



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1

tel: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.1.5/02/25

PROFILOMĚR

(dílenské přístroje pro měření drsnosti povrchu)

Praha

Říjen 2025

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2025
Číslo úkolu: PRM/VII/2/25

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z. s.

Zpracoval: Ing. Richard Silovský, revize 1

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1. Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci hrotových (dotkových) profiloměrů, určených k měření parametrů struktury povrchu metodou profilu. Pro účely tohoto postupu se používá pojem *profiloměr* jako obecné označení přístrojů, zahrnující jak laboratorní profiloměry s nezávislou referenční základnou, tak i v dílenké praxi drsnoměry využívající kluznou opěrnou patku.

Postup vychází z mezinárodních norem a doporučení pro kalibraci profiloměrů (např. ISO 12179, ISO 21920-70) a je přizpůsoben podmínkám běžně vybavených kalibračních laboratoří i dílenké praxe. Zvláštní pozornost je věnována kalibraci dílenských přístrojů pomocí dostupných etalonů drsnosti povrchu.

Kalibrace velkých laboratorních profiloměrů na stálých pracovištích není tímto postupem prioritně řešena; některé metody, vyžadující pokročilejší vybavení, jsou však pro úplnost uvedeny. Úlohy, pro něž kalibrovaný přístroj není vybaven, lze po posouzení jejich vlivu na výsledek kalibrace vypustit.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace v dané organizaci (např. při vstupní kontrole profiloměru - označované jako PK, tak i pro rekalibraci během používání profiloměru - dále označované jako RK).

2. Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN ISO 12179	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Textura povrchu: Profilová metoda - Kalibrace dotkových (hrotových) přístrojů
ČSN EN ISO 21920-1:2023	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Textura povrchu: Profil - Část 1: Indikace textury povrchu (nahrazuje ISO 3274) <i>odpovídá ISO 21920:2022</i>
ČSN EN ISO 21920-2:2023	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Textura povrchu: Profil - Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu <i>odpovídá ISO 21920:2022</i>
ČSN EN ISO 21920-3:2023	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Textura povrchu: Profil - Část 3: Operátory specifikací <i>odpovídá ISO 21920:2022</i>
ČSN EN ISO 3274	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Jmenovité charakteristiky dotkových (hrotových) přístrojů
ČSN EN ISO 5436-1	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda; Měřicí etalony - Část 1: Hmotné míry

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)
ČSN EN ISO 9001:2016 oprava Opr.1:2018	Systémy managementu jakosti – Požadavky
ČSN EN ISO 10012 :2003	Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.
ČSN EN ISO/IEC 17025 :2018	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří
EA 4/02 M:2022	Vyhodnocení nejistoty měření při kalibraci
EA 4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony.
ILAC-G8:09/2019	Pokyny pro použití rozhodovacích pravidel a uvádění výroků o shodě.
Původně citovaný dokument EA-10/01 byl zrušen, jeho požadavky byly převzaty do ISO 12179 a ISO 21920.	

3. Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci je stanovena příslušnými interními předpisy organizace. Pracovníci musí být prokazatelně seznámeni s tímto kalibračním postupem a s navazujícími normami a předpisy.

Doporučuje se, aby odborná způsobilost pracovníků byla doložena vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem nebo interním záznamem o proškolení a praxi.

4. Názvosloví, definice

Pro účely tohoto postupu se používají následující pojmy a definice vycházející z norem ČSN EN ISO 21920-1, -2, -3 a ČSN EN ISO 12179:

- **Profiloměr** (*profilometer*) – měřicí přístroj, který snímá povrch snímacím hrotem, zaznamenává profil povrchu a umožňuje výpočet parametrů textury povrchu. Obvykle má nezávislou referenční základnu.
- **Drsnoměr** (*roughness tester*) – zjednodušený profiloměr využívající kluznou opěrnou patku. Používá se převážně pro měření parametrů drsnosti (např. Ra, Rz) v dílnských podmínkách.
- **Zbytkový profil** (*residual profile*) – profil zaznamenaný při snímání ideálně hladkého a rovného povrchu (např. optická rovina). Slouží k posouzení vlastních chyb přístroje.
- **Chyba měření přístroje** – rozdíl mezi hodnotou indikovanou přístrojem a pravou hodnotou určenou etalonem.
- **Největší dovolená chyba (MPE)** – maximální chyba měření specifikovaná výrobcem přístroje, popřípadě uživatelem u opotřebovaných měřidel.

Další pojmy a definice používané v této oblasti jsou obsaženy v příslušných normách vedených v kapitole 2 a v TNI 01 0115 – Mezinárodním metrologickém slovníku (VIM).

PK – prvotní kalibrace; RK – rekaliibrace

Přehled základních parametrů textury povrchu (podle ČSN EN ISO 21920-2)

- **Ra** – aritmetická střední úchylka profilu (nejpoužívanější parametr drsnosti; průměrná odchylka profilu od střední čáry).
- **Rq (dříve RMS, Root Mean Square)** – střední kvadratická úchylka profilu (citlivější na špičkové hodnoty než Ra).
- **Rz** – průměrná výška nerovností profilu, vypočtená jako průměr součtu největší výšky výstupku a největší hloubky prohlubně v jednotlivých úsecích měření.
- **Rt** – celková výška profilu (od nejvyššího vrcholu po nejhlubší údolí v celém hodnotícím úseku).
- **Rp** – maximální výška výstupku (od střední čáry k nejvyššímu vrcholu).
- **Rv** – maximální hloubka prohlubně (od střední čáry k nejhlubšímu údolí).
- **RSm** – střední rozteč profilových nerovností (průměrná vzdálenost mezi vrcholy v profilu, důležitá pro kalibraci horizontální složky).
- **Pc** – počet vrcholů profilu na jednotku délky.
- **Rmr(c)** – materiálový poměr profilu (určuje podíl materiálu pod stanovenou řeznou čarou).

Přenosný drsnoměr – Mitutoyo SJ-210

- Použití: ruční (přenosný) přístroj, vhodný pro dílnské podmínky, kontrolu přímo na výrobku.
- Princip: snímací hrot přejíždí po povrchu, přístroj vyhodnotí parametr(y) drsnosti.
- Displej: barevný, zobrazuje přímo hodnoty (na obrázku je parametr Ra = 3,799 μm).
- Výhody: jednoduché ovládání, rychlé vyhodnocení, přenositelnost.
- Nevýhody: omezený rozsah parametrů a přesnost ve srovnání s laboratorními profiloměry.
- Typické použití: kontrola Ra, Rz, Rt apod. přímo u výrobní linky.



Stacionární profiloměr – Mitutoyo Surftest (např. SJ-400/SV-3200 série)

- Použití: laboratorní přístroj, vysoce přesné měření povrchu.
- Princip: měřící jednotka je vedena po vzorku na přesném mechanickém vedení, signál se zpracovává v PC.
- Výstup: kompletní profilová křivka povrchu, možnost vyhodnocení širokého spektra parametrů dle ISO 21920-2 (nejen Ra, Rz,



- ale i RSm, Rmr(c), materiálový poměr, křivky nosnosti, filtrace atd.).
- Výhody: vysoká přesnost, možnost nastavení cutoff, filtrů, pokročilá analýza.
 - Nevýhody: náročnější obsluha, není přenosný, vyšší cena.
 - Typické použití: kalibrace a přesné laboratorní měření, vývojová a výzkumná pracoviště, vypracování certifikovaných protokolů, včetně kalibrace etalonů.

5. Měřidla a pomůcky potřebné ke kalibraci

Pro kalibraci profiloměrů se používají zejména:

- Návod k obsluze kalibrovaného přístroje – pro ověření správného nastavení a postupů výrobce.
- Mikroskop (celkové zvětšení min. 50×, doporučeno 100×) – pro vizuální kontrolu stavu snímacího hrotu (poškození, otupení).
- Měřicí svěrák a žiletka – k vytvoření ostré hrany pro kontrolu nebo měření poloměru hrotu.
- Optická rovina (planparalelní sklo) – pro měření zbytkového profilu a ustavení etalonů.
- Etalon hloubky (rysky) – k ověření správnosti měření vertikálních složek profilu.
- Sada koncových měrek – alternativní metoda ověření vertikálních složek (rozdíly výšek).
- Etalon rozteče – k ověření horizontální složky (RSm – střední rozteč profilových nerovností).
- Sada etalonů drsnosti – hlavní prostředek pro kalibraci; pokrytí běžného rozsahu drsností měřených v praxi.
- Teploměr (rozsah 16–26 °C, dílek $\leq 0,2$ °C, navázaný na etalon) – pro kontrolu referenční teploty prostředí.
- Vlhkoměr (informativní nebo s návazností) – pro ověření klimatických podmínek (nekorozní prostředí, max. 75 % RH).
- Čisticí prostředky – lékařský benzín a optická utěrka pro čištění skleněných etalonů a hrotu.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a měřicí prostředky musí být navázána na vhodný etalon a musí mít platnou dobu kalibrace.

6. Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace přístrojů pro měření profilu, resp. drsnosti povrchu se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí: (20 ± 2) °C,
- Teplotní rozdíl mezi kalibrovaným přístrojem a použitým etalonem: max. 0,5 °C / h,
- Relativní vlhkost vzduchu: (nekorozní prostředí) max 75% RH

Před zahájením kalibrace musí být přístroj i použité etalony umístěny v laboratoři s referenční teplotou po dobu nutnou k dosažení teplotní rovnováhy. Doba stabilizace má být minimálně 1 hodina, u větších přístrojů a etalonů i déle.

Teplota prostředí, etalonů i kalibrovaného přístroje se ověřuje před kalibrací, po jejím ukončení a podle potřeby i v průběhu měření. Relativní vlhkost se změří vlhkoměrem před zahájením kalibrace, aby bylo doloženo splnění podmínek dle ČSN EN ISO/IEC 17025.

Při dodržení výše uvedených limitů se vliv vlhkosti a teploty na výsledek kalibrace považuje za zanedbatelný.

7. Rozsah kalibrace

Kalibrace profiloměru/drsnoměru podle tohoto postupu zahrnuje tyto úlohy:

- předběžná kontrola a příprava přístroje ke kalibraci (viz čl. 8),
- kalibrace zbytkového profilu (viz čl. 9.1),
- kalibrace vertikální složky profilu (viz čl. 9.2),
- kalibrace horizontální složky profilu (viz čl. 9.3),
- kalibrace celého dotykového přístroje pomocí etalonů drsnosti (viz čl. 9.4).

Poznámka: Pokud některou z uvedených úloh nelze vzhledem ke konstrukci nebo určení přístroje provést, lze ji po posouzení vlivu na výsledek kalibrace vynechat.

8. Kontrola dodávky a příprava při kalibraci

Před zahájením kalibrace je nutné provést základní kontrolu přístroje. Ověří se označení měřidla (typ, výrobní číslo) a jeho úplnost podle objednávky. Součástí vybavení má být návod k obsluze, podle kterého se provede krátká funkční zkouška, zda přístroj pracuje správně. Pokud je k dispozici nastavovací etalon drsnosti, ověří se jeho stav a případně se zkalibruje zvláštním postupem.

(PK, RK)

8.1 Kontrola snímacího hrotu

Snímací hrot je nejdůležitější částí přístroje a jeho stav zásadně ovlivňuje výsledek měření. U dílenských drsnoměrů, kde hrot prochází otvorem v opěrné patce, se zkontroluje, zda se při zatlačení na patku plynule vysouvá a nedrhne o stěny. Hrot se zajistí v pracovní poloze (např. kouskem lepenky) a pod mikroskopem se při zvětšení alespoň 100× vizuálně posoudí jeho stav. Hrot nesmí být vyštípnutý ani otupený; typický poloměr zaoblení je 2–5 µm.

Stejná kontrola se provádí i u profiloměrů s nezávislou základnou.

(PK, RK)

8.2 Měření poloměru zaoblení hrotu

U přístrojů se zapisovačem, případně u výměnných snímačů, se doporučuje provést i měření poloměru hrotu. Ostrá hrana se připraví upnutím nové žiletky do měřicího svěráku tak, aby

její ostří přesahovalo jen o setiny milimetru. Přes tuto hranu se hrot vede v režimu přímého snímání profilu a na záznamu se vyhodnotí tvar špičky. Poloměr se určí podle vykreslené křivky při shodném zvětšení v horizontálním i vertikálním směru. Při měření je nutné dbát, aby ostří žiletky nevyčnívalo více než je výška kužele hrotu, jinak hrozí jeho poškození.

(PK, RK)

9. Postup kalibrace

9.1 Kalibrace zbytkového profilu

Pro ověření zbytkového profilu se použije naprosto nepoškozené, čisté planparalelní sklo nebo hladká část skleněného etalonu. Snímač se ustaví na povrch skla a vyrovná se referenční rovinou přístroje (přímovod nebo opěrná patka) s rovinou skla. Nastaví se filtrační délka (cut-off) **0,8 mm** a provede se měření parametrů drsnosti.

Zpravidla se hodnotí parametr **R_a** , u laboratorních přístrojů i **R_z** . Pokud je přístroj v pořádku, má být naměřená hodnota R_a na hladkém skle přibližně **0,01 až 0,02 μm** . Tato hodnota je obvyklá pro dílnské přístroje s indikací na dvě desetinná místa. U jednodušších přístrojů s indikací na jedno desetinné místo se připouští hodnota až **$R_a = 0,1 \mu\text{m}$** .

Naměřená hodnota zbytkového profilu R_a se vždy uvede v kalibračním listu. Tento krok je součástí jak **prvotní kalibrace (PK)**, tak i **rekalibrace (RK)**.

Zbytkový profil:

- měření na planparalelním skle nebo hladké části etalonu,
- cut-off = 0,8 mm, hodnotí se R_a (popř. R_z),
- očekávané $R_a \approx 0,01\text{--}0,02 \mu\text{m}$ (u jednodušších přístrojů až $0,1 \mu\text{m}$),
- výsledek se zapisuje do kalibračního listu.

9.2 Kalibrace vertikálních složek profilu

Pro ověření správnosti vertikální složky se použije měřicí etalon hloubky s drážkami. Hloubka drážky se vyhodnotí parametrem **P_t** nebo přímým odečtem z grafického záznamu profilu. Obvykle se provádí měření v pěti řezech rozložených po pracovní části etalonu a výsledkem je **střední hodnota**.

Pokud není k dispozici etalon hloubky, lze použít dvojici koncových měrek vhodně odstupňovaných a přilnutých vedle sebe na planparalelním skle. Rovina skla se vyrovná s referenční rovinou přístroje a hrot se přejede přes obě měrky. Z grafického záznamu se vyhodnotí rozdíl výšky a porovná se s hodnotou vypočítanou z kalibračních listů použitých koncových měrek. Metoda s koncovými měrkami je vhodná pouze pro přístroje s **nezávislým vedením snímače a se zapisovačem (profilografy)**. Také tato zkouška se provádí jak při **PK**, tak při **RK**.

Vertikální složky:

- měření na etalonu hloubky (drážky, parametr P_t),
- alternativně přes rozdíl výšek koncových měrek na skle,
- měří se zpravidla v pěti řezech, výsledkem je střední hodnota,

- metoda s koncovými měrkami vhodná jen pro profilografy se zapisovačem.

9.3 Kalibrace horizontálních složek profilu

Ověření horizontálního zvětšení profiloměru se provádí na **etalonu rozteče** s pravidelnými drážkami trojúhelníkového profilu (typ C2 podle ČSN EN ISO 5436-1). Takové etalony se běžně používají i jako nastavovací pro dílenské přístroje. Pro účely kalibrace musí být z kalibračního listu známa hodnota **střední rozteče R_{Sm}** .

Postup:

- očistit a správně ustavit etalon; nastavit měřicí podmínky (rychlost, délka měření, cut-off, filtrace) shodně s podmínkami certifikace etalonu,
- provést **16 měření** rovnoměrně rozložených po funkční ploše etalonu,
- pro každé měření vyhodnotit parametr **R_{Sm}** , vypočítat střední hodnotu a směrodatnou odchylku,
- porovnat naměřenou střední hodnotu R_{Sm} s hodnotou uvedenou v kalibračním listu etalonu,
- určit **chybu horizontálního zvětšení** (relativně v %).

Poznámka:

Chyba horizontálního zvětšení má význam především při hodnocení **podélných a hybridních parametrů** (např. R_{Sm} , P_c , $R_{mr}(c)$). U čistě výškových parametrů (R_a , R_z , R_t , R_p , R_v) je její vliv zanedbatelný.

Shrnutí:

- Etalon: typ C2, známá R_{Sm} ,
- 16 měření po ploše, výpočet průměru a směrodatné odchylky,
- Porovnání $R_{Sm}(meas)$ vs. $R_{Sm}(cert)$, vyjádření chyby v %,
- Relevance hlavně pro R_{Sm} a hybridní parametry.

9.4 Kalibrace celého dotykového přístroje

Pro kalibraci přístroje se použije **sada etalonů drsnosti povrchu**. Sada obsahuje nejméně tři etalony, jejichž hodnoty pokrývají běžný rozsah drsností měřených v průmyslové praxi. Upřednostňují se **skleněné etalony sinusového profilu**, které jsou necitlivé na poloměr hrotu a mají kalibrovaný parametr **R_a** .

Před měřením na etalonech se vždy provede **kontrola hrotu pod mikroskopem** (viz čl. 8.1). Pokud je hrot vyštípnutý nebo poškozený, kalibrace se ukončí, aby nedošlo k poškození etalonů. Kalibraci nelze provést ani tehdy, pokud hodnota zbytkového profilu (R_a na skle dle čl. 9.1) výrazně překračuje očekávané rozmezí.

9.4.1 Základní nastavení přístroje

Před vlastní kalibrací se provede základní nastavení na **nastavovacím etalonu**, který je součástí přístroje. Nejčastěji se nastavuje parametr **R_a** . Tento etalon musí být **kalibrován akreditovanou laboratoří** podle zvláštního postupu. Nastavení se provádí vždy v souladu s návodem výrobce přístroje.

(PK, RK)

9.4.2 Měření chyby přístroje na etalonech

Po základním nastavení přístroje se provede vlastní kalibrace na **sadě etalonů drsnosti**. Na každém etalonu se provede **10 opakovaných měření parametru R_a** , případně i dalších parametrů, pokud to přístroj umožňuje.

Naměřené hodnoty se statisticky vyhodnotí – stanoví se **střední hodnota a směrodatná odchylka**. Tento postup umožňuje posoudit opakovatelnost přístroje a zjistit, zda jsou výsledky stabilní v průběhu měření.

Z kalibračního listu etalonu se převezme **referenční hodnota R_a** a její nejistota. Porovnáním referenční hodnoty s naměřeným průměrem se stanoví **odchylka (chyba) přístroje**.

Výsledky se přehledně zaznamenají do tabulky, která obsahuje:

- označení etalonu a jeho kalibrovanou hodnotu $R_a \pm U$,
- deset jednotlivých naměřených hodnot,
- vypočtenou střední hodnotu a směrodatnou odchylku,
- odchylku mezi etalonem a měřením (chybu přístroje).

Takto získané údaje tvoří základ pro celkové vyhodnocení kalibrace (viz kapitola 10) a pro následné stanovení nejistoty (viz kapitola 14).

(PK, RK)

Drsnost etalonu $E(\mu\text{m})$	Nejistota etalonu $U_E(\mu\text{m})$	Měření zkoušeným přístrojem na etalonech drsnosti $R_a(\mu\text{m})$										Střední měřená hodnota R_a $\bar{X}(\mu\text{m})$	Nejistota měření na etalonu $U_X(\mu\text{m})$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,266	0,008	0,268	0,270	0,272	0,272	0,268	0,274	0,275	0,268	0,272	0,271	0,271	0,002
0,895	0,026	0,890	0,855	0,900	0,892	0,895	0,900	0,892	0,895	0,900	0,900	0,892	0,009
3,233	0,095	3,12	3,21	3,20	3,18	3,18	3,16	3,20	3,16	3,21	3,20	3,182	0,018

Tab. 1. Záznam kalibrace přístroje

Hodnota etalonu $\pm$ nejistota $E \pm U_E$ μm	Střední měřená hodnota $\pm$ nejistota z 10 měření $\bar{X} \pm U_X$ (μm)	Chyba měřidla $\pm$ nejistota $(\bar{X}-E) \pm \sqrt{(U_X^2 + U_E^2)}$ μm	Chyba měřidla $\pm$ nejistota U ($k=2$) %
0,266 $\pm$ 0,008	0,271 $\pm$ 0,002	0,005 $\pm$ 0,008	1,8 $\pm$ 3,0
0,895 $\pm$ 0,026	0,892 $\pm$ 0,009	-0,003 $\pm$ 0,028	-0,3 $\pm$ 3,1
3,233 $\pm$ 0,095	3,182 $\pm$ 0,018	-0,051 $\pm$ 0,097	-1,6 $\pm$ 3,0

Tab. 2. Vyhodnocení kalibrace přístroje

Výsledná **chyba přístroje** se stanoví jako rozdíl mezi střední hodnotou naměřenou na etalonu a hodnotou uvedenou v jeho kalibračním listu.

Opakovatelnost měření se vyhodnotí výpočtem **směrodatné odchylky** z deseti opakování:

- s – směrodatná odchylka, n – počet měření (v našem případě 10).

$$U_x = 2 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,633 \cdot S$$

Nejistota měření přístroje se poté vyjádří jako kvadratický součet nejistoty etalonu a nejistoty z opakovaných měření. Podrobný rozbor zdrojů nejistot a postup jejich kombinace je uveden v kapitole 14.

Je třeba upozornit, že **nejistota etalonů drsnosti** bývá relativně vysoká. Běžně dosahuje hodnot kolem **3 % jmenovité hodnoty**. Při návaznosti v zahraničních laboratořích je možné u periodických profilů dosáhnout přibližně **2 %**. Podle některých metodik by měly být pro kalibraci používány i **etalony s nepravidelným profilem**, nicméně jejich kalibrace je obvykle zatížena ještě vyšší nejistotou.

10. Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Chybu přístroje stanovíme jako rozdíl mezi střední hodnotou naměřenou na etalonu a hodnotou uvedenou v jeho kalibračním listu.

Nejistota kalibrace je kombinací nejistoty etalonu a nejistoty z opakovaných měření. Přehledné vyhodnocení se provádí v tabulkách (viz tab. 2). Za výsledek kalibrace se považuje **chyba přístroje včetně rozšířené nejistoty měření** ($k = 2$, $P \approx 95 \%$). Hodnocení shody se provádí v souladu s dokumentem **ILAC G8:09/2019**.

Výrok o shodě:

Naměřené hodnoty vyhovují specifikaci ve shodě s příslušnou normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě byla zohledněna nejistota měření uvedená v tomto kalibračním listu s pravděpodobností pokrytí 95 % ($k = 2$). Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019, kap. 4.2.2 (binární výrok s ochranným pásmem; $w = 1U$).

Dovolená chyba profiloměru (drsnoměru) nebývá zpravidla výrobcem stanovena. Orientačně lze pro dílenské přístroje očekávat chybu (včetně nejistoty) v rozsahu $\pm$ **(5 až 10) %** z měřené hodnoty.

Poznámka:

Organizace uživatele může zavést kategorii měřidel s omezeným rozsahem použití. Tyto podmínky musí být uvedeny v příslušném interním předpisu (např. v Příručce kvality). Pří-

stroje s omezeným použitím se musí výrazně označit, aby se zabránilo jejich použití pro jiné účely.

10.2 Postup v případě neshody

Pokud přístroj **nevyhoví při kontrole hrotu nebo zbytkového profilu**, kalibrační laboratoř jej označí jako **nevyhovující** a předá zákazníkovi odděleně od ostatních měřidel.

Stejně se postupuje, pokud chyba přístroje **přesáhne 20 % z měřené hodnoty**.

Zadavatel kalibrace má v takovém případě tyto možnosti:

- stanovit vlastní dovolenou chybu a přístroj zařadit mezi měřidla s omezeným použitím,
- rozhodnout o opravě přístroje,
- rozhodnout o vyřazení přístroje z používání.

11. Kalibrační list, označení profiloměr (dílnský drsnoměr)

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat minimálně následující údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného profiloměru,
- e) datum přijetí profiloměru ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.5/02/25).
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použita při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (pracovní etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který lupu kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, který schválil kalibrační list, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je také prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a že kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak než celý (viz EA-4/02 M:2022)

Pokud největší naměřená chyba včetně rozšířené nejistoty měření je v absolutní hodnotě menší než dovolená chyba stanovená výrobcem nebo zákazníkem, lze v kalibračním listu uvést shodu s tímto požadavkem. Tento výrok o shodě musí být formulován v souladu s **ILAC G8:09/2019** a musí obsahovat odkaz na použitá rozhodovací pravidla (decision rules).

Výrok o shodě:

Naměřené hodnoty vyhovují specifikaci ve shodě s normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě **byla zohledněna nejistota měření** při kalibraci uvedená v tomto kalibračním listu s pravděpodobností pokrytí 95 % ($k = 2$). Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019, kap. 4.2.2 (binární výrok s ochranným pásmem; $w = 1U$).

Respektive:

Naměřené hodnoty **vyhovují** specifikaci ve shodě s normou / s požadavky zákazníka.

Pro výrok o shodě, **nebyla brána v úvahu nejistota měření** při kalibraci, která je uvedena v kalibračním listu. Zákazník a laboratoř sdílejí rizika spojená s chybným rozhodnutím v souladu s ILAC G8:09/2019 kap. 4.2.1 (binární výrok jednoduchého přijetí; $w = 0$).

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován. Výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo uloženy v elektronické podobě. V takovém případě je nutné, aby laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a tento záznam archivovala po stanovenou dobu.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předává zadavateli kalibrace. Kalibrační laboratoř si ponechá kopii kalibračního listu a archivuje ji spolu se záznamem o měření po dobu minimálně 5 let, pokud není legislativou, požadavky zákazníka nebo vnitřním předpisem stanovena doba delší (např. v leteckém či jaderném průmyslu po dobu životnosti zařízení).

Archivace se provádí chronologicky v listinné nebo elektronické podobě tak, aby byla zajištěna čitelnost, dohledatelnost a ochrana proti ztrátě či neoprávněným zásahům. Výsledky kalibrace mohou být rovněž zaneseny do kalibrační karty měřidla nebo do vhodného elektronického systému evidence měřidel.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrovanou měrku kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

12. Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou přidělena příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popřípadě revize kalibračního postupu je oprávněn provádět jeho zpracovatel; změny schvaluje vedoucí zpracovatele (zpravidla vedoucí kalibrační laboratoře nebo metrolog organizace).

13. Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava, schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14. Stanovení nejistoty při kalibraci profiloměru

Stanovení nejistoty kalibrace vychází z požadavků dokumentu EA-4/02 M:2022 a principů uvedených v GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement).

Při kalibraci profiloměru se uvažují zejména tyto složky nejistoty:

- **nejistota etalonu drsnosti** (u_E), která je převzata z kalibračního listu etalonu (Typ B),
- **nejistota z opakovaných měření** (u_X), stanovená z výsledků měření kalibrovaným přístrojem na daném etalonu (Typ A).

Další možné vlivy (např. stabilita teploty, vlhkost prostředí, ustavení etalonu) se při dodržení referenčních podmínek (viz kap. 6) považují za zanedbatelné.

Rozšířená nejistota kalibrace se stanoví podle vztahu:

$$U = 2 \cdot u_c = 2 \cdot \sqrt{u_E^2 + u_X^2} \quad v_{\{eff\}} = \frac{u_c^4}{\sum \left(\frac{u_i^4}{v_i} \right)}$$

kde se používá koeficient pokrytí $k = 2$, což odpovídá přibližně 95% pravděpodobnosti pokrytí. Efektivní počet stupňů volnosti se určuje Welch–Satterthwaiteovým vztahem, přičemž pro složku etalonu se předpokládá $v_E = \infty$ a pro složku opakování $v_X = n - 1 = 9$. V praxi vychází $v_{eff} \approx 9$, což odpovídá faktoru $k \approx 2,26$. Pro zjednodušení se však používá hodnota $k=2$ což je konzervativní a odpovídá běžné praxi akreditovaných laboratoří.

Jako příklad uvažujme etalon drsnosti s hodnotou $R_a = (3,233 \pm 0,095) \mu\text{m}$. Nejistota etalonu je:

$$u_E = \frac{0,095}{2} = 0,0475 \mu\text{m}$$

Na kalibrovaném etalonu drsnosti se provede 10 měření rozložených v pracovní oblasti. Z těchto měření se určí střední hodnota a nejistota z opakovaných měření u_X , viz též vzorec:

$$u_X = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0,027}{\sqrt{10}} = 0,009 \mu\text{m}$$

kde: s je směrodatná odchylka z $n = 10$ měření na etalonu, $R_a = 3,233 \mu\text{m}$ podle tabulky 2.

Výsledná nejistota kalibrace přístroje na etalonu $R_a = 3,233 \mu\text{m}$ je shrnuta v tabulce:

Zdroj nejistoty	Ozn.	Meze nejistoty μm	Faktor rozdělení b	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě μm
Etalon drsnosti $R_a=(3,233\pm 0,095)\mu\text{m}$	u_E	0,095	0,5	1	0,0475
Opakované měření při kalibraci profiloměru na etalonu	u_X	0,009	1	1	0,0090
Výsledná nejistota	u	Nejistota u ($k=1$) μm			0,0483
	U	Rozšířená nejistota U ($k=2$) μm			0,0970

Tab. 5. Odhad nejistot při kalibraci profiloměru

Rozšířená nejistota při kalibraci profiloměru na etalonu $R_a = 3,233 \mu\text{m}$ je $0,097 \mu\text{m}$, což vyjádřeno v procentech:

$$U_{\%} = \frac{0,097}{3,233} \cdot 100(\%) = 3,0(\%)$$

jak je uvedeno v tab. 2

Postup předpokládá využití tabulkového kalkulátoru, (např. EXCEL), kde je možno v uvedených tabulkách spočítat výsledek a vyhodnotit nejistoty automaticky v průběhu měření.

Nejistota etalonů drsnosti bývá hlavním limitujícím faktorem kalibrace. Obvykle se pohybuje kolem 2–3 % jmenovité hodnoty, u etalonů s nepravidelným profilem může být ještě vyšší.

15. Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.7.2. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Upozornění

Tento kalibrační postup byl zpracován a posouzen v rámci úkolu rozvoje metrologie, řešeném pro Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pod číslem PRM VII/2/25. Vzhledem k tomu nesmí být rozmnožován ani předáván jiným organizacím bez souhlasu České metrologické společnosti.

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).