

## Vyhodnocení programu rozvoje metrologie 2006

Celkem bylo v rámci PRM 2006 vyřešeno 48 úkolů. Největší objem prací, obsažených v 24 úkolech létech prováděl Český metrologický institut, což je v souladu s jeho posláním a působností v metrologickém systému ČR.

Podstatnou část prací ČMI tvořily úkoly zabezpečující rozvoj etalonáže měřidel (14), rozsáhlý úkol uchovávání státních etalonů, dále úkoly mezinárodní metrologické spolupráce, metrologické legislativy, státního metrologického dozoru, chemické metrologie a nanometrologie.

Ostatní subjekty řešily rovněž 24 úkolů, jejichž hlavní výstupy jsou jednotlivě popsány dále v textu.

V této skupině je možno vyzdvihnout úkoly, týkající se uchovávání státního etalonu času a frekvence a rozvoje etalonáže v této oblasti metrologie, prací na připravovaných státních etalonech troposférického ozonu, velkých délek (geodetické základny Koštice), pro parametr poloha a tíže a vývoje primárního etalonu vakuové netěsnosti. Dále úkoly z oblasti elektrických veličin a chemické metrologie.

Hlavní výsledky a výstupy řešení jednotlivých úkolů:

### A) Úkoly ČMI

#### I/1/06 Metrologická legislativa I

Úkol řešil spolupráci s ÚNMZ při přípravě nového zákona o metrologii, při přípravě průřezových prováděcích vyhlášek k novému zákonu o metrologii (převážně v oblasti hotově baleného zboží, registrace subjektů a schvalování typu měřidel) a při plnění úkolů pro oblast legální metrologie, plynoucích z usnesení vlády č. 1250/2004 (např. koncepce měření v silniční a železniční dopravě) a při tvorbě dokumentů souvisejících s praktickou realizací NV č.464/2005 Sb. (směrnice 2004/22/ES –MID). Dále byla provedena revize systému rezortních metrologických předpisů.

#### I/2/06 Metrologická legislativa II

V rámci úkolu byly vypracovány návrhy následujících vyhlášek MPO:

- 1) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na automatické hladinoměry na stacionárních nádržích
- 2) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na kovové odměrné nádoby
- 3) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na přepravní sudy a tanky
- 4) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na stroje na měření plochy usní
- 5) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na oční tonometry
- 6) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na laboratorní cukroměry
- 7) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na laboratorní moštoměry
- 8) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na laboratorní hustoměry na mléko
- 9) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na hranolové refraktometry
- 10) Návrh vyhlášky MPO stanovující požadavky na procesní plynové chromatografy

- 11) Návrh vyhlášky MPO stanovujících požadavky na sestavy používané pro kontrolu limitů ozáření osob, hromadně provozovanou osobní dozimetrií
- 12) Návrh vyhlášky MPO stanovujících požadavky na operativní dozimetry signalizující překročení nastavené úrovně při osobním monitorování pracoviště
- 13) Návrh vyhlášky MPO stanovujících požadavky na tachografy s registrací pracovní činnosti řidičů motorových vozidel.

## II/1/06 Uchovávání státních etalonů

Předmětem řešení úkolu byly práce spojené s uchováváním a pravidelnou údržbou státních etalonů ČR a referenčních etalonů ČMI. Cílem bylo minimálně zajistit požadovanou funkčnost etalonů a jejich metrologické vlastnosti.

Seznam etalonů, kterých se předmětný úkol týkal je uveden v následující tabulce.

Označení etalonu	Název etalonu
ECM 230-1/00-006	státní etalon ss elektrického odporu
ETR 230-2	etalon el. odporu na bázi kvantového Hallova jevu
ECM 320-1/03-028	státní etalon teploty v rozsahu od – 38,8344 °C do 419,527 °C
ECM 240-1/01-016	státní etalon vf výkonu
ECM 240-5/03-024	státní etalon intenzity vf elektromagnetického pole
ECM 140-1/00-008	státní etalon průtoku plynu v rozsahu 4 m <sup>3</sup> /h až 400 m <sup>3</sup> /h (EZKUM)
ECM 140-2/00-009	státní etalon průtoku plynu v rozsahu 0,15 m <sup>3</sup> /h až 17 m <sup>3</sup> /h (EZEM)
ECM 210-1/00-010	státní etalon ss elektrického napětí
ECM 250-1/04-029	státní etalon elektrické kapacity
ECM 220-1/03-025	státní etalon elektrického výkonu a práce při průmyslových frekvencích
ETR 250-2	etalon činitele harmonického zkreslení
EPM 250-3	etalon činitele ztrát kapacity
ECM 120-1/00-007	státní etalon hmotnosti
ECM 170-1/01-017	státní etalon přetlaku, podtlaku a absolutního tlaku v plynném médiu
ECM 170-2/01-018	státní etalon přetlaku v kapalném médiu
ECM 170-5/02-022	státní etalon malého přetlaku, podtlaku a diferenčního tlaku v plynném médiu
ECM 170-4/06-033	státní etalon vakua

Označení etalonu	Název etalonu
ECM 150-1/02-019	státní etalon síly ESZ 1 MN
ECM 150-2/02-020	státní etalon síly ESZ 150 kN
ECR 150-3	etalon síly ESZ 20 kN
ECM 150-4/06-031	státní etalon síly ESZ 3 kN
ECM 150-6/06-032	státní etalon momentu síly 1 kN.m
ECR 180-1	etalon hladiny akustického tlaku a hladiny tlakové citlivosti mikrofonů
ECM 153-1/01-013	státní etalon stupnic tvrdosti Rockwell – A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T
ECM 153-3/01-014	státní etalon stupnic tvrdosti Vickers HV 1 až HV 100
ECM 153-2/01-015	státní etalon stupnic tvrdosti Brinell
ECM 110-8/03-027	státní etalon drsnosti povrchu
ECM 110-1/00-005	státní etalon vlnové délky 633 nm
ECM 110-2/03-026	státní etalon vlnové délky 543 nm
ECR 110-3	interferometrický komparátor IK-1
ECR 110-11	laser 1064/532 nm
ECR 110-12	laser 1542 nm
ECR 110-4	laserinterferometr IDKM
ECR 110-7	souřadnicový měřicí stroj SIP CMM 5
ECR 110-9	plošné zkušební těleso s koulemi (Ball Plate)
ETR 110-10	tělesa ball bar
ECM 260-1/01-011	státní etalon magnetického toku
ECM 260-2/01-012	státní etalon magnetické indukce
ECR 260-3	etalon střídavé magnetické indukce
ECR 212-1	etalon poměru střídavých proudů
ECR 212-2	etalon poměru střídavých napětí
ETR 410-1	kryogenní radiometr
ECR 410-2	etalon zářivého toku pro VIS

Označení etalonu	Název etalonu
ETR 410-3	etalon zářivého toku pro IR
ETR 410-4	etalon zářivého toku pro UV
ETR 410-6	referenční spektrometr
ECR 410-7	etalon světelného toku
ECR 410-8	etalon svítivosti
ECM 440-1/97-002	státní etalon jednotky aktivity radionuklidů
ECM 440-2/97-003	státní etalon prostorového dávkového ekvivalentu neutronů
ECM 440-3/97-004	státní etalon emise neutronů z radionuklidových zdrojů
ECR 440-5	etalon expozičního příkonu a příkonu kermy fotonového záření ve vzduchu
ECR 440-6	etalon příkonu absorbované dávky ve vodě

Dosažené výsledky jednotlivých pracovišť ČMI při uchování a údržbě státních etalonů ČR a referenčních etalonů ČMI odpovídají zamýšleným cílům. U všech etalonů byly zachovány jejich metrologické parametry, v mnoha případech došlo k jejich zlepšení (rozšíření měřicích rozsahů, snížení nejistot apod.) především díky modernizaci přístrojového vybavení a zavádění nových metodik měření. Výsledky prezentované primárními laboratořemi ČMI jsou v mnoha oborech na úrovni špičkových metrologických laboratoří evropských vyspělých států.

### III/1/06 Rozvoj etalonáže hmotnosti a hustoty

V rámci řešení jednotlivých částí úkolu bylo provedeno:

- I. Realizace měření množství CO<sub>2</sub> ve vzduchu při provádění kalibrací pracovních etalonů z austenitické oceli pomocí prototypu PtIr č. 67
  - instalace aparatury na měření CO<sub>2</sub> v laboratoři primární hmotnosti,
  - provedení série experimentálních měření,
  - analýza výsledků a nejistot měření.
- II. Realizace projektu EUROMET M.M.-S1.1 – mezinárodní porovnání etalonu 500 kg
  - provedení posledního měření transportního etalonu pro kontrolu stability,
  - koordinační činnost při projektu z titulu pilotní laboratoře a koordinátora,
  - zpracování „Reportu B“ z dokončeného porovnání EUROMET M.M.S1 a předložení ke schválení účastnickým státům.
- III. Přípravné práce pro realizaci pevného etalonu hustoty na bázi Si
  - příprava metodik měření s pevným etalonem hustoty na aparatuře VC 1005 MT,
  - rešerše dostupných informací z evropských institucí používajících obdobný systém určování hustoty,
  - specifikace pevného etalonu na bázi Si a jeho vhodnosti pro aparaturu VC 1005 MT instalovanou v laboratoři primární hmotnosti,
  - analýza nejistot.

### III/2/06 Rozvoj etalonáže síly a momentu síly

První částí úkolu byla analýza potřeb a rešerše metod měření dynamických sil a momentů sil. Druhou částí řešení úkolu pak návrh dílčí koncepce etalonového zařízení pro měření dynamických sil a momentů sil v ČMI. Třetí částí úkolu bylo vypracování dokumentace, návrh a výroba nových dílů, potřebných pro nové uvedení do provozu primárního etalonu momentu síly EZMS 100 N.m.

### III/3/06 Rozvoj primární etalonáže tlaku

Řešení úkolu zahrnovalo následující oblasti tlaku. Za prvé to byla oblast metrologie středního tlaku. Prvním úkolem byla první fáze realizace primárního etalonu velmi vysokých přetlaků v olejovém médiu do 1 GPa. Druhým pak vypracování metody přenosu jednotky tlaku ze vzduchového do olejového média pomocí měřky pracující v obou médiích. Dále to byl vývoj metody etalonáže tlakových diferencí (0 – 500) kPa za velmi vysokých statických tlaků do 150 MPa a příprava státního etalonu tlakových diferencí v plynném médiu za vysokých statických tlaků na vyhlášení a jeho porovnání se státním etalonem vakua v rozsahu (0,1 až 15) kPa difference za atmosférického statického tlaku.

Další oblastí byla metrologie vakua. Zde byla realizována aparatura pro návaznost vakuometrů v rozsahu minimálně do  $10^{-4}$  Pa mimo stálé laboratorní prostory. Dále příprava aparatury dynamické expanze na vyhlášení státním etalonem vysokého vakua, studium vlivu složení kalibračního média na akomodační koeficient sekundárního etalonu vakua na principu viskózních vakuometrů a zahájení první fáze realizace primárního etalonu velmi vysokého vakua.

V oblasti etalonáže malého hmotnostního průtoku plynu bylo provedeno porovnání primárního etalonu malého hmotnostního průtoku na principu dynamické gravimetrie v rámci Euromet Key Comparison. Dále se prověřením rozšíření kalibračních možností tohoto etalonu pro různé statické tlaky a rozšíření dolní meze jeho rozsahu do oblasti velmi malých průtoků. Doplněním k výše zmíněnému Euromet Key Comparison pak je porovnání aparatury dynamické gravimetrie se státním etalonem průtoku OI Pardubice.

V oblasti měřidel průtoku na principu tlakové difference byl rozšířen software pro kalibraci, ověřování a mezilhůtové kontroly dle normy ČSN ISO 5167 pro čisté jednosložkové plyny a vzduch, a vypracován software pro kontrolu instalačních podmínek dle této normy.

V oblasti heliových vakuových netěsností byla provedena příprava na účast v Key Comparison v tomto oboru.

### III/4/06 Rozvoj etalonáže tvrdosti a drsnosti povrchu

V rámci plnění úkolů byla provedena analýza státního etalonu Brinell, včetně stanovení nejlepší měřicí schopnosti a nejistot měření po přemístění laboratoře. Stanovené nejlepší měřicí schopnosti byly porovnány s hodnotami uvedenými v CMC tabulkách. Byla dokončena příprava na porovnávací měření tvrdosti a drsnosti včetně harmonogramu. Dále byl proveden výběr přenosného přístroje na měření drsnosti povrchu a speciálních čidel, včetně ekonomického rozboru nutných nákladů na pořízení těchto zařízení.

### III/5/06 Rozvoj etalonáže elektrických a magnetických veličin

Hlavní cíle úkolu v tomto rozsáhlém oboru měření v jednotlivých podoblastech:

#### 1) Rozvoj etalonáže ss napětí a proudu

V oblasti etalonáže ss napětí, realizované kvantovým etalonem ss napětí na bázi Josephsonova jevu (JVS), probíhaly práce při ověřování jeho metrologických vlastností a příprava na jeho přímé

porovnání s kvantovým etalonem Mezinárodního úřadu pro míry a váhy (BIPM). Dále byl porovnán automatický potenciometr MI8000A s klasickým odporovým děličem Fluke 752A.

## 2) Rozvoj etalonáže stř. napětí a proudu

V této oblasti bylo provedeno navázání referenčního planárního termočlánku v PTB a následně odvození celé stupnice střídavého napětí v rozsahu 1 mV až 1000 V pro kmitočty 10 Hz až 1 MHz. Dále probíhaly přípravné práce na mezinárodní klíčové porovnání EUROMETu v oblasti AC/DC difference malých napětí v oblasti mV.

## 3) Rozvoj etalonáže elektrické impedance

V oblasti elektrické impedance byl zpracován návrh na obnovení a doplnění zařízení pro etalonáž elektrické imitance a RLC mostů. Dále bylo vyvinuto nové programového vybavení pro kalibraci RLC měřičů a změřeny etalony odporu při střídavém proudu.

## 4) Rozvoj etalonáže elektrického výkonu a práce

Pro etalonáž elektrického výkonu a práce byl zpracován rozboru nejistot měření vzorkovacího etalonu (DSWM) a posouzeny metrologické vlastnosti kalibrátoru výkonu Fluke 6100A.

## 5) Rozvoj etalonáže stejnosměrného elektrického odporu

a) V rámci činnosti primární kvantové laboratoře ss elektrického odporu ( $1 \Omega \div 12.9 \text{ k}\Omega$ ) byla provedena opakovaná návaznost RE 1 jmenovitých hodnot  $1 \Omega$  na referenční etalonový odpor TINSLEY  $100 \Omega$  ( $R_E$ ) a na etalonový odpor TINSLEY  $10 \Omega$  (NS) kryogenním proudovým komparátorem (CCC). Současně byla provedena návaznost RE 2 a RE 3 jmenovitých hodnot  $10 \text{ k}\Omega$  a  $12.9 \text{ k}\Omega$  na etalonový odpor TINSLEY  $100 \Omega$  ( $R_E$ ) uložený v termostatu panelové jednotky QHR 2010.

Na základě vědecké spolupráce mezi PTB a ČMI bylo provedeno testování nové heterostruktury. Dále bylo vyhodnoceno klíčové porovnání v oblasti  $100 \Omega$  (Projekt EUROMET EM - K 10 – pilotní laboratoř PTB). Výsledky vyhodnocení jsou pro ČMI příznivé. Nejmenší zaznamenaný rozdíl mezi etalony obou laboratoří byl  $0.4 \mu\Omega$  (0.004 ppm), největší zjištěný rozdíl byl  $2.2 \mu\Omega$  (0.022 ppm).

b) V klasické nízkoohmové laboratoři ss el. odporu ( $0.00001 \Omega \div 100 \text{ k}\Omega$ ) byla realizována stupnice dekadických odporových hodnot RE a SPE v rozsahu  $1 \Omega \div 100 \text{ k}\Omega$  na základě vzestupných poměrových návazností (10:1) automatickým odporovým mostem MI 6010 C a vysokoodporovým měřicím systémem MI 6000 B ( $10 \text{ k}\Omega \rightarrow 100 \text{ k}\Omega$ ).

c) V oblasti ss el. odporu od  $1 \text{ M}\Omega$  do  $1 \text{ G}\Omega$  byla provedena postupná návaznost vysokoohmových referenčních etalonových odporů pomocí MI 6000 B, dosud navazovaných v PTB.

ČMI se zúčastnil klíčového porovnání EUROMET.EM-K2 (pilotní laboratoř METAS) v oblasti vysokoohmových etalonových odporů ( $10 \text{ M}\Omega$  a  $1 \text{ G}\Omega$ ).

d) V oblasti ss el. odporu od  $10 \text{ G}\Omega$  do  $100 \text{ T}\Omega$  byla odvozena odporová stupnice dekadických hodnot v rozsahu  $10 \text{ G}\Omega \div 100 \text{ T}\Omega$  postupným navazováním odporů o jednu dekádu na základě využití KEITHLEY 6517 A ve funkci pikoampérmetru v kombinaci s kalibrátorem WAWETEK 4800.

## 6) Etalonáž vf el. veličin a EMC

Pro etalon činitele odrazu a přenosu byl otestován programový systém *StatistiCal/NISTStatCal* a je připraven pro běžné užívání. Pro obor intenzity elektromagnetického pole byly vyřešeny technické problémy týkající se cestovního etalonu pro porovnání EUROMET 819 pilotované ČMI, který je připraven toto porovnání zahájit. Pokračovaly práce směřující k náhradě kalibrátoru zeslabení VM7/8852 spektrálním analyzátořem PSA. Kromě prací na etalonech byla vzhledem k zájmu o kalibrace šumových generátorů navržena a ověřena kalibrační metoda pro tyto generátory. V oboru EMC byly rozšířeny metodiky pro zkoušení systémů pro měření množství kapalin jiných než voda.

### 7) Rozvoj etalonáže magnetických veličin

Hlavními cíli úkolu bylo prověření metodik vzájemného porovnávání etalonů magnetického toku se zaměřením na porovnávání nejvyšší úrovně, kalibrace sekundárních etalonů magnetické indukce stejnosměrného stacionárního magnetického pole v návaznosti na státní etalon magnetické indukce, návrh, výroba a kalibrace sekundárního etalonu magnetické indukce střídavého magnetického pole s velkým vnitřním prostorem použitelným i v oboru zkušebnictví a návrh, výroba a kalibrace malých cívek pro měření a mapování střídavé magnetické indukce.

Dále to bylo vypracování metrologického předpisu pro kalibrace analyzátorů střídavé magnetické indukce včetně stručné analýzy metod kalibrace a kalibrace cívkového etalonu střídavé magnetické indukce do frekvence 30 kHz v PTB.

### III/6/06 Rozvoj primární etalonáže délky

První část úkolu se zabývala absolutním měřením optických frekvencí pomocí femtosekundového frekvenčního hřebene a rozvojem a absolutním měřením primárních etalonů jednotky délky - helio-neonových, pevnolátkových a polovodičových laserů frekvenčně stabilizovaných na spektrální čáry molekuly jódu nebo acetylenu podle doporučení Mise en Pratique (CCL).

Druhá část byla věnována rozvoji interferometrických měření, která přenášejí veličinu realizovanou primárními etalony do délkových měření v metrologické praxi.

Třetí část úkolu je studie uskutečnitelnosti měření rovinnosti velkých optických ploch.

### III/7/06 Etalonový rychloměr

V ČMI byl navržen a realizován ve spolupráci s brněnskou firmou CAMEA digitální etalonový rychloměr, který měří rychlost měřicího vozidla ČMI, používaného jako „cílové“ vozidlo při typových zkouškách a při ověřování rychloměrů. Při zkoušce projíždí toto vozidlo v místě měřicí zóny zkoušeného rychloměru a jeho rychlost je přitom současně měřena jak zkoušeným rychloměrem, tak i etalonovým rychloměrem ČMI.

V rámci úkolu byla vypracována i metodika zkoušky a kalibrace etalonového rychloměru ČMI.

### III/8/06 Rozvoj primární etalonáže teploty

Práce v tomto oboru měření zahrnovaly.

Experimentální práce spojené s porovnáním nové kyvety PB hliníku, realizaci porovnání bodů Ag a Cu s laboratoří PTB pomocí termočlánků typu Pt/Pd, rozšíření rozsahu státního etalonu teploty do bodu tuhnutí stříbra. Dále přípravu účasti na projektu Euromet T-K7 - mezinárodní porovnání trojných bodů vody (výběru kyvety pro toto porovnání). Provedení kontrolních měření prodlev v pevných bodech státního etalonu. Specifikaci zařízení pro bezdotykové měření teplot. Mezinárodní porovnání černého tělesa pro lékařské IR teploměry s kolujícím černým tělesem a referenčním IR teploměrem.

### III/9/06 Rozvoj etalonáže veličin ionizujícího záření

Úkol byl členěn na 3 části:

#### I. Etalonáž aktivity radionuklidů

V rámci této části úkolu byl prováděn výzkum digitalizace koincidenčního měření, který byl započat v minulých letech, pokračoval sběrem a analýzou dat dalších záchyťových nuklidů, jejichž měření klasickou koincidenční metodou je problematické. Ve spolupráci s NPL byly porovnány metody vyhodnocení naměřených dat. Byly vyhodnoceny výsledky porovnání měření aktivity nuklidu  $^{125}\text{I}$ , které koncem roku 2005 zaslal organizátor. Pokračovaly práce na jednotce s kapalnými scintilátory pro měření aktivity radionuklidů pomocí TDCR metody, jejíž budování

bylo zahájeno v minulém roce, funkčnost aparatury byla prokázána měřením vzorků s nuklidem  $^{14}\text{C}$ .

V oblasti spektrometrie byl využit model HPGe detektoru pro výpočet účinností detekce vysokoenergetických fotonů 6,13 MeV, kde není možno použít kalibrační standardy.

## II. Etalonáž expozice, dávky a kermy

Výstupy této části úkolu jsou model polí fotonového záření generovaných ozařovačem Cesioterax v těžké cejchovně, studie možnosti zavedení primární metrologie dozimetrických veličin (kerma ve vzduchu), opravné parametry grafitové ionizační komůrky pro vysoké energie fotonů stanovené pomocí výpočetního modelu, funkční aplikace v prostředí TestPoint určené k měření ionizačních proudů pomocí elektrometru Keithley 6517A a zprovoznění extrapolační ionizační komory pro standardizaci dávkového příkonu zdrojů s 90 Sr.

## III. Etalonáž dozimetrických veličin směsných polí neutronů a fotonů.

V rámci řešení úkolu bylo pořízeno zařízení umožňující distanční měření anizotropie emise neutronů z radionuklidových zdrojů. Pomocí tohoto zařízení byla změřena anizotropie dvou zdrojů  $^{252}\text{Cf}$  a tří Am-Be využívaných pro kalibrace a ověřování měřidel příkonu prostorového dávkového ekvivalentu neutronů.

Pro mezinárodní konferenci NEUDOS 10 v Uppsale, 12. – 16. 6. 2006 byla zpracována informace, shrnující výsledky dozimetrických měření v meziskladu vyhořelého paliva jaderné elektrárny Dukovany v době krátce po jeho úplném zaplnění.

Poslední část úkolu byla věnována popisu pole neutronů v okolí moderovaného zdroje  $^{252}\text{Cf}$ .

## III/10/06 Rozvoj etalonáže fotometrických a radiometrických veličin

Hlavní cíle úkolu byl rozvoj etalonů v oblasti primární etalonáže veličin optické radiometrie a fotometrie, to je zajištění metrologické návaznosti etalonů celkového zářivého toku (kryogenní radiometr), etalonů spektrální rezpozivity detektorů ve spektrálních oblastech UV, VIS a NIR a etalonů kolmé spektrální propustnosti (spekto-fotometrie). Dále provedení interního porovnání etalonů svítivosti a celkového světelného toku (fotometrie), vývoj primárního fotometru pro realizaci jednotky svítivosti [cd] v ČMI – II. etapa, zpracování návrhu realizace primární etalonáže spektrální irradiance (spektrální záře) založené na etalonových zdrojích. Pokračoval rozvoj sekundární etalonáže optické radiometrie a fotometrie zajištěním metrologické návaznosti přenosových etalonů zrcadlového lesku, spektrální difusní odrazivosti v oblasti VIS, spektrální záře a ozáření v oblasti VIS a UV a laserové radiometrie. Byla zajištěna metrologická návaznost sekundárních etalonů veličin vláknové optiky.

## III/11/06 Rozvoj etalonáže průtoku a objemu plynu

Řešení úkolu bylo spojeno s rozvojem sekundární etalonáže průtoku a objemu plynu. Práce byly zaměřeny na koordinaci mezinárodního porovnání EUROMET č. 862 v jehož rámci koloval turbínový plynoměr G650 s rozsahem průtoku od 100 m<sup>3</sup>/h do 1000 m<sup>3</sup>/h. V každé zemi byla měřena relativní chyba tohoto plynoměru ve stanovených průtocích. Dále to bylo rozšíření rozsahu zkušební stanice pro plynoměry a zlepšení systému měření teploty na zkušební stanici SONICAL SN-1000.

## III/12/06 Rozvoj etalonáže veličin akustiky

Cílem úkolu byl návrh a realizace změn v zapojení kalibrační reciproční aparatury tak, aby umožňovala sledování a analýzu rušení měřicího signálu během měření, úprava a tvorba programů pro akustická měření při použití měřicího systému BK Pulse a pokračování v přípravě metrologického zabezpečení kalibrací ultrazvukových diagnostických a terapeutických zařízení.



### III/21/06 Zabezpečení etalonáže pH metrů, konduktometrů a hustoměrů

Úkol byl v oblasti pH-metrie zaměřen na přípravu a účast na klíčovém porovnání CCQM-K 18 Key comparison on pH of carbonate buffer, které pořadalo CCQM EAWG při BIPM. Pilotní laboratoř byl SMU, SR.

V rámci metrologie hustoty kapalin byla porovnána přesnost a opakovatelnost měření hustoty kapalin hydrostatickým vážením a oscilačním hustoměrem DMA 5000 s ohledem na možnost náhrady měření hustoty kapalin oscilačním hustoměrem při kalibraci hustoměrů.

V rámci konduktometrie se pracovalo na náhradě současné primární cely, která má nevhodnou konstrukci.

### III/22/06 Rozvoj etalonáže měřicích transformátorů

Cílem úkolu byl:

1. Návrh a realizace proudového zdroje síťového kmitočtu s nulovou stejnosměrnou složkou řízeného napětím.
2. Návrh a realizace metody pro kontrolu přidavných obvodů kompenzovaného toroidního proudového komparátoru.
3. Úvodní studie a návrh indukčního děliče s napěťovým rozsahem 100 V a frekvenci 50 Hz s ohledem na jeho využití při kalibraci měřicích transformátorů napětí.

### IV/1/06 Rozvoj laboratoře plyných směsí

Laboratoř plyných směsí se soustřeďuje na rozvoj ve čtyřech základních oblastech:

#### a) Analýza plyných směsí na bázi methanu (zemní plyn)

V této části byla vypracována, zpřesňována a validována metoda plynové chromatografie a provedeno několik MPZ. Praktickým výstupem možnost pravidelného ověřování procesních plynových chromatografů pro stanovení energetické hodnoty plynu.

Laboratoř se v letech 2004-2006 účastnila klíčového porovnání CCQM KC 23, na podkladě jeho výsledků zpracovala CMC.

#### b) Analyzátoř alkoholu v dechu

Výstupem této části úkolu bylo zpracování všech podmínek pro ověřování analyzátořů v dechu.

#### c) Analyzátoř výfukových plynů

Byla zajištěna realizace detekce toxických a hořlavých plynů, dále byla provedena kalibrace u výrobce ATAL Tábor a měření CRM ve vlastnictví ČMI.

#### d) Gravimetrická příprava vlastních plyných směsí

V této fázi rozvoje byly práce zaměřeny na postupnou náhradu a doplnění stávající sady CRM pro analýzu zemního plynu a porovnání gravimetrie s chromatografickou analýzou.

### V/1/06 Metrologický dozor

Cílem úkolu bylo zabezpečení státního metrologického dozoru Českého metrologického institutu ve smyslu § 14 zákona o metrologii u autorizovaných metrologických středisek, u subjektů autorizovaných pro výkon úředního měření, u subjektů, které vyrábějí nebo opravují stanovená měřidla a u subjektů provádějících montáž stanovených měřidel. Součástí úkolu dále bylo řešení případů postoupených ČMI ostatními kontrolními orgány (ČOI, ŽÚ, ČZPI, apod.) a účast zaměstnanců ČMI v kontrolních týmech těchto orgánů. Pozornost byla zaměřena na oblast zdravotnictví, kde bylo provedeno 210 kontrolních akcí.

### VI/1/06 Zabezpečení mezinárodní metrologické spolupráce v rámci BIPM, OIML, EUROMET a WELMEC

Úkol zahrnoval rámcové sledování plnění jednotlivých úkolů v rámci projektů EUROMET a úkolů EU. Zajištění účasti na práci poradních výborů CIPM, technických komisí EUROMET, OIML a WELMEC (pracovní skupiny kromě WG2) a plnění příslušných úkolů ČMI, příprava na 23. zasedání CGPM (říjen 2007). Reprezentace ČMI v dvoustranných jednáních a aktivní účast na konferencích a odborných seminářích s bezprostředním vztahem k úkolům technického rozvoje ČMI a k implementaci směrnic ES. Plnění úkolů delegáta EUROMET, člena výboru CIML a WELMEC. Přednostním úkolem bylo plnění závazků vyplývajících z ujednání CIPM MRA, t.j. zpracovávání a předkládání údajů CMC, účast v klíčových porovnáních, plnění úkolů z projektů EUROMET týkajících se dialogu se správními orgány (projekt RegMet) a projektu iMERA.

#### VIII/2/06 Analýza a zaměření rozvoje metrologie v chemii

Hlavním cílem úkolu bylo ve spolupráci zejména s VŠ pracovišti a s pracovišti AV ČR navrzení nového směru vývoje oboru v ČMI, který bude vycházet ze současné zmapované situace v oblasti metrologie v chemii v ČR.

Dalším cílem úkolu byla modifikace systému certifikace referenčních materiálů ČMI podle požadavků mezinárodní normy ISO Guide 34 tak, aby ČMI byl připraven na akreditaci podle tohoto předpisu. Výsledky řešení úkol umožňují rozšíření služeb ČMI v oboru metrologie v chemii, a v oblasti komerčního využití CRM a post-certifikačního servisu a zvýšení mezinárodní prestiže ČMI (ČR) aktivní účastí v koordinačním centru databáze COMAR pro ČR.

#### VIII/9/06 Rozvoj rastrovací sondové mikroskopie

Předmětem řešení úkolu byl vývoj standardu pro povrchovou drsnost v nanometrickém měřítku, vývoj metod pro charakterizaci nanometrických defektů na površích pevných látek a kalibrace rastrovacího tunelového mikroskopu.

#### VIII/10/06 Termodynamické vlastnosti zemního plynu nutné pro zajištění měření průtoku zemního plynu na hraničních předávacích stanicích

Cílem úkolu bylo vytvoření programových nástrojů pro výpočet obsahu vody a rosného bodu vody v zemním plynu, dále izentropického exponentu zemního plynu a Joule-Thomsonova koeficientu zemního plynu. Dalším cílem bylo porovnání jednotlivých PTZ metod pro určení hustoty zemního plynu.

#### VIII/11/06 Výzkum v oblasti kalibračních těles pro souřadnicové měřicí stroje (SMS) v automobilovém

Pro zajištění potřeb správného měření v automobilovém průmyslu byl v rámci řešení úkolu proveden následující sled činností.

Jednalo se o rekalibraci souřadnicového stroje SIP CMM5 v LPM ČMI, který bude sloužit ke kalibracím kalibračních těles pro průmysl. Navrhly se nová tělesa ke kalibracím souřadnicových strojů, odvodila se metodika a odladil se software ke kalibracím pomocí tělesa tetraedronu.

Provedl se rozbor přesností, rozbor možností u souřadnicových strojů s optickým vyhodnocovacím systémem, provedl se výběr vhodného optického měřicího stroje a v rámci dokončení laboratoře v ní byl instalán multisenzorový souřadnicový stroj. Byla provedena rešerše a návrh metodiky kalibrace optických měřicích strojů.

Dále byly vypracovány metodiky pro kalibrace pásem, zvýšila se přesnost kalibrací na trati 30 m v LPM ČMI Praha. Provedla se ověřovací měření kalibračních těles ball bar ve Škoda Auto a.s. pomocí kalibrátoru a třísouřadnicových měřicích strojů SIP a Carat.

## B) Úkoly řešené ostatními subjekty (mimo působnost MPO)

Řešitel

II/2/06 Uchovávání státního etalonu času a frekvence

ÚŘE AV ČR, Praha

Výsledky řešení úkolu:

- a) Realizace sekundy s rozšířenou ( $k=2$ ) relativní nejistotou  $6 \cdot 10^{-14}$  v průměrovacím intervalu 1 den vůči sekundě SI. Realizace časové stupnice UTC(TP) s rozšířenou nejistotou 42 ns vůči UTC v predikčním intervalu 20 dnů. Realizace koherentních etalonových frekvencí pro potřeby navazování, výzkumu a kalibrací.
- b) Vzorky odchylky UTC(TP)-GPS podle časového rozvrhu BIPM zasílané v týdenních intervalech do BIPM. Odchylky UTC(TP)-UTC(k),  $k=PTB$  IEN (Itálie), OP (Francie), NIST (USA), USNO (USA) získané metodou common-view GPS z odchylek UTC(k)-GPS. Týdenní statistická analýza odchylek UTC(TP)-UTC(k).
- c) Hodinové vzorky odchylek UTC(TP)-AT(c) a jejich statistická analýza na bázi jednoho týdne.
- d) Průběhy krátkodobé fázové a frekvenční stability referenčních zdrojů a vlastní nestability měřicích systémů získané v časové oblasti (v průměrovacích intervalech  $\geq 0.2$  s) a ve frekvenční oblasti (pro Fourierovu frekvenci 0.1 Hz až 100 kHz).
- e) Nepřetržitá distribuce času UTC(TP) po síti prostřednictvím protokolu NTP na adrese [time.ure.cas.cz](http://time.ure.cas.cz)
- f) Účast na zasedání a společných akcích technického výboru TF EUROMET, zpráva o řešení projektu EUROMET č. 847 „*Metrology applications of dual-mixer time-difference multiplication*“, aktualizace tabulky CMC.
- g) Vytvořené a modifikované specifické programy pro analýzu a kontrolu navázání časových stupnic AT(i) a UTC(TP) generovaných v rámci Laboratoře státního etalonu času a frekvence (LSEČF):
  - 1) Program SteeringRemoval, který zpětným odstraněním zavedeného frekvenčního odsazení umožňuje rekonstrukci atomových stupnic AT(i) odpovídajících volně běžícím hodinám.
  - 2) Program GPSGraphic, který poskytuje přímý grafický excelovský výstup difference REF-GPS z datových souborů TPxxxxxx.gps z multikanálových dvoufrekvenčních přijímačů GTR-50.
  - 3) Odladěný program GPSAdjust, který umožňuje průběžné stanovení difference individuálních atomových stupnic etalonu vůči časové stupnici USNO.
  - 4) Modifikace programu `gps_Bversion1.0.xls` pro vyhodnocení časových diferencí UTC(TP)-UTC(k), který umožňuje vyřazení ionosferické korekce MDIO.
- h) Realizace stejnosměrného zálohování jednotlivých elementů systému pro ultracitlivá měření krátkodobé frekvenční stability a fázového šumu, včetně zálohování referenčních BVA oscilátorů 5 MHz a měřených oscilátorů.

III/13/06 Rozvoj etalonáže času a frekvence

Výsledky řešení lze charakterizovat takto:

- a) Byla vypracována metodika pro kalibraci měřidel času, která neumožňují bezprostředně referovat svou vnitřní časovou stupnici vůči fyzicky definovaným událostem (např. časová razítka).
- b) Optimalizován systém DMTDM pro multifrekvenční měření malých zpoždění v krátkých kabelech a konektorových spojkách; model frekvenčně závislé chyby.
- c) Provedena analýza zdrojů nejistoty měření v důsledku šumu excitátoru, zesilovače odezvy, hodinového signálu a vzorkovacího obvodu, a kvantovacího šumu A/D převodníku.
- d) Stanoveny dominantní zdroje nejistoty na krátké a dlouhé bázi pro časové transfery do/z ÚŘE.

III/14/06 Primární etalon vakuové netěsnosti (3.etapa)

MFF UK

V rámci řešení úkolu byl dokončen vývoj primárního etalonu plynové netěsnosti. V průběhu řešení byla provedena kontrolní měření, experimentální stanovení parametrů přístroje a celá aparatura včetně systému pro porovnávání plynových netěsností byla uvedena do provozu.

Výsledkem řešení je funkční zařízení pro generaci malých proudů plynu z oboru  $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-7}$  Pa $\times$ m<sup>3</sup>/s, určené pro vyhlášení státním etalonem malých plynových netěsností.

III/15/06 Příprava k vyhlášení SRP No17 pro měření imisních koncentrací troposférického ozonu jako státní etalon

ČHMÚ

Na základě doporučení NIST byl proveden upgrade a modernizace referenčního spektrometru, příslušná porovnávací měření a zabezpečení podkladů, nutných pro vyhlášení státního etalonu.

Důvodem bylo zlepšení metrologických charakteristik etalonu.

III/16/06 Binární indukční děliče napětí pro kmitočtové pásmo do 1 MHz

FEL ČVUT

V rámci řešení úkolu byly pro nově vytvářený systém pro kalibrace širokopásmových měřičů LCR realizovány přesné vysokofrekvenční můstky umožňující vzájemné navazování etalonů elektrického odporu, příp. elektrické kapacity. Byly vyvinuty a realizovány dva binární 16-bitové indukční děliče napětí pro kmitočtové pásmo 100 kHz až 1 MHz jako hlavní vyvažovací prvky uvedených můstků.

III/17/06 Monofilární odporové etalony s vypočitatelnou kmitočtovou závislostí pro kmitočtové pásmo do 1 MHz

FEL ČVUT

Pro další zvýšení přesnosti měření kmitočtových závislostí odporových etalonů používaných při kalibracích širokopásmových měřičů LCR byly v rámci úkolu jako referenční etalony pro tato měření realizovány monofilární odporové etalony v koaxiálním provedení jmenovitých hodnot 100  $\Omega$  a 1 000  $\Omega$ . Tyto etalony mají výrazně menší kmitočtové závislosti než doposud k tomuto účelu používané etalony kvadrifilární.

III/18/06 Vyhlášení státního etalonu velkých délek geodetické základny Košnice

VÚGTK, Zdiby

Jednalo se o konečnou fázi přípravy etalonu pro jeho vyhlášení - dopracování a schválení dokumentace, nutné pro vyhlášení státního etalonu. Z objektivních důvodů (časový skluz kalibrací prováděných německým partnerem – Univerzita Mnichov) bude úkol dokončen v roce 2007.

III/19/06 Příprava vyhlášení státního etalonu pro parametr poloha -II.etapa

VÚGTK, Zdiby

V rámci úkolu bylo provedeno opakované navázání testovací základny pro určování polohy metodami GNSS dvěma nezávislými metodami a zahájeny práce na analýzách vlivu jednotlivých složek měřených veličin na výsledné určované souřadnice – stanovení nejistot měření

III/20/06 Příprava vyhlášení státního etalonu tíže

VÚGTK, Zdiby

V roce 2006 byly provedeny mezinárodní mezilaboratorní porovnávací zkoušky pomocí absolutních tíhových gravimetrů a kalibrace laserového interferometru absolutního gravimetru. Dále byly zpracovány nejistoty měření.

IV/3/06 Vytvoření certifikovaného referenčního materiálu Analytika spol. s r.o., Praha  
pro stanovení polychlorovaných dibenzodioxinů,  
dibenzofuranů a toxických polychlorovaných bifenilů z čistírenského kalu

V rámci úkolu byl vytvořen matricový certifikovaný referenční materiál pro stanovení polychlorovaných dibenzodioxinů, dibenzofuranů a toxických polychlorovaných bifenylů v čistírenském kalu a obdobných matricích s požadovanými parametry.

VII/1/06 Zpracování nových kalibračních postupů ČMS

V rámci úkolu byly zpracovány nové kalibrační postupy pro tato měřidla:

- digitální wattmetr,
- universální elektrický měřicí přístroj, U, I, R, L, C, f,
- měřicí mikroskop,
- rámová vodováha,
- nelineární elektronické vakuometry,
- souřadnicový měřicí stroj.

VII/2/06 Revize vydaných kalibračních postupů ČMS

V rámci úkolu byly revidovány dříve vydané kalibrační postupy, které neobsahovaly vzorový výpočet kalibračních postupů. U některých z nich byly zapracovány změny v souvisejících technických normách.

Úkol řešil revize kalibračních postupů pro:

- měřicí přípravek,
- číselníkový úchylkoměr,
- pracovní etalon pro kontrolu radiální přesnosti přístroje pro měření kruhovitosti,
- válce pro měření kolmosti,
- tvrdoměry Rockwell,
- měřicí řetězec pro měření teploty – termočlánky,
- deformační barometry,
- měřič RLC.

VII/3/06 Návrh MPM „Směrnice pro přípustné metody měření dodávek centrálně připravované teplé vody“ Václav Edr, Benešov

Výstupem předmětného úkolu je návrh příslušného MPM, který stanovuje přípustné metody měření centrálně připravované teplé vody a přípustné metody měření tepla spotřebovaného k přípravě teplé vody a obsaženého v teplé vodě .

VII/4/06 Výukový text „Metrologie tlaku“ České kalibrační sdružení

Cílem řešení úkolu bylo vytvoření uceleného učebního textu pro pracovníky státní metrologie, kalibrační laboratoře, studenty středních a vysokých škol technického směru, pracovníky průmyslu, energetiky, zdravotnictví apod. zajišťující kalibraci měřidel. tlaku a měření tlaku, projektanty a konstruktéry. Výsledkem řešení úkolu je lektorovaný učební text, který bude vydán jako samostatná publikace.

VII/5/06 Metodiky měřících postupů VŠCHT

Výstupy řešení úkolu jsou následující:

- a) měřicí postupy pro stanovení pesticidů v potravinách včetně rozpočtu nejistot,
- b) měřicí postupy pro stanovení některých karcinogenních látek v potravinách (polyaromatické uhlovodíky),

- c) měřicí postupy pro stanovení rtuti, mědi, olova, kadmia, arsenu a selenu v potravinách,  
d) metodická příručka pro interpretaci výsledků při rozhodovacích procesech.

VIII/1/06 Zlepšení metrologických parametrů systému  
pro testování rychlých AČ převodníků  
a modulů s rozlišením 12 až 18 bitů

FEL ČVUT

V rámci řešení úkolu byla navržena nová koncepce strukturovaného programového vybavení, formáty datových souborů a systém archivace výsledků a metody validace implementovaných algoritmů.

VIII/3/06 Ověřování metrologických vlastností ultrazvukových  
snímačů hladiny ve venkovním prostředí

VÚV TGM, Praha

Úkol byl zaměřen na snížení nepřesnosti při používání ultrazvukových sond v praxi. V tomto kontextu byl především posuzován vliv teplotní závislosti. Součástí úkolu bylo dokončení zařízení ke stanovování metrologických vlastností sond.

VIII/4/06 Vypracování metod identifikace reziduálních příměsí Kriministický ústav Praha  
v drogách (OPL) a stopových koncentrací lakrimátů z různých matric

Součástí řešení úkolu je:

- Vypracovaná metody pro stanovení stopových množství lakrimátorů ve složitých maticích umožňující kvalifikovanou konfirmaci těchto látek pro účely trestního řízení.
- Metody identifikace reziduálních příměsí v ilegálně vyráběných drogách klíčových pro vzájemné porovnání zadržovaných vzorků zejména s ohledem na důkazní řízení v trestním procesu.

VIII/6/06 Možnost náhrady MTP Rogovského cívkou

FEL ČVUT

Úkol se týkal měření velkých proudů v elektroenergetických soustavách s galvanickým oddělením obvodu s měřeným proudem od vyhodnocovacího obvodu. Jedná se o měření harmonických proudů v širším kmitočtovém rozsahu především však měření periodických a impulsních proudů.

VIII/7/06 Praktické ověření kalibrační křivky na vysokorychlostních  
vahách pro motorová vozidla

Jama s.r.o., Praha

Řešením úkolu jsou výsledky vážení při různých hmotnostech kalibračního vozidla, při různých pojezdových rychlostech a pro různé typy vozidel. Dále stanovené rozhraní z hlediska hmotnosti a přejezdové rychlosti a stanovení minimálního rychlostního a hmotnostního rozmezí pro dané váhy. Úkol byl řešen ve spolupráci s ČMI.

VIII/8/06 Metrologie napínavých soustav pro předpínání  
betonových konstrukcí a zemních kotev

Josef Hájek – J.H. s.r.o., Praha

Řešením úkolu je optimalizace postupu při ověřování napínavých souprav. V jeho rámci byly provedeny:

- analýza zdrojů nejistot při ověřování napínavých souprav,
- posouzení stálosti naměřených hodnot při ověřování napínavých souprav s ohledem na stanovení doby následného ověření.

IX/2/06 Zpracování návrhu TPM pro hromadné ověřování Prof. Ex. M., Ing. J. Synáč, CSc. Praha  
objemových vodoměrů na bázi statistických metod

V rámci řešení úkolu byl zpracován návrh příslušného TPM, proveden výběr lokalit a měřidel, vlastní měření a vyhodnocení jejich výsledků a validace návrhu předpisu. Dále byly v rámci řešení úkolu vypracovány podklady pro zpracování příslušného právního předpisu pro ověřování na bázi statistických metod.

IX/3/06 Optické identifikace velkých břemen při poloautomatickém automatickém vážení Jama, s.r.o., Praha

Na základě rešerše obdobných dostupných systémů a vlastního modelu byl vytvořen návrh metodiky systému optické identifikace břemen, využitelný jako jednotný systém splňující podmínky pro certifikaci v rámci legální metrologie pro ověřovaná vážná zařízení.

IX/8/06 Hodnocení vlivu jednotlivých kroků analytických postupů, včetně vzorkování, u stanovení As, Cr, Ni, Pb a uhlovodíků C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> v sedimentech na výsledek zkoušek a jeho metrologickou návaznost CSlab, Praha

Cílem úkolu bylo zjistit, zda-li akreditované subjekty poskytují spolehlivé a porovnatelné výsledky zkoušek vlastnoručně odebraných vzorků, které jsou získané ze stejného vzorkovaného objektu. V případě neporovnatelnosti výsledků pak popsání příčin problémů. Dále ověření schopnosti laboratoří stanovovat spolehlivě As na koncentrační hladině 10 mg/kg sušiny, posouzení metrologické návaznosti jejich výsledků a získání údajů o dílčích nejistotách výsledků včetně vzorkování.

Tato informace předkládá pouze stručnou rekapitulaci výstupů úkolů Programu rozvoje metrologie 2006. Podrobné informace o řešení jednotlivých úkolů jsou uvedeny v závěrečných zprávách případně dalších dokumentech, které jsou uloženy v odboru metrologie ÚNMZ a u řešitelů jednotlivých úkolů.