Differential (pressure)
Vakuum	Vacuum



9 SHRnutí

Jak bylo uvedeno již ve zprávě z minulého úkolu PRM, při kalibraci vždy porovnáváme hodnotu kalibrovaného předmětu s hodnotou etalonu. I když stále platí zásada, že kalibrujeme tedy „stejně stejným“, nebo „opačné opačným“, protože etalony i kalibrované předměty jsou při procesu kalibrace v zásadě jen dvojího druhu, zdrojem veličiny nebo jejím měřidlem. V oboru tlak tato skutečnost ale není rozhodující a je nutné se soustředit na podstatné informace z procesu kalibrace. V úvahu je nutno vzít také požadavky normativních dokumentů, které nejsou vždy jednotné. Proto je nezbytné takový dokument řádně specifikovat i v identifikaci kalibračního postupu.

K lepší orientaci slouží i přílohy 7 a 8. Příloha 7 znázorňuje příklad CMC tabulky v příloze osvědčení o akreditaci pro případ kalibrační laboratoře s jedním postupem pro kalibraci deformačních tlakoměrů, zatímco příloha 8 uvádí příklad komplexnější s různými parametry měřené veličiny.

Řešení úkolu naplnilo zadání, věnovalo se jak dosud vydaným POA a možnostem jejich zlepšení, tak i jednotlivým informacím, které jsou nezbytnou součástí CMC tabulky v POA, aby její obsah byl srozumitelný a spolehlivě porovnatelný s ostatními POA. Text uzavírá slovníček doporučených výrazů a jejich anglických ekvivalentů, aby mohlo dojít i ke sjednocení anglických překladů POA.



10 ZÁVĚR

Přehledně zpracované informace o metodách a postupech (principech) kalibrace v oboru tlak pomůže sjednotit informace dotčených kalibračních laboratoří v daném oboru. Práce má sloužit jako pomůcka pro kalibrační laboratoře při vyplňování návrhu POA i pro vedoucí a odborné posuzovatele při posuzování, aby bylo dosaženo přehlednosti, jednotnosti a porovnatelnosti informací v přílohách osvědčení různých kalibračních laboratoří.

Kromě podkladu pro školení odborných posuzovatelů ČIA budou výsledky zformulovány také do článku pro časopis Metrologie. Odborní posuzovatelé se budou mít možnost podrobně seznámit s výsledky řešení tohoto úkolu, aby požadavek na uvádění metody, principu kalibrace při posuzování aplikovali jednotně. Článek v časopisu Metrologie seznamuje s výsledkem řešení stručnou formou odbornou veřejnost.

Jako podklad pro tuto práci byly využity i výsledky předchozího, loňského řešení úkolu PRM, který kromě zaměření na principy kalibrace v oboru elektrických veličin popsal základy přístupu ke stanovování principu kalibrace obecně, tyto postuláty lze tedy v budoucnu využít i pro další obory kalibrací.



**Příloha 1 – Příloha osvědčení DAkkS D-K-15055-01-00
europascal GmbH, Hanau, Německo**

Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Druck Absolutdruck p_{abs}	0,010 mbar bis 150 mbar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$0,22 \mu\text{bar} + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	Druckmedium : Gas Die Messunsicherheit der Restgasdruck- messung ist noch zu berücksichtigen.
	> 0,15 bar bis 4,0 bar		$2,0 \mu\text{bar} + 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 4,0 bar bis 20 bar		$6,0 \mu\text{bar} + 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 20 bar bis 80 bar		$45 \mu\text{bar} + 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 80 bar bis 501 bar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0	$0,65 \text{ mbar} + 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	mit Gas/Öl - Vorlage Prinzip der Messung: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$ Die Messunsicherheit des Barometers ist noch zu berücksichtigen.
	> 501 bar bis 1001 bar		$0,50 \text{ mbar} + 4,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	Druckmedium: Öl Prinzip der Messung: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$ Die Messunsicherheit des Barometers ist noch zu berücksichtigen.
	1 bar; 6 babis 501 bar		$0,65 \text{ mbar} + 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 501 bar bis 2001 bar		$0,50 \text{ mbar} + 5,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 2 001 bar bis 5 001 bar		$1,2 \text{ mbar} + 9,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 5 001 bar bis 10 001 bar		$3,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$	
Negativer und positiver Überdruck p_e	- 1,0 bar bis - 0,15 bar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$3,5 \mu\text{bar} + 4,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	Druckmedium: Gas
	> - 0,15 bar bis 0,15 bar		$0,22 \mu\text{bar} + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 0,15 bar bis 4,0 bar		$2,0 \mu\text{bar} + 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 4,0 bar bis 20 bar		$6,0 \mu\text{bar} + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 20 bar bis 80 bar		$45 \mu\text{bar} + 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 80 bar bis 500 bar		$0,65 \text{ mbar} + 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 500 bar bis 1 000 bar		$0,50 \text{ mbar} + 4,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
Positiver Überdruck p_e	0 bar; 5 bar bis 500 bar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$0,65 \text{ mbar} + 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	Druckmedium : Öl
	> 500 bar bis 2 000 bar		$0,50 \text{ mbar} + 5,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 2 000 bar bis 5 000 bar		$1,2 \text{ mbar} + 9,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 5 000 bar bis 10 000 bar		$3,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$	



Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Druckdifferenz Δp	0 mbar bis 150 mbar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$0,22 \mu\text{bar} + 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta p$	Druckmedium: Gas bei einem statischen Druck von max. 1 000 mbar

Vor-Ort-Kalibrierung

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Druck Absolutdruck p_{abs}	0,010 mbar bis 150 mbar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$0,23 \mu\text{bar} + 2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	Druckmedium: Gas Die Messunsicherheit der Restgasdruck- messung ist noch zu berücksichtigen.
	> 0,15 bar bis 4,0 bar		$2,1 \mu\text{bar} + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 4,0 bar bis 20 bar		$6,3 \mu\text{bar} + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 20 bar bis 80 bar		$47 \mu\text{bar} + 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	> 80 bar bis 501 bar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0	$0,66 \text{ mbar} + 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	mit Gas/Öl - Vorlage Prinzip der Messung: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$ Die Messunsicherheit des Barometers ist noch zu berücksichtigen.
	> 501 bar bis 1 001 bar		$0,53 \text{ mbar} + 4,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
	1 bar; 6 bar bis 501 bar		$0,66 \text{ mbar} + 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	Druckmedium: Öl Prinzip der Messung: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$ Die Messunsicherheit des Barometers ist noch zu berücksichtigen.
	> 501 bar bis 2001 bar		$0,53 \text{ mbar} + 5,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$	
> 2 001 bar bis 5 001 bar		$1,3 \text{ mbar} + 1,0 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$		
> 5 001 bar bis 10 001 bar		$3,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$		

Vor-Ort-Kalibrierung

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Negativer und positiver Überdruck p_e	- 1,0 bar bis - 0,15 bar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$3,7 \mu\text{bar} + 4,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	Druckmedium: Gas
	> - 0,15 bar bis 0,15 bar		$0,23 \mu\text{bar} + 2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 0,15 bar bis 4,0 bar		$2,1 \mu\text{bar} + 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 4,0 bar bis 20 bar		$6,3 \mu\text{bar} + 1,3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 20 bar bis 80 bar		$47 \mu\text{bar} + 2,3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 80 bar bis 500 bar		$0,66 \text{ mbar} + 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	mit Gas/Öl - Vorlage
> 500 bar bis 1000 bar	$0,53 \text{ mbar} + 4,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$			
Positiver Überdruck p_e	0 bar; 5 bar bis 500 bar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$0,66 \text{ mbar} + 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	Druckmedium: Öl
	> 500 bar bis 2000 bar		$0,53 \text{ mbar} + 5,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 2000 bar bis 5000 bar		$1,3 \text{ mbar} + 9,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$	
	> 5 000 bar bis 10 000 bar		$3,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$	
Druckdifferenz Δp	0 mbar bis 150 mbar	DKD-R 6-1: 2014 EURAMET Calibration Guide No. 17, Version 4.0 EURAMET cg-3, Version 1.0	$0,23 \mu\text{bar} + 2,9 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta p$	Druckmedium: Gas bei einem statischen Druck von max. 1000 mbar



Příloha 2 – Příloha osvědčení FINAS K004
Inspecta Tarkastus Oy, Mittauslaitteet, Helsinki, Finsko

Mekaaniset suureet, Paine, VANTAA <i>Mechanical quantities, Pressure, VANTAA</i>			
Absoluuttinen paine <i>Absolute pressure</i>	kaasu (typpi) <i>gas</i> (nitrogen)	$5 \text{ kPa} \leq p \leq 10 \text{ kPa}$ $10 \text{ kPa} < p \leq 5,2 \text{ MPa}$	7 Pa $6 \text{ Pa} + 0,010 \% \text{ näyttämästä / of measured value}$
Ylipaine <i>Gauge pressure</i>	Kaasu (typpi) <i>gas</i> (nitrogen)	$-100 \text{ kPa} \leq p \leq -5 \text{ kPa}$ $5 \text{ kPa} \leq p \leq 10 \text{ kPa}$ $10 \text{ kPa} < p \leq 5,2 \text{ MPa}$	$0,010 \% \text{ näyttämästä / of measured value}$ 1 Pa $0,010 \% \text{ näyttämästä / of measured value}$
	vesi tai öljy <i>water or oil</i>	$0,4 \text{ MPa} \leq p \leq 70 \text{ MPa}$	$0,2 \text{ kPa} + 0,02 \% \text{ näyttämästä / of measured value}$
			$p = \text{näyttämä}$ $p = \text{measured value}$

Mekaaniset suureet, Paine, Kenttäkalibrointi, Asiakkaan luona tai kalibrointilaboratorion omissa toimitiloissa <i>Mechanical quantities, Pressure. Site calibration, At the customer's site or in the calibration laboratory's own premises</i>			
Ylipaine <i>Gauge pressure</i>	Väliaine: kaasu (typpi tai ilma) <i>Medium: gas</i> (nitrogen or air)	$0 \text{ kPa} \leq p \leq 300 \text{ kPa}$ $300 \text{ kPa} < p \leq 2\,000 \text{ kPa}$	0,2 kPa 1 kPa
	Väliaine: vesi <i>Medium: water</i>	$0 \text{ kPa} \leq p \leq 2000 \text{ kPa}$	1 kPa



**Příloha 3 – Příloha osvědčení RvA K 048
Minerva Meettechnik B.V.**

HCS code	Measured quantity, Instrument, Measure	Range	CMC ¹	Remarks	Location
PV 1 1	Absolute pressure	0 kPa - 15 kPa	$2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p + 0,008 \text{ Pa}$	Nitrogen determination of effective area by means of cross-floating calibration of secondary standards and pressure devices	AM
		5 kPa - 190 kPa	$1,8 \cdot 10^{-5} \cdot p + 0,5 \text{ Pa}$		
		25 kPa - 2,5 MPa	$2,8 \cdot 10^{-5} \cdot p + 0,5 \text{ Pa}$		
		50 kPa - 5 MPa	$3,0 \cdot 10^{-5} \cdot p + 0,5 \text{ Pa}$		
		300 kPa - 20 MPa	$3,1 \cdot 10^{-5} \cdot (p - p_{\text{atm}}) + 5,5 \text{ Pa}$		
		1 MPa - 70 MPa	$4,0 \cdot 10^{-5} \cdot (p - p_{\text{atm}}) + 19 \text{ Pa}$		
PV 1 2	Gauge pressure	0 kPa - 15 kPa	$3,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 0,005 \text{ Pa}$	Nitrogen determination of effective area by means of cross-floating calibration of secondary standards and pressure devices	AM
		5 kPa - 190 kPa	$1,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 0,12 \text{ Pa}$		
		25 kPa - 2,5 MPa	$2,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 0,06 \text{ Pa}$		
		50 kPa - 5 MPa	$3,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 0,12 \text{ Pa}$		
		200 kPa - 20 MPa	$3,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 3,8 \text{ Pa}$		
		1 MPa - 70 MPa	$4,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 19 \text{ Pa}$		
PV 2 1	Absolute pressure	600 kPa - 50 MPa	$3,1 \cdot 10^{-5} \cdot (p - p_{\text{atm}}) + 31 \text{ Pa}$	Oil determination of effective area by means of cross-floating calibration of secondary standards and pressure devices	AM
		2 MPa - 200 MPa	$4,2 \cdot 10^{-5} \cdot (p - p_{\text{atm}}) + 50 \text{ Pa}$		
		5 MPa - 500 MPa	$5,8 \cdot 10^{-5} \cdot (p - p_{\text{atm}}) + 0,1 \text{ kPa}$		
PV 2 2	Gauge pressure	500 kPa - 50 MPa	$3,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 30 \text{ Pa}$	Oil determination of effective area by means of cross-floating calibration of secondary standards and pressure devices	AM
		2 MPa - 200 MPa	$4,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 50 \text{ Pa}$		
		5 MPa - 500 MPa	$5,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_g + 0,1 \text{ kPa}$		



HCS code	Measured quantity, Instrument, Measure	Range	CMC ¹	Remarks	Location
	Differential pressure on elevated line pressure	8 MPa (max. line pressure)	$1 \cdot 10^{-6} \cdot p_e + 5,6 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta p + 13 \text{ Pa}$	Δp = Differential pressure	
PV 3 1	Under atmospheric pressure	-8 ... -98 kPa	$2,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,12 \text{ Pa}$	Negative gauge pressure determination of effective area by means of cross-floating calibration of secondary standards and pressure devices	AM

Remarks:

- This annex is applicable to calibrations carried out in the own laboratory.
- The calibrations are carried out at an ambient temperature of 20 °C (nominal).
- $p_e = p - p_{atm}$; p_e is the gauge pressure, p_{atm} is the ambient pressure.
- The accreditation for mass measurements is restricted to calibrations of weights related to pressure balances.
- For a weight with a temperature of 20 °C, the conventional mass is the mass of a reference weight with a density of 8000 kg/m³, which is in balance in air with a density of 1,2 kg/m³.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 38/42

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

25.10.2021

Příloha 4 – Příloha osvědčení SAS SC 0058 APTOMET AG, Gümligen, Švýcarsko



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER

State Secretariat for Economic Affairs SECO
Swiss Accreditation Service SAS

SCS Directory

Accreditation number: SCS 0058

Measured Quantity / Instrument or Gauge	Measurement Range	Measurement Conditions	Best Measurement Uncertainty \pm ¹⁾	Remarks
---	-------------------	------------------------	--	---------

Pressure	Absolute pressure in fluids	13,8 mbar ... 14 bar	0,0035 % + 0,004 mbar	Also other units possible: Pa; psi; mmHg; mmH2O	
		> 14 bar ... 70 bar	0,005 %		
		> 70 bar ... 210 bar	0,005 %		
		> 210 bar ... 1000 bar	0,025 %		
	Positive and negative gauge pressure in fluids	-900 mbar ... 14 bar	0,0035 %		Also onsite-calibration with higher measuring uncertainty possible
		> 14 bar ... 70 bar	0,005 %		
		> 70 bar ... 210 bar	0,005 %		
		> 210 bar ... 1000 bar	0,025 %		
	Differential pressure in fluids	-160 mbar ... -10 mbar	0,008 % + 0,006 mbar		
		> -10 mbar ... < 10 mbar	0,01 % + 0,002 mbar		
		10 mbar ... 160 mbar	0,008 % + 0,006 mbar		

Manometer of blood pressure monitor	0 ... 46,7 kPa	20 °C ... 25 °C	0,08 kPa	According to Standards: SN EN 1060-1 SN EN 1060-2 SN EN 1060-3 EN ISO 81060-1 OMIL R16-1 OMIL R16-2
	0 ... 350 mmHg		0,6 mmHg	



Český institut pro akreditaci, o.p.s.

Olšanská 54/3, 130 00 Praha 3

Strana: 39/42

Zpracoval:

Ing. Martin Valenta

Datum zpracování:

25.10.2021

Příloha 5 – Příloha osvědčení UKAS 0152

ServiceCal Limited, Heywood, Lancashire, Velká Británie

 0152 Accredited to ISO/IEC 17025:2017	Schedule of Accreditation issued by United Kingdom Accreditation Service 2 Pine Trees, Chertsey Lane, Staines-upon-Thames, TW18 3HR, UK
	ServiceCal Limited Issue No: 034 Issue date: 14 July 2021
Calibration performed at main address only	

Measured Quantity Instrument or Gauge	Range	Calibration and Measurement Capability (CMC) Expressed as an Expanded Uncertainty ($k = 2$)	Remarks
PRESSURE <u>Hydraulic pressure (gauge)</u> Calibration of pressure indicating instruments and gauges <u>Gas pressure (gauge)</u> Calibration of pressure indicating instruments and gauges	0 MPa to 10 MPa 10 MPa to 100 MPa 100 MPa to 400 MPa -80 kPa to -100 Pa -100 Pa to 10 kPa 10 kPa to 0.50 MPa 0.5 MPa to 1.0 MPa 1.0 MPa to 2.0 MPa	0.0050 % + 3.5 kPa 0.010 % + 28 kPa 1.3 MPa 85 Pa 40 Pa 85 Pa 150 Pa 300 Pa	Methods consistent with EURAMET CG17. Calibration of pressure devices with an electrical output may be undertaken Absolute pressure within these ranges can be generated and will attract an additional uncertainty of 72 Pa.
AIR VELOCITY Calibration of 25 to 100 mm Vane Anemometers Calibration of Thermal Anemometers by comparison	0.5 m/s to 2 m/s 2 m/s to 5 m/s 5 m/s to 15 m/s 15 m/s to 25 m/s 0.3 m/s to 2 m/s 2 m/s to 5 m/s 5 m/s to 15 m/s 15 m/s to 25 m/s	0.72 % + 0.090 m/s 0.80 % + 0.16 m/s 0.81 % + 0.25 m/s 0.90 % + 0.50 m/s 0.080 m/s 0.13 m/s 0.62 m/s 1.9 m/s	Comparison with reference anemometers in a characterised airstream.



Příloha 6 – Příloha osvědčení COFRAC N° 2-1615 rév. 5 MANUMESURE, Meyzieu, Francie

Unité technique : Laboratoire de Pression

Accréditation n° 2-1615

PRESSION ET VIDE / PRESSION RELATIVE / Pression relative gaz						
Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Référence de la méthode	Lieu de réalisation
Manomètre Calibrateur de pression	Erreur d'indication	0* à 2,5 MPa	$70 \text{ Pa} + 1 \cdot 10^{-4} \cdot P_r$	Comparaison à un manomètre numérique à piston tournant	Méthode interne n°10PR04-A664	En laboratoire

* L'incertitude de mesure ne s'applique pas à la valeur zéro de l'étendue.

Avec pour notation : P_r : Pression relative

PRESSION ET VIDE / PRESSION ABSOLUE / Pression absolue gaz						
Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Référence de la méthode	Lieu de réalisation
Manomètre Calibrateur de pression	Erreur d'indication	3 à 200 kPa	$40 \text{ Pa} + 1 \cdot 10^{-4} \cdot P$	Comparaison à un capteur numérique étalon associé à un régulateur de pression	Méthode interne n°10PR04-A667	En laboratoire

Avec pour notation : P : Pression absolue

Les incertitudes élargies correspondent aux aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) du laboratoire pour une probabilité de couverture de 95%.

Pour tous les étalonnages concernant cette accréditation : Le laboratoire est reconnu compétent pour pratiquer les étalonnages en respectant strictement les méthodes mentionnées dans la portée d'accréditation. Les modifications techniques du mode opératoire ne sont pas autorisées (Portée FIXE).



Příloha 7 – Vzorová specifikace rozsahu akreditace kalibrační laboratoře I

CMC pro obor měřené veličiny: Tlak

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny		Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ^{2,4}	Princip kalibrace
		min	jedn. max jedn.				
1	Deformační tlakoměry	-90 kPa	až -10 kPa	přetlak	plyn	0,05 % 5 Pa 2,5 Pa	Porovnání s pístovým tlakoměrem
		-10 kPa	až -3 kPa				
		1,5 kPa	až 10 kPa			0,025 %	
		10 kPa	až 100 kPa				
		0,2 MPa	až 6 MPa	přetlak	kapalina	5 Pa	
		6 MPa	až 60 MPa			0,05 %	

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

⁴ Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření je uvedena bez započítání vlivu kalibrovaného měřidla.



Příloha 8 – Vzorová specifikace rozsahu akreditace kalibrační laboratoře II

CMC pro obor měřené veličiny: Tlak

Poř. číslo ¹	Kalibrovaná veličina / Předmět kalibrace	Jmenovitý rozsah		Parametr(y) měř. veličiny		Nejnižší udávaná rozšířená nejistota měření ²	Princip kalibrace	
		min	jedn.	max	jedn.			
1	Deformační a elektromechanické tlakoměry ⁴	-95 kPa	až	-10 kPa	přetlak	plyn	$6 \cdot 10^{-5} \cdot p_c $ 0,6 Pa 0,4 Pa $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 0,2 \text{ Pa}$ $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 2 \text{ Pa}$ $4,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c$	Porovnání s etalonovým tlakoměrem
		-10 kPa	až	-3 kPa				
		-3 kPa	až	5 kPa				
		5 kPa	až	350 kPa				
1		0,35 MPa	až	7 MPa	absolutní tlak	plyn	$1,5 \text{ Pa}$ $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 1 \text{ Pa}$ $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 2 \text{ Pa}$ $4,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 5 \text{ Pa}$	
		7 MPa	až	20 MPa				
		0,01 kPa	až	5 kPa				
		5 kPa	až	350 kPa				
1		0,2 MPa	až	2 MPa	přetlak	kapalina	$0,14 \text{ kPa}$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot p_c$ $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot p_c$	
		2 MPa	až	100 MPa				
		100 MPa	až	400 MPa				
1		0,2 MPa	až	2 MPa	absolutní tlak $p = p_c + p_{amb}$	kapalina	$0,15 \text{ kPa}$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot (p - p_{amb})$ $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (p - p_{amb})$	
		2 MPa	až	100 MPa				
2	Pístové tlakoměry	-95 kPa	až	-10 kPa	přetlak	plyn	$6 \cdot 10^{-5} \cdot p_c $ 0,6 Pa $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 0,2 \text{ Pa}$ $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c + 2 \text{ Pa}$ $4,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_c$	Cross-floatní metoda, starší efektivní pláň tlakové měření hmotností z
		-10 kPa	až	-3 kPa				
2		5 kPa	až	350 kPa	přetlak	kapalina	$0,14 \text{ kPa}$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot p_c$ $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot p_c$	
		0,35 MPa	až	7 MPa				
2		7 MPa	až	20 MPa				
		0,2 MPa	až	2 MPa				
2		2 MPa	až	100 MPa				
		100 MPa	až	400 MPa				

¹ V případě, že laboratoř je schopna provádět kalibrace i mimo své stálé prostory, jsou tyto kalibrace u pořadového čísla označeny hvězdičkou

² Rozšířená nejistota měření je v souladu s ILAC-P14 a EA-4/02 M součástí CMC a je nejnižší hodnotou příslušné nejistoty. Pokud není uvedeno jinak, její pravděpodobnost pokrytí je cca 95 %. Hodnoty nejistoty uvedené bez jednotky jsou relativní vůči měřené hodnotě, pokud není uvedeno jinak. Při kalibraci mimo stálé prostory je možné ovlivnění udávané nejistoty kalibrace.

³ U datovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používají pouze tyto konkrétní postupy. U nedatovaných dokumentů identifikujících kalibrační postupy se používá nejnovější vydání uvedeného postupu (včetně všech změn).

⁴ Termín „elektromechanické tlakoměry“ zahrnuje snímače a převodníky tlaku, číslicové tlakoměry a měřicí část kalibrátorů tlaku.

p hodnota absolutního tlaku

p_{amb} hodnota okolního tlaku

p_c hodnota přetlaku, $p_c = (p - p_{amb})$