

Međunarodni odbor za utege i mjere

BIPM

# Nacionalne i međunarodne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo

Izveštaj koji je priredio  
CIPM za vlade država  
članica Dogovora o metru

ΜΕΤΡΟ ΧΡΟΝ

1998.

---

Međunarodni  
ured  
za utege  
i mjere

Međuvladina  
organizacija  
Dogovora  
o metru



**Nacionalne i međunarodne  
potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo:  
Međunarodna suradnja i uloga BIPM-a**

Besoins nationaux et internationaux  
dans le domaine de la métrologie:  
les collaborations internationales  
et le rôle du BIPM

National and international  
needs relating to metrology:  
International collaborations  
and the role of the BIPM



---

**Međunarodni ured  
za utege i mjere**

**Nacionalne i međunarodne potrebe  
koje se odnose na mjeriteljstvo:  
Međunarodna suradnja i uloga  
BIPM-a**

Izvještaj koji je priredio CIPM  
za vlade država članica  
Dogovora o metru

1998.

---

**Međuvladina organizacija  
Dogovora o metru**

#### Napomena za uporabu engleskog teksta

Kako bi što bolje predstavio svoj rad, Međunarodni odbor za utege i mjere objavljuje englesku inačicu svojih izvještaja.

Čitatelji moraju imati na umu da je službeni tekst međutim uvijek onaj koji je napisan na francuskome jeziku. Taj je tekst mjerodavan ako je nužno upućivanje ili ako postoji sumnja o tumačenju teksta.

#### NASLOV IZVORNIKA:

Besoins nationaux et internationaux dans le domaine de la métrologie: les collaborations internationales et le rôle du BIPM • National and international needs relating to metrology: International collaborations and the role of the BIPM

NAKLADNIK: *Državni zavod za mjeriteljstvo* • ZA IZDAVAČA: *Mirko Vuković* • PREVEO S ENGLSKOG JEZIKA: *Mirko Vuković* • LEKTORIRAO, IZVRŠIO PREGLED PRIJEVODA I USKLAĐENJE S FRANCUSKIM IZVORNIKOM: *Luka Vukojević* • KORIGIRAO: *Domagoj Škarica* • PRIPREMA SLOGA: *Mirela Mikić Muha, LASERplus d.o.o., Zagreb* • Zagreb, veljače 2008.

---

ISBN 978-953-6783-05-2

## Sadržaj

<b>Predgovor</b>	<b>7</b>
<b>Egzekutivni kratki pregled</b>	<b>9</b>
<b>1 Uvod</b>	<b>13</b>
<b>2 Korisnici mjeriteljstva</b>	<b>16</b>
<b>3 Nacionalne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo</b>	<b>18</b>
3.1 Mjerne jedinice	19
3.2 Nacionalni mjerni etaloni	19
3.3 Mreža umjeravanja i akreditacija laboratorija	21
3.4 Zakonsko mjeriteljstvo	22
3.5 Norme i drugi referentni dokumenti	23
3.6 Školovanje u mjeriteljstvu	23
<b>4 Međunarodne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo i odgovarajuća međunarodna suradnja</b>	<b>24</b>
4.1 Međunarodni sustav jedinica (SI)	27
4.2 Međulaboratorijska suradnja u razvoju mjernih etalona	27
4.3 Savjetodavni odbori: proširena uloga	29
4.4 Istovrijednost nacionalnih mjernih etalona	30
4.5 Međunarodna suradnja u akreditaciji laboratorija	34
4.6 Međunarodna suradnja u zakonskom mjeriteljstvu	35
4.7 Međunarodne pisane norme	35
4.8 Potrebe zemalja u razvoju	36
<b>5 Uloga BIPM-a u prvim desetljećima 21. stoljeća</b>	<b>38</b>
<b>6 Odluke CIPM-a</b>	<b>41</b>
<b>7 Financijske obveze koje se zahtijevaju od država članica Dogovora o metru</b>	<b>44</b>
7.1 Godišnji doprinos BIPM-u	44
7.2 Drugi troškovi prema Dogovoru o metru	47
7.3 Utjecaj novih područja mjeriteljstva na države članice	47
<b>Dodatak A. Izjava iz 1984. godine o ulozi BIPM-a</b>	<b>49</b>
<b>Dodatak B. 1., 2., 3. i 11. zaključak 20. CGPM-a, listopada 1995.</b>	<b>50</b>
<b>Dodatak C. Kriteriji za članstvo u savjetodavnim odborima CIPM-a</b>	<b>53</b>
<b>Dodatak D. Model referentnih uvjeta za tipični savjetodavni odbor CIPM-a (CC za X)</b>	<b>54</b>

<b>Popis akronima i kratica koji se upotrebljavaju u ovome izvještaju</b>	55
<b>Slike</b>	
<b>Slika 1.</b> Shematski prikaz kako u dobro uspostavljenu nacionalnom mjernom sustavu tehničke koristi teku iz nacionalnog mjeriteljskog instituta različitim korisnicima mjeriteljstva, izravno i preko drugih organizacija.	18
<b>Slika 2.</b> Prikaz triju alternativnih postupaka kojima raspolaže nacionalni mjeriteljski institut (NMI) za uspostavljanje svojih nacionalnim mjernih etalona. U uslugama umjeravanja koje pruža NMI koriste se radni etaloni koji su sljedivi do nacionalnih etalona.	20
<b>Slika 3.</b> Shematski prikaz kako ključne usporedbe BIPM-a povezane s odgovarajućim regionalnim ključnim usporedbama i dvostranim usporedbama nacionalnih mjernih etalona mogu dati djelotvoran tehnički temelj za ocjenu stupnja istovrijednosti nacionalnih etalona mnogih zemalja.	33
<b>Slika 4.</b> Prikaz (za jednu hipotetsku svjetsku regiju) komplementarnih uloga BIPM-a, regionalne mjeriteljske organizacije i regionalne suradnje na ovlašćivanju laboratorija u osiguravanju vodoravnih provjera istovrijednosti mjerenja na različitim razinama nacionalne hijerarhije umjeravanja.	34
<b>Tablice</b>	
<b>Tablica 1.</b> Glavne organizacije za višestranu međunarodnu suradnju u mjeriteljstvu	25
<b>Tablica 2.</b> Savjetodavni odbori CIPM-a 1. siječnja 1998. godine	25



## Predgovor

U listopadu 1995. godine 20. opća konferencija za utege i mjere (CGPM) tražila je od Međunarodnog odbora za utege i mjere (CIPM)

da prouči dugoročne nacionalne i međunarodne potrebe u području mjeriteljstva, potrebnu međunarodnu suradnju i prvorazrednu ulogu BIPM-a u zadovoljavanju tih potreba te financijske i druge obveze koje će se zahtijevati od zemalja članica u idućim desetljećima te da o tome podnese izvještaj.

Tražena je studija sada dovršena i CIPM ima zadovoljstvo podnijeti ovaj izvještaj vladama zemalja članica Dogovora o metru.

Tijekom proučavanja i pripreme izvještaja provedena su široka savjetovanja sa zainteresiranim stranama te su uzete u obzir primljene primjedbe i mišljenja o nekoliko nacrtu ovoga izvještaja. Provedene su rasprave s ravnateljima i višim službenicima mnogih nacionalnih mjeriteljskih instituta, a u veljači 1997. godine na sastanku ravnatelja u Sèvresu razmatran je nacrt ovog izvještaja. O nacrtima izvještaja raspravljalo se također s istaknutim članovima mnogih drugih važnih organizacija i suradnih skupina, uključujući:

### Međunarodne organizacije

- Međunarodnu organizaciju za zakonsko mjeriteljstvo (OIML)
- Međunarodnu organizaciju za normizaciju (ISO)
- Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo (IEC)
- Međunarodnu suradnju na akreditaciji laboratorija (ILAC)

### Regionalne organizacije u mjeriteljstvu

- Azijsko-pacifički mjeriteljski program (APMP)
- Europsku suradnju u mjeriteljstvu (EUROMET)
- Sjevernoameričku suradnju u mjeriteljstvu (NORAMET)

### Regionalne suradnje na akreditaciji laboratorija

- Azijsko-pacifička suradnja na akreditaciji laboratorija (APLAC)
- Europska suradnja na akreditaciji (EA).

U ime CIPM-a izražavamo zahvalnost svima koji su posvetili svoje vrijeme i stručno znanje te pomogli u pripremi ovoga izvještaja.

J. Kovalevsky  
predsjednik CIPM-a

W. R. Blevin  
Tajnik CIPM-a

U ožujku 1998. godine



## Egzekutivni kratki pregled

Brojna pitanja koja se tiču nacionalnih vlada sve više povećavaju potražnju za međunarodnom ujednačenošću mjerenja i povećavaju važnost akreditacije i međunarodnoga priznavanja usluga mjerenja i ispitivanja. Ta pitanja obuhvaćaju: snažnu težnju prema globalizaciji svjetske trgovine, kretanje prema međunarodnoj zajedničkoj proizvodnji roba; veću tehničku složenost većine proizvoda i usluga i veću brigu za probleme zdravlja, sigurnosti i okoliša. Najnoviji trgovinski sporazumi među državama i regijama posebno zahtijevaju da sve potpisnice prihvate rezultate mjerenja i ispitivanja koje je provela bilo koja druga strana. Taj povećani naglasak na važnosti istovrijednosti usluga mjerenja i ispitivanja za trgovinu imat će dalekosežne posljedice za nacionalne i međunarodne mjerne sustave. To je temelj prema kojemu se moraju ocjenjivati buduće nacionalne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo i buduće potrebe za međunarodnom suradnjom.

Aspekti mjeriteljstva koji zahtijevaju nastavak, često i osnaženje, međunarodne suradnje uključuju: sporazume koji se odnose na definiciju i ostvarivanje mjernih jedinica, uspostavljanje nacionalnih mjernih etalona dokazive međunarodne istovrijednosti, akreditacija laboratorija, zakonsko mjeriteljstvo i norme. Bitno je da u tim područjima postoji višestrana suradnja na svjetskoj i regionalnoj razini.

BIPM poboljšava komunikaciju na najvišoj razini sa svojim glavnim korisnicima, nacionalnim mjeriteljskim institutima zemalja članica, organiziranjem periodičnih sastanaka ravnatelja tih instituta s članovima CIPM-a i višim službenicima BIPM-a. Ti sastanci osiguravaju jedinstven forum na kojemu se raspravlja o glavnim pitanjima međunarodnog mjeriteljstva.

Postoji opće slaganje o tome da su programi pokrenuti s ovlaštenjem Dogovora o metru od velike važnosti i da većinu trenutanih programa treba nastaviti. Postoji međutim široko rasprostranjeno stajalište da BIPM i savjetodavni odbori CIPM-a moraju sada više raditi kako bi pomogli nacionalnim mjeriteljskim ustanovama zemalja članica da dokažu stupanj istovrijednosti svojih nacionalnih etalona. Uspostavljen je postupak koji osigurava postizanje toga cilja i on se trenutno uvodi u uporabu. To zahtijeva periodične provedbe širokog niza "ključnih" usporedba mjerenja s nizom sličnih usporedba koje organiziraju regionalne organizacije. Objavljivanjem rezultata tih usporedba i njihovih analiza od strane odgovarajućih savjetodavnih odbora, CIPM će široj mjeriteljskoj zajednici osigurati izravan pristup prikupljenim podacima koji dokazuju stupanj istovrijednosti nacionalnih etalona. Štoviše, sporazum o međusobnome priznavanju nacionalnih mjernih etalona i potvrda o umjeravanju koje izdaju nacionalne mjeriteljske ustanove privodi se kraju, a planira se prikazati na 21. općoj konferenciji za utege i mjere. Taj će sporazum provoditi i održavati CIPM u ime zemalja članica: njegovi će potpisnici biti nacionalne mjeriteljske ustanove zemalja članica.

Ulogu savjetodavnih odbora treba znatno ojačati aktivnijim radnim programima u razdoblju između sastanaka. Kriteriji za članstvo u odborima kritički su pregledani i pročišćeni, a sastancima će prisustvovati i promatrači tako da će moći sudjelovati veći broj zemalja članica. Za svaki se odbor trebaju pripremiti detaljniji uvjeti, a svakomu će odboru biti dodijeljen jedan član znanstvenog osoblja BIPM-a koji će služiti kao njegov izvršni tajnik. Trebaju se proširiti mjeriteljska područja koja su pokrivali određeni odbori, a može se osnovati i jedan ili više dodatnih odbora tako da zajednički pokrivaju glavna područja mjeriteljstva u kojima je važna suradnja između nacionalnih mjeriteljskih instituta za uspostavljanje međunarodne istovrijednosti etalona. CIPM

trenutačno istražuje moguća proširenja kako bi se pokrila područja akustike, ultrazvuka, vibracija, tvrdoće i protoka, ali postoje mnoga druga područja u kojima će prije ili poslije biti potrebno uspostaviti svjetsku istovrijednost etalona i mjerenja; BIPM ima jedinstvenu funkciju za utvrđivanje takvih iznenadnih potreba i iniciranje odgovarajuće međunarodne suradnje.

Mnoga svjetska i regionalna tijela sada se bave temeljnim i primijenjenim aspektima mjeriteljstva. Na globalnoj razini BIPM je započeo aktivniju suradnju s Međunarodnom suradnjom na akreditaciji laboratorija, Međunarodnom organizacijom za zakonsko mjeriteljstvo, Međunarodnom organizacijom za normizaciju i Međunarodnim elektrotehničkim povjerenstvom; na regionalnoj razini on će surađivati s regionalnim mjeriteljskim organizacijama. CIPM je već dao inicijativu za stvaranje zajedničkog odbora regionalnih mjeriteljskih organizacija i BIPM-a kojem će predsjedavati ravnatelj BIPM-a.

Strategije koje su nedavno prihvaćene omogućuju BIPM-u da pruža određenu pomoć zemljama u razvoju u smislu jačanja njihovih nacionalnih mjernih sustava, osobito podizanjem mjerenja na razinu važne sastavnice gospodarskog razvoja. Neke od tih strategija uključuju tijesnu suradnju s Međunarodnom organizacijom za zakonsko mjeriteljstvo i regionalnim mjeriteljskim organizacijama.

U ovome izvještaju, popraćenom popisom dvadeset i jedne posebne odluke koje se odnose na buduće djelatnosti BIPM-a i savjetodavnih odbora, CIPM određuje ulogu koju BIPM treba preuzeti u prvim desetljećima 21. stoljeća. BIPM će s vremena na vrijeme morati poduzimati nove programe kako bi odgovorio na nove zahtjeve koje postavljaju zemlje članice ili da iskoristi napredak znanosti i tehnologije. Utjecaj takvih novih programa na proračun BIPM-a u velikoj mjeri ovisi o uravnoteženosti potreba za novim osobljem i ušteda koje se mogu postići prekidom ili ograničenjem trenutačnih djelatnosti ili poboljšavanjem djelotvornosti. Prva je promjena u djelatnostima laboratorija BIPM-a pokretanje malog programa u kemijskom mjeriteljstvu. Taj program i uvođenje ključnih usporedba zajedno zahtijevaju otvaranje nekoliko novih radnih mjesta u BIPM-u, ali to će se postići unutrašnjom preraspodjelom i uporabom postojećih i predvidljivih slobodnih radnih mjesta, ne povećavajući ukupni broj osoblja iznad onog koji je postojao 1991. godine.

Dugoročni program izgradnje zgrada (objekata) koji je razvijen za BIPM početkom osamdesetih godina prošloga stoljeća pri završetku je i nije predviđena izgradnja novih zgrada u idućih nekoliko desetljeća.

Odgovarajuća razina budućeg financiranja BIPM-a razmatrana je u svjetlu tih i drugih čimbenika, ne samo postojećih ekonomskih ograničenja s kojima se susreću zemlje članice nego i porasta troškova BIPM-ova mirovinskog fonda. Predviđa se da će CIPM preporučiti 21. CGPM-u da godišnja davanja BIPM-u, barem za četverogodišnje razdoblje od 2001. do 2004. godine, ostanu stalna u realnim okvirima na razini koju je utvrdio 20. CGPM za 2000. godinu. Postojeće financijske procjene međutim pokazuju da oko 2006. godine BIPM neće više moći nastaviti sve svoje programe bez stvarnog povećanja davanja. Stoga će se 22. CGPM u 2003. godini suočiti s teškom odlukom: ili zadržati stalan iznos davanja u razdoblju od 2005. do 2008. godine i u idućim četverogodišnjim razdobljima, što bi zahtijevalo znatno smanjenje znanstvenoga programa BIPM-a, ili povećati davanja.

Osim godišnjih davanja BIPM-u svaka se zemlja članica koja sudjeluje u radu koji se odvija u okviru Dogovora o metru suočava s nizom drugih troškova. Neke od novijih odluka CIPM-a, među kojima su uvođenje u ključne usporedbe i širenje područja mjeriteljstva koje pokrivaju savjetodavni odbori, mogla bi ponešto povećati te troškove. Ipak, za takve poslove, koji su opse-

gom svjetski i za čije provođenje postoji opća suglasnost, ne postoji troškovno djelotvorniji način njihova provođenja od ustrajanja na svjetskoj suradnji. Svaka se zemlja članica potiče da obuzda te dodatne troškove utvrđivanjem onih tehničkih djelatnosti koje su najvažnije za njezine nacionalne interese i da da prednost svojem sudjelovanju u njima. Treba međutim imati na umu da se mjeriteljstvo razvija te da se širi broj i složenost njezinih primjena, što može dovesti do postupnog širenja nacionalnih programa. Jedina je dakle alternativa dodatnim troškovima stroža ponovna ocjena tradicionalnih prednosti.



# 1 Uvod

Proces mjerenja ima sve veću važnost u gotovo svim područjima ljudske djelatnosti, a procjenjuje se da u industrijskim zemljama mjerenje i srodne radnje obuhvaćaju 4 % – 6 % bruto nacionalnog proizvoda. To samo za Europsku uniju iznosi nekoliko stotina milijarda US dolara. Da bi bila značljiva, mjerenja se moraju zasnivati na mjeriteljstvu, znanosti o mjerenju. U skladu s tim, ukupni svjetski naponi uloženi u mjeriteljstvo sami su po sebi veliki. Taj napor dijele javni (vlade) i privatni (industrija) sektor nacionalnih gospodarstva.

U praksi mjerenja nisu nikad savršeno točna. Svakome mjerenju pridruženi su mogući izvori pogriješke koji zajedno daju određeni stupanj nesigurnosti mjernog rezultata. Ako je ta nesigurnost prevelika za svrhu nekoga posebnog mjerenja, mjerni rezultat može biti gotovo bezvrijedan. Stupanj nesigurnosti koji se može dopustiti u velikoj se mjeri razlikuje s obzirom na različite primjene mjerenja. Npr. mjerenja u proizvodnji i radu uređaja visoke tehnologije obično zahtijevaju mnogo niže nesigurnosti (tj. mnogo veće točnosti) nego mjerenja u samoposluzi. Točnost mjerenja mora biti primjerena svrsi.

Većina je nacionalnih vlada odavno prihvatila da je jedna od njihovih odgovornosti da osiguraju razvoj i održavanje temeljnih elemenata nacionalnoga mjeriteljskog sustava kako bi se povećanjem pouzdanosti mjerenja podupirala trgovina i druge djelatnosti povezane s mjerenjem. Ti elementi uključuju:

- prihvaćanje sustava mjernih jedinica za uporabu na cijelom nacionalnom prostoru
- rad nacionalnog instituta za mjeriteljstvo (National Metrology Institute, NMI) radi razvoja, održavanja i širenja nacionalnih mjernih etalona koji odgovaraju nacionalnim potrebama te razvoja i prijenosa novih tehnologija korisnicima
- rad nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva radi pomoći vladi pri donošenju i primjeni zakona i propisa koji se odnose na mjerenja u trgovini i nekim drugim područjima
- priznavanje nacionalne organizacije za akreditaciju laboratorija radi akreditacija mjeriteljskih i ispitnih laboratorija koji zadovoljavaju odgovarajuće kriterije.

U nekim zemljama NMI i nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva pripadaju istoj organizaciji.

Na međunarodnoj razini već više od sto godina sve je veći broj dokaza o koristima koje proistječu iz međunarodne ujednačenosti mjeriteljskih sustava. Neujednačenost u mjerenju, ispitivanju i potvrđivanju proizvoda shvaća se kao jedna od glavnih tehničkih zapreka trgovini. Zbog toga se trgovačkim sporazumima između država i regija sada posebno zahtijeva da sve potpisnice prihvaćaju rezultate mjerenja i ispitivanja koje provodi bilo koja druga strana. Tu politiku podupire Svjetska trgovinska organizacija (World Trade Organization, WTO). Veći naglasak na istovrijednosti usluga mjerenja i ispitivanja za trgovinu imat će dalekosežne posljedice na nacionalne i međunarodne mjerne sustave.

U idealnom bi slučaju svi nacionalni mjerni sustavi upotrebljavali iste zajedničke jedinice, njihovi bi nacionalni etaloni bili istovrijedni, a zakoni i propisi koji se odnose na mjeriteljstvo bili bi međunarodno usklađeni. U praksi međutim postoje dvije velike zapreke za postizanje toga idealnog cilja. Prvo, zbog domaćih interesa ili uočenih kratkoročnih gospodarskih koristi, neke

države i dalje održavaju vlastite sustave i nastoje ih opravdati. Drugo, čak i kad države pokušavaju postići ujednačenost, uvijek postoje određene mjerne nesigurnosti koje su uključene u usporedbu njihovih mjernih etalona te je najbolje što se može učiniti potvrditi njihovu istovrijednost u određenim užim granicama.

Prvi i najvažniji korak prema međunarodnoj ujednačenosti mjerenja bilo je potpisivanje *Dogovora o metru* 1875. godine. Tim je dogovorom utemeljen Međunarodni ured za utege i mjere (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM), koji služi kao međunarodni laboratorij i tajništvo, te olakšava mjeriteljsku suradnju među njegovim državama članicama (četrdeset osam u siječnju 1998. godine). Djelatnosti BIPM-a bile su najprije prilično usko usmjerene na mjerenje duljine i mase, ali je odredbom u *Dogovoru* omogućeno da se povelja o BIPM-u postupno proširuje kako bi uključivala mnogo veće područje odgovornosti. Kratak pregled koji je 1984. godine pripremljen o suvremenoj ulozi BIPM-a dan je u Dodatku A, a podroban prikaz njegova rada može se naći u BIPM-ovoj publikaciji iz 1995. godine *Le BIPM et la Convention du Mètre* (pretiskana 1997. godine). BIPM djeluje pod izravnim nadzorom Međunarodnog odbora za utege i mjere (Comité International des Poids et Mesures, CIPM), koji sam potpada pod vlast Opće konferencije za utege i mjere (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM). CGPM okuplja periodično, trenutačno svake četiri godine, zastupnike vlada zemalja članica; on bira članove CIPM-a, a odlučuje o razini financiranja koje od zemalja članica treba tražiti za potporu BIPM-u.

Ovaj je dokument odgovor CIPM-a na zahtjev koji je u listopadu 1995. godine postavio 20. CGPM u svojoj 11. rezoluciji, kojom se zahtijeva izvještaj o "dugoročnim nacionalnim i međunarodnim potrebama koje se odnose na mjeriteljstvo, odgovarajućoj međunarodnoj suradnji i jedinstvenoj ulozi BIPM-a u zadovoljavanju tih potreba te financijskim i drugim obvezama koje će se zahtijevati od zemalja članica u idućim desetljećima". Dodatak B daje potpun tekst te rezolucije i pridruženih rezolucija 1, 2 i 3.

Radi proučavanja dugoročne uloge BIPM-a potrebno je postaviti djelatnosti BIPM-a u kontekst s onim aspektima mjeriteljstva za koje se trenutačno brinu druge međunarodne organizacije. Od tih su organizacija najvažnije sljedeće:

- Međunarodna suradnja na akreditaciji laboratorija (ILAC): akreditacija laboratorija za umjeravanje i ispitivanje
- Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO) i Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo (IEC): pisane norme
- Međunarodna organizacija za zakonsko mjeriteljstvo (OIML): zakonsko mjeriteljstvo.

Postoje međutim mnogobrojne druge svjetske organizacije koje su aktivne u posebnim područjima mjeriteljstva; ovo su samo neki primjeri takvih organizacija:

- Međunarodna astronomska unija (IAU): mjeriteljstvo u astronomiji
- Međunarodno povjerenstvo za rasvjetu (CIE): fotometrija i kolorimetrija
- Međunarodno povjerenstvo za jedinice zračenja i mjerenje zračenja (ICRU): mjeriteljstvo ionizacijskog zračenja
- Međunarodni savez za kliničku kemiju (IFCC): mjeriteljstvo u kliničkoj kemiji
- Međunarodna konfederacija za mjerenja (IMEKO): međunarodna razmjena podataka o mjernoj znanosti i tehnologiji



- Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju (IUPAC): mjeriteljstvo u kemiji
- Međunarodna unija za čistu i primijenjenu fiziku (IUPAP): jedinice i temeljne stalnice.

Iz praktičnih razloga kratica BIPM upotrebljava se u ovome dokumentu ne samo kad se odnosi na Međunarodni ured za utege i mjere kao ustanovu nego i u određenim slučajevima u širemu smislu kad se odnosi na ukupnost djelatnosti u okviru Dogovora o metru. Svaka je uporaba jasna iz konteksta. BIPM je međuvladina organizacija, ali zbog jednostavnosti u ovome dokumentu ne pravi se općenito razlika između "međuvladinih organizacija" i "međunarodnih organizacija".

## 2 Korisnici mjeriteljstva

Radi utvrđivanja budućih potreba za mjeriteljstvom bitno je razmotriti koje se usluge trebaju nastaviti te nove usluge koje će zahtijevati korisnici. Sami su mjeritelji u biti pružatelji usluga, a ne korisnici. Kako je spomenuto u Uvodu, gotovo sva područja ljudske djelatnosti oslanjaju se u velikoj mjeri na mjerenje i mjeriteljstvo; popis u nastavku daleko je od potpunosti određenih većih i važnijih područja uporabe:

- proizvodnja i druge grane industrije
- trgovina
- zdravstvena skrb i sigurnost
- zaštita okoliša
- znanost
- komunikacije i promet
- provođenje nacionalnih zakona
- proizvodnja i razdioba energije
- geodezija i navigacija
- vojne snage.

U prošlosti je stalno rastao broj područja mjerenja u kojima su korisnici vršili pritisak za poboljšanje točnosti i spojivosti. Isprva, 1875. godine kad je potpisan Dogovor o metru naglasak je bio na duljini, masi i srodnim veličinama jer su u to vrijeme one bile glavni zahtjev trgovine. Druga područja mjeriteljstva naknadno su se razvijala i postajala sve važnija korisnicima. Npr., električna mjerenja došla su u prvi plan početkom ovoga stoljeća, ionizacijsko zračenje nakon drugog svjetskog rata, a u najnovije doba mjeriteljstvo u kemiji. Danas se ubrzava kretanje našega društva prema visokim tehnologijama te dovodi do potrebe za širenjem područja novih i složenijih mjerenja. Primjeri su mjeriteljski zahtjevi u informacijskoj tehnologiji, u mikrotehnologiji i nanotehnologiji, u opisu novih gradiva i veoma brzih dinamičkih procesa. Slično porast uporabe složenijih mjerenja u područjima kao što su medicina, biotehnologija, prehrana i ispitivanje lijekova i zaštita okoliša dovodi do hitnih zahtjeva za pouzdanijim mjeriteljstvom u kemiji i biologiji te u tradicionalnim područjima fizike i tehnike. Nacionalno i međunarodno mjeriteljstvo daleko su od toga da zadovoljavaju potrebe tih novih područja i radi hvatanja koraka s tim potrebama u idućem se desetljeću mora poduzeti razvoj u mnogim novim područjima.

Nadalje, mnogi su korisnici u prošlosti obraćali malu pozornost na uporabu čvrste mjeriteljske prakse za potporu svojim mjerenjima, što je imalo kao posljedicu štetno djelovanje na kakvoću roba koje isporučuju i usluga koje pružaju te na proizvodnost. Danas se međutim povećala svjesnost potrebe za stvaranjem mjeriteljskih temelja. Tome je razlog nekoliko čimbenika uključujući noviji naglasak na sustavima upravljanja kakvoćom te zahtjev vlada i trgovinskih partnera za akreditacijom ustanova koje provode mjerenja i ispitivanja.

Za velik dio poduzetih mjerenja, premda ne za sva, veoma je važno da korisnici dobivaju iste rezultate u prihvatljivim granicama nesigurnosti kad odgovarajuća mjerenja provode druge strane, na drugim mjestima, u drugo vrijeme ili u drugim epohama. Za korisnike mjeriteljstva također je važno da se njihovi mjerni rezultati mogu lako prenositi drugim zainteresiranim stranama te da ih one mogu prihvaćati kao valjane.

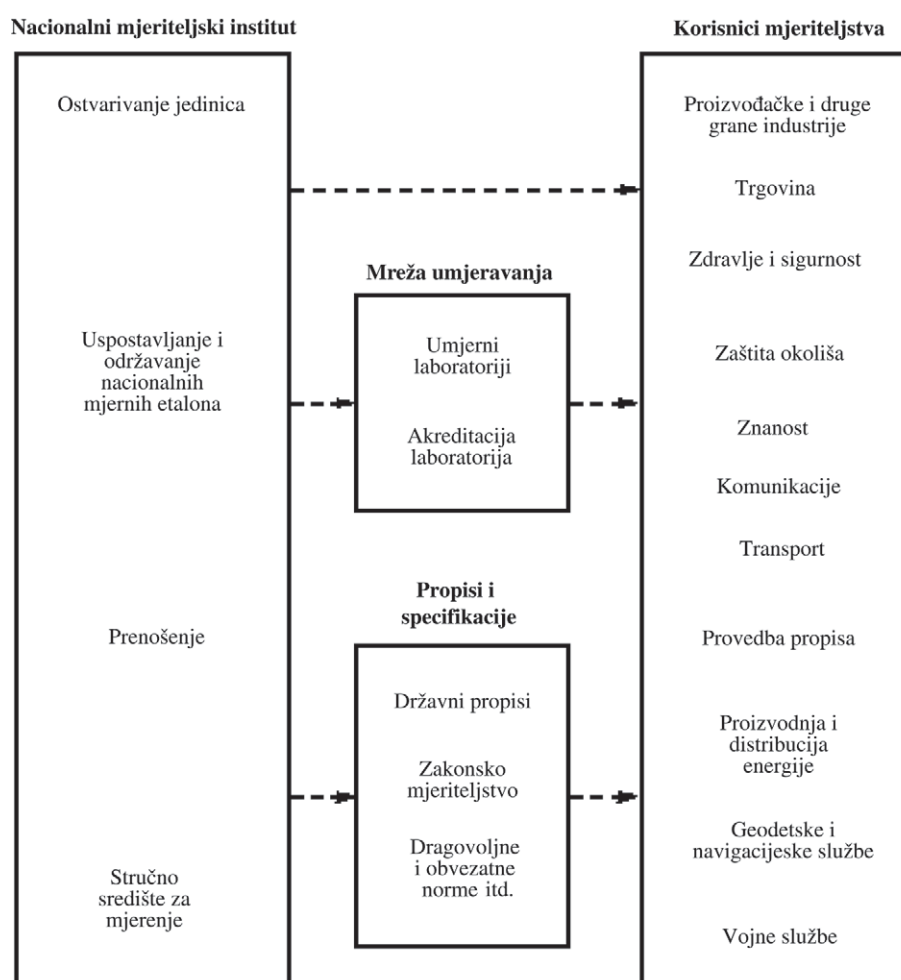
Te potrebe korisnika izravno pokazuju određene temeljne zahtjeve za mjeriteljstvo koji će se neograničeno primjenjivati u budućnosti na nacionalnoj i na međunarodnoj razini.

- Veoma je poželjno svjetsko univerzalno prihvaćanje zajedničkog sustava mjernih jedinica čvrsto povezana s temeljnom fizikom. Do velikog napretka prema postizanju toga cilja dovelo je uspostavljanje Međunarodnog sustava jedinica (SI) od strane CGPM 1960. godine. U znanosti i tehnici SI se gotovo univerzalno upotrebljava te je on u međunarodnoj trgovini i proizvodnji proizvoda visoke tehnologije uglavnom u velikoj mjeri zamijenio starije sustave jedinica.
- Mjerenja svih korisnika trebaju se temeljiti na istovrijednim fizikalnim ostvarenjima jedinica. To se može postići osiguranjem sljedivosti mjerenja ili prema jedinstvenomu mjernom etalonu koji se međunarodno održava ili nacionalnim mjernim etalonima za koje se zna da su međusobno istovrijedni u prihvatljivim granicama nesigurnosti. Da bi bilo sljedivo, svako se mjerenje mora dovesti u vezu s odgovarajućim etalom neprekinutim lancem usporedba, od kojih svaka ima utvrđenu nesigurnost. Takav lanac sljedivosti tradicionalno poprima oblik niza umjeravanja od kojih se svako provodi u odnosu na višu razinu (točnije referentni etalon). U analitičkoj kemiji za tu svrhu u velikoj mjeri služe potvrđene referentne tvari.

Te su točke istaknute u 1., 2. i 3. rezoluciju 20. opće konferencije pod naslovima "Potreba za uporabom SI jedinica u studijama o zemaljskim izvorima, okolišu, ljudskome blagostanju i srodnim pitanjima", "Svjetska sljedivost mjernih etalona" i "Potreba za dugoročnim mjeriteljskim istraživanjem". Preslike tih važnih rezolucija daju se u dodatku B ovoga izvještaja.

### 3 Nacionalne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo

Vlade postaju sve svjesnije gospodarskih i socijalnih koristi od djelotvornoga nacionalnog mjeriteljskog sustava, a posebno značenja takvog sustava kao oruđa industrijske konkurentnosti. Prema tomu, čini se da nema sumnje da će nacionalni mjeriteljski sustavi i dalje neograničeno služiti kao temeljni građevni blokovi svjetskog sustava, te je važno ispravno shvatiti njihovo značenje. To je tako usprkos tomu što se ponekad nacionalne i međunarodne mjeriteljske potrebe umjetno razmatraju odvojeno jer je malo međunarodnih potreba koje izravno ne odražavaju nacionalne potrebe. Interesi i zahtjevi mnogih korisnika mjeriteljstva nisu ograničeni na domaću scenu njihovih vlastitih država nego su doista međunarodni, što je odmah očito iz razmatranja gore navedenih korisnika. Mnoge tvrtke djeluju u međunarodnoj trgovini, zajednička proizvodnja proizvoda na međunarodnoj razini postala je uobičajena stvar, vojni obrambeni sporazumi često uključuju skupine država, problemi onečišćenja okoliša često se šire izvan nacionalnih granica itd.



**Slika 1.** Shematski prikaz kako u dobro uspostavljenu nacionalnom mjernom sustavu tehničke koristi teku iz nacionalnog mjeriteljskog instituta različitim korisnicima mjeriteljstva, izravno i preko drugih organizacija.

Na slici 1 dan je širok prikaz načela mjeriteljskih djelatnosti koje se zahtijevaju na nacionalnoj razini. Ona pokazuje kako koristi koje nastaju od nacionalnog sustava mjernih jedinica i mjernih etalona, koji se čuvaju u NMI-u, teku korisnicima kroz nekoliko kanala, uključujući: a) izravno od NMI-a, b) neizravno preko akreditiranih laboratorija i c) preko organizacija odgovornih za zakonske propise, dragovoljne norme specifikacije itd. Očekuje se da će u doglednoj budućnosti i nadalje postojati potrebe za svim tim djelatnostima na nacionalnoj razini, ali s povećanim naglaskom na međunarodnome usklađivanju.

Sveobuhvatan nacionalni mjeriteljski sustav obuhvaća nekoliko aspekata ili područja odgovornosti: mjerne jedinice i nacionalne mjerne etalone, akreditacija laboratorija, zakonsko mjeriteljstvo, pisane norme itd. U određenim je zemljama za svaki takav aspekt odgovorna posebna organizacija, dok je u drugim zemljama po nekoliko aspekata okupljeno u zajedničku organizaciju. Svaki od tih sustava može djelovati na zadovoljavajući način pod uvjetom da se osigura usklađen rad na svim tim aspektima. Za neke aspekte odgovornost dijeli nekoliko organizacija; primjer je zakonsko mjeriteljstvo za koju odgovornost često međusobno dijele nacionalne, državne ili pokrajinske organizacije. Međutim, veoma je poželjno i često gotovo najbitnije da se za svaki od tih aspekata ovlasti jedna organizacija kako bi predstavljala nacionalni interes u međunarodnim raspravama i pregovorima o međunarodnim sporazumima.

### 3.1 Mjerne jedinice

Prva je zadaća nacionalnih mjeriteljskih sustava prihvaćanje nacionalnog sustava jedinica i donošenje zakonodavstva prema kojemu će se zakonom priznavati samo jedinice u tome sustavu. Veoma je poželjno da se kao nacionalni sustav prihvati SI sustav jer je a) SI sustav suvisao, praktičan i široko razumljiv sustav i b) već je učinjen velik napredak prema općoj uporabi SI sustava. S napretkom i razvojem znanosti i tehnologije i zahtjeva korisnika, BIPM će i nadalje posuvremenjivati SI sustav te se prema tomu čini da nema razloga za sumnju da će njegova uporaba i dalje rasti.

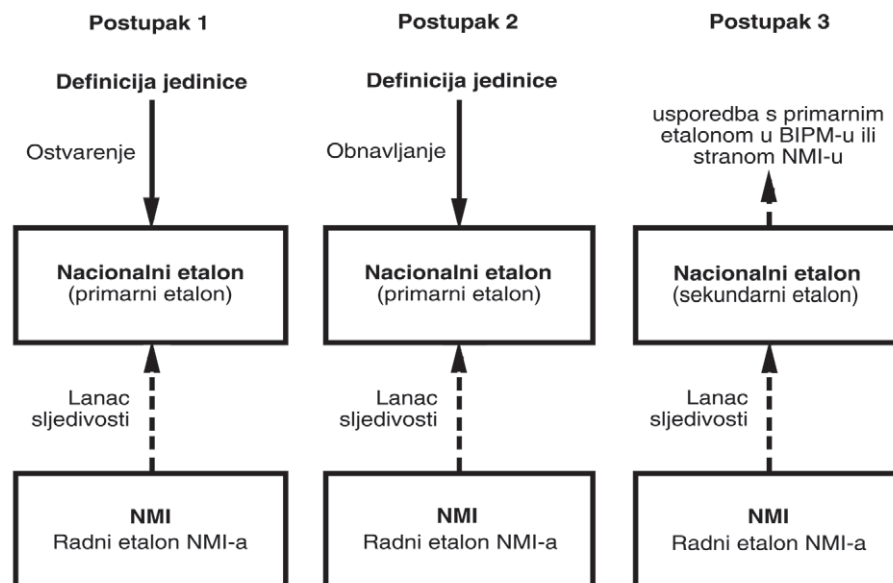
### 3.2 Nacionalni mjerni etaloni

Praksa uspostavljanja nacionalnih mjeriteljskih instituta koji su odgovorni za održavanje nacionalnih mjernih etalona i osiguravanje zadovoljavanja nacionalnih mjeriteljskih potreba, počinje krajem 19. stoljeća u tehnički razvijenijim zemljama. Ona se nastavlja do danas, a posljednja su dva desetljeća mnoge zemlje u razvoju najvišu prednost dale uspostavljanju svojih vlastitih NMI-a čija je razina osposobljenosti primjerena njihovim potrebama. Katkad se daju preporuke za uspostavljanjem regionalnih mjeriteljskih instituta kako bi se izbjegla potreba da sve države imaju vlastite NMI-e. Te preporuke zanemaruju činjenicu da su suvremeni NMI-i mnogo više od riznice mjernih etalona. Oni služe kao nacionalna središta izvrsnosti u mjerenju te kao bitne sastavnice nacionalne tehničke infrastrukture mogu dati širok raspon tehničkih savjeta i pomoć vladi, industriji i široj zajednici u problemima povezanim s mjerenjem. Djelotvornost NMI-a povećava se naravno s povećanjem naglaska na regionalnoj suradnji, ali će u doglednoj budućnosti za svaku državu biti pravilo da podupire svoj vlastiti NMI kojemu vlada, industrija i drugi korisnici mogu imati izravan pristup.

Kako je prikazano na slici 2., svaki NMI može birati između postupaka koji mu stoje na raspolaganju za ostvarenje zadatka uspostavljanja nacionalnih mjernih etalona.

1. Prvi je od tih postupaka uključivanje NMI-a u fizičko ostvarenje jedinice iz njezine definicije, uspostavljajući tako primarni etalon koji će služiti kao nacionalni etalon. To je temeljni pristup i od velike je važnosti jer fizička ostvarenja daju čvrstu vezu između definicije jedinice i njezina fizikalnog utjelovljenja kao etalona. To je međutim obično najteži i najskuplji pristup.
2. Drugi postupak upotrebljiv je samo za ograničen broj fizikalnih veličina. On također uključuje uspostavljanje primarnog etalona koji bi služio kao nacionalni etalon, ali se u tome slučaju jedinica ne ostvaruje iz njezine definicije nego uspostavljanjem etalona visoke obnovljivosti o čijoj je vrijednosti postignut sporazum međunarodnim dogovorom preko BIPM-a. Taj se postupak naziva "obnavljanje", a ne "ostvarivanje" jedinice. Primjeri su uporaba preporučenog frekvencijski stabiliziranog lasera za uspostavljanje etalona za metar, Josephsonova pojava za volt i kvantnog Hallova pojava za om. Zbog svoje velike obnovljivosti, obnavljanjima etalona obično se daje prednost kao nacionalnim etalonima čak i u onim NMI-ima koji sami ostvaruju dotične jedinice te prema tomu pridonose dodjeljivanju dogovorenih vrijednosti.
3. Treći je postupak uporaba sekundarnih etalona kao nacionalnih etalona, njihova se vrijednost određuje periodičnim uspoređivanjem s primarnim etalom koji se za istu veličinu čuva u BIPM-u ili drugome NMI-u. U slučaju mase taj postupak upotrebljavaju svi NMI jer je po definiciji primarni etalon mase samo međunarodna pramjera kilograma koja se održava u BIPM-u.

Razmjer u kojem se ti različiti postupci upotrebljavaju za uspostavljanje nacionalnih etalona znatno se razlikuje od jednog do drugog NMI-a i vjerojatno će to uvijek biti slučaj. U najstruč-



**Slika 2.** Prikaz triju alternativnih postupaka kojima raspolaže nacionalni mjeriteljski institut (NMI) za uspostavljanje svojih nacionalnih mjernih etalona. U uslugama umjeravanja koje pruža NMI koristi se usljeđivanje radnih etalona prema nacionalnim etalonima.

nijim NMI-ima uobičajeno je da su gotovo svi nacionalni etaloni primarni etaloni, te se osim za kilogram za druge sekundarne etalone zahtijeva malo vanjskog umjerenja. Na drugome kraju spektra mnogi mali NMI-i s manje strogim zahtjevima za točnošću temelje svoje nacionalne etalone gotovo isključivo na sekundarnim etalonima. Za manje upotrebljavane fizikalne veličine oni mogu odabrati da uopće ne održavaju etalone nego umjesto toga upućuju svoje korisnike na strane NMI-e. Najbolje točnosti koje postižu ti manji NMI-i, koje su obično niže od točnosti većine laboratorija na višoj stručnoj razini, mogu ipak biti prikladne za mnoge primjene i stvarne potrebe zemlje. Na njih ne bi trebalo vršiti isti pritisak da nastoje postići nepotrebno visoke razine radnih sposobnosti niti da uspostavljaju primarne etalone.

U sva tri gornja postupka postoji područje pogriješaka na uspostavljanju nacionalnih mjernih etalona, a takve se pogriješke ne mogu uvijek utvrditi kućnom ocjenom. Tim se etalonima stječe međunarodno povjerenje, što je bitno za njihovu usporedbu s nacionalnim etalonima drugih NMI-a ili s etalonima koje održava BIPM. Takve usporedbe služe kao provjera za kakvoću etalona i mogućnosti NMI-a da ih provodi.

Temeljni je cilj NMI-a osigurati sredstva kojima korisnici mogu provoditi mjerenja u SI sustavu s točnošću koja je prikladna za svaku primjenu. Mogu li korisnici smatrati sljedivost jednoga posebnog NMI-a istovrijednom sljedivosti NMI-a na višoj stručnoj razini ovisi o posebnoj primjeni mjerenja i o njihovim zahtjevima za točnost. Takve odluke trebaju se temeljiti na analizi tih zahtjeva, a nakon usporedbe s objavljenim prikazima o radnim sposobnostima toga NMI-a za važne fizikalne veličine pri periodičnim međunarodnim usporedbama. O toj se problematici raspravlja u nastavku.

### 3.3 Mreža umjerenja i akreditacija laboratorija

Budući da NMI-i u tipičnome slučaju izvode samo malen dio ukupnih nacionalnih potreba za umjerenjem sekundarnih i referentnih etalona, treba pronaći dodatna sredstva kako bi se osigurala točnost mnogih drugih etalona koji se upotrebljavaju u državi. Korisnici takvog načina umjerenja trebaju imati povjerenje da se vrijednosti pridijeljene njihovim referentnim i radnim etalonima slažu, u količinski određenim i prihvatljivim granicama nesigurnosti, s vrijednostima koje bi se dobile izravnom usporedbom s nacionalnim etalonima. Uobičajeno je da se uspostavi hijerarhijska mreža laboratorija za umjerenje s NMI-em na vrhu te hijerarhije. Premda je moguć velik broj inačica tih organizacija, sve one moraju zadovoljavati određene temeljne zahtjeve.

U određenim područjima mjerenja, posebno u kemiji, raspačavanje potvrđenih referentnih tvari često se upotrebljava kao metoda za poboljšavanje mjerne točnosti i ujednačenosti. Metode koje se upotrebljavaju za mjerenje i opis takvih referentnih tvari nisu se uvijek mogle provoditi strogim određivanjem vrijednosti pridruženih mjernih nesigurnosti iskazanih SI jedinicama. Veći će se naglasak u budućnosti zahtijevati za utvrđivanje i prihvaćanje metoda koje se mogu potpuno opisati i shvatiti i za koje se može napisati potpun iskaz nesigurnosti.

Pouzdanost lanca sljedivosti od nacionalnih etalona do radnih etalona na mjestu primjene od kritične je važnosti za nacionalni mjeriteljski sustav. Svi laboratoriji u svakome lancu, i prema tomu svi laboratoriji u nacionalnoj mreži laboratorija za umjerenje, trebaju moći dokazati svoju mjerodavnost. Za pomoć u postizanju toga cilja razvijena je praksa akreditacije laboratorija u kojoj svaki laboratorij ocjenjuje vanjska organizacija koja ima primjereno stručno znanje. Jedna jedina nacionalna organizacija za akreditaciju laboratorija postala je pravilo u većini zemalja,

a u slučaju mjeriteljskih laboratorija gotovo opće pravilo. Takve organizacije često su odgovorne za akreditaciju ne samo mjeriteljskih laboratorija nego također i širokoga spektra ispitnih laboratorija. Veoma tijesna suradnja između NMI-a i nacionalne organizacije za akreditaciju laboratorija imat će i dalje sve veću važnost. Rad NMI-a može u potpunosti biti djelotvoran samo ako ga podupire mreža umjeravanja dokazane mjerodavnosti i, obrnuto, organizacija za akreditaciju zahtijeva pristup stručnom mjeriteljskom znanju svojega NMI-a u planiranju primjene svojega programa akreditacije.

Nacionalne organizacije za akreditaciju laboratorija nadalje povećavaju povjerenje u nacionalnu mrežu umjeravanja provođenjem usporedbe mjerenja "vodoravno" između akreditiranih laboratorija radi ispitivanja njihove istovrijednosti. Taj se proces često naziva ispitivanjem osposobljenosti. Uključivanje NMI-a u takve usporedbe može biti korisno jer to omogućuje provjeru na "okomitom" lancu sljedivosti prema nacionalnim etalonima.

### 3.4 Zakonsko mjeriteljstvo

Vlade su prije više godina donijele velik broj zakona i propisa za čiju se poštenu i djelotvornu provedbu zahtijevaju pouzdana mjerenja. Naziv "zakonsko mjeriteljstvo" upotrebljava se za područje međusobnog djelovanja propisa i mjerenja. Zakonsko je mjeriteljstvo nastalo iz potrebe da se osigura poštena trgovina i zaštita potrošača te će ono i dalje stavljati najveći naglasak na to područje. Međutim, posljednjih nekoliko desetljeća potreba za zaštitom društva u drugim područjima kao što su zdravstvena skrb, sigurnost i okoliš dovela je do novih zakona i propisa i širenja djelatnosti zakonskog mjeriteljstva.

Kao što je već u ovome članku uvedeno spomenuto, većina je nacionalnih vlada uspostavila nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva, ali je većina odgovornosti za zakonsko mjeriteljstvo nerijetko prenesena na savezne države ili pokrajine. Odgovornosti nekih od tih organizacija ograničuju se na trgovinu, dok su u drugim slučajevima one mnogo šire. U zakonsko su mjeriteljstvo barem potencijalno uključena mnoga ministarstva vlada u područjima kao što su zaštita potrošača, zdravstvena skrb, okoliš, trgovina, komunikacije i poljoprivreda. Nacionalna organizacija zakonskog mjeriteljstva obično se nalazi pri jednome posebnom ministarstvu, a ako mu vlada ne daje odgovornost za sva područja zakonskog mjeriteljstva, njegov se utjecaj na druga ministarstva ograničuje na savjete i usklađivanje.

Potpun sklad između NMI-a i nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva bitan je za pitanja kao što su jedinice, nacionalni mjerni etaloni, mreže umjeravanja i akreditacija laboratorija. Kako se širi zakonsko mjeriteljstvo, ona će vjerojatno uključivati područja mjerenja koja su nova za nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva, ali za koje NMI već ima temeljno stručno znanje. Noviji je primjer toga potreba za osposobljavanje za mikrovalna mjerenja pri ispitivanju mjerila za elektromagnetske smetnje i spojivost. Potrebna je tijesna suradnja NMI-a i nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva kako bi se izbjeglo nepotrebno udvostručivanje instalacija i postigla optimalna nacionalna rješenja. Isto tako, nacionalne organizacije zakonskog mjeriteljstva mogu pomagati NMI-ima pri utvrđivanju i rješavanju svih zakonskih problema koji utječu na promicanje ujednačenosti mjerenja.

Područje obuhvaćeno zakonskim mjeriteljstvom očito je povezano s politikama vlada i s vremenom će se mijenjati. Dok se u nekim državama provodi u velikoj mjeri deregulacija, u drugima se ona širi i obuhvaća mjerenja u netradicionalnim područjima kao što su zaštita okoliša i zdravstvena skrb.



### 3.5 Norme i drugi referentni dokumenti

Pisane norme ispunjavaju dvije važne nacionalne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo.

Prvo, one sustavno uređuju velik dio mjerenja koja se provode u industriji i široj zajednici te predstavljaju konsenzus o tim mjerenjima i o njihovoj zahtijevanoj točnosti.

Drugo, one osiguravaju djelotvorna sredstva za širenje temeljnih podataka u državi o njezinu nacionalnom mjeriteljskom sustavu. Ti podatci uključuju nazivlje, veličine i jedinice, mjerne i ispitne metode, određivanje mjerne nesigurnosti itd.

Osim toga, sudjelovanje u odborima koji sastavljaju nacionalne pisane norme daju pružateljima mjeriteljskih usluga dragocjeno oruđe za učenje o potrebama korisnika. Time se nadopunjuju obavijesti koje svaki pružatelj usluga stječe svojim izravnim dodirima s korisnicima. To su: nacionalni mjeriteljski institut sa širim krugom korisnika njegovih umjeravanja i mjeriteljske savjetodavne službe, nacionalne organizacije, vlasnici umjernih i ispitnih laboratorija koji traže akreditaciju i nacionalna organizacija zakonskog mjeriteljstva s vladinim organizacijama koje donose propise i sa predstavnicima trgovine, industrijskih grana koje se bave mjerenjem ili srodnim djelatnostima.

Nije neobično da se u istoj zemlji više organizacija bavi sastavljanjem pisanih norma, ali samo je jedna od njih priznata kao krovna nacionalna organizacija, a ovdje se naziva nacionalnim normizacijskim institutom. Poželjno je da pružatelji mjeriteljskih usluga surađuju s tim organizacijama i s odborima koji sastavljaju norme za koje su mjerenja i mjeriteljstvo posebno važni.

### 3.6 Školovanje u mjeriteljstvu

U mnogim su zemljama čini se programi školovanja u mjeriteljstvu nedostatni na svim razinama obrazovnog sustava: školama, višim tehničkim školama i sveučilištima. Mjeriteljstvo često treba "učiti u radu", što otežava razvoj ujednačenih nacionalnih mjernih sustava. Ta potreba za boljim školovanjem važna je tema koju uglavnom treba razmatrati na nacionalnoj razini. Međutim, države koje su najnaprednije u mjeriteljstvu u velikoj mjeri školuju one koje su manje napredne pa tu djelatnost treba i dalje poticati.

## 4 Međunarodne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo i odgovarajuća međunarodna suradnja

Premda je poželjnost međunarodne ujednačenosti u mjerenju bila priznata prije uspostavljanja BIPM-a 1875. godine, ta je potreba neprekidno rasla, a posebno posljednjih nekoliko desetljeća. Razlozi su tomu snažna težnja prema globalizaciji svjetske trgovine, kretanje prema međunarodnoj suradnji u proizvodnji roba, veća tehnička složenost većine proizvoda i usluga te veća briga za probleme zdravlja, sigurnosti i okoliša. Očekuje se da će ti pravci razvoja i dalje jačati uzajamnu želju među državama za veće međusobno povjerenje u mjerenja, ispitivanja i ocjenu sukladnosti proizvoda.

Iskustvo pokazuje da je najdjelotvorniji i najučinkovitiji put prema mjernoj ujednačenosti višestrana suradnja odgovarajućih nacionalnih organizacija na svjetskoj i regionalnoj razini.

Zasada pet međunarodnih organizacija služe kao glavna središta za višestrana suradnju u mjerenju i mjeriteljstvu na svjetskoj razini (vidi tablicu 1.). Svaka je odgovorna za usklađivanje na međunarodnoj razini jednog ili više aspekata mjeriteljstva koji su gore označeni kao nacionalne potrebe.

Kako je već u glavnim crtama prikazano u uvodu, BIPM je odgovoran za Međunarodni sustav jedinica (SI) i pripremu međunarodnih sporazuma o mjernim etalonima. On služi kao glavno središte za suradnju između NMI-a. U tome posebnu važnost imaju sastanci i programi savjetodavnih odbora (CC-a) koje je uspostavio CIPM. Oni savjetuju CIPM i usklađuju međunarodni rad u svojem području mjeriteljstva. Naslovi i kratice devet CC-a koji danas postoje dani su u tablici 2. Svaki ima predsjednika (obično člana CIPM-a), delegate iz NMI-a članova i drugih specijaliziranih instituta koji su najveći stručnjaci u tome području te neke pojedinačne stručnjake i predstavnike BIPM-a. Kriterije za članstvo u CC-u CIPM je nedavno ponovno kritički pregledao i preinačio, a dani su u dodatku C. Uputno je da za pomoć u komunikaciji s regionalnim organizacijama koje surađuju u mjeriteljstvu u svaki CC bude uključen barem jedan NMI iz svake regije gdje postoji zadovoljavajuće stručno znanje za zadovoljavanje tih kriterija. CIPM je 1997. godine promijenio imena i kratice nekih CC-a kako bi odražavali šire odgovornosti koje su im dodijeljene (vidi podtočku 4.3 u nastavku). Nova su imena dana u tablici 2.

**Tablica 1. Glavne organizacije za višestranu međunarodnu suradnju u mjeriteljstvu**

Područje suradnje	Svjetske organizacije/ ustanove	Regionalne organizacije/ suradnje
Međunarodni sustav jedinica Međunarodni mjerni etaloni	BIPM	–
Suradnja između NMI-a (uključujući usporedbe nacionalnih mjernih etalona)	BIPM	ANDIMET (Južna Amerika) * APMP (Azija i Pacifik) CAMET (Središnja Amerika)* CARIMET (Karipsko područje)* COOMET (Srednja i istočna Europa) EUROMET (Europa) NORAMET (Sjeverna Amerika)* SADCMET (Jug Afrike) SURAMET (Južna Amerika)*
Akreditacija laboratorija	ILAC	APLAC (Azija i Pacifik) EA (Europa) IAAC (Amerika) NACC (Sjeverna Amerika) SARAC (Jug Afrike)
Zakonsko mjeriteljstvo	OIML	APLMF (Azija i Pacifik) COOMET (Srednja i istočna Europa) SALMET (Jug Afrike) WELMEC (Europa)
Norme i drugi normativni dokumenti	ISO / CEI	AIDMO (Arapsko područje) ACCSQ (Daleki istok) ARSO (Afričko područje) CEN/CENELEC (Europa) COPANT (Amerika) PASC (Pacifičko područje) SADCSTAN (Jug Afrike)
* Tih pet korporacija u Americi članice su Međuameričkoga mjeriteljskog sustava (SIM)		

**Tablica 2. Savjetodavni odbori CIPM-a 1. siječnja 1998. godine**

1. Savjetodavni odbor za elektricitet i magnetizam (Comité consultatif d'électricité et magnétisme, CCEM)
2. Savjetodavni odbor za fotometriju i radiometriju (Comité consultatif de photométrie et radiométrie, CCPR)
3. Savjetodavni odbor za termometriju (Comité consultatif de thermométrie, CCT)
4. Savjetodavni odbor za duljinu (Comité consultatif des longueurs, CCL)
5. Savjetodavni odbor za vrijeme i frekvenciju (Comité consultatif du temps et des fréquences, CCTF)
6. Savjetodavni odbor za ionizacijsko zračenje (Comité consultatif des rayonnements ionisants, CCRI)
7. Savjetodavni odbor za jedinice (Comité consultatif des unités, CCU)
8. Savjetodavni odbor za masu i srodne veličine (Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées, CCM)
9. Savjetodavni odbor za količinu tvari (Comité consultatif pour la quantité de matière, CCQM)

Jedno od obilježja sastanaka CC-a bile su otvorene i iskrene rasprave o svim točkama dnevnog reda, uključujući programe o etalonima u NMI-ima sudionicama. To je bio golem doprinos razvoju mjeriteljstva i ispunjenju zadaće BIPM-a, a koji je često poticao programe istraživanja u samim NMI-ima. Postoji bojazan da bi zahtjevi za veću poslovnu usmjerenost i konkurentnost koji se u novije vrijeme postavljaju nizu NMI-a mogli ugroziti tradicionalnu otvorenost sastanaka CC-a i prekinuti postojanje određenih aspekata istraživanja etalona i raspravu o njima. Svaki bi takav razvoj bio veoma štetan za rad CC-a. Premda se to može smatrati prirodnom posljedicom rastuće globalizacije trgovine i liberalizacije međunarodnoga tržišta, CIPM mora poraditi na tome kako bi našao zajednički temelj u konkurentnom okolišu tako da NMI-i mogu nastaviti otvoreno surađivati i ostvarivati mjeriteljski napredak. To je doista pitanje budućih rasprava u CIPM-u.

Pokrenuta je inicijativa da se na najvišoj razini poboljša komunikacija između BIPM-a i njegovih glavnih korisnika, NMI-a zemalja članica. Sada BIPM saziva periodične sastanke ravnatelja NMI-a s članovima CIPM-a i višim službenicama BIPM-a kako bi se razmotrila glavna pitanja iz međunarodnog mjeriteljstva. Ti sastanci daju svim NMI-ima mogućnost utjecaja na CIPM i CC-e. Prvi je sastanak održan u veljači 1997., a drugi u veljači 1998. godine.

Međunarodna konferencija o akreditaciji laboratorija (ILAC) osnovana je 1977. godine kao forum za unapređivanje međunarodnog usklađivanja u području akreditacije laboratorija sa stajališta razvoja svjetske mreže međusobnoga priznavanja i prihvaćanja izvještaja o mjerenju i ispitivanju. U rujnu 1996. godine predstavnici više od četrdeset nacionalnih tijela za akreditaciju potpisali su Memorandum o razumijevanju, njime je izvorni ILAC zamijenjen formalno ustrojenom organizacijom koja ima istu kraticu, ali je nazvana Međunarodnom suradnjom na akreditaciji laboratorija. ILAC sada ima opću skupštinu koja se sastaje godišnje, izvršni odbor i četiri specijalizirana odbora koji proučavaju politiku akreditacije, tehničke probleme, javne poslove i veze laboratorija. Predlaže se da se u bliskoj budućnosti uspostavi manje stalno tajništvo.

Međunarodna organizacija za zakonsko mjeriteljstvo (OIML) kao i BIPM međuvladina je organizacija osnovana potpisivanjem međunarodnoga dogovora. Uspostavljena je 1955. godine, a u svibnju 1995. godine imala je pedeset četiri zemlje članice potpisnice Dogovora i četrdeset jednu dopisnu članicu. Ona ima stalno tajništvo koje se naziva Međunarodni ured za zakonsko mjeriteljstvo (BIML) koji se nalazi u Parizu (Francuska), ali za njegov rad nije potreban nikakav laboratorij. U svojoj zadaći na postizanju međunarodnog usklađivanja u zakonskom mjeriteljstvu, OIML između ostalog održava četverogodišnje konferencije država članica i godišnje sastanke svojega upravnog odbora, koji se naziva Međunarodnim odborom za zakonsko mjeriteljstvo (CIML). On upravlja s osamnaest tehničkih odbora za sastavljanje i preradbu međunarodnih preporuka i dokumenata.

Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO) i Međunarodno elektrotehničko povjerenstvo (IEC) čine svjetski sustav za izradbu međunarodnih dragovoljnih norma, IEC je odgovoran za područje elektrotehnike, a ISO za sva druga područja. Smješteni su u Ženevi (Švicarska), njihov je najvažniji cilj olakšati međunarodnu trgovinu i razmjenu roba i usluga uklanjanjem tehničkih zapreka trgovini. To se postiže razvojem i objavljivanjem međunarodnih norma koje mogu prihvaćati nacionalni članovi iz cijeloga svijeta. Što se tiče nacionalnih organizacija za norme, ISO i IEC daju vrijedne doprinose mjeriteljstvu sustavnim uređivanjem širokoga područja mjeriteljskih zahtjeva koji trebaju mjeriteljsku podlogu te objavljivanjem i širenjem međunarodno usklađenih sporazuma iz područja mjeriteljstva.

Osim tih svjetskih ustanova uspostavljen je niz regionalnih organizacija ili suradnja koje su bitne za mjeriteljstvo i koje se navode u tablici 1. Od najveće su važnosti za rad BIPM-a regionalne mjeriteljske organizacije (RMO), cilj je svake od njih razvijati suradnju među NMI-ima u svojoj

regiji radi zadovoljavanja regionalnih zahtjeva za mjernom ujednačenošću. RMO-i su prilično novijeg podrijetla, najstariji od njih potječe iz sedamdesetih godina, a njihove regije ne pokrivaju cijeli svijet. RMO-i nisu postavljeni između NMI-a i BIPM-a te ni na koji način ne smanjuju mogućnost NMI-a da imaju izravne kontakte s BIPM-om. Oni su dopunska sredstva za suradnju NMI-a u svakoj regiji, uključujući i NMI-e država koje nisu potpisnice Dogovora o metru. Važna je činjenica da RMO-i nisu međuvladine organizacije s osiguranom financijskim potporom i stalnim tajništvima, nego dragovoljne suradnje između NMI-a sudionika.

#### 4.1 Međunarodni sustav jedinica (SI)

Premda je kao temelj mjeriteljstva poželjno imati što je moguće stabilniji sustav jedinica, i dalje će se unedogled zahtijevati periodične izmjene i dopune SI-a s napretkom znanosti i tehnike i pojavljivanjem novih potreba. Ta pitanja trajno provjeravaju BIPM, CIPM i savjetodavni odbor za jedinice (CCU). U potonje su uključeni predstavnici glavnih međunarodnih organizacija, među njima IEC-a, ISO-a, IUPAC-a, IUPAP-a i OIML-a. Izmjene i dopune SI-a nužan su kompromis između znanstveno poželjnih promjena i razumljivog otpora korisnika prihvaćanju promjena koje nisu bitne.

U prošlosti BIPM je igrao istaknutu ulogu u poticanju zemalja da prihvaćaju SI kao svoj nacionalni sustav jedinica. Zemlje koje to još nisu uradile dobro su svjesne koristi koje bi proistekle iz općega prihvaćanja. Njihovo kašnjenje u promjenama SI-a uglavnom je zbog unutrašnjih političkih i društvenih problema, tako da BIPM sada posvećuje malo od svojih djelatnosti ubrzavanju toga procesa.

Između jedinica i mjernih etalona i temeljnih fizikalnih stalnica postoji niz bliskih odnosa. Primjeri su odnosi između Planckove stalnice  $h$  i električnih etalona koji se temelje na kvantnim pojavama i između Avogadrove stalnice  $N_A$  i predloženoga novog etalona mase koji se temelji na atomima silicija. Proučavanja takvih odnosa i točnija određivanja temeljnih stalnica moraju i dalje davati važne doprinose mjeriteljstvu i znanosti općenito. BIPM se treba pridružiti tomu istraživanju i s vremena na vrijeme, kad ima posebno stručno iskustvo ili instalacije da to učini, doprinijeti sadašnjim međunarodnim naporima.

BIPM treba nastaviti igrati ključnu ulogu u normizaciji mjeriteljskog nazivlja i metodologije za određivanje i izražavanje nesigurnosti mjernih rezultata. Dokumenti *Međunarodni rječnik osnovnih i općih naziva u mjeriteljstvu* i *Upute za izražavanje mjerne nesigurnosti* koje je BIPM zajednički pripremio s IEC-om, IFCC-om, ISO-om, IUPAC-om, IUPAP-om i OIML-om trebaju se posuvremenjivati te stalno pratiti potrebe za dodatnim temeljnim dokumentima te vrste. Drugi od njih, dokument o iskazivanju mjerne nesigurnosti, od velike je važnosti. Načela iz toga dokumenta upotrebljavaju se sada u svim područjima mjeriteljstva, a u sve većoj mjeri i na praktičnoj i industrijskoj razini.

#### 4.2 Međunarodna suradnja u razvoju mjernih etalona

BIPM je (uglavnom preko savjetodavnih odbora) s NMI-ima snažno uključen u međunarodno usklađivanje istraživanja na razvoju boljih primarnih mjernih etalona. On također poduzima uspostavljanje, održavanje i širenje nekih od tih etalona u svojim vlastitim laboratorijima.

- Kilogram je jedina jedinica čiji je primarni etalon još uvijek jedinstveni fizički proizvod, naime međunarodna pramjera kilograma koja se čuva u BIPM-u. U razvoj alternativnoga pristupa definiranju kilograma koji bi se temeljio na atomskim masama ili elektromagnetskim silama ulažu se veliki napori uglavnom u NMI-ima. Treba međutim svladati velike zapreke koje su preostale, pa se uspjeh može očekivati tek za nekoliko desetljeća. U međuvremenu BIPM i dalje ima zadatak čuvanja jedinice mase i njezina prenošenja.
- Što se tiče jedinice vremena, sekunde, BIPM ima poseban zadatak uspostavljanja i širenja međunarodnog atomskog vremena (TAI) i u suradnji s odgovarajućim astronomskim organizacijama usklađenoga svjetskog vremena (UTC). Postoje zahtjevi korisnika za još većom točnošću u tome već veoma točnom području mjeriteljstva te se ubrzo očekuje skok naprijed na temelju tehnologija s hladnim atomima i uhvaćenim ionima. Očekuje se da će BIPM i CCTF i dalje u budućnosti imati popunjene programe.
- Kako je spomenuto u odjeljku 3.2, postoji niz jedinica za koje postoji tehnologija za uspostavljanje veoma obnovljivih primarnih etalona koji se temelje na dogovorenim vrijednostima odabranim tako da daju najbolju moguću sukladnost s definicijama tih jedinica. Primjeri su uspostavljanje obnavljanjem primarnih etalona: za metar, koji se temelji na dogovorenim vrijednostima frekvencije za određena zračenja frekvencijski stabilizirana lasera; za volt, na temelju dogovorene vrijednosti za Josephsonovu stalnicu i za om na temelju dogovorene vrijednosti za von Klitzingovu stalnicu. Na gotovo isti način dogovorene se vrijednosti za stalne točke upotrebljavaju u međunarodnoj temperaturnoj ljestvici ITS-90. BIPM usklađuje opsežan rad koji se zahtijeva za razvoj metoda obnavljanja i određivanja tih vrijednosti koje se moraju prihvatiti dogovorom i surađuje s NMI-ima u obavljanju toga posla. Očekuje se da će znanstveni napredak koji se još ne vidi dati nove mogućnosti za uspostavljanje etalona obnavljanjem.
- Za neke jedinice, npr. kandelu, odgovarajući obnovljivi etaloni trebaju se tek otkriti. Prema tomu, potrebno je izvoditi njihova češća ostvarenja iz njihovih definicija. U takvim slučajevima BIPM radi s NMI-ima na istraživanju stabilnijih etalona te točnijih i prikladnijih metoda ostvarivanja.
- Za mjerenja količine tvari, tj. za mjeriteljstvo u kemiji, mjerenja sukladna s definicijom SI jedinice (mol) ne mogu se u praksi ostvariti usporedbom fizikalnih proizvoda zbog veoma velikoga broja tvari koje bi se trebale pojedinačno uspoređivati. Umjesto toga, savjetodavni odbor za količinu tvari (CCQM) koji je 1993. godine osnovao CIPM utvrđuje raspon primarnih mjernih metoda. Primarna mjerna metoda je metoda koja ima najveću mjeriteljsku kakvoću, čija se provedba može u potpunosti opisati i shvatiti, za koju se može napisati potpun iskaz nesigurnosti u SI jedinicama i čiji se rezultati prema tomu prihvaćaju bez usporedbe s kojim etalonom mjerene veličine. Veća točnost i ujednačenost kemijskih mjerenja prijeko je potrebna zbog sve veće gospodarske važnosti i važnosti za okoliš, što zahtijeva vodstvo iz samoga BIPM-a kao i iz CCQM-a. Preporučuje se prema tomu da BIPM uspostavi malu skupinu laboratorija u tome području kako bi pridonio rješavanju nekih od ključnih problema.

Istraživanja koja su provedena u BIPM-u mnogo su pridonijela poboljšavanju metoda fizikalnog ostvarenja SI jedinica i razvoja novih mjernih etalona. Određeni projekti posebno su prilagođeni međunarodnome okolišu BIPM-a, iskustvu njegova osoblja i skupu znanstvene opreme kojom raspolaže. Važno je da buduće financiranje BIPM-a bude dostatno kako bi i dalje omogućivalo takve doprinose.

BIPM raspolaže samo malenim brojem laboratorijskog osoblja, oko 40 znanstvenika i tehničara, te će se nadalje neizbježno uključivati u znatno uže područje pokusnog rada na etalonima nego

mnogi od NMI-a. Nasreću iskustvo je pokazalo da CC-i mogu učinkovito djelovati u određenim područjima mjerenja čak kad sam BIPM ne sudjeluje u tome. Primjer je područje temperaturnih mjerenja, gdje je Savjetodavni odbor za termometriju (CCT) bio djelotvoran unatoč minimalnom programu u termometriji u samome BIPM-u. Upozorava se međutim da sveukupna količina pokusnog rada i istraživanja koja se poduzimaju u BIPM-u mora biti iznad zahtijevanoga praga kako bi se privukao i zadržao sposoban tim prvorazrednih znanstvenika koji su sposobni raditi s vodećim znanstvenicima NMI-a kao ravnopravni članovi ili vođe.

Postoji trajna potreba da BIPM pomaže NMI-ima zemalja članica Dogovora o metru na uspostavljanju i održavanju nacionalnih etalona koji su gotovo istovrijedni priznatim primarnim etalonnima ili pouzdano sljedivi prema njima. Radi toga su mu na raspolaganju oruđa koja uključuju prijenos tehnologije i, posebno za one NMI-e koji izaberu uporabu vanjski umjeranih sekundarnih etalona kao njihovih nacionalnih etalona, područje umjeravanja u smislu etalona koji se održavaju u BIPM-u. U slučaju mase takve će usluge biti obvezatne tako dugo dok kilogram bude definiran s pomoću međunarodne pramjere; u tome će slučaju BIPM na sličan način biti obvezan i dalje obavljati svoju jedinstvenu funkciju s obzirom na TAI i UTC. Preporučuje se da osim toga, BIPM treba nuditi umjeravanja samo za fizikalne veličine gdje on ima sposobnosti koje su rezultat razvoja potrebnih etalona kroz druge aspekte iz njegove povelje (o osnivanju). To bi bilo kroz razvoj primarnih etalona u suradnji s CC-ima ili sudjelovanjem u međunarodnim usporedbama. Neizbježno će BIPM-ovo područje etalona i umjeravanja uvijek biti uže od područja većih NMI-a.

### 4.3 Savjetodavni odbori: proširena uloga

Sada se u strategiji CIPM-a za budućnost potpunije priznaje da su se CC-i razvili kako bi postali glavni temelj za sastanke stručnjaka NMI-a u njihovim odgovarajućim mjeriteljskim područjima. Broj CC-a i područja koja pokrivaju stalno raste od kad je 1927. godine osnovan prvi Savjetodavni odbor za elektricitet (CCE), ali dosad nije bilo sustavnoga pokušaja proširenja djelokruga CC-a kako bi oni pokrivali sva područja mjeriteljstva. Ostale su neke važne praznine kao što su područje magnetizma, vibracija, akustike i ultrazvuka. Kako bi se obuhvatila sva područja mjeriteljstva za koja NMI-i smatraju da zahtijevaju veću međunarodnu suradnju, CIPM je sada proširio kompetencije svojih CC-a te ih potiče da se više osnivaju radne skupine u posebnim područjima. Ako je potrebno, također će se uspostaviti jedan ili dva dodatna CC-a. Time se ne želi unaprijed reći da sam BIPM treba nužno postati aktivan u mnogim dodatnim područjima. Nadalje, posebno treba voditi brigu da CC-i ne ulaze u područja gdje već postoje odgovarajuće mogućnosti za suradnju u mjeriteljstvu preko drugih tijela, npr. CIGRE za visokonaponsko mjeriteljstvo i CIE za kolorimetriju. CC-i trebaju stalno pratiti sva područja koja su im dodijeljena, ali trebaju biti aktivni samo u onim područjima za koja se procijeni da je to najpotrebnije.

U rujnu 1996. godine kao važan korak prema proširenju djelokruga CC-a CIPM je osnovao *ad hoc* radne skupine koje mu trebaju davati savjete o potrebama programa u okviru Dogovora o metru o etalonnima u akustici, ultrazvuku i vibracijama. Takvog bi se programa mogao prihvatiti koji novi CC ili koja nova radna skupina u postojećem CC-u. Premda se u Europi čini razumnom suradnja između NMI-a aktivnih u tim područjima, na svjetskoj razini nema mnogo putova za kontakte, osim kroz osobne mreže i tehničke odbore ISO-a/IEC-a koji se bave pisanim normama. Čini se da je ta potreba najpreča u području ultrazvuka gdje se trebaju postaviti mjeriteljski zahtjevi za tri područja: ultrazvuk u medicinskoj dijagnostici, ultrazvuk u medicinskoj terapiji i ultrazvuk u industriji. Međutim, to je samo jedan primjer. U rujnu 1997. godine CIPM je pokre-



nuo proučavanja kako bi se vidjelo je li nastupilo vrijeme da se etaloni tvrdoće i protoka fluida stave pod okrilje Dogovora o metru. Mogla bi se također razmotriti druga reologijska svojstva tvari kao što su viskoznost, plastičnost, toplinski kapacitet i mehanički napon; termoplastična svojstva gradiva kao što su toplinska vodljivost i emisivnost; problemi mjerenja i normizacije u granulometriji itd. Mjerenja tih veličina imaju izravan industrijski utjecaj: ona su već privukla pozornost NMI-a te će se možda (u konačnici) pojaviti pritisak na BIPM da osigura svjetsku istovrijednost mjerenja u mnogim od tih područja.

Tradicionalni nazivi nekih postojećih CC-a nisu odražavali uvijek širinu njihova posla te su pokazivali sklonost da pojačavaju opasnu zabludu, koja postoji u nekim krugovima, da je rad BIPM-a uzak i čisto znanstven, s malo veze s praktičnim potrebama mjeriteljstva. Npr., tradicionalni naziv Savjetodavnog odbora za definiciju metra (CCDM) ne odražava sadašnje mnogo šire djelatnosti toga odbora u mjerenju duljine i dimenzijskom mjeriteljstvu. U skladu s tim, CIPM je u rujnu 1997. godine izmijenio i dopunio nazive (i kratice) četiriju CC-a. Osim CCDM-a, koji je postao Savjetodavni odbor za duljinu (CCL), Savjetodavni odbor za elektricitet (CCE) postao je Savjetodavni odbor za elektricitet i magnetizam (CCEM), Savjetodavni odbor za definiciju sekunde (CCDS) postao je Savjetodavni odbor za vrijeme i frekvenciju (CCTF), a Savjetodavni odbor za etalone za ionizacijsko zračenje (CEMRI) postao je Savjetodavni odbor za ionizacijsko zračenje (CCRI). U engleskome jeziku upotrebljavaju se kratice izvedene iz francuskih naziva).

#### 4.4 Istovrijednost nacionalnih mjernih etalona

Već su opisane goleme i stalno rastuće potrebe za svjetskom ujednačenosti mjerenja te njihovi razlozi. Kako nacionalni mjerni sustavi i dalje služe kao temeljni građevni blokovi svjetskog sustava, svjetska ujednačenost može se postići samo ako su nacionalni mjerni etaloni koji se održavaju u različitim zemljama istovrijedni. Posljedica je toga da danas postoji snažan zahtjev korisnika mjeriteljstva za izravnijim i razvidnijim dokazom stupnja istovrijednosti (ili neistovrijednosti) nacionalnih etalona koje održavaju NMI-i. Nepotpunost postojećih podataka i nemogućnost lakoga pristupa tim podacima ima posebno značenje za organizacije za akreditaciju laboratorija od kojih se zahtijeva detaljno poznavanje međunarodne istovrijednosti. Takvo se znanje zahtijeva naprimjer kad umjerni laboratorij koji traži akreditaciju ima neke od svojih mjernih etalona sljedive prema stranom NMI-u, a ne prema svojem domaćem NMI-u: to se događa kad koji laboratorij uveze nedavno umjerene etalone, pa se ponovno umjeravanje u domaćem NMI-u smatra nepotrebnim. Drugi je važan primjer kad dvije ili više nacionalnih organizacija za akreditaciju laboratorija žele izraditi sporazum o međusobnome prihvaćanju.

Da bi se utvrdili jesu li za koju fizikalnu veličinu mjerni etaloni dvaju ili više NMI-a istovrijedni u određenim utvrđenim granicama zahtijeva se ocjena:

- podrijetla i temelja nacionalnoga mjernog etalona koji održava svaki NMI i nesigurnosti koja se za njega zahtijeva
- kakvoće okoliša i pridružene opreme u svakome NMI-u te iskustva i osposobljenosti osoblja
- radne značajke tijekom razdoblja u kojemu je dotični etalon svakog NMI-a uključen u međunarodne usporedbe mjerenja.

Da bi se postigli potpuno razumljivi i pouzdani zaključci o istovrijednosti svih etalona i mjerenja NMI-a sudionika, međunarodne bi usporedbe bilo potrebno provoditi redovito za svaku fizikalnu



veličinu i za svaku razinu za koju se zahtijeva mjerenje. To bi dovelo do nemogućega radnog opterećenja. Umjesto toga treba provesti razuman odabir usporedba potrebnih da bi se postigla razumna razina povjerenja, uzimajući u obzir ne samo znanstvene potrebe nego također i zahtjeve korisnika mjeriteljstva.

BIPM provodi međunarodne usporedbe velikoga broja nacionalnih etalona već otprilike sto godina, izravno ili preko CC-a. U tipičnome slučaju međutim u svakoj usporedbi sudjeluje samo deset ili dvadeset NMI-a; to su uglavnom, premda ne isključivo, najstručniji laboratoriji članovi CC-a. Bilo bi nepraktično u te usporedbe uključivati sve države članice Dogovora, još više sve države svijeta. Traže se druga rješenja.

Porast regionalne suradnje među NMI-ima posljednjih dvadeset godina preko novih regionalnih mjeriteljskih organizacija već prilično djelotvorno dopunjuje svjetsku suradnju preko BIPM-a i CC-a. Provode se regionalne usporedbe mjernih etalona u koje su uključeni NMI-i iz ili izvan kruga zemalja potpisnica Dogovora o metru koji rijetko sudjeluju u usporedbama BIPM-a. Ujedinjenost također poboljšava međusobna razmjena podataka, školovanje i savjetovanja o mjernim etalonima i opremi za umjeravanje.

Posljednjih je deset do dvadeset godina velik broj NMI-a razmijenio dvostrane izjave kojima formalno priznaju istovrijednost svojih mjernih etalona u utvrđenim granicama. Dokaz istovrijednosti u velikoj je mjeri izveden iz prijašnjih višestranih usporedba, ali se nerijetko zahtijevaju određene dodatne dvostrane usporedbe i šire rasprave. Premda su se ta dvostrana priznavanja istovrijednosti pokazala korisnima na mnogo načina, te ih uvijek mogu provesti dvije zemlje koje za to imaju posebnu potrebu, iskustvo je pokazalo da bi zbog ukupne količine posla koji je potreban za njegovu provedbu, bilo nepraktično sveobuhvatni svjetski sustav temeljiti na mreži dvostranih sporazuma.

Potrebu da više radi na dokazivanju stupnja istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona priznao je 1995. godine 20. CGPM. Svojom 2. rezolucijom on preporučuje:

- da nacionalni mjeriteljski laboratoriji u suradnji s BIPM-om osiguravaju da se potrebne usporedbe između nacionalnih etalona provode u dostatnome broju kako bi se dokazala istovrijednost međunarodne sljedivosti mjernih etalona.
- da se održavaju odgovarajuće veze između usporedba koje se provode pod okriljem BIPM-a i onih koje provode regionalne skupine
- da se rezultati usporedba koje provode regionalne skupine dostavljaju BIPM-u u prikladnu obliku kako bi ih BIPM objavio te da tako dobiju šire međunarodno priznanje.

Iste je godine CIPM pokrenuo istraživanje o najboljem načinu da se ide naprijed. To je istraživanje proveo ravnatelj BIPM-a, a poduzeto je u tijesnoj vezi s ravnateljima NMI-a, RMO-a i ILAC-a. Njegovi se rezultati postupno primjenjuju kad god se o svakome pitanju postigne konsenzus među odgovarajućim stranama.

Već je postignut konsenzus da tehnički temelj za ocjene istovrijednosti bude niz pažljivo odabranih mjernih usporedba, koje će se nazivati "ključnim usporedbama BIPM-a", koje će se ponavljati u odgovarajućim vremenskim odsječcima. Dokument koji daje upute za te usporedbe priprema ravnatelj BIPM-a i bit će dostavljen na odobrenje CIPM-u. Svaki CC za svoje posebno područje mjeriteljstva utvrđuje ključne usporedbe i njihovu periodičnost, vodeći računa o potrebi da se obuhvate glavne veličine i metode u tome području. Taj se proces približava kraju te je do danas utvrđeno sedamdesetak ključnih usporedba. Svaku će usporedbu organizirati odgovarajući savjetodavni odbor u suradnji s BIPM-om, a sudjelovanje će biti otvoreno onim NMI-ima

koji imaju veliku tehničku sposobnost i iskustvo u tome području, a kad je to prikladno, također i BIPM-u. Rezultate svake od usporedba analizirat će CC, a upotrebljavat će se za utvrđivanje odgovarajuće ponderirane srednje vrijednosti ili medijane koja će se objaviti kao referentna vrijednost te ključne usporedbe, te za određivanje njezine nesigurnosti. Nakon toga će se provesti određivanje odstupanja vrijednosti rezultata od te referentne vrijednosti koje je iskazao svaki sudionik te nesigurnost toga odstupanja. Skup vrijednosti dobivenih za odstupanja i njihove nesigurnosti slžit će kao pokazatelji stupnja mjeriteljske istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona uključenih u tu ključnu usporedbu.

Nekoliko će ključnih usporedba izravno provesti BIPM. U novije vrijeme BIPM je također prihvatio politiku uspostavljanja prenosivih etalona koji odgovaraju sadašnjemu stanju tehnike gdje god je to izvedivo s odgovarajućom obnovljivošću, primjeri su etaloni metra, volta i oma. Ti se etaloni tada nose u različite regije gdje se s njima mogu uspoređivati etaloni nekoliko NMI-a. Osim što je dragocjen doprinos istraživanju ujednačenosti, iz toga postupka proizlazi koristan prijenos tehnologije te on nudi nove mogućnosti za budućnost.

Kako bi NMI-i koji ne sudjeluju u ključnim usporedbama BIPM-a mogli povezati svoje nacionalne etalone s referentnim vrijednostima ključnih usporedba, pozivaju se RMO-i da organiziraju ključne usporedbe koje odgovaraju BIPM-ovim ključnim usporedbama (vidi sliku 3). Važan je dio ključne usporedbe pisanje protokola za njihovu primjenu, a za to je bitno da u regionalne usporedbe i usporedbe BIPM-a budu uključena barem dva, a po mogućnosti više NMI-a koji sudjeluju u odgovarajućoj BIPM-ovoj usporedbi radi osiguranja čvrstih veza između podataka. Nakon toga CC-i mogu povezati rezultate svakog NMI-a koji sudjeluje u regionalnim usporedbama s ključnim referentnim vrijednostima dobivenim usporedbom utvrđenom u usporedbama BIPM-a te izračunati odgovarajuća odstupanja.

Od velike je važnosti za rast svjetske ujednačenosti mjerenja da BIPM i nadalje sudjeluje u djelatnostima RMO-a kao dopunskome putu suradnje s NMI-ima. On treba preuzeti odgovornost za usklađivanje ključnih usporedba BIPM-a i regionalnih ključnih usporedba te pozivati RMO-e da pridonose odabiru ključnih usporedba. Radi uspostavljanja djelotvornih mehanizama za tu suradnju postignut je sporazum koordinatora dobro uspostavljenih RMO-a o stvaranju zajedničkog odbora regionalnih mjeriteljskih organizacija i BIPM-a, kojemu treba predsjedavati ravnatelj BIPM-a. BIPM treba također poticati zemlje koje još nisu uključene u regionalnu suradnju u mjeriteljstvu da se pridruže postojećim RMO-ima ili, gdje je to prikladno, osnuju nove.

CC-i također mogu upotrebljavati rezultate na odgovarajući način provedenih dvostranih ključnih usporedba kako bi povezali nacionalne etalone pojedinoga NMI-a s referentnim vrijednostima ključnih usporedba. Naravno bit će bitno da je jedan od tih laboratorija sudionik u odgovarajućoj ključnoj usporedbi BIPM-a ili u kojoj s njom povezanoj regionalnoj usporedbi.

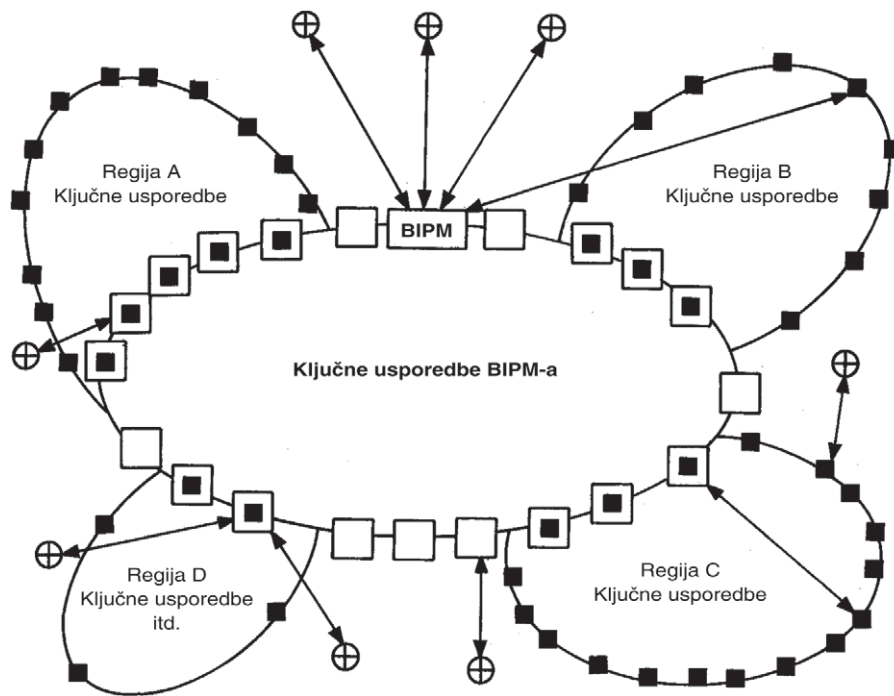
BIPM će nastaviti svoju sadašnju politiku objavljivanja u *Mjeriteljstvu* kratkih prikaza rezultata svih višestranih i dvostranih usporedba mjerenja u koje su uključeni NMI-i ili BIPM, uključujući ključne usporedbe koje organiziraju BIPM, CC-i, RMO-i ili druge strane, čim oni postanu dostupni. CC-i moraju ocijeniti rezultate svih takvih usporedba i razmotriti njihove posljedice. BIPM će kao služba NMI-a zemalja članica Dogovora o metru, elektronički objavljivati zbirni zapisnik o pojedinačnim rezultatima u ključnim i srodnim usporedbama, referentnim vrijednostima ključnih usporedba, odstupanjima rezultata sudionika od tih referentnih vrijednosti i priloženim nesigurnostima. Taj će izvještaj biti dostupan svugdje u svijetu na internetu te se očekuje da će poslužiti kao glavna banka podataka tijelima za akreditaciju i drugima za ocjenu stupnja u kojem je međunarodna istovrijednost nacionalnih etalona dokazana. U tome radu na objavlji-

vanju važna je odgovornost BIPM-a da osigura, odgovarajućom referencijom, valjanost usporedbe čiji se rezultati trebaju upotrebljavati.

Gornji postupci trebali bi biti posebno korisni onim NMI-ima koji izravno sudjeluju malo ili nimalo u usporedbama mjerenja koje provode CC-i i BIPM. To im daje mogućnost da se dokaže njihovo stručno znanje u mjerenju prema međunarodnim mjerilima i da postanu šire priznati.

U izvještajima koje ravnatelj BIPM-a priprema za CIPM podrobnije se opisuje metodologija koju treba upotrebljavati za ključne usporedbe i za analizu rezultata, uključujući određivanja referentnih vrijednosti ključnih usporedba i odstupanja od njih. Štoviše, u suradnji s ravnateljima NMI-a i RMO-a primjenjuje se sporazum koji se temelji na međusobnome priznavanju nacionalnih mjernih etalona i potvrda o umjeravanju koje izdaju NMI-i. NMI-i se pozivaju da postanu potpisnici toga sporazuma o kojem će u ime zemalja članica voditi brigu BIPM.

Što se na CC-e postavlja veće odgovornosti, posebno s obzirom na ključne usporedbe i njihova tumačenja, raste i potreba da CC-i ostanu prilično aktivni i da između sastanaka donose odluke. Kako bi im se u tome pomoglo, BIPM sada svakome CC-u dodjeljuje višeg službenika koji služi kao njegov izvršni tajnik i predlaže da se tajništvu pruža dodatna potpora.



**Slika 3.** Shematski prikaz kako ključne usporedbe BIPM-a povezane s odgovarajućim regionalnim ključnim usporedbama i dvostranim usporedbama nacionalnih mjernih etalona mogu dati djelotvoran tehnički temelj za ocjenu stupnja istovrijednosti nacionalnih etalona mnogih zemalja.

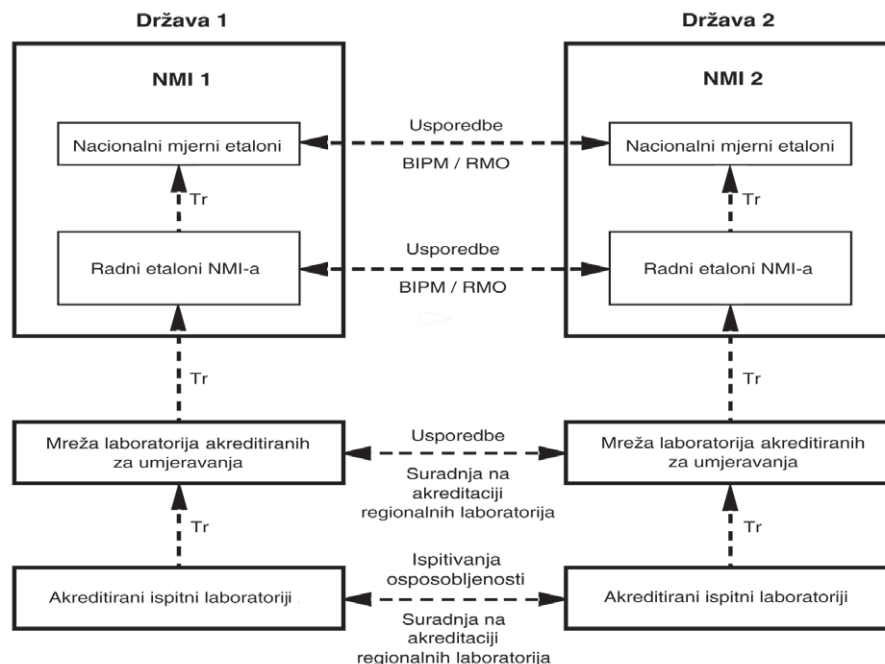
- Nacionalni mjeriteljski institut (NMI) koji sudjeluje u ključnoj usporedbi BIPM-a
- NMI koji sudjeluje u regionalnim ključnim usporedbama
- NMI koji sudjeluje u ključnim usporedbama BIPM-a i u regionalnim ključnim usporedbama
- ⊕ Drugi NMI
- ↔ Dvostrana ključna usporedba

#### 4.5 Međunarodna suradnja na akreditaciji laboratorija

Nacionalne organizacije za akreditaciju laboratorija i njihova međunarodna suradnja, ILAC, igraju ključnu ulogu u pomoći vladama na svladavanju trgovinskih zapreka koje se odnose na ispitivanje. Praktični uspjeh svjetske mjerne infrastrukture, uključujući rad BIPM-a i NMI-a, presudno ovisi o uspjehu tih agencija da osiguraju djelotvornu mjernu sljedivost prema nacionalnim i međunarodnim mjernim etalonima.

ILAC i odgovarajuće regionalne suradnje na akreditaciji laboratorija imaju važan zadatak da osiguraju međunarodnu istovrijednost mjerenja na razinama ispod razine NMI-a. Slika 4. prikazuje hijerarhije mjerenja dviju hipotetskih država u danoj regiji svijeta: u svakome slučaju mjerni etaloni koji se upotrebljavaju na radnome mjestu povezani su preko mreže akreditiranih laboratorija do radnih etalona koje upotrebljavaju službe umjeravanja NMI-a i konačno prema nacionalnim mjernim etalonima NMI-a. U podtočki 4.4 raspravlja se o komplementarnim ulogama BIPM-a i RMO-a u osiguravanju istovrijednosti između nacionalnih i radnih etalona u NMI-ima. Radi provjere neprekidnosti okomitih pravaca sljedivosti potrebno je da regionalne organizacije za akreditaciju laboratorija organiziraju međulaboratorijske vodoravne usporedbe i ispitivanja osposobljenosti kako je prikazano na slici 4. te da ILAC organizira odgovarajuća međulaboratorijska ispitivanja.

Važno je da BIPM uspostavi tješnju vezu s ILAC-om radi dopunjavanja veza na nacionalnoj razini između NMI-a i nacionalnih organizacija za akreditaciju laboratorija. Velik broj općih pita-



**Slika 4.** Prikaz (za jednu hipotetsku svjetsku regiju) komplementarnih uloga BIPM-a, regionalne mjeriteljske organizacije i regionalne suradnje na akreditaciji laboratorija u osiguravanju vodoravnih provjera istovrijednosti mjerenja na različitim razinama nacionalne hijerarhije umjeravanja.

NMI označuje nacionalni mjeriteljski institut

RMO označuje regionalnu mjeriteljsku organizaciju

Tr označuje lanac sljedivosti

nja od zajedničkog je interesa za ta dva tijela. Jedno od njih je istovrijednost nacionalnih mjernih etalona. Drugo je razvoj dogovorene politike o zahtjevima za prihvatljivu mjernu sljedivost od međunarodnih i nacionalnih etalona do etalona na mjestu rada. Kako je prije spomenuto, ILAC će uskoro osnovati maleno stalno tajništvo. Zajedničku bi korist imali BIPM i ILAC kad bi se ono nalazilo u ili u BIPM-u ili blizini BIPM-a. Razumije se da bi sve troškove tajništva ILAC-a u BIPM-u snosio ILAC.

#### 4.6 Međunarodna suradnja u zakonskom mjeriteljstvu

Od svojega osnivanja 1955. godine OIML je imao velik uspjeh na međunarodnome usklađivanju nacionalnih propisa i postupaka iz područja zakonskog mjeriteljstva, posebno u području mjerenja u trgovini. On objavljuje upute koje obuhvaćaju opće aspekte zakonskog mjeriteljstva, uključujući prihvaćanje SI jedinica kao zakonitih mjernih jedinica te izrađuje širok krug međunarodnih preporuka koje su namijenjene za prihvaćanje kao nacionalni propisi kako bi se osiguralo ispravno oblikovanje, ovjeravanje i uporaba mjerila koja podliježu zakonskim zahtjevima. Godine 1991. uveden je OIML-ov sustav potvrđivanja mjerila kako bi se olakšali upravni postupci i snizili troškovi pridruženi međunarodnoj trgovini mjerilima koja podliježu zakonskim zahtjevima. U novije vrijeme OIML je svoj rad proširio izvan trgovinskih mjerenja u područja gdje na ljudsko blagostanje utječu propisi za čiju se primjenu zahtijevaju mjerila (npr.: sigurnost, zdravlje i okoliš). Očekuje se da će potreba za takvim radom rasti premda je spremnost vlada da prihvaćaju ujednačene međunarodne propise i politike zakonskog uređivanja katkad teško predvidjeti.

BIPM i Međunarodni ured za zakonsko mjeriteljstvo (BIML) uvijek su bili u srdačnim radnim odnosima i zajednički pridonosili sastavljanju nekih temeljnih mjeriteljskih dokumenata, ali su možda surađivali manje nego što bi se moglo očekivati uzimajući u obzir da su to jedine dvije svjetske mjeriteljske organizacije koje financiraju nacionalne vlade. Što više zakonsko mjeriteljstvo izlazi iz okvira svojih trgovinskih početaka, rast će potreba za međusobnom suradnjom. Zajedničko radno druženje CIPM-a i Međunarodnog odbora za zakonsko mjeriteljstvo (CIML-a) trenutačno traži da se utvrde putovi za postizanje veće suradnje i djelotvornosti u postizanju njihovih ciljeva i uporabi njihovih izvora, uključujući mogućnost spajanja tih organizacija, ali nije ograničeno na to.

#### 4.7 Međunarodne pisane norme

Radi postizanja svjetske ujednačenosti mjerenja sve je više jasno i da je potrebno imati na raspolaganju izbor međunarodnih dokumenata koji obuhvaćaju temeljne aspekte mjeriteljstva. ISO i IEC (i, u manjoj mjeri, OIML) igraju važnu ulogu u tom smislu, a njihove dokumente u tome području često prihvaćaju nacionalne organizacije. Primjeri najtemeljnijih od tih međunarodnih dokumenata su sljedeći:

- ISO 31 (dio 0. do 13.), *Veličine i jedinice*
- ISO upute 30-35, *Referentne tvari*
- ISO 1000, *SI jedinice i preporuke za uporabu njihovih višekratnika i određenih drugih jedinica*
- IEC publikacija 27 (dio 1. do 4.), *Slovni znakovi koji se trebaju upotrebljavati u elektrotehnici*

- IEC publikacija 50, *Međunarodni elektrotehnički rječnik*
- OIML D2, *Zakonite mjerne jedinice.*

Posebno su važni dokumenti koje je ISO objavio u ime BIPM-a, IEC-a, IFCC-a, ISO-a, IUPAC-a, IUPAP-a i OIML-a. To su:

- *Međunarodni rječnik osnovnih i općih naziva u mjeriteljstvu*
- *Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti.*

Od posebne su važnosti za umjerne laboratorije i njihovu akreditaciju upute koje su zajednički objavili ISO/IEC za potvrđivanje proizvoda i tvrtka te za ocjenu sukladnosti, posebno:

- ISO/IEC upute 25, *Opći zahtjevi za mjerodavnost laboratorija za umjeravanje i ispitivanje*
- ISO/IEC upute 58, *Sustavi akreditacije laboratorija za umjeravanje i ispitivanje – Opći zahtjevi za rad i priznavanje.*

Niz norma ISO 9000 o upravljanju kakvoćom i osiguravanju kakvoće imao je koristan utjecaj na svjetsko mjeriteljstvo skrećući pozornost mnogim organizacijama koje traže potvrđivanje kakvoće na njihove potrebe za pouzdanim mjeriteljstvom i mjernom sljedivošću. U određenim slučajevima na nesreću došlo je do brkanja između uloga potvrđivanja kakvoće i akreditacije laboratorija.

Rad Odbora za referentne tvari ISO-a (REMCO) dijeli niz zajedničkih ciljeva s radom BIPM-a i Savjetodavnog odbora za količinu tvari (CCQM) o mjeriteljstvu u kemiji. Komunikacija između tih skupina u novije je vrijeme poboljšana pristupom REMCO-a u članstvo CCQM-a.

Preporučuje se da BIPM, ILAC i OIML periodično sudjeluju u zajedničkim raspravama s ISO-om i IEC-om o potrebi za dodatnim međunarodnim dokumentima koji se odnose na temeljne aspekte mjeriteljstva i ujednačenost mjerenja. Sastavljanje prikladnih međunarodnih uputa moglo bi dobro odigrati korisnu ulogu u postizanju istovrijednosti i međusobnog priznavanja nacionalnih mjernih etalona koje održavaju NMI-i i razvoju ujednačenijih kriterija za mjernu sljedivost. S tim u vezi treba napomenuti da su ISO, IEC i OIML već zastupljeni u Savjetodavnome odboru za jedinice.

Pisane norme ISO-a i IEC-a čine izvrstan izvor podataka o mjerenjima koja se zahtijevaju za različite industrijske grane, proizvode i usluge. One mogu biti od velike koristi pružateljima mjeriteljskih usluga od kojih se zahtijeva da pružaju potporu mjerenjima. Primjer je niz norma IEC 1000 o elektromagnetskoj spojivosti. Preporučuje se da se BIPM i OIML što je više moguće oslanjaju na ISO i IEC u pripremi pisanih norma koje se odnose na posebna područja primijenjenih ili "praktičnih" mjerenja. Postoji mnogo područja i nije realno očekivati da će troškove uključene u njihovo zadovoljavanje podmirivati vlade iz fondova koje osiguravaju BIPM-u i OIML-u za općenitije i bitnije aspekte mjeriteljstva i zakonskog mjeriteljstva.

#### 4.8 Potrebe zemalja u razvoju

CIPM priznaje da BIPM treba pronaći nove putove za pomoć zemljama u razvoju u jačanju njihovih nacionalnih mjernih sustava. To se dijelom može postići suradnjom s OIML-om u kojemu već djeluje Vijeće za razvoj koje je zaduženo za potrebe zemalja u razvoju. U tome smislu BIPM trenutačno surađuje s OIML-om i IMEKO-om u potpori seminaru koji će se održati u lipnju

1998. godine o *Ulozi mjeriteljstva u gospodarskom i društvenom razvoju* koji organizira i kojemu je domaćin Physikalisch-Technische Bundesanstalt iz Braunschweiga (Njemačka).

Nekoliko inicijativa koje su objavljene u ovome izvještaju povećat će mogućnosti za zemlje u razvoju da se pridruže radu BIPM-a, posebno onih zemalja koje su članice Dogovora o metru. Naprimjer, periodični sastanci ravnatelja NMI-a s CIPM-om i višim službenicima BIPM-a otvoreni su zemljama u razvoju kao i onima s dobro razvijenim mjernim sustavom pod uvjetom da su članovi Dogovora o metru. Odluka da se na sastanke savjetodavnih odbora pozivaju promatrači već je utvrđena u podtočki 4.4, uvjet za ključne usporedbe BIPM-a s regionalnim usporedbama daje sve veću mogućnost za zemlje u razvoju da dokažu svoje sve veće stručno znanje u mjerenjima prema međunarodnim mjerilima i da prošire priznanje svojih mogućnosti.

Druga je inicijativa koju BIPM mora poduzeti uspostavljanje odnosa na najvišoj razini s međunarodnim financijskim agencijama kao što su Svjetska banka i regionalne banke za razvoj da ih savjetuju o djelotvornom usmjeravanju financija u mjeriteljske strukture zemalja u razvoju. Važan je cilj povećanje profila mjeriteljske djelatnosti kao sastavnice u gospodarskome razvoju.



## 5 Uloga BIPM-a u prvim desetljećima 21. stoljeća

Dogovor o metru osigurava formalni temelj za svjetski dogovor o mjerenjima za industriju, trgovinu i gospodarstvo, znanost i tehniku, komunikacije, medicinu i, što je osobito važno, sve aktivnosti suvremene države, uključujući ljudsko zdravlje i sigurnost. Dogovor je nastao krajem devetnaestoga stoljeća, u vrijeme kad je trgovina industrijskim proizvodima sve više preuzimala važnost za proizvodnju industrijskih proizvoda, u stvari se priznala potreba za međunarodnim ugovorom o mjernim jedinicama. On je danas bitan dio tehničke infrastrukture suvremenog svijeta. BIPM je glavno oruđe Dogovora za postizanje njegovih ciljeva te, budući da u državama članicama raste područje djelatnosti u kojima se zahtijevaju točna i ujednačena mjerenja, a ne pada, može se predvidjeti znatno širenje uloge i djelokruga BIPM-a. Mora se međutim priznati da takvo širenje ograničuju gospodarska ograničenja u državama članicama i šira politika nepovećavanja troškova. CIPM je dakle u tu svrhu poduzeo ozbiljnu kritičku ocjenu nekoliko scenarija koji se tiču budućnosti BIPM-a. Oni s jedne strane uključuju mogućnost povećanja njegova djelokruga i financiranja kako bi se zadovoljili povećani zahtjevi, a s druge strane posljedice smanjenja različitih dijelova programa pa čak i smanjenje sveukupnoga proračuna. Važno je napomenuti da je CIPM pri provedbi kritičke ocjene bio svjestan činjenice da nije pitanje hoće li rad koji se odvija u BIPM-u biti potreban – postoji sveopće slaganje da hoće – nego hoće li se odvijati djelotvornije u BIPM-u ili negdje drugdje te kako se može odvijati na najdjelotvorniji način.

BIPM trenutačno obavlja dvije šire kategorije poslova.

- Osigurava administrativno i znanstveno tajništvo kako bi se uskladila međunarodna suradnja u okviru Dogovora o metru.
- Djeluje kao aktivni znanstveni institut koji obavlja mješavinu rada na pružanju usluga i znanstvenog istraživanja pridružena mjeriteljstvu.

Prema saznanju CIPM-a postoji sveopće slaganje da je bitna uloga BIPM-a u administrativnome i znanstvenome tajništvu. Stajalište je CIPM-a da BIPM ne bi mogao djelotvorno ispunjavati svoju ulogu kad ne bi održavao laboratorije i poduzimao aktivne programe znanstvenog rada. To je oduvijek bilo stajalište CIPM-a, a podupirale su ga države članice CGPM-a i ono se ovdje ne dovodi u pitanje. Ipak, vrijedno je ponoviti neke glavne razloge koji podupiru to stajalište:

- Mnoge vlade smatraju strateški važnim pitanje održavanja neovisnosti tehnološke i mjeriteljske infrastrukture svojih država te kad se zahtijeva međunarodna sljedivost daju prednost povezivanju s neovisnim međunarodnim laboratorijem, a ne obvezi da ovise o vanjskim NMI-ima. Posebno bi prekid laboratorijskog rada u BIPM-u zahtijevao da jedan ili više NMI-a koje bi imenovale države članice održava i prenosi svjetski etalon mase, svjetsku vremensku ljestvicu, međunarodni referentni sustav za radioaktivna mjerenja itd. Svi oni NMI-i koji se u umjeravanju za uspostavljanje sljedivosti svojih nacionalnih etalona trenutačno oslanjaju na BIPM trebali bi se oslanjati na vanjske NMI-e. Na sličan bi se način od kojega drugog NMI-a trebala dobivati velika količina prijenosa tehnologija i tehničkih savjeta koji se odnose na primarne mjerne etalone koje tijekom međunarodnih usporedb trenutačno NMI-ima pruža znanstveno osoblje BIPM-a. Kad bi se prekinulo uključivanje mjera-davnih i neovisnih znanstvenika BIPM-a neizbježno bi se smanjilo povjerenje da se međunarodne usporedbe nacionalnih etalona objektivno i pošteno provode i analiziraju.
- Da bi se postigla ekonomična svjetska ujednačenost mjerenja veći dio međunarodne suradnje, uključujući usporedbe nacionalnih etalona trebao bi biti višestran, a ne dvostran. Usklađivanje višestranne suradnje jedna je od snaga BIPM-a, ali trajan uspjeh u toj ulozi u velikoj



mjeri ovisi o tome ima li BIPM mjerodavno i stručno znanstveno osoblje. U radu devet savjetodavnih odbora sudjeluje oko stotinu organizacija i instituta iz cijelog svijeta te je samo u 1997. godini stosedamdeset stručnjaka iz nacionalnih instituta došlo u BIPM na sastanke šest odbora. Kad bi BIPM izgubio svoju mjerodavnost u usklađivanju tih višestranih aktivnosti, suradnja između tih 100 instituta trebala bi biti dvostrana ili regionalna s međuregionalnim vezama. Obje bi mogućnosti bile mnogo manje djelotvorne i skuplje nego postojeći sustav koji se temelji na BIPM-u. Nije također vjerojatno da bi pojedinačni NMI-i bili spremni preuzeti postojeće znanstvene programe i odgovornosti BIPM-a bez odgovarajuće financijske nadoknade iz drugih država članica, posebno s obzirom na pritisak na mnoge od njih da ostvaruju dobit.

Prema tomu BIPM mora zadržati znanstveno osoblje i nastaviti djelovati kao aktivan znanstveni laboratorij.

CIPM je odlučivši da prekid laboratorijskog rada u BIPM-u nije održiva opcija, nastavio provjeravati različite scenarije za održavanje tajništva i laboratorijskih funkcija BIPM-a s obzirom na gospodarska ograničenja i promjene potreba skupa NMI-a. Kritički je ocijenjena izjava koju je prihvatio 1984. godine kojom se daje kratak pregled uloge BIPM-a koja je prenesena u dodatku A, a dopunjena na sljedeći način:

### **Uloga BIPM-a u prvim desetljećima 21. stoljeća**

Misija je BIPM-a osiguranje svjetske ujednačenosti mjerenja.

BIPM će tu misiju ostvariti osiguranjem nužnoga fizikalnog temelja za takvu ujednačenost i suradnju s drugim ustanovama i organizacijama koje su povezane s tom misijom. Njegove su dakle glavne zadaće:

- trajno posuvremenjivanje i prenošenje Međunarodnog sustava jedinica (SI)
- čuvanje i prenošenje primarnog etalona mase, međunarodne pramjere kilograma
- uspostavljanje i prenošenje međunarodnoga atomskog vremena i, u suradnji s odgovarajućim astronomskim organizacijama, usklađenoga svjetskog vremena
- osiguranje središta za međunarodnu usporedbu fizikalnih ostvarenja drugih osnovnih SI jedinica kako bi se zadovoljile potrebe skupa nacionalnih mjeriteljskih instituta te kako bi im se omogućila vlastita ostvarenja u onim slučajevima gdje se predviđaju posebne koristi, i sudjelovanje u razvoju primarnih mjernih metoda u kemiji
- suradnja sa savjetodavnim odborima i regionalnim mjeriteljskim organizacijama u određivanju ključnih međunarodnih usporedba koje se zahtijevaju kako bi se odredio stupanj istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona te organizacija provedbe tih usporedba
- objavljivanje sažetih prikaza dostupnih rezultata svih višestranih i dvostranih mjernih usporedba u koje su uključeni nacionalni mjeriteljski instituti ili BIPM te objavljivanje vrednovanja opsega u kojemu oni dokazuju istovrijednost nacionalnih mjernih etalona
- provedbu i održavanje u ime država članica sporazuma o međusobnome priznavanju nacionalnih mjernih etalona i potvrda o umjeravanju koje izdaju nacionalni mjeriteljski instituti
- jačanje sljedivosti nacionalnih mjernih etalona država članica osiguravanjem umjeravanja koja traže njihovi nacionalni mjeriteljski instituti gdje god je to ostvarivo

- poduzimanje znanstvenog rada koji se odnosi na mjerne jedinice i etalone, uključujući odgovarajuća temeljna istraživanja i određivanje fizikalnih stalnica;
- suradnja s međunarodnim tijelima koja imaju srodne misije, između ostaloga s regionalnim mjeriteljskim organizacijama, Međunarodnom suradnjom na akreditaciji laboratorija, Međunarodnom organizacijom za zakonsko mjeriteljstvo, Međunarodnom organizacijom za normizaciju i Međunarodnim elektrotehničkim povjerenstvom kako bi se osiguralo da se temeljni dokumenti potrebni za ujednačenost mjerenja, kao što su rječnici u mjeriteljstvu i iskazivanje mjerne nesigurnosti, posuvremenjuju i šire prenose
- osiguranje znanstvenog i upravnoga tajništva za Opću konferenciju za utege i mjere te za Međunarodni odbor za utege i mjere i njegove savjetodavne odbore.

Osim te sažete izjave CIPM je donio dvadeset i jednu posebnu odluku koja se tiče uloge BIPM-a. One su navedene u idućemu odsječku ovog izvještaja.

## 6 Odluke CIPM-a

Kao posljedica njegovih promišljanja u pripremi ovoga izvještaja, CIPM je donio sljedeće odluke o budućoj ulozi BIPM-a i savjetodavnih odbora. Neke od tih odluka u biti su potvrđivanja prijašnje politike, a druge sadržavaju bitne elemente nove politike.

### Svjetsko vodstvo u mjeriteljstvu

1. BIPM će nastaviti osiguravati svjetsko vodstvo u osiguravanju svjetske ujednačenosti mjerenja, u poboljšavanju i promicanju uporabe Međunarodnog sustava jedinica (SI) i predviđanju novih potreba, u razvoju boljih mjernih etalona i uspostavljanju lako dostupnih banka podataka o stupnju istovjetnosti nacionalnih mjernih etalona različitih država.
2. BIPM će omogućiti bolju komunikaciju na višoj razini s glavnim korisnicima, nacionalnim mjeriteljskim ustanovama država članica, organiziranjem periodičnih sastanaka ravnatelja instituta s članovima CIPM-a i s višim službenicima BIPM-a kako bi se raspravljalo o važnijim pitanjima u međunarodnome mjeriteljstvu.

### Aktivnosti laboratorija u BIPM-u

3. BIPM mora poduzeti različita istraživanja koja se odnose na jedinice i etalone kako bi osigurao najbolji istraživački okoliš nužan za privlačenje i zadržavanje prvorazrednih znanstvenika koji mogu raditi s istaknutim znanstvenicima NMI-a kao ugledni parovi ili voditelji, što bi bilo bitno za djelotvorno obavljanje njegove misije. U to mogu biti uključena određena pridružena temeljna istraživanja i određivanja fizikalnih stalnica. Ukupni laboratorijski napor u BIPM-u održavat će se barem na njegovoj sadašnjoj razini, razini koja je tek nešto iznad praga potrebna za održavanje tima sposobna za rad.
4. Zbog jedinstvenih odgovornosti BIPM-a za međunarodnu pramjeru kilograma te za TAI i UTC, u područjima mase, vremena i frekvencije održavat će se aktivni laboratorijski programi.
5. Međunarodni referentni sustav koji je razvio BIPM tijekom mnogo godina za mjerenja aktivnosti radionuklida osigurava svjetski temelj za osiguranje istovrijednosti nacionalnih etalona aktivnosti. On će se i nadalje podupirati.
6. Druge tekuće laboratorijske aktivnosti u BIPM-u, uglavnom na duljini, u području elektriciteta, ionizacijskog zračenja te radiometriji i fotometriji i nadalje će davati važne doprinose mjernoj ujednačenosti i odgovarajućim programima koji se odnose na etalone u NMI-ima. Međutim budući da je BIPM premalen za sudjelovanje u svim granama mjeriteljstva, njegova se područja laboratorijskih djelatnosti moraju s vremena na vrijeme mijenjati kako bi odražavala razvoj potreba skupa NMI-a.
7. BIPM će započeti mali laboratorijski program s oko četiri člana osoblja u jednome ili više pažljivo odabranih aspekata mjeriteljstva u kemiji. Taj će program posebno podupirati rad Savjetodavnog odbora za količinu tvari u osiguranju vodećega položaja u kemijskoj zajednici u jačanju sljedivosti kemijskih mjerenja prema jedinicama SI-a.
8. BIPM će i nadalje pomagati NMI-ima država članica u jačanju sljedivosti njihovih nacionalnih mjernih etalona osiguranjem umjeravanja kad god za to postoji mogućnost.

### Istovrijednost nacionalnih mjernih etalona

9. BIPM će s CC-ima surađivati u utvrđivanju u svakome području mjeriteljstva onih međunarodnih mjernih usporedba koje se nazivaju ključnim usporedbama BIPM-a koje se zahtijevaju za određivanje stupnja istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona. On će pomagati CC-ima u organizaciji periodičnih ključnih usporedba između stručnih NMI-a u tome području osiguravajući da kad god je to moguće barem dva, i po mogućnosti više NMI-a budu uključeni iz svakog RMO-a.
10. Pojačat će građenje čvrstih veza između BIPM-a i RMO-a te će se tražiti sporazum koordinatora dobro uspostavljenih RMO-a za stvaranje zajedničkog odbora regionalnih mjeriteljskih organizacija kojima predsjedava ravnatelj BIPM-a. BIPM će poticati RMO-e da provode regionalne ključne usporedbe, sinkronizirane s ključnim usporedbama BIPM-a tako da se mogu graditi globalne veze s većim mogućim brojem nacionalnih etalona. On će također poticati države koje još nisu članice postojećih RMO-a da se uključe u regionalnu mjeriteljsku suradnju ili, gdje je to potrebno, formiranje nove.
11. BIPM će nastaviti svoju politiku objavljivanja u *Mjeriteljstvu* sažetaka rezultata svih mjeriteljskih usporedba u koje su uključeni NMI-i ili BIPM, posebno one BIPM-a i regionalnih ključnih usporedba.
12. Iz rezultata svake ključne usporedbe BIPM-a CC-i će odrediti ključnu referentnu vrijednost. Za svakog sudionika u BIPM-u regionalne i dvostrane ključne usporedbe, vrednovat će se izvođenje njegove deklarirane vrijednosti iz referentne vrijednosti zajedno s pridruženom nesigurnošću. Kao služba NMI-a država članica BIPM će održavati elektronički prikupljene zapise o njihovim pojedinačnim rezultatima u ključnim usporedbama i o njihovim odstupanjima od referentnih vrijednosti dobivenih ključnim usporedbama. Taj se zapis mora učiniti lako dostupnim svuda u svijetu na internetu.
13. U suradnji s ravnateljima NMI-a i koordinatorima RMO-a BIPM će provoditi i održavati sporazum o međusobnome priznavanju nacionalnih mjernih etalona i potvrda o umjeravanju koje izdaju NMI-i. Ravnatelji NMI-a sudionika bit će pozvani da potpišu taj sporazum.

### Savjetodavni odbori CIPM-a

14. CIPM je preinačio kriterije za članstvo u CC-ima (vidi dodatak C). Uvjeti za CC-e bit će prošireni te će se po potrebi uspostaviti jedan ili dva dodatna CC-a kako bi se pokrila glavna područja mjeriteljstva u kojima je važna međunarodna istovrijednost etalona i suradnja između NMI-a.
15. Dodatak D predlaže model uvjeta za tipični CC premda će se ti uvjeti znatno mijenjati od jednoga do drugog CC-a. Veći se naglasak sada stavlja na planiranje ključnih usporedba, prerađbu i analizu rezultata te određivanje stupnja istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona.
16. Promijenjeni su nazivi četiriju postojećih CC-a tako da jasnije pokazuju njihove djelatnosti (vidi tablicu 2.). Razmotreno je uspostavljanje CC-a za akustiku, ultrazvuk i vibracije.
17. Usklađivanje istraživanja na etalonima u NMI-ima ostat će važna djelatnost CC-a. Valjalo bi razmisliti za vrijeme sastanaka savjetodavnih odbora, o mogućnosti zajedničke uporabe određene skuplje opreme.
18. Sa stajališta njihove povećane odgovornosti, CC-i će provoditi neprekidni program rada između sastanaka, BIPM će pružati potporu glavnomu tajništvu za svaki CC i dodjelom posebnog znanstvenog člana Ureda koji bi bio imenovan izvršnim tajnikom.

## Suradnja sa srodnim međunarodnim organizacijama

19. Kao vodeća međunarodna mjeriteljska organizacija, BIPM će organizirati periodične sastanke na višoj razini između predstavnika BIPM-a, BIML-a, ISO-a, IEC-a i ILAC-a. Ciljevi tih sastanaka, između ostalog, moraju biti sljedeći:
  - osiguranje da misije tih pet organizacija koje se bave mjerenjem i mjeriteljstvom budu komplementarne i, kad se uzmu zajedno, dostatno obuhvatne kako bi se osigurala svjetska ujednačenost etalona
  - planiranje strategija za razvoj svijesti vlada i odgovarajućih međunarodnih organizacija o sve većoj važnosti mjerenja i mjeriteljstva
  - kritički pregled postojećih međunarodnih norma koje služe za napredak međunarodne ujednačenosti u mjeriteljstvu, utvrđivanje potreba za dodatnim dokumentima i najprikladnijim tijelom koje bi za njih preuzelo odgovornost
  - razmatranje zajedničkih inicijativa za pomoć zemljama u razvoju u mjeriteljstvu, uključujući jačanje odnosa s vodećim međunarodnim financijskim agencijama kao što su Svjetska banka i regionalne razvojne banke.
20. BIPM će poduzeti korake za razvoj tješnje suradnje i nastavljanje veza s ILAC-om te surađivati s njim na širim pitanjima kao što su istovrijednost nacionalnih mjernih etalona i kriterija koji određuju mjernu sljedivost. Treba poticati prijedlog za smještaj novoga tajništva ILAC-a u BIPM.
21. BIPM će nastojati djelovati u tješnjoj suradnji s BIML-om, imajući posebno na umu preporuke koje potječu iz zajedničkih radnih skupina CIPM-a i CIML-a.

## 7 Financijske obveze koje se zahtijevaju od država članica Dogovora o metru

Ovaj se izvještaj sada usmjeruje na financijske obveze koje će se u idućim desetljećima zahtijevati od država članica Dogovora o metru kako bi se mogle djelotvorno i učinkovito provoditi prethodno dane strategije i odluke. Tri su kategorije takvih obveza.

- Prva je kategorija godišnji doprinos koji je svaka država članica obvezna platiti BIPM-u. To predstavlja izravnu financijsku obvezu. Ukupni doprinos za svaku godinu unaprijed određuje CGPM nakon razmatranja programa rada koji predlaže BIPM te koji se razaslije državama članicama postupkom koji je odobrio CGPM i koji se temelji na ljestvici ocjena Organizacije ujedinjenih naroda za raspodjelu doprinosa.
- Druga kategorija obuhvaća dodatne troškove svake države članice koja surađuje s CIPM-om, BIPM-om i CC-ima u njihovim programima rada. Većinu te suradnje, ali ne svu, preuzimaju NMI-i posebno sudjelovanjem u međunarodnim usporedbama mjerenja i u drugome radu CC-a.
- Treća kategorija očekivani su veći izdatci s kojima će se suočiti države članice u svojim vlastitim zemljama kako bi odgovorile većim zahtjevima za pouzdanim mjeriteljstvom koji se predviđaju u nizu novih područja.

O budućim se zahtjevima sada raspravlja za svaku od tih kategorija posebno.

### 7.1 Godišnji doprinos BIPM-u

Prije rasprave o primjerenome iznosu doprinosa za idućih nekoliko desetljeća ukratko su se analizirali podatci za razdoblje od 1980. do 1996. godine kao bi se pokazali noviji pravci razvoja. Tijekom tog razdoblja ukupni je doprinos koji je odredio CGPM povećan s 7 475 000 zlatnih franaka na 25 918 000 zlatnih franaka. Ako se uzme u obzir pokazatelj inflacije u Francuskoj te oba iznosa iskažu u zlatnim francima u 1996. godini, povećanje bi bilo s 15 548 000 zlatnih franaka na 25 918 000 zlatnih franaka, što u tome razdoblju predstavlja stvarno povećanje od približno 66,7 %. Postotni doprinos koji bi BIPM stvarno primao svake godine kretao se u tome razdoblju od 85,95 % do 116,10 % te prosječno iznosio 99,31 %. Bitno je napomenuti da je broj trajno umirovljena osoblja BIPM-a porastao od 50 u 1980. godini na 68 u 1991. godini, što je povećanje od 36 %, premda je do 1996. godine broj osoblja privremeno smanjen na 65 kako bi se prilagodilo prijelaznoj financijskoj krizi povezanoj s raspadom SSSR-a. To je povećanje dijelom nastalo BIPM-ovim preuzimanjem odgovornosti za TAI 1985. godine. Štoviše u tom je razdoblju znatno porasla i kvalifikacijska razina osoblja. Npr. 1980. godine bilo je 9 članova osoblja s doktorskim stupnjem, a 1996. godine 21 član. Nadalje znatno se povećala složenost laboratorijske opreme s novinama koje uključuju laserski laboratorij, kriogeničku radiometriju, sredstva za Josephsonov pojav i kvantizirani Hallov otpor te laboratorij za vrijeme.

Godine 1995. Dvadeseta opća konferencija za utege i mjere donijela je odluku da doprinos BIPM-u za razdoblje od 1997. do 2000. godine bude:

27 144 000 zlatnih franaka u 1997.  
 28 365 000 zlatnih franaka u 1998.  
 29 642 000 zlatnih franaka u 1999.  
 30 976 000 zlatnih franaka u 2000.

Ti iznosi odgovaraju povećanju od 4,5 % na godinu i o njima je donesena odluka nakon uzimanja u obzir povećanih doprinosa mirovinskomu fondu BIPM-a, održavanja i obnavljanja zgrada BIPM-a, očekivane inflacije cijena u Francuskoj i dodatnih troškova izazvanih povećanjem složenosti mjeriteljstva.

Prelazeći sada na doprinose predviđene za prva desetljeća 21. stoljeća, posebni je naglasak stavljen na četverogodišnje razdoblje 2001.–2004. i 2005.–2008. za koje će godišnje doprinose odrediti redom 21. CGPM 1999. godine i 22. CGPM 2003. godine.

Odluke CIPM-a navedene u odsječku 6. ovog izvještaja nagovješćuju niz novih aktivnosti za BIPM, što će uključivati znatne troškove. U njih uglavnom spadaju:

- odluka o započinjanju laboratorijskoga programa u mjeriteljstvu u kemiji s četiri člana osoblja od kojih se vjerojatno svi trebaju unovačiti izvana
- odluke koje se odnose na istovrijednost nacionalnih mjernih etalona i ključne usporedbe koje će znatno povećati administrativno opterećenje viših znanstvenika BIPM-a koji služe kao izvršni tajnici CC-a te će zahtijevati dodatnu administrativnu potporu za jednu ili dvije osobe.

Troškovi pridruženi tim dvjema aktivnostima mogu se sažeti na sljedeći način. Laboratorijskim programom u mjeriteljstvu u kemiji povećat će se broj znanstvenih odsjeka u BIPM-u sa šest na sedam. Predloženi je program otprilike iste veličine kao programi nekih od postojećih odsjeka; za njegovo djelovanje potrebna su najmanje tri profesionalna i jedan tehnički član osoblja. Njegovi izravni trajni radni troškovi bit će oko 8 % od godišnjega proračuna. Trošak obnavljanja laboratorijskoga prostora za uspostavljanje toga programa procjenjuje se na oko 1,5 milijuna zlatnih franaka, a kapitalna vrijednost opreme koja se zahtijeva za početak na oko 3 milijuna zlatnih franaka. Predviđa se da će se većina opreme dobiti iz donacija nacionalnih laboratorija i komercijalnih tvrtka. Drugi troškovi pokretanja zadovoljit će se iz pričuva. Troškovi dodatne administrativne potpore za jednog ili dva člana osoblja za program ključnih usporedba obuhvaćat će troškove od oko 3 %; kombinirani s radnim troškovima odvijanja dviju novih djelatnosti bit će prema tomu od 10 % do 11 % od proračuna.

Stajalište je CIPM-a da se taj porast radnih troškova može čvrstim upravljanjem nadoknaditi odgovarajućim proračunskim uštedama od 10 % do 11 %. Znatno smanjenje izdataka BIPM-a u idućim desetljećima bit će posljedica dovršenja do 2000. godine dugoročnoga programa izgradnje na koji se trošilo približno 4 % godišnjega proračuna BIPM-a otkad je CIPM formulirao taj program početkom osamdesetih godina. U taj su program bili uključeni novi laboratoriji za laserske djelatnosti, nova upravna zgrada s knjižnicom i uredima te nova radionica kako bi se zamijenili postojeći neprikladni prostori. Zgrade za laser i administraciju dovršene su i već su dulje vrijeme u uporabi te će izgradnjom novih radionica koje su sada u tijeku taj program biti dovršen. U idućih nekoliko desetljeća ne predviđa se potreba za dodatnim novim zgradama. Zahtijevat će se znatnija obnova i prilagodba nekih od postojećih prostora, ali troškovi toga posla i uobičajenog održavanja zgrada redovito se predviđaju proračunom BIPM-a. Zahtijevane dodatne uštede od 6 % do 7 % mogu se provesti samo povećanjem djelatnosti i zaključivanjem ili smanjivanjem odabranih područja trenutnog rada. Treba imati na umu da se veća smanjenja ukupnih financijskih izdataka mogu provesti samo smanjenjem osoblja jer se oko 40 % proračuna troši izravno na plaće osoblja, a dodatnih 20 % na mirovine, naknade za život u inozemstvu i obiteljske naknade te zdravstveno i druga osiguranja. Ravnatelj je već proveo neka smanjenja osoblja i djelatvorne uštede, ali će se zahtijevati više kako bi se postigao cilj uštede. Vjeruje se da se taj cilj može postići uobičajenim smanjenjima bez stvarnog prekida bilo kojeg od postojećih programa, ali će biti malo, ili nimalo, prostora za buduće linearne uštede toga tipa.



Drugi glavni proračunski problem za budućnost povećanje je godišnjega doprinosa mirovinskom fondu BIPM-a kako bi se osiguralo predviđeno udvostručenje broja umirovljenika BIPM-a u razdoblju od 1994. do 2010. godine. Godine 1994. na poticaj aktuarskog izvještaja o financiranju, CIPM je između ostalog odlučio tu stavku od 1996. do 2008. godine svake godine postupno povećavati za iznos istovrijedan 2 % od plaća (u to vrijeme istovrijedno iznosu 1 % od ukupnoga godišnjeg proračuna BIPM-a). To je trebao uzeti u obzir do 20. CGPM pri donošenju odluka o doprinosima za razdoblje od 1997.–2000. godine. Ako CGPM-i iz 1999. i 2003. godine ne odobre sličan doprinos, to će imati za posljedicu postupno smanjenje proračuna BIPM-a za druge svrhe nakon 2000. godine.

U skladu s gornjim temeljem CIPM je s ravnateljem BIPM-a razmotrio nekoliko mogućih scenarija koji se odnose na razinu godišnjega doprinosa za desetljeće od 2001. do 2010. godine.

- Prvi razmotreni scenarij jest scenarij sa stalnim doprinosom u stvarnim uvjetima u tome desetljeću, istovrijedan s onim koji je već određen za 2000. godinu. Djelotvorne uštede i ograničenja o kojima se prethodno raspravljalo omogućile bi da se postojeće i nove aktivnosti BIPM-a nastave nekoliko godina. Međutim od 2006. godine zahtijevalo bi se smanjenje troškova za oko 5 % kao bi se uravnotežila bilanca. Sa stajališta napora koji su već učinjeni smanjenje izdataka u tome iznosu zahtijevalo bi znatno smanjenje u znanstvenome programu. Jedna od opcija koje bi trebalo uzeti u obzir bilo bi zatvaranje jednog od znanstvenih odsjeka.
- Drugi scenarij ponovno je stalni doprinos, ali na razini stvarnih cijena 5 % iznad onoga iz 2000. godine. To bi omogućilo da se postojeće i nove djelatnosti nastave u idućemu desetljeću. Djelotvorne uštede i ograničenja programa o kojima se prethodno raspravljalo još bi bili potrebni, ali bi bili manje strogi i ne bi se trebali provoditi s velikom hitnošću kao u prvome scenariju.
- Također su razmotrene posljedice stvarnih smanjenja doprinosa. Smanjenje izdataka od 10 % po stvarnim cijenama iz 2001. godine zahtijevalo bi trenutno smanjenje osoblja od šest ili sedam osoba zatvaranjem jednoga ili više znanstvenih odsjeka. Do 2005. godine vjerojatno bi trebao nestati drugi znanstveni odsjek. Smanjenje izdataka od 20 % ili 30 % trenutno bi zahtijevalo dvostruko, odnosno trostruko smanjenje broja osoblja. Smanjenjem izdataka za 30 % smanjenje osoblja bilo bi približno istovrijedno polovici postojećega znanstvenog programa te bi se moglo lako pokazati da BIPM ne bi mogao zadržati sposobnost da bude aktivni znanstveni institut. Bilo bi teško novačiti znanstvenike više razine u institut koji ima tako ograničen program i premalo znanstvenog osoblja da bi postigao kritičnu intelektualnu masu. Premda su i neki NMI-i podvrgnuti smanjenju financijskih izdataka usporedivim s onima koji su upravo spomenuti, CIPM ističe da je BIPM već veoma malena institucija koja radi na donjoj granici sposobnosti za život u smislu intelektualnih i financijskih sredstava; usporediva bi smanjenja izdataka prema tomu imala nerazmjerne učinke na djelotvornost njegovoga rada.

U svjetlu gornje kratke analize pretpostavlja se da će CIPM preporučiti 21. CGPM-u 1999. godine da se u četverogodišnjemu razdoblju od 2001. do 2004. godine zadrži stalni godišnji doprinos BIPM-u po stvarnim cijenama na razini koju je već odredio 20. CGPM za 2000. godinu. Priznavanjem postojećih gospodarskih ograničenja u državama članicama, to bi omogućilo nastavak postojećih i novih programa BIPM-a, premda s nategnutim budžetiranjem. Za 22. CGPM 2003. godine CIPM će donijeti tešku odluku o tome da li preporučiti nastavak stalnoga doprinosa tijekom razdoblja od 2005. do 2008. godine i odgovarajuće smanjenje znanstvenoga programa BIPM-a ili preporučiti povećanje doprinosa od oko 5 % po stvarnim cijenama. Tu je odluku najbolje odgoditi do trenutka dok ne bude jasnija prevladavajuća gospodarska situacija i dok ne budu na raspolaganju detaljniji podatci o budžetiranju BIPM-a. Ne bi trebalo isključiti moguć-



nost da do 2003. godine pritisak država članica da se poduzmu novi programi bude takav da će CIPM predložiti veće povećanje doprinosa.

Mnogo su teža predviđanja za sljedeća desetljeća. Ne očekuje se da će se nakon 2008. godine povećavati plaćanja mirovinskomu fondu, ali će se u međuvremenu fond podvrgnuti aktuarskomu proučavanju. Postoji mala sumnja da će BIPM nastaviti pokrenuti nove programe koji će zahtijevati novo osoblje; mogući su primjeri programa koji se odnose na predviđenu promjenu definicije kilograma ili na ostvarenje ampera kvantnim metodama, ali takvi se razvoji ne mogu detaljno predvidjeti. Važno je da BIPM bude u mogućnosti prilagoditi svoje programe kako bi iskoristio nove razvoje. Premda se može lako pokazati da je, ograničenjem drugih programa i preraspodjelom osoblja, moguće poduzeti takve nove programe uz zadržavanje stalnih doprinosa po stvarnim cijenama, prerano je o tome donositi bilo kakvu konačnu odluku.

## 7.2 Drugi troškovi prema Dogovoru o metru

Osim plaćanja godišnjega doprinosa BIPM-u svaka se država članica koja sudjeluje u tome radu koji se odvija u okviru Dogovora o metru suočava s nizom drugih troškova. Primjeri su aktivnosti koje dovode do takvih dodatnih troškova:

- sudjelovanje na sastancima CGPM-a, CIPM-a i CC-a
- sudjelovanje u međunarodnim mjeriteljskim usporedbama i drugim programima laboratorijske suradnje koje uglavnom organiziraju CC-i i njihove radne skupine
- povremene donacije važnih elemenata opreme BIPM-u kao što su suvremeno oruđe za obradu dijamanata koje je nedavno donirao Japan i precizne vage koje je prije donirao SAD
- povremena potpora gostujućim znanstvenicima u BIPM-u.

RMO-i koji se pojavljuju posljednjih nekoliko desetljeća također se oslanjaju na izvore NMI-a koji sudjeluju u njihovim ključnim usporedbama i drugim djelatnostima.

Uvođenje ključnih usporedba BIPM-a i regionalnih ključnih usporedba znatno će povećati broj usporedba koje poduzimaju mnogi NMI-i. Premda pridruženo financijsko opterećenje za takav NMI najbolje vrednuje sam NMI, jasno je da ne postoji troškovno djelotvorniji način da se odredi stupanj istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona u svijetu. Postoji mogućnost za širenje područja mjeriteljstva koje pokrivaju CC-i, što bi imalo za posljedicu troškove za NMI-e sudionike premda se očekuje da će se novi programi poduzimati samo kad se vide odgovarajuće koristi za države članice.

Naglašava se da svaka država članica preko svojega NMI-a treba pažljivo utvrditi odbore, usporedbe mjerenja i druge djelatnosti u okviru Dogovora o metru u kojima želi sudjelovati. To bi omogućilo da se dadne prednost onim djelatnostima koje su najbitnije za nacionalne interese države članice te bi istodobno omogućilo da se ostali troškovi održavaju u prihvatljivim granicama.

## 7.3 Utjecaj novih područja mjeriteljstva na države članice

U podtočkama 7.1 i 7.2 raspravlja se o predviđenim budućim troškovima država članica potpisnica Dogovora o metru koje sudjeluju u djelatnostima BIPM-a.

Što se tiče unutrašnjih nacionalnih mjeriteljskih programa svaka će država članica naravno donijeti svoje vlastite odluke o njihovoj budućoj razini financiranja. Prikladno je međutim u ovome izvještaju upozoriti da će za države članice nastati znatni troškovi pridruženi većim zahtjevima

za pouzdanim mjeriteljstvom koji se očekuju u većemu broju novih područja. Kako je prije istaknuto, očekuje se da će se ta područja širiti daleko izvan tradicionalnih područja fizike i tehnike te obuhvaćati mjeriteljstvo u kemiji, biologiji, medicini, zaštiti zdravlja i sigurnosti, zaštiti okoliša itd. Države članice bit će podvrgnute pritisku da prošire svoje aktivnosti u ta područja za korist svoje industrije i trgovine. To će neizbježno dovesti do većih troškova na mjeriteljskim programima država članica ili do preusmjerenja fondova znatnim i možda drastičnim smanjenjem njihovih tradicionalnih programa.

BIPM će koliko mu to njegov ograničeni proračun dopusti služiti kao žarište za međunarodno usklađivanje programa država članica i njihovih NMI-a u tim novim područjima. Kad bi se BIPM držao na stalnome proračunu, njegov bi doprinos međutim bio strogo ograničen te bi odgovornost za međunarodno usklađivanje trebala ležati uglavnom na samim NMI-ima, a posebno većim i bolje opremljenim, što je dužnost koja će izazvati znatno povećanje njihova financijskog opterećenja.

## Dodatak A. Izjava iz 1984. godine o ulozi BIPM-a

Na svojem sastanku 1984. godine (*BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures*, 1984, **52**, 7) CIPM je raspravljao o ulozi BIPM-a u osamdesetim godinama, a svoje je zaključke objavio u Sazivu 18. opće konferencije (*BIPM Comptes Rendus 18<sup>e</sup> Conf. Gén. Poids et Mesures*, 1987, 23) kako slijedi:

Svrha je BIPM-a osigurati fizikalni temelj potreban za osiguranje svjetske mjerne ujednačenosti. Prema tomu njegovi su glavni zadatci:

- čuvanje i prenošenje jedinice mase
- uspostavljanje i prenošenje međunarodnoga atomskog vremena i, u suradnji s odgovarajućim astronomskim organizacijama, usklađenoga svjetskog vremena
- osiguravanje središta za međunarodnu usporedbu ostvarenja drugih osnovnih ili izvedenih jedinica i prenošenja tih jedinica kako bi se mogle zadovoljiti potrebe skupa nacionalnih mjeriteljskih laboratorija; to između ostalog zahtijeva da u nekim područjima BIPM održava svoja vlastita ostvarenja određenih osnovnih i izvedenih jedinica
- određivanje, kad je to prikladno, fizikalnih stalnica tijesno povezanih s definicijom, ostvarenjem ili prenošenjem osnovnih ili izvedenih jedinica
- osiguranje znanstvenoga i upravnoga tajništva za Opću konferenciju za utege i mjere, Međunarodni odbor za utege i mjere i njegove savjetodavne odbore
- pružanje svake moguće pomoći u organizaciji onih međunarodnih usporedbi koje se, premda se ne provode u BIPM-u, provode pod okriljem savjetodavnih odbora
- osiguranje da se rezultati međunarodnih usporedbi ispravno dokumentiraju i da ih, ako se ne objave drugdje, objavi sam BIPM.

Radi djelotvorne provedbe tih zadaća i na razini koja se od njega zahtijeva, BIPM mora imati odgovarajuće znanstveno, tehničko i administrativno osoblje zajedno sa suvremenom opremom, laboratorijima, knjižnicom, radionicama i drugim sredstvima.

## Dodatak B. 1., 2., 3. i 11. zaključak 20. CGPM-a, listopada 1995.

### ■ 20. CGPM, 1995., 1. zaključak: Potreba za uporabom SI jedinica u istraživanjima zemaljskih izvora, okoliša, ljudskoga blagostanja i srodnih pitanja

20. opća konferencija za utege i mjere

#### uzimajući u obzir

- djelovanja na geosferu i biosferu industrijskih i komercijalnih djelatnosti i mnogih drugih ljudskih poslova te da su njihove posljedice za ljudsko zdravlje i blagostanje predmet opsežnih proučavanja širom svijeta
- da se vlade sve više i više suočavaju s odlukama od velike gospodarske i političke važnosti koje se tiču uređivanja tih djelatnosti
- da na politike vlada utječu istraživanja koja u velikoj mjeri ovise o točnim i međusobno spojivim mjerenjima za koja se često zahtijevaju veoma velika gospodarska ulaganja
- da većina važnih znanstvenih dokaza koji se zahtijevaju za odluke vlada dolazi iz mjerenja malih promjena određenih ključnih parametara, mjerenja koja se katkad provode kroz više desetljeća
- da su se određena kritična mjerenja tradicionalno provodila u *ad hoc* jedinicama koje su se temeljile na posebnoj instrumentaciji ili postupcima, a ne na dobro opisanim i međunarodno dogovorenim SI jedinicama
- da je dugogodišnje iskustvo pokazalo da se ne može dugoročno oslanjati na mjerenja koja nisu izravno povezana sa SI-em, da se ne mogu uspoređivati sa sličnim mjerenjima koja su provedena drugdje i da nisu na odgovarajući način dovedena u vezu s mjerenjima koja se provode u drugim znanstvenim disciplinama,

**preporučuje** da svi oni koji su odgovorni za proučavanje zemaljskih izvora, okoliša, ljudskoga blagostanja i srodnih problema osiguraju da se mjerenja koja provode u svojim programima zasnivaju na dobro opisanim SI jedinicama tako da budu dugoročno pouzdana, usporediva širom svijeta i povezana s drugim područjima znanosti i tehnike preko svjetskoga mjernog sustava koji je uspostavljen i koji se održava u okviru Dogovora o metru.

### ■ 20. CGPM, 1995., Zaključak 2.: Svjetska sljedivost mjernih etalona

20. Opća konferencija za utege i mjere,

#### uzimajući u obzir

- sve strože zahtjeve znanosti, tehnike i međunarodne trgovine za sljedivošću mjerenja na mnogim razinama točnosti
- postojanje skupina suradnih nacionalnih mjeriteljskih laboratorija u različitim područjima svijeta

- potrebu da se dokaže svjetska istovrijednost ili sljedivost mjernih etalona među nacionalnim laboratorijima i regionalnim skupinama u kojima surađuju nacionalni laboratoriji
- usluge umjeravanja Međunarodnog ureda za utege i mjere (BIPM-a) za nacionalne laboratorije
- ulogu BIPM-a u provedbi i usklađivanju svjetskih usporedba etalona na najvišoj razini između nacionalnih laboratorija
- potrebu sudjelovanja nacionalnih laboratorija u međunarodnim usporedbama,

**pozdravlja** težnju prema regionalnomu okupljanju nacionalnih mjeriteljskih laboratorija kao djelotvoran način promicanja suradnje i redovitih usporedba nacionalnih etalona između laboratorija od kojih neki ne sudjeluju u usporedbama koje provode BIPM ili savjetodavni odbori,

**priznaje** globalne koristi od veza između usporedba koje se provode u okviru BIPM-a i onih koje se provode u okviru regionalnih skupina mjeriteljskih laboratorija,

#### **preporučuje**

- da nacionalni mjeriteljski laboratoriji u suradnji s BIPM-om osiguraju da se potrebne usporedbe između nacionalnih etalona provode u dostatnome broju kako bi se dokazala međunarodna sljedivost mjernih etalona
- da se održavaju odgovarajuće veze između usporedba koje se provode pod pokroviteljstvom BIPM-a i onih koje provode regionalne skupine
- te da se rezultati usporedba koje provode regionalne skupine prenose BIPM-u u prikladnu obliku kako bi ih BIPM objavljivao te im time dao šire međunarodno priznanje.

### ■ **20. CGPM, 1995., Zaključak 3.: Potreba za dugoročnim mjeriteljskim istraživanjem**

20. Opća konferencija za utege i mjere,

#### **uzimajući u obzir**

- da neprekidno raste potreba za točnim i djelotvornim mjerenjima u znanosti, tehnici i međunarodnoj trgovini
- da se razvoj boljih mjernih etalona i metoda treba provoditi znatno prije njihove primjene u znanosti i industriji
- da se taj razvoj može odvijati samo na osnovi čvrstoga temelja dugoročnoga mjeriteljskog istraživanja koje je tijesno povezano s napretkom u znanosti,

**preporučuje** da nacionalni laboratoriji

- nastave poduzimati dugoročno mjeriteljsko istraživanje te da se što više zadovolje trenutajući zahtjevi mjeriteljskih služba te
- da obavješćuju Međunarodni ured za utege i mjere o rezultatima rada koji se odnosi na temeljno mjeriteljstvo.

■ **20. CGPM, 1995., Zaključak 11.: Mjeriteljstvo, dugoročne potrebe**

20. Opća konferencija za utege i mjere,

**uzimajući u obzir** zaključak 1.: Potreba za uporabom SI jedinica u proučavanjima zemaljskih izvora, okoliša, ljudskoga blagostanja i srodnim pitanjima, rezoluciju 2.: Svjetska sljedivost mjer-  
nih etalona i rezoluciju 3.: Potreba za dugoročnim mjeriteljskim istraživanjem,

**uzimajući u obzir**

- posebni utjecaj mjeriteljstva na gospodarski rast i međunarodnu trgovinu država članica
- njihov doprinos Međunarodnomu uredu za utege i mjere (BIPM-u) i nacionalnim mjeriteljskim laboratorijima,

**zahtijeva** da Međunarodni odbor za utege i mjere prouči dugoročne potrebe koje se odnose na mjeriteljstvo, odgovarajuću međunarodnu suradnju i jedinstvenu ulogu BIPM-a kako bi se zadovoljile te potrebe i financijske i druge obveze koje će se zahtijevati od država članica u idućim desetljećima i da o tome sastavi izvještaj.

## Dodatak C. Kriteriji za članstvo u savjetodavnim odborima CIPM-a

Na svojem 85. sastanku 1996. godine CIPM je prihvatio nove kriterije za članstvo u savjetodavnim odborima (*BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures*, 1996., **64**, 123-124) pod ovim uvjetima:

O članstvu u savjetodavnim odborima odlučuje CIPM u dogovoru s predsjednicima savjetodavnih odbora i ravnateljem BIPM-a.

Laboratoriji koji se pozivaju da budu članovi savjetodavnih odbora (CC) trebaju biti oni koji su već međunarodno priznati kao najstručniji u tome području. Normalno se od njih zahtijeva:

- da budu nacionalni laboratoriji ovlašteni za uspostavljanje nacionalnih etalona u tome području
- da budu aktivni u razvoju te da imaju pismeni dokaz o objavljivanju u znanstvenim časopisima s međunarodnom reputacijom
- da imaju dokazanu mjerodavnost pismenim dokazom o sudjelovanju u međunarodnim usporedbama koje organizira taj CC, BIPM ili koja regionalna mjeriteljska organizacija.

Osim laboratorija članova CC-i mogu uključivati kao članove:

- pojedince čije je znanje i mjerodavnost u tome području takvo da mogu osigurati vrijednu pomoć CC-u čak ako i ne dolaze iz laboratorija koji zadovoljava zahtjeve za članstvo
- međunarodne udruge ili druge međunarodne organizacije čiji bi savjet ili iskustvo pomogli CC-u.

Predsjednici CC-a mogu s vremena na vrijeme na sastanke pozivati promatrače, uključujući predstavnike odgovarajućih laboratorija koji još nisu članovi.

Općenito, nacionalni mjeriteljski institut svake države članice Dogovora o metru koji želi sudjelovati može očekivati da bude član ili promatrač barem jednoga CC-a.

## **Dodatak D. Model referentnih uvjeta za tipični savjetodavni odbor CIPM-a (CC za X)**

CC za X odgovoran je CIPM-u te mu CIPM dodjeljuje sljedeće odgovornosti:

1. da služi CIPM-u kao glavni izvor savjeta u sljedećim područjima mjeriteljstva: X1, X2, X3 ..., posebno u pitanjima koja se odnose na jedinice, mjerne etalone koji mogu najbolje zadovoljiti svjetske potrebe i postizanju svjetske ujednačenosti
2. da osigurava forum za otvorenu razmjenu podataka o najnovijemu znanstvenom i tehničkom napretku u mjeriteljskim područjima CC-a te o novim i predviđenim zahtjevima korisnika
3. da odlučuje u kojemu od svojih područja CC treba imati aktivan radni program, a u kojemu se zahtijeva samo kratko promatranje, npr. područja za koja se smatra da imaju nižu prednost ili gdje to područje već na odgovarajući način pokriva druga organizacija
4. da uspostavi radne skupine za pomoć u posebnim aspektima programa CC-a
5. da, gdje je to prikladno, usklađuje rad NMI-a čime omogućuje prikladno, ali ne prekomjerno udvostručivanje napora kako bi se uspostavili zajednički projekti i održale prethodne rasprave o mogućnosti zajedničke uporabe i dijeljenja troškova skupljih instalacija
6. da utvrdi u svim njegovim područjima manji broj ključnih međunarodnih usporedba koje je potrebno periodično provoditi da bi se potvrdio stupanj istovrijednosti nacionalnih mjernih etalona koje održavaju NMI-i i odlučuju o njihovoj periodičnosti
7. da organizira te usporedbe između NMI-a koji su stručnjaci u tome području, uključujući gdje je to moguće barem dva i po mogućnosti više NMI-a iz svakog RMO-a i da se iz analize rezultata svake usporedbe odredi ključna usporedba referentne vrijednosti
8. da se iz analize rezultata ključnih usporedba BIPM-a i onih koji su povezani s regionalnim i dvostranim ključnim usporedbama, odredi odstupanje rezultata svakog sudionika iz ključne usporedbe referentne vrijednosti te pridruženu nesigurnost
9. da pomogne BIPM-u da odabere i uspostavi svoje znanstvene programe kako bi se periodično ocjenjivali te dao izvještaj ravnatelju BIPM-a o cijelome spektru mišljenja o njihovoj prikladnosti i kakvoći te pružali savjeti CIPM-u o svim zahtjevima za koje se smatra da bi novi laboratorijski program u BIPM-u bio a) bitan ili b) visoko poželjan.



## Popis akronima i kratica koji se upotrebljavaju u ovome izvještaju

### Kratice koje se upotrebljavaju za opće organizacije

CC	Comité Consultatif of CIPM (Savjetodavni odbor CIPM-a) (vidi tablicu 2 za posebne odbore)
NMI	National Metrology Institute (Nacionalni mjeriteljski institut)
RMO	Regional Metrology Organization (Regionalna mjeriteljska organizacija)

### Drugi akronimi

ACCSQ	ASEAN Consultative Committee on Standards and Quality (Savjetodavni odbor ASEAN-a o normama i kakvoći)
AIDMO	Arab Industrial Development and Mining Organization (Arapska organizacija za razvoj i rudarstvo)
ANDIMET	Northern South American Metrology Cooperation (Suradnja u mjeriteljstvu na sjeveru Južne Amerike) (Bolivija, Kolumbija, Ekvador, Peru i Venezuela)
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme (Azijsko-pacifički program mjeriteljstva)
ARSO	African Regional Standards Organization (Afrička regionalna organizacija za norme)
BIML	Bureau International de Metrologie Légale (Međunarodni ured za zakonsko mjeriteljstvo)
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures (Međunarodni ured za utege i mjere)
CAMET	Central American Metrology Cooperation (Srednjeamerička suradnja na mjeriteljstvu) (Belize, Kostarika, Salvador, Gvatemala, Honduras, Nikaragva i Panama)
CARIMET	Caribbean Islands Metrology Cooperation (Mjeriteljska suradnja karipskih otoka) (Antigva i Barbuda, Barbados, Dominika, Dominikanska Republika, Grenada, Gvajana, Haiti, Jamajka, Sv. Kristofor i Nevis, Sv. Lucija, Sv. Vincent i Grenadini, Surinam, Bahami, Trinidad i Tobago)
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europski odbor za normizaciju)
CENELEC	Comité Européen de Normalisation en Électrotechnique (Europski odbor za elektrotehničku normizaciju)
CGPM	Conférence Générale des Poids et Mesures (Opća konferencija za utege i mjere)
CIE	Commission Internationale de Éclairage (Međunarodno povjerenstvo za rasvjetu)
CIGRE	Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques à haute tension (Međunarodna konferencija za velike visokonaponske električne sustave)
CIML	Comité International de Métrologie Légale (Međunarodni odbor za zakonsko mjeriteljstvo)

CIPM	Comité International des Poids et Mesures (Međunarodni odbor za utege i mjere)
COOMET	Cooperation in Metrology among Central European Countries (Suradnja na mjeriteljstvu među zemljama srednje Europe)
COPANT	Panamerican Standards Commission (Sveameričko povjerenstvo za norme)
EA	European Cooperation for Accreditation (Europska suradnja na akreditaciji)
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards (Europska suradnja na mjer-nim etalonima)
IAAC	Inter-American Accreditation Cooperation (Međuamerička suradnja na akredi-taciji)
IAU	International Astronomical Union (Međunarodna astronomska unija)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements (Međunarodno povjerenstvo o jedinicama i mjerenjima zračenja)
IEC	International Electrotechnical Commission (Međunarodno elektrotehničko povje-renstvo)
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (Među-narodni savez za kliničku kemiju i laboratorijsku medicinu)
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation (Međunarodna suradnja na akreditaciji laboratorija)
IMEKO	International Measurement Confederation (Međunarodna mjeriteljska konfede-racija)
ISO	International Organization for Standardization (Međunarodna organizacija za nor-mizaciju)
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju)
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics (Međunarodna unije za čistu i primijenjenu fiziku)
NACC	North American Calibration Cooperation (Sjevernoamerička suradnja na umjera-vanju)
NORAMET	North American Metrology Cooperation (Sjevernoamerička suradnja na mjeritelj-stvu (Kanada, Meksiko i Sjedinjene Američke Države)
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale (Međunarodna organizacija za zakonsko mjeriteljstvo)
PASC	Pacific Area Standards Congress (Kongres o normama pacifičkog područja)
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement (Juž-noafrička zajednica za razvoj suradnje u mjerenju)
SADCSTAN	Southern African Development Community Standardization Cooperation (Juž-noafrička zajednica za razvoj suradnje u normizaciji)
SALMEC	Southern African Legal Metrology Cooperation (Južnoafrička zajednica za surad-nju u zakonskom mjeriteljstvu)
SARAC	Southern African Regional Accreditation Cooperation (Južnoafrička regionalna suradnja u akreditaciji)

SI	Système International d'Unites (Međunarodni sustav jedinica)
SIM	Sistema Interamericano de Metrologia (Međuamerički mjeriteljski sustav)
SURAMET	South American Metrology Cooperation (Južnoamerička suradnja u mjeriteljstvu) (Argentina, Brazil, Čile, Paragvaj i Urugvaj)
TAI	Temps Atomique International (Međunarodno atomsko vrijeme)
UTC	Coordinated Universal Time (Usklađeno svjetsko vrijeme)
WELMEC	West European Legal Metrology Cooperation (Zapadnoeuropska suradnja u zakonskom mjeriteljstvu)





