



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Metodika provozního měření

MPM 1.2.2/02/18

**METODIKA MĚŘENÍ VODOVÁHAMÍ A SKLONOMĚRY
VE STAVEBNICTVÍ**

(Měření rovinných úhlů ve svislé rovině)

Praha
říjen 2018

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2018

Číslo úkolu: VII/3/18

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

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

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

1 Předmět metodiky

Metodika se zabývá určením sklonu při stavebních pracích. Jde o spády potrubí, vozovek, venkovních ploch a plochých střech, kde se spád vyjadřuje zpravidla v poměrových jednotkách a měří se zpravidla pomocí vodováhy. Druhou oblastí je měření sklonů tesařských konstrukcí, kde se používají zpravidla sklonoměry a měří se v úhlových stupních. Pro vytyčování úhlů ve vodorovné rovině se užívá převážně teodolit, což není předmětem této metodiky. Metodika řeší stanovení sklonů v úhlových a poměrových jednotkách, jejich přepočty a postup měření klasickými i moderními prostředky. Dále se metodika zabývá stanovením zdrojů chyby měření a odhadem nejistoty výsledku. Jsou popsány i běžné uživatelské kontroly správnosti měřidla.

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu jakosti - Požadavky	[L1]
EA-4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[L2]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[L3]
ČSN 25 5155	Tesařské uholníky	[L4]
DIN 2276 Teil 1	Neigungsmessgeräte mit Röhrenlibellen	[L5]
DIN 877	Neigungsmessgeräte (Richtwagen)	[L6]
KP 1.2.2/05/10/N	** Podélná vodováha pro stavebnictví	[L7]
KP 1.2.2/02/08/N	** Klinometr (sklonoměr)	[L8]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L9]
Ing. Igor Brezina	Základy metrologie úhlov ALFA 1982	[L10]
Nařízení vlády č. 464/2005 Sb.	Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na měřidla	[L11]

** Kalibrační postupy dostupné v tištěné formě (za úplaty) v sekretariátu ČMS

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření vodováhami a sklonoměry je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu, v krajním případě certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení

pracovníka a důležitosti prováděné měřicí operace.

4 Názvosloví, definice

Vodováha pro stavebnictví (zednická vodováha) je měřicí přístroj na kontrolu vodorovných a svislých ploch a na určení odchylky od vodorovné roviny.

Libela (ve smyslu tohoto postupu) je indikační zařízení malých úhlů. Libely byly původně vyráběny z teploměrového skla ve tvaru zakřivených trubíc a plněny lihem. Libely moderních vodováh jsou soudkového tvaru a jsou vyrobeny z plastických hmot. Soudkový tvar trubice zajišťuje necitlivost pozice bubliny k bočnímu sklonu vodováhy.

Chyba libely (přesnost vodováhy) je poměrné číslo (mm/m) které udává, o kolik se liší vodorovná rovina určená vodováhou od ideální vodorovné roviny. Chyba na otočku je dvojnásobkem chyby libely.

Citlivost libely je poměrné číslo, které určuje, o kolik je třeba naklonit libelu, aby se bublina posunula ze střední polohy k rýsce. V praxi se udává v jednotkách mm/m.

Sklonoměr pro stavebnictví je úhломěr doplněný o indikátor vodorovné roviny.

MPE je extrémní hodnota chyby s konstantními symetrickými mezními hodnotami zpravidla udávaná výrobcem měřidla.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), a v publikacích zaměřených na metrologickou terminologii.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

- Vodováha pro stavebnictví (zednická vodováha),
- sklonoměr (elektronický úhломěr s referenční libelou),
- podložné nebo spárové měrky známé tloušťky, případně posuvné měřítko,
- vodorovná rovina (deska, traverza),
- úhelník 90° (není bezpodmínečně nutný),
- venkovní teploměr.
- čisticí prostředky: hadr, pilník, smirkový papír.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Teplotní rozsah použitelnosti měřidel určuje výrobce. Například obdobně jako uvádí NV č. 464/2005 Sb., může uvést některé z rozmezí uvedených v tabulce:

	Teplotní meze			
Horní teplotní mez	30 °C	40 °C	55 °C	70 °C
Dolní teplotní mez	5 °C	-10 °C	-25 °C	-40 °C

Pro měření pokud možno volíme první z rozsahů.

- teplota prostředí: (5 až 30)°C,
- nekorozní prostředí, vlhkost vzduchu: do 80% RH.

7 Metrologické meze využití metody měření

Vodováhy se používají pro určení vodorovné roviny. Přestože jde v podstatě o úhlová měřidla malých úhlů, pracuje se s nimi obvykle v poměrových jednotkách (mm/m). Dovolena chyba (MPE) vodováh bývá obvykle (0,5 až 1,0) mm/m tj. (1'43" až 3'26").

Typická citlivost vodováhy od střední polohy k rysce je 3 mm/m, což v úhlových jednotkách je:

$$3 \text{ mm/m} = 0,172^\circ$$

Dovolena chyba úhloměru bývá (0,1 až 0,2)° což v přepočtu je:

$$0,2^\circ = \text{tg } 0,2 * 1000 = 3,49 \text{ mm/m}$$

Z toho je patrné, že pokud se bublina vodováhy pohybuje mezi ryskami, je pro sklonoměr dostačující referencí.

Dovolena chyba sklonoměru 0,2° pro obecný úhel představuje na metru chybu přibližně 3,5 mm. Tato chyba vyhovuje při běžných stavebních (tesařských) pracích.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

8.1 Kontrola vodováhy

8.1.1 Kontrola dosedací plochy a vzhledová kontrola.

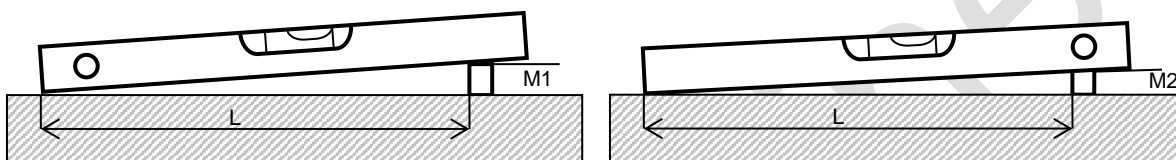
Zkontroluje se stav funkční (dosedací) plochy vodováhy. Vodováha se nesmí kolébat. Sezení se kontroluje na rovné ploše. Naraženiny a přílepkové látky se odstraní pilníkem. Kontroluje se stav hlavní i příčné libely (prostým okem). Pohyb bubliny musí být plynulý,

bez zpoždění a skoků.

8.1.2 Chyba hlavní libely

Dovolenou chybu libely (MPE) udává zpravidla výrobce a bývá 0,5 mm/m nebo 1mm/m. Zkoušku lze provádět na rovinné ploše na otočku odhadem střední polohy bubliny.

Přesněji lze zkoušku provádět tak, že se vodováha podkládá ve známé vzdálenosti L podložkami na rovinné ploše. Pro vodováhu délky 60 cm volíme např. $L = 0,5$ m. V základní poloze podložíme vodováhu sestavou podložek tak, aby se bublina okrajem dotýkala rysky. Zaznameneáme výšku podložení $M1$. Potom vodováhu otočíme o 180° a na stejném místě ji opět podložíme měrkami tak, aby se bublina dotýkala druhé rysky. Opět zaznameneáme výšku podložení $M2$.



Potom chyba libely:

$$E = \frac{|M1 - M2|}{2L} \quad (1)$$

kde: E - chyba (nepřesnost) vodováhy v mm/m,
 $M1, M2$ - výšky podložek v mm,
 L - vzdálenost podepření v metrech.

8.2 Kontrola sklonoměru



Digitální sklonoměr s rameny

Měřicí rozsah : (0 – 180)°

Dovolená chyba:
MPE = ±0,1°



Vodováha se sklonoměrem

Měřicí rozsah : (0 – 90)°

Rozlišení: 0,1°

Dovolená chyba:

MPE = ±0,2°

8.2.1 Kontrola základní funkce

Stavební sklonoměr je kombinovaný přístroj, který obsahuje elektronický úhloměr a bublinovou libelu k určení vztažné vodorovné roviny. Po zapnutí se při zavřených ramenech má zobrazit údaj 00,0°. Pohyb ramen má být bez vůle, plynulý, ne však samovolný.

8.2.2 Kontrola v mezních polohách

Přístroj se kontroluje při zavřených ramenech, kdy má být na displeji údaj 00,0°. Potom se ramena se rozevřou a přiloží na rovinnou plochu. Má se objevit údaj 180,0°. Pokud je k dispozici přesný úhelník, je možno zkontrolovat polohu 90,0°. Dovolená chyba měření úhlů je podle typu měřidla a velikosti úhlu (0,1 až 0,2)°

Vodováha sklonoměru má parametry běžné stavební vodováhy a kontroluje se shora popsáním způsobem. Chyba referenční vodováhy v nule (na otočku) není kritická, jak je zdůvodněno v kap. 7.

Měřidlo, které vykazuje nedostatky, nelze dále k měření používat. Seřízení úhlooměru je možno provést pouze u výrobce.

9 Postup měření

9.1 Měření malých úhlů (sklonů).

Pro měření malých úhlů ve vodorovné rovině (malých sklonů) se používá vodováha. Malé sklony se z praktických důvodů vyjadřují v poměrových jednotkách (mm/m). Vodováhou se sklony měří zpravidla tak, že se podkládá na vzdálenosti 1m vhodnými měrkami (podložkami). Pro opakovaná měření (spádování potrubí, rovných střech apod.) se může vyrobit podložný klín (klínová lať). Měření sklonů s bublinou mimo rysky není správné a spolehlivé.

Pro přepočítání na úhlové jednotky přibližně platí:

$$0,1^\circ = 1,75 \text{ mm/m}$$

Tento vztah můžeme v praxi považovat za lineární až do úhlu 5°.

9.2 Měření velkých úhlů (sklonů)

Elektronický úhloměr může měřit vnější i úhly v libovolné poloze. K měření lze využít vnitřní i vnější stranu měřících ramen. Měřený úhel se odečítá na displeji ve stupních na

jedno desetinné místo. Pro měření sklonů se využívá bublinová vodováha, kterou se spodní (pevné) rameno ustaví do vodorovné polohy. Příložným ramenem se pak změří (vytýčí) příslušný sklon. Protože se ramena samovolně nepohnou, lze přístroj použít k přenášení úhlů a sklonů.

10 Stanovení nejistoty měření při (příklad)

Má se změřit sklon šikmé střechy pro posouzení vhodnosti zvolené krytiny. Měří se sklonoměrem s referenční vodováhou a úhломěrem s rozlišením $0,1^\circ$. Dovolena chyba měřidla $MPE = 0,2^\circ$.

Provede se dostatečný počet měření na krokvích např. $n = 9$ s těmito výsledky.

28,4° 28,8° 28,7° 28,9° 28,8° 28,7° 28,4° 27,8° 28,2°

Střední hodnota měření (zaokrouhleně): $X = 28,5^\circ$

Směrodatná odchylka (zaokrouhleně): $s = 0,36^\circ$

Nejistota z opakovaných měření: $u_A = s / \sqrt{n} = 0,36 / \sqrt{9} = 0,12^\circ$

Faktor rozdělení $b = 0,5$ platí pro normální rozdělení pravděpodobnosti.

Citlivostní koeficient 1 znamená, že uvažované veličiny se vzájemně neovlivňují.

Chyba přiložení ramene je závislá na nerovnostech povrchu měřeného objektu a kolmosti přiložení ramene k povrchu objektu.

Střední hodnotu a nejistotu z opakovaných měření zahrneme do výpočtové tabulky, kde jednotlivé příspěvky k nejistotě jsou sečteny kvadraticky:

Veličina	Odhad míry	Meze nejistot	Faktor rozdělení b	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě
Opakovaná měření sklonu	28,5	0,12	1	1	0,12
Měřidlo – úhломěr $MPE = 0,2^\circ$	-	0,2	0,5	1	0,10
Referenční libela $2 \text{ mm/m} = 0,12^\circ$	-	0,12	0,5	1	0,06
Chyba přiložení ramene $2 \text{ mm/m} = 0,12^\circ$	-	0,12	0,5	1	0,06
Výsledný sklon	28,5	Nejistota u ($k = 1$) μm			0,18

Hodnoty jsou uvedeny v úhlových stupních.

Rozšířená nejistota: $U = 2 \cdot u = 2 \cdot 0,8 = 0,36^\circ$

Zaokrouhleno nahoru na desetiny: $U = 0,4^\circ$

Výsledný naměřený sklon: $(28,5 \pm 0,4)^\circ$

11 Záznamy o měření

Pokud má organizace stanoveny konkrétní záznamy o měření, využijí se. Úroveň záznamu je dána důležitostí měřicí operace a jeho rozsah stanoví odpovědný pracovník subjektu (technolog, metrolog atd.)

Tyto záznamy mohou obsahovat například:

- a) identifikace pracoviště provádějícího měření,
- b) pořadové číslo záznamu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) informace o měřidle,
- d) veličiny ovlivňující měření v okamžiku měření a způsob jejich kompenzace,
- e) název výrobní operace,
- f) datum měření, (případně i čas),
- g) označení použité metodiky měření (v našem případě např. MPM 1.1.2/02/18)
- h) měřidla použitá při měření,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s danou technologickou tolerancí,
- k) jméno pracovníka, provádějícího měření, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko pracoviště.

12 Péče o metodický postup

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

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele 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

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

Upozornění

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.