

Rozvoj technické základny NMS podle jednotlivých oborů metrologie

I. Měření hmotnosti

Měření hmotnosti (neformálně vážení) je jedním z nejrozšířenějších měření v technické praxi. Lze je nalézt ve vědě, výzkumu, výrobě, obchodu, službách (především logistice), dále v oblasti ochrany životního prostředí a v zemědělství. Měření hmotnosti je také základem pro mnoho nepřímých metod měření, například pro chemické analýzy, vědecký výzkum, biologii, zdravotnictví. Značnou část rozsahu aplikací pokrývá průmyslová vážicí technika, která v ČR v poměrně krátké době prodělala výraznou technologickou změnu. V tomto oboru jsou následující cíle:

- i. Vývoj a implementace nových metod v oblasti vysokorychlostního kontrolního vážení silničních vozidel
Termín: 12/2022
- ii. Vypracování zpřesněné metody primární etalonáže jednotky hmotnosti v rozsahu 1 mg – 20 kg
Termín: 12/2023
- iii. Nové metody pro podporu digitalizace legální metrologie při používání vah v závazkových vztazích
Termín: 12/2023
- iv. Digitalizace a automatizace procesů metrologické kontroly hotově baleného zboží včetně vypracování příslušných nových metod
Termín: 12/ 2024
- v. Návrh nového etalonu hmotnosti pro oblast měření hmotnosti ve vakuu a přenos jednotky hmotnosti mezi různými prostředími
Termín: 12/2026

II. Metrologie elektrických a magnetických veličin

Měření elektrických a magnetických veličin jsou jedněmi z klíčových oborů měření pro velké množství průmyslových procesů a vědních oborů. Mimořádný ekonomický význam má přesné měření zejména ve výrobě, v distribuci a spotřebě elektrické energie, v komunikacích a v dopravě. Neopomenutelné jsou ale i aplikace v „neekonomických“ oblastech, například v oblasti zdraví a bezpečnosti. Rychle se rozvíjející oblastí, která vyžaduje značnou metrologickou podporu, je zejména přenos a distribuce elektrické energie prostřednictvím inteligentních sítí. Další prioritní oblastí je metrologické zajištění pro charakterizaci elektromagnetických vlastností nových materiálů. Rozvoj metrologie elektrických veličin je zaměřen především na dobudování a modernizaci souboru etalonů a rozšíření měřících schopností.

- a) V oboru metrologie ss odporu je cílem:
- i. Zajištění měření komplexní závislosti primárních a vysoce přesných etalonů elektrického odporu a impedance a měřicích přístrojů při provozních podmínkách - tlaku, teplotě a vlhkosti
Termín: 12/ 2024
- b) V oboru metrologie nf střídavého napětí je cílem:
- i. Integrace PJVS do automatizovaných měřicích systémů ČMI
Termín: 12/2024
 - ii. Vypracování nové metody pro porovnávací měření PJVS s termokonvertory
Termín: 12/2026
- c) V oboru metrologie vf elektrických veličin je cílem:
- i. Realizace zajištění návaznosti pro etalonáž intenzity elektromagnetického pole v pásmu 40 GHz až 50 GHz
Termín: 12/2023
 - ii. Zajištění etalonáže intenzity elektromagnetického pole v kmitočtovém pásmu do 1 GHz pro sondy reagující na magnetickou složku pole
Termín: 12/2024
 - iii. Zajištění metrologické návaznosti pro zkušební a měřicí přístroje a pomocná zařízení pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti s využitím vektorového analyzátoru obvodů
Termín: 12/2025
- d) V oboru metrologie střídavých proudů je cílem:
- i. Zpřesnění metrologického zajištění malých AC proudů (pod 10 mA)
Termín: 12/2024
- e) V oboru metrologie elektrické impedance je cílem:
- i. Vývoj a realizace digitálních vzorkovacích impedančních můstků pro kalibrace etalonů impedance pod 10 Ω v plné komplexní rovině do 1 MHz
Termín: 12/ 2022

- ii. Rozšíření kmitočtového rozsahu vzorkovacího impedančního můstku z bodu i) do 100 MHz v přesnostech postačujících pro kalibrace RLC metrů
Termín: 12/2025
 - iii. Rozšířit pracovní rozsah střídavého kvantového etalonu impedance na bázi Hallova jevu do kmitočtu 20 kHz
Termín: 12/2025
- f) V oboru metrologie elektrického výkonu a práce je cílem:
- i. Zajistit metrologickou návaznost státního etalonu elektrického výkonu na kvantový etalon střídavého napětí
Termín: 12/2023
 - ii. Vývoj a realizace etalonu fázoru pro kalibrace kalibrátoru fázoru včetně vývoje nové metody měření
Termín: 12/2026
- g) V oboru metrologie magnetických veličin je cílem:
- i. Zajištění metrologické návaznosti měření pulsních magnetických polí
Termín: 12/2022
- h) V oboru elektrického náboje je cílem:
- i. Zajištění metrologické návaznosti pro měřiče elektrického náboje
Termín: 12/2023

III. Metrologie v chemii a biologii

Metrologie v chemii (metrologie látkového množství) zasahuje např. do petrochemie, zemědělství, potravinářství, zpracování odpadů, zdravotnictví, klinické biochemie, ale i např. do hutního průmyslu, kde produkce směřuje k výrobě vysoce kvalitních materiálů podmíněné špičkovou měřicí technikou. V této oblasti bude metrologie využívat decentralizovaný systém metrologického zabezpečení. V ČMI je volena cesta relativně úzké specializace.

- a) V oboru metrologie plyných směsí jsou hlavní cíle zaměřeny na:
- i. Vybudování pracoviště pro analýzu energetických plynů s obsahem vyšších uhlovodíků (pro uhlovodíky až do C16) včetně zajištění gravimetrické přípravy referenčních materiálů
Termín: 12/2024

- ii. Vývoj nových metod pro analýzu a gravimetrickou přípravu alternativních plyných paliv (bioplyn, biomethan, zemní plyn s vyšším obsahem vodíku, vodík)
Termín: 12/2024

b) V oboru metrologie fyzikální chemie je cílem:

- i. Vyhlášení nového státního etalonu elektrolytické konduktivity v rozsahu (0,055 - 50) $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
Termín: 12/2024
- ii. Vývoj a realizace nových metod pro měření znečištění vodíku
Termín: 12/2025

c) V oboru biochemie je cílem:

- i. Vývoj nové metody pro identifikaci vybraných návykových látek v neznámých vzorcích
Termín: 12/2023

IV. Metrologie průtoku a objemu tekutin

Do tohoto oboru spadá měření průtoku a objemu kapalin a zkapalněných plynů (zejména voda, kapalné potraviny, ropa, ropné produkty a další). V oblasti plynů je to zejména měření protečeného objemového nebo hmotnostního množství plynu, průtoku plynu a také anemometrie.

- i. Realizace rozšíření rozsahu státního etalonu v oboru metrologie malých průtoků kapalin od 1ml/h
Termín: 12/2022
- ii. Vývoj a realizace mobilního etalonážního zařízení pro zkoušky výdejných stojanů na stlačený vodík
Termín: 12/2023
- iii. Zlepšení nejistoty měření státního etalonu rychlosti proudění vzduchu
Termín: 12/2025
- iv. Zavedení zkoušek plynoměrů a průtokoměrů za vyššího statického tlaku pro nízké průtoky
Termín: 12/2025
- v. Vývoj nových metod měření parametrů chytrých plynárenských sítí
Termín: 12/2025

V. Metrologie teploty, vlhkosti a termálních veličin

Měření teploty je důležité pro širokou škálu oblastí a aplikací v průmyslu (metalurgie, chemie a biochemie, kvantová výpočetní technika), ve zdravotnictví a v životním prostředí (monitorování a poskytování informací o klimatu a klimatické změně, o ovzduší, o půdě a o vodě). Tento obor zajišťuje metrologické služby v oblasti kontaktního i bezkontaktního měření teploty, kalibrace teploměrů, kalibrace celých měřicích řetězců, obdobně pak i v oboru vlhkosti. S oborem teploty bezprostředně souvisí také metrologie tepelné energie a termofyzikálních vlastností materiálů. Koncepce rozvoje měření tepelně-technických veličin je rozdělena do následujících základních kategorií.

a) V oboru kontaktní termometrie je cílem:

- i. Realizace jednotky termodynamické teploty podle nové definice jednotky Kelvin
Termín: 12/2025

b) V oboru bezkontaktní termometrie je cílem:

- i. Vývoj systému pro kalibrace IČ teploměrů, termokamer a černých těles při různých vlnových délkách
Termín: 12/2023
- ii. Metrologické zajištění měření emisivity v závislosti na vlnové délce záření prostřednictvím IČ spektrometrie
Termín: 12/2025
- iii. Realizace jednotky termodynamické teploty podle nové definice jednotky Kelvin pro teploty nad 1000 °C relativní metodou
Termín: 12/2026

c) V oboru měření vlhkosti pevných látek a plynů je cílem:

- i. Vývoj nové metody měření fyzikálně-chemických parametrů dvousložkového systému kapalina-pára pro vodu
Termín: 12/2023
- ii. Rozšíření metrologického zajištění měření relativní vlhkosti suchého vzduchu v rozsahu pod 10 % za atmosférického tlaku
Termín: 12/2024

d) V oboru termofyzikálních vlastností materiálů je cílem:

- i. Zavedení nové metody měření tepelné stability a tepelné degradace (izolačních) materiálů s využitím vysokoteplotní komorové pece
Termín: 12/2022
- ii. Zajištění metrologické návaznosti pro měření tepelné vodivosti a tepelné difuzivity nestacionární metodou (TPS)
Termín: 12/2023
- iii. Implementace měření termofyzikálních vlastností pro tenké vrstvy
Termín: 12/2026

VI. Metrologie akustiky a kinematiky

Rozvoj metrologie akustických a kinematických veličin bude zaměřen nejen do standardních oblastí, jako je průmysl, doprava nebo zdravotnictví, ale v případě akustiky i do oblastí umění, multimédií, komunikačních technologií i moderních technologií zábavního průmyslu tak, aby se metrologické možnosti přizpůsobily poptávce po metrologických službách i v těchto oborech. Koncepce rozvoje akustiky a kinematiky je rozdělena na dvě základní části, metrologii akustiky a metrologii kinematiky.

a) V oboru metrologie akustiky je cílem:

- i. Realizace nové metody kalibrace akustického kalibrátoru pomocí automatizovaného měřicího systému
Termín: 12/2023

b) V oboru metrologie kinematiky je cílem:

- i. Konstrukce nového měřicího systému pro kalibrace pulsů snímkového synchronizačního kmitočtu rychloběžných kamer pro záznam velmi rychlých pohybů objektů včetně vypracování nové metody měření
Termín: 12/2022
- ii. Nová metoda metrologického zajištění měřidel rychlosti objektů do 20 m/s pomocí laserového interferometru
Termín: 12/2022

VII. Metrologie síly a momentu síly

Potřeba metrologických služeb v těchto oborech veličin odpovídá situaci průmyslu v ČR. Nadále ubývá těžkého strojírenství a hutnictví, tudíž také velkých siloměrů a velkých měřidel momentu síly. Naopak další nárůst požadavků na kalibraci je zaznamenán u měřidel nižších jmenovitých rozsahů, používaných pro montážní práce na výrobních linkách apod. Takové snímače síly a momentu síly nacházejí uplatnění hlavně v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu, jejichž další rozvoj v příštích letech lze předpokládat. Ve stavebnictví jsou požadavky stále a rozšiřování požadavků na metrologické výkony se nepředpokládá.

a) V oboru metrologie síly je cílem:

- i. Automatizace státních etalonů síly ESZ 500 N a ESZ 3 kN
Termín 12/2024

b) V oboru metrologie momentu síly je cílem:

- i. Rozvoj nových metod pro kalibrace atypických měřidel síly a momentu síly pro pokročilé průmyslové aplikace
Termín 12/2025

VIII. Metrologie ionizujícího záření

Obor metrologie ionizujícího záření se uplatňuje v mnoha oblastech průmyslu, aplikovaného výzkumu a ochrany životního prostředí a je nepostradatelný zejména pro zdravotnictví a jadernou energetiku. Smyslem navržených cílů je zajištění metrologických potřeb, které vyplynou z rozvoje těchto oblastí. V oboru metrologie ionizujícího záření je cílem:

- i. Zajištění nové metody etalonáže veličiny emise pro plošné radionuklidové zdroje
Termín: 12/2023
- ii. Obnova a charakterizace referenčního zdroje ^{252}Cf pro metrologické zabezpečení stávajících a nových jaderných energetických zdrojů a jiných provozů v ČR
Termín: 12/2024
- iii. Vytvoření nové metodiky měření a metrologické návaznosti pro neutronové zdroje o velmi malých emisích v řádech $(10 - 10^4) \text{ s}^{-1}$ dle strategie CCRI
Termín: 12/2025
- iv. Vybudování metrologických prostředků pro oblast megavoltových energií záření X
Termín: 12/2026

IX. Nanometrologie

V oboru nanometrologie je trendem rozvoj metod pro měření rozměrů a dalších fyzikálních veličin s rozlišením v řádu nanometrů, zejména v oblasti zlepšení metrologické návaznosti pro měření veličin využívaných v nanotechnologiích, jako jsou síla a mechanické vlastnosti (MEMS, nanokompozity), rozložení teploty a elektrických veličin (mikroelektronika) a optická odezva (solární články, fotonika). Metrologická návaznost v těchto oborech je poměrně komplikovaná a omezení možností měřicí techniky a související metodologie tak často brání přechodu z fáze

výzkumu a vývoje do oblasti průmyslových aplikací. Pro období 2022-2026 se jedná o následující cíle:

- i. Snížení nejistoty měření úhlu na planárních strukturách pod 50 μ rad
Termín: 12/2022
- ii. Zabezpečení metrologické návaznosti pro měření topografie v rozsahu větším než 5x5 cm s nejistotu polohování menší než 10 nm
Termín: 12/2023
- iii. Realizace metru pomocí atomární mřížky křemíku pro zajištění metrologické návaznosti v nanometrologii
Termín: 12/2024
- iv. Zavedení technologie multisenzorových měření pro charakterizaci toku energie v mikro- a nanoměřítku a jejich využití při měření v oblasti nových nanostrukturovaných materiálů
Termín: 12/2025
- v. Přejít na bezkontaktní senzory pro měření 3D objektů v nanoměřítku s nejistotou v řádu jednotek nm
Termín: 12/2026

X. Metrologie tlaku a vakua

Obor je významný pro celou řadu průmyslových aplikací, zdravotnictví, ochranu životního prostředí. Zejména obor vakua je klíčový pro zajištění provozu pokročilých technologií. Projevuje se zde znatelný trend růstu požadavků na metrologické zajištění v čím dál vyšším vakuu. V oblasti metrologie tlaku a vakua je záměrem zlepšovat nejistoty státních etalonů, rozšířit technické parametry primární etalonáže, zvýšit automatizaci měření a výpočtů a reagovat na nové požadavky klíčových oborů, např. plynárenství.

V oboru metrologie tlaku a vakua je cílem:

- i. Vývoj nové metody pro zajištění metrologické návaznosti simulátorů oscilometrických signálů (dynamických tlaků s nízkou frekvencí i amplitudou) pro měřidla krevního tlaku
Termín: 12/2023
- ii. Snížení nejistot etalonáže velmi vysokých přetlaků v olejovém médiu v rozsahu do 1 GPa
Termín: 12/2025
- iii. Rozšíření metrologického zajištění etalonáže vakua pro směsi plynů
Termín: 12/2026

XI. Metrologie tvrdosti

Tvrdot je jedna ze základních mechanických vlastností materiálů. V mnoha případech její přesné měření je klíčovým faktorem pro konstrukci či zajištění kvality a dlouhodobé životnosti výrobků v technické praxi. V současné době je stále častěji v řadě průmyslových oborů používána metoda měření mikrotvrdoti. Dalším trendem je automatizace měření, která umožňuje rychlejší a přesnější měření. V návaznosti na tento trend bude v oboru tvrdosti cílem:

- i. Rozšíření státního etalonu tvrdosti Brinell o modifikovanou metodu Brinell

Termín: 12/2025

XII. Metrologie délky a rovinného úhlu

Jednotka délky jeden metr je odvozena z rychlosti šíření světla. Proto zdroje záření lasery a přístroje pracující s lasery (lasertracker, lasertracer, laserscanner, laserový interferometr a další) mají vysokou prioritu v oblasti výzkumu. Na tyto přístroje navazují optické přístroje a dále mechanické dotykové přístroje. Stále více se využívají a rozvíjejí metody kvantové fyziky, optiky, důležitou roli hraje rozvoj elektroniky a řízení. Rozsah měření délek je velký od měření atomových mřížek, přes nano a mikro metrologii, přes strojírenská měření a dále přes geodetické měření až k měření kosmických rozměrů.

V poslední době nabývá na významu měření ne jenom v jedné ose, ale ve dvou a třech osách - 3D-třídídimensionální (souřadnicová) metrologie. Ta je zabezpečována 3D měřicími stroji, lasertrackery, optickými skenery a mnoha dalšími přístroji.

K těmto třem měřeným osám dále přistupuje měření času. Mnoho přístrojů měří dobu návratu odraženého laserového paprsku a z této doby se určuje vzdálenost na základě znalosti rychlosti šíření světla. Potřeba současného měření délky a času vede i k měření rychlosti a zrychlení, což je využíváno např. u laserových interferometrů, u měřicích přístrojů rychlosti (optické brány) nebo např. při měření velkých až meziplanetárních vzdáleností.

Pod obor měření délek patří i měření rozměrů, tvarů, odchylek tvarů, drsnosti a vlnitosti, měření obecných ploch a v neposlední řadě úhlu. Úhel se měří a vyhodnocuje na základě buď rovinné a prostorové trigonometrie, nebo pomocí speciálních přístrojů.

Metrologie délky úzce zasahuje do měření dalších veličin a jednotek jako je tlak (měření plochy pístu), rychlost, zrychlení, moment síly a další. Je důležitá v nových technologiích (výroba nano vláken, 3D tisk atd.).

Metrologie délky je rovněž využívána v zeměměřictví. Pro tyto účely je uchováván státní etalon délky 25 m až 1450 m.

- a) V oboru metrologie délky je cílem:

- i. Vývoj nové metody, návrh a konstrukce zkušební etalonového zařízení pro metrologickou návaznost bezkontaktních měřiček délek

Termín: 12/2022

- ii. Zajištění přímé návaznosti ze státního etalonu geometrických rozměrů 3D objektů na nejpřesnější skenery s modrým světlem pro potřeby zdravotních přístrojů, zdravotních pomůcek a náhrad i pro výroby nových technologií

Termín: 12/2023

- iii. Vývoj nové metody pro kalibraci a ověřování měřidel pro komplexní parametrická vícerozměrná měření
Termín: 12/2024
- iv. Vývoj nové metody kalibrace lasertracerů pomocí kalibračních těles pro využití lasertracerů ke kalibračním strojům a přístrojům moderních technologií
Termín: 12/2025
- v. Na základě využití vyhodnocených přímých měření délek mezi pilíři etalonu a měření náklonů na jednotlivých pilířích bude dán návrh na zpřesnění parametru státního etalonu délky 25 m až 1450 m
Termín: 12/2024

b) V oboru metrologie rovinného úhlu je cílem:

- i. Vývoj nové metody pro automatické kalibrace přesných optických polygonů
Termín: 12/2025

XIII. Metrologie optických veličin

Radiometrická a fotometrická měření jsou důležitá pro širokou škálu průmyslových odvětví a aplikací, včetně osvětlení, polovodičové techniky, fotovoltaiky, optické komunikace, automobilového průmyslu, sledování změn klimatu ad. Spektrální rozsah měřených veličin je (200 - 50 000) nm. Toto vymezení respektuje členění oboru postupně ustálené v rámci CCPR BIPM a následně v databázi KCDB CIPM.

a) V oboru radiometrie je cílem:

- i. Zajištění metrologické návaznosti radiometrů a spektro-radiometrů pro měření erythemie UV záření pro vyhodnocení rizika poškození lidské pokožky, zajištění mezinárodní ekvivalence měření na úrovni BIPM CCPR (nejistota měření na úrovni 3,5 % relativně)
Termín: 12/2023
- ii. Vývoj nové metody metrologické charakterizace detektorů pro monitorování fotovoltaických systémů aplikovaných dle IEC 61724
Termín: 12/2024
- iii. Vybudování primárního etalonu pro charakterizaci systémů měření autokorelačních funkcí kvantových jednofotonových zdrojů pro systémy kvantové fotoniky
Termín: 12/2025

b) V oboru fotometrie je cílem:

- i. Implementace kvantově predikovatelného absolutního detektoru (PQED) jako primárního fotometru pro zajištění SI návaznosti veličiny svítivosti v oboru fotometrie LED světelných zdrojů včetně vývoje nových metod měření

Termín: 12/2023

- ii. Vývoj a implementace nových typů sekundárních etalonů celkového světelného toku založených na LED zdrojích pro efektivní zajištění průmyslových kalibrací veličiny v ČMI včetně vývoje nových metod měření

Termín: 12/2025

XIV. Metrologický software

Validace metrologického softwaru patří mezi základní procesy při schvalování typu měřidel podle zákona o metrologii nebo při posuzování shody stanovených výrobků podle směrnic EU aplikovaných na měřidla. Software se dostává do stále většího množství měřicích přístrojů napříč jednotlivými obory a nabývá na stále větší důležitosti. Je proto nezbytné vytvořit pevnou základnu pro realizaci funkčního testování a podmínky k dalšímu vývoji nových testovacích metodik vzhledem k nově nastupujícím technologiím, které začínají být implementovány v praxi. V rámci validace metrologického softwaru jsou prováděny zkoušky ve shodě s právně závaznými předpisy pro jednotlivé druhy měřidel s využitím aktuální verze mezinárodního dokumentu WELMEC Software Guide 7.2 za účelem prokázání shody se stanovenými požadavky reprezentujícími míru souvisejícího rizika při zajištění požadované úrovně ochrany správnosti měření.

V oblasti metrologického softwaru jsou hlavní cíle zaměřeny na:

- i. Vývoj a implementace nových metod pro posuzování softwaru v oblasti zdravotnictví a implementace doplňkových požadavků na konkrétní zdravotnické prostředky dle příslušných norem

Termín: 12/2022

- ii. Vývoj a implementace digitálního kalibračního certifikátu a zavedení jeho vydávání pro jednotlivé fyzikální veličiny

Termín: 12/2024

- iii. Vývoj a zavedení nových metod pro posuzování a validaci softwaru měřicích přístrojů dle příslušných norem

Termín:12/2025

XV. Měření tíhového zrychlení

Oblast měření tíhového zrychlení má uplatnění v aplikovaných oborech geologie (zejména geodézii a geofyzice), při řešení environmentálních problémů a v metrologii jiných oborů (hmotnost, síla a moment síly).

V tomto oboru jsou následující cíle:

- i. Zajištění metrologické návaznosti přidružených měření (supravodivého gravimetru, pružinového gravimetru) potřebných k uchování i rozvoji státního etalonu tíhového zrychlení
Termín: 12/2024
- ii. Zvýšení automatizace a efektivity měřických, kalibračních a vyhodnocovacích postupů ke schváleným CMC v oboru tíhového zrychlení
Termín: 12/2026

XVI. Metrologie času a frekvence

V oboru metrologie času a frekvence je cílem:

- i. Zajištění měření optických etalonů frekvence pomocí ultrapřesného femtosekundového hřebene a jeho využití pro optické hodiny a primární etalonáž délky
Termín: 12/2023
- ii. Konstrukce systému umožňujícího interní porovnávání stávajících optických hodin s kvazinezávislým zdrojem stejné frekvence a kvality jako je pracovní frekvence optických hodin a tím k zpřesnění metrologických charakteristik optických hodin
Termín: 12/2026
- iii. V návaznosti na redefinici jednotky času sekunda náhrada současného státního etalonu frekvence a času přesnějším státním etalonem na optickém principu
Termín: 12/2026