

CONSIDERAȚII PRIVIND EVOLUȚIA METROLOGIEI ȘTIINȚIFICE ÎN CONTEXTUL REZOLUȚIILOR ADOPTATE DE CEA DE-A 23-A CONFERINȚĂ GENERALĂ PENTRU MĂSURI ȘI GREUTĂȚI

Fănel IACOBESCU*, Mirella BUZOIANU**

* BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ, ** INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

Rezumat. În ultimii cinci ani nevoia pentru măsurări exacte și credibile s-a extins de la sectorul industrial și de la schimburile comerciale către sănătatea și securitatea omului, protecția mediului, comunicații precum și în celelalte domenii ale științei și ingineriei. Ca urmare, organizațiile naționale și internaționale cu atribuții în domeniul metrologiei au dezvoltat facilități de măsurare, au stabilit acorduri de colaborare și au adoptat o serie de politici și documente cu scopul asigurării și demonstrării comparabilității și trasabilității rezultatelor măsurărilor și a valorilor etaloanelor la referințe recunoscute. Credibilitatea sistemului mondial de măsurare este susținută de efortul continuu al institutelor naționale de metrologie de a-și fundamenta măsurările și incertitudinile de măsurare pe unități de măsură aparținând Sistemului Internațional de Unități (SI). În acest context, sunt prezentate aspecte ale rolului și impactului Rezoluțiilor Conferințelor Generale pentru Măsuri și Greutăți (CGPM) asupra evoluției metrologiei științifice, a activității Biroului Internațional de Măsuri și Greutăți precum și a cooperării din acest domeniu. De asemenea, sunt prezentate principalele rezoluții adoptate de cea de-a 23-a Conferință Generală, organizată în anul 2007, referitoare la dezvoltarea ulterioară a științei și tehnicii măsurării.

Cuvinte cheie: trasabilitate, comparabilitate, Aranjamentul de Recunoaștere Reciprocă (MRA), Capabilitate de Măsurare și Etalonare (CMC).

Abstract. Over the last five years the need for accurate and reliable measurements expanded from the manufacturing sector and domains of trade, towards the areas of human health and safety, protection of the environment, communications, and in all fields of science and engineering. Therefore, the national and international organizations having responsibilities in the metrology field have developed measurement facilities, set up collaboration arrangements and adopted several policies and documents aiming at assuring and proving the comparability and traceability of all measurement results and values of measurement standards at worldwide recognized references. Reliability of the international measurement system is enhanced through continual effort by the world's national metrology institutes to base measurements and measurement uncertainties on universally accepted units, of the International System of Units (SI). Within this framework, there are presented aspects regarding the role and the impact of the Resolutions adopted by the General Conference of Weights and Measures (CGPM) upon the future development of the scientific metrology, the activity of the International Bureau of Weights and Measures and the cooperation in this field. The main Resolutions adopted by the 23rd CGPM held in 2007 related to the further development of the science and technique of measurements are also presented.

Key words: traceability, comparability, Mutual Recognition Arrangement (MRA), Calibration and Measurement Capability.

1. INTRODUCERE

Nevoile societății pentru măsurări cât mai exacte și trasabile sporesc chiar mai mult decât o atestă istoria științei și tehnologiei. Procesul de globalizare impune un sistem de măsurare unic, uniform și coerent. La nivel național, sistemul de măsurare reprezintă infrastructura tehnică care face posibilă obținerea de măsurări exacte și de încredere, adecvate scopului din țară și acceptate internațional [1]. Un sistem de măsurare național cuprinzător include mai multe arii de responsabilitate privind: menținerea de etaloane de măsurare pentru unitățile de măsură, dezvoltarea continuă de etaloane de măsurare pentru a acoperi nevoile ulterioare, metrologia legală, etalonarea și încercarea, acreditarea, instruirea în metrologie și standardizarea relevantă.

Din perspectivă istorică, etaloanele de măsurare au fost definite încă de la începuturile umane [2], iar metrologia a evoluat de la sisteme metrologice locale către sisteme având o arie de aplicabilitate teritorială din ce în ce mai extinsă, tinzând către un sistem metrologic unic. Această tendință s-a materializat prin acorduri de cooperare între țări, care au condus la crearea unor organizații internaționale cu un rol determinant în dezvoltarea metrologiei la nivel mondial. Convenția Metrului reprezintă tratatul diplomatic pe care se bazează acordurile de cooperare referitoare la măsurări, Conferința Generală pentru Măsuri și Greutăți (Conférence Générale de Poids et Mesures, CGPM) fiind cea mai înaltă autoritate decizională privind sistemul metric. Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți (Bureau International de Poids et Mesures,

BIPM), sub îndrumarea Comitetului Internațional pentru Măsură și Greutăți (Comité International de Poids et Mesures, CIPM), este principalul instrument prin care Convenția Metrului își îndeplinește misiunea. De asemenea, necesitatea pentru rezultate ale măsurărilor și valori ale etaloanelor de măsurare comparabile și trasabile, recunoscute internațional, a condus în prezent la noi rețele de cooperare între BIPM și organizații internaționale și inter-guvernamentale: Organizația Mondială a Sănătății (World Health Organization, WHO), Organizația Mondială de Meteorologie (World Meteorological Organization, WMO), Federația Internațională de Chimie Clinică și Medicină de Laborator (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, IFCC) și Cooperarea Internațională a Acreditării Laboratoarelor (International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC), fiind de așteptat ca această cooperare să includă și Agenția Mondială Antidoping (World Anti-Doping Agency, WADA) și Comisia Codex Alimentarius (creată de WHO și Organizația pentru Agricultură și Alimentație a Națiunilor Unite - Food and Agriculture Organization, FAO).

O dată la fiecare câțiva ani (acum la fiecare patru ani), reprezentanții ai guvernelor statelor membre ale Convenției Metrului se reunesc în Conferința Generală de Măsură și Greutăți pentru a decide asupra principalelor probleme privind sistemul metric, inclusiv a bugetului BIPM. De la semnarea Convenției Metrului au fost convocate 23 de conferințe generale ale căror rezoluții adoptate (peste 135) au avut un impact major asupra activității organizațiilor naționale de metrologie și au influențat direcțiile ulterioare de dezvoltare specifice. În acest context, vor fi prezentate aspecte ale rolului și impactului acestor Rezoluții ale Conferințelor Generale pentru Măsură și Greutăți asupra evoluției metrologiei științifice precum și principalele rezoluții adoptate de cea de-a 23-a Conferință organizată în anul 2007.

2. CONVENȚIA METRULUI ȘI CONFERINȚA GENERALĂ PENTRU MĂSURI ȘI GREUTĂȚI

Mijloacele de măsurare etalon au fost definite încă de la începuturile civilizației umane, deoarece comercianții, navigatorii, constructorii, oamenii de știință, societatea a avut nevoie de referințe stabile și credibile. Pretutindeni în lume, autoritățile au considerat că este responsabilitatea lor să definească etaloanele în domeniile lor de control. Ca urmare, în multe țări aceasta a condus la situația în care etaloanele au fost definite pe un temei legal și,

astfel, au existat diferențe largi între diferite sisteme de măsurare și între valorile etaloanelor definite local. O dată cu dezvoltarea comerțului internațional aceasta a devenit o problemă majoră. Mai mult, sistemele de măsurare aflate în uz nu au fost foarte consistente și coerente, în timp ce stabilitatea pe termen lung a etaloanelor a fost mai mult decât dubioasă. Astfel, exactitatea etaloanelor nu a mai fost suficientă pentru a îndeplini nevoile crescute ale societății. La sfârșitul secolului al 18-lea, un grup de oameni de știință francezi au inițiat o abordare mai științifică și sistematică, ce a condus la sistemul de unități MKS, precursorul actualului Sistem Internațional de Unități, SI. Ca urmare a condițiilor create de Revoluția Franceză din 1789, Adunarea Constituantă a însărcinat în mai 1790 Academia Franceză să stabilească unitățile de măsură uniforme pe tot cuprinsul țării pornind de la propunerile făcute anterior [3]. Nouă ani mai târziu au fost prezentate primele etaloane care materializau unități de măsură ale sistemului metric - metrul și kilogramul, care au fost preluate de guvernul francez și depuse pentru păstrare la Arhivele Republicii. În timpul expoziției naționale de la Paris din anul 1867, a fost amenajat un stand cu măsurile folosite în diferitele țări participante pentru a facilita schimburile comerciale, care a evidențiat ne-uniformitatea acestora. Tot atunci, s-a creat un Comitet Internațional al Măsurilor, Greutăților și Monedelor” care avea misiunea să promoveze adoptarea sistemului metric în lume. Comisia Internațională a Metrului, constituită la invitația Academiei de Științe din Paris a luat în discuție primele definiții ale unităților de măsură, a identificat necesitatea, și a propus organizarea unui Birou Internațional de Măsură și Greutăți – instituție științifică internațională care să se preocupe cu problemele legate de realizarea, păstrarea și compararea etaloanelor internaționale și a celor naționale. Pentru traducerea în viață a acestei hotărâri a fost convocată la 1 martie 1875 o conferință diplomatică. Ca urmare, în anul 1875, guvernele unui număr de 17 state au semnat un tratat diplomatic internațional, cunoscut sub denumirea de “Convenția Metrului”, și au creat la Sèvres, în Franța, Biroul Internațional de Măsură și Greutăți precum și comitetul său de conducere Comitetul Internațional de Măsură și Greutăți, subordonat Conferinței Generale de Măsură și Greutăți.

În cei 133 de ani scurși de la semnarea Convenției Metrului, au fost convocate periodic 23 de conferințe generale, compuse din reprezentanți ai tuturor statelor membre, semnatare ale Convenției Metrului și care au avut misiunea de:

- a analiza și a recomanda măsurile necesare pentru asigurarea perfecționării și răspândirii SI;

- a sancționa rezultatele realizărilor unităților de măsură și a adopta diverse rezoluții științifice legate de definirea și punerea în practică a acestor unități SI;

- a adopta decizii privind organizarea, funcționarea și dezvoltarea BIPM.

Prima CGPM [4], a avut loc în perioada 24 – 28 septembrie 1889 și a adoptat prima rezoluție referitoare la stabilirea prototipurilor internaționale din platină-iridiu ale realizării unităților de lungime - *metru* [m] și, respectiv, de masă - *kilogram* [kg].

Cea de-a doua conferință generală, organizată în 4 – 14 septembrie 1895 nu a adoptat rezoluții privind unitățile de măsură.

A treia CGPM, s-a desfășurat între 15 – 22 octombrie 1901 și a adoptat două rezoluții principale referitoare la diferența dintre masă și greutate și, respectiv, definiția unității de măsură de volum - *litrul* [l] (volumul unui kilogram de apă pură la densitate maximă și presiune standard).

Următoarele trei conferințe generale s-au desfășurat cu mici variații în luna octombrie a anilor 1907, 1913 și 1921, fără a fi consemnate rezoluții relevante.

Cea de-a șaptea CGPM, a avut loc în 27.09 – 06.10.1927 și a adoptat o singură rezoluție prin care se re-definea unitatea de măsură de lungime pornind tot de la prototipul din 1889, dar îmbunătățind metoda de măsurare.

După cea de-a opta conferință, organizată în 3 – 10 octombrie 1933, la care s-au adoptat 15 rezoluții, multe cu caracter organizatoric, a urmat o pauză de 15 ani datorată evenimentelor ante și postbelice.

Cea de-a noua CGPM, desfășurată în 12 – 21 octombrie 1948 a adoptat zece rezoluții de mare importanță referitoare la definiția unității de măsură a temperaturii și a punctului triplu al apei precum și un pachet de reguli de scriere a unităților de măsură, simbolurilor și valorilor numerice.

Cea de-a zecea CGPM, convocată în 5 – 14 octombrie 1954 a reprezentat un jalon important în istoria Sistemului Internațional de Unități (SI) prin rezoluția referitoare la unitățile de măsură care compuneau sistemul metric (metrul, kilogramul, secunda, amperul, kelvinul și, respectiv, candela), succesorul sistemului MKSA care, la rândul său, înlocuise sistemul MKS. De asemenea, conferința a adoptat rezoluțiile prin care se definea mai exact scara absolută de temperatură precum și valoarea presiunii atmosferice. În total, au fost adoptate șase rezoluții.

A unsprezecea Conferință Generală pentru Măsură și Greutăți, desfășurată în 11 – 20 octombrie 1960 a reprezentat un moment definitoriu în

dezvoltarea științei și practicii măsurării. Cu această ocazie au fost discutate 16 rezoluții referitoare atât la activitatea BIPM cât și la dezvoltarea SI. A 11-a CGPM rămâne un reper prin adoptarea rezoluțiilor referitoare la redefinirea unității de lungime, *metru* [m], pornind de la fenomene fizice și nu de la artefactul din 1889, la definirea unității de măsură de timp, *secunda* [s], precum și la denumirea Sistemului Internațional de Unități (SI) pentru sistemul metric în vigoare în acel moment. Suplimentar celor șase unități de măsură fundamentale ale SI, cu acea ocazie se adoptau și cele două unități de măsură suplimentare, *radianul* [rad] și *steradianul* [sr]. România a fost a șaptea țară din lume care a adoptat SI, în august 1961, declarându-l ca singurul sistem de unități legal și obligatoriu.

Cea de-a 12-a CGPM desfășurată în 6 – 13 octombrie 1964 a supus dezbaterii zece rezoluții, fiind astfel adoptate, printre altele și rezoluții referitoare la definiția unității de măsură de volum, *litrul* [l] și la introducerea de noi submultipli, *femto* [f] și *ato* [a].

Următoarea CGPM, a avut loc în 10 – 16 octombrie 1967 și a adoptat 12 rezoluții prin care se redefinea unitatea de timp precum și se anula vechile denumiri ale unităților de temperatură și candela.

Cea de-a 14 – a CGPM s-a desfășurat în 4 – 8 octombrie 1971 și a adoptat cinci rezoluții. Între acestea, trebuie evidențiată Rezoluția 3 prin care se adopta definiția celei de-a șaptea unitate fundamentală SI de cantitate de substanță, *molul* [mol]. Acest moment a marcat punctul de plecare pentru dezvoltarea unui nou domeniu extrem de dinamic – cel al metrologiei în chimie.

Cea de-a cincisprezecea conferință, organizată în 27.05 – 02.06.1975, a adoptat 11 rezoluții prin care a fost recomandată valoarea vitezei luminii în vid (Rezoluția 2), au fost adoptate unitățile de măsură *becquerel* [Bq] (Rezoluția 8) și *gray* [Gy] (Rezoluția 9) specifice domeniului radiațiilor ionizante și s-au adoptat prefixele *peta* [P] și *exa* [E] (Rezoluția 10).

În cea de-a 16 – a CGPM, desfășurată în 8 – 12 octombrie 1979, au fost supuse dezbaterii șapte rezoluții. Prin Rezoluția 4 s-a adoptat noua definiție a *candelei* [cd]. Altă rezoluție (5) introducea unitatea de măsură *sievert* [Sv] datorită utilizării sale în domeniul siguranței și sănătății și necesității realizării unei distincții față de unitatea de măsură gray. De asemenea, conferința a adoptat Rezoluția 6 prin care unitatea de măsură de volum, *litrul*, putea fi simbolizată atât prin [l] cât și [L].

Cea de-a șaptesprezecea conferință convocată în perioada 17 – 21 octombrie 1983 a adoptat doar patru rezoluții, între care una stabilea

valoarea numerică exactă a vitezei luminii în vid ($299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) și, prin aceasta, se redefiniește unitatea de măsură de lungime și cea de timp.

A 18-a CGPM a avut loc în 12 – 15 octombrie 1987. Cu acea ocazie au fost adoptate 9 rezoluții care vizau evoluțiile și necesitățile din domeniile de măsurare a masei, timpului și curentului continuu precum și aspecte organizatorice curente (finanțarea BIPM și contribuțiile individuale ale statelor membre și asociate).

În cea de-a 19-a CGPM, convocată în 30.09 – 03 octombrie 1991, au fost adoptate doar patru rezoluții referitoare la etaloanele de timp și comparările din domeniu, efectele Josephson și Hall cuantic, Scara Internațională de Temperatură, ITS-90 și perspectivele în domeniu. Prin rezoluția a patra se adoptau multiplii *zetta* [Z] și *yotta* [Y] și, respectiv, submultiplii *zepto* [z] și *yocta* [y].

A douăzecea conferință generală a avut loc în 9 – 13 octombrie 1995 și a adoptat 11 rezoluții. Între acestea, Rezoluția 8 elimină clasa unităților suplimentare și declară radianul și steradianul *unități de măsură derivate* având dimensiunea unu. O serie de alte patru rezoluții abordau aspecte de interes general privind: necesitatea utilizării unităților SI pentru studiul resurselor pământului, mediului și sănătății, trasabilitatea mondială a valorilor etaloanelor naționale, nevoia pe termen lung de cercetare metrologică și relația dintre organismele specifice metrologiei științifice și metrologiei legale.

Cea de-a 21-a CGPM s-a desfășurat în perioada 8 – 12.10.1999 și a adoptat 13 rezoluții cu impact asupra dezvoltării SI dar și a cooperării organizațiilor de metrologie și a extinderii domeniilor abordate spre chimie, biotehnologie, nanometrologie. Astfel, cu această ocazie, unitatea de măsură derivată a activității catalitice, *katal*, simbol [kat] a fost adoptată. De asemenea, a fost aprobat Raportul [5] privind nevoile ulterioare ale metrologiei și ale colaborării în domeniu precum și rolul special pe care trebuie și poate să-l joace BIPM pentru satisfacerea acestor necesități. Din perspectiva efortului general de recunoaștere reciprocă a serviciilor oferite, în cadrul acestei conferințe a fost adoptat Aranjamentul de Recunoaștere Reciprocă a etaloanelor naționale și a certificatelor de etalonare și buletinelor de măsurare emise de INM – uri,

În cea de-a 22 – a CGPM, desfășurată în 13 – 17 octombrie 2003, au fost adoptate 12 rezoluții. Între acestea, în afara celor referitoare la revizuirea punerii în practică a metrului și la simbolul pentru marcatorul decimal, ar trebui amintite și cele referitoare la metrologie și comerț, coordonarea

inițiativelor de susținere a implementării metrologiei, acreditării și standardizării în țările și economiile în dezvoltare, valoarea și beneficiile Convenției Metrului, importanța CIPM MRA, relația dintre institutele naționale de metrologie și organismele naționale de acreditare, având în vedere aspectele de globalizare amintite.

3. REZOLUȚIILE ADOPTATE DE CEA DE-A 23-A CONFERINȚĂ GENERALĂ PENTRU MĂSURI ȘI GREUTĂȚI

Cea de-a 23-a Conferință Generală pentru Măsuri și Greutăți s-a desfășurat în perioada 12 – 16 noiembrie 2007 la Paris, beneficiind de participarea reprezentanților celor 51 state membre ale Convenției Metrului, inclusiv a României, precum și a celor 22 asociați ai acestei Convenții.

Cu această ocazie au fost dezbătute și, în final adoptate 12 rezoluții. Dintre acestea, pot fi evidențiate Rezoluțiile I, J, K și L care vor avea un impact deosebit asupra evoluției ulterioare a metrologiei științifice.

Astfel, **Rezoluția I** s-a referit la revizuirea punerii în practică a definiției metrului și la dezvoltarea noilor etaloane de frecvență optică. Plecând de următoarele premise:

- au fost obținute îmbunătățiri importante și rapide ale performanțelor etaloanelor de frecvență optică;
- tehnicile tip comb femptosecundă sunt utilizate în mod curent în prezent pentru corelarea radiațiilor optice și microunde într-o singură locație;
- INM – urile sunt angajate în compararea tehnicilor pentru etaloane de frecvență optică pe distanțe scurte;
- tehnicile de comparare bazate pe telecomandă trebuie să se dezvolte la nivel internațional astfel încât să se poată compara etaloanele de frecvență optică.

Cea de-a 23-a Conferință Generală a salutat activitățile Grupului Reunit de Lucru al Comitetului Consultativ pentru Lungime și al Comitetului Consultativ pentru Timp și Frecvență privind revizuirea frecvențelor reprezentărilor optice ale secunde, introducerea la punerea în practică a definiției metrului și la lista de radiații recomandate de Comitetul Internațional în anii 2002, 2003, 2005 și 2006 și, respectiv, inițiativa luată de BIPM pentru a ridica problema comparării etaloanelor de frecvență optică. Ca urmare, Rezoluția recomandă INM-urile să-și angajeze resurse pentru dezvoltarea etaloanelor de frecvență și pentru compararea acestora, iar BIPM – ului să acționeze în direcția

coordonării unui proiect internațional, cu participarea INM-urilor, orientat spre studiul tehnicilor care ar putea servi la compararea etaloanelor de frecvență optică.

Rezoluția J se referă la o serie de clarificări privind definiția *kelvinului* [K] – unitatea de măsură de temperatură termodinamică. Plecând de la faptul că această unitate este definită ca fracția $1/273,16$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei, care depinde de cantitatea de substanță relativă de izotopi de hidrogen și de oxigen prezenți în eșantionul de apă utilizat, compoziția izotopică a fost identificată ca una din principalele surse de variabilitate între diferitele realizări ale punctului triplu al apei. Cea de-a 23-a Conferință Generală a luat notă și a salutat decizia CIPM din Octombrie 2005, la sfatul Comitetului Consultativ pentru Termometrie conform căreia definiția kelvinului se referă la apă care are o anumită compoziție izotopică (rapoarte de cantitate de substanță), iar această compoziție trebuie să fie:

0,000 155 76 mol ^2H per mol de ^1H

0,000 379 9 mol ^{17}O per mol de ^{16}O

0,002 005 2 mol ^{18}O per mol de ^{16}O

Compoziția recomandată reprezintă compoziția Materialului de Referință de Apă Oceanică Medie Etalon de la Viena (VSMOW) al Agenției Internaționale pentru Energie Atomică, recomandat de Uniunea Internațională de Chimie Pură și Aplicată în „Mase Atomice ale Elementelor: Revizia 2000”.

Ca urmare, prin Rezoluția J se aproba declararea compoziție izotopice într-o notă atașată definiției kelvinului din Broșura SI.

Rezoluția K se referă la importanța măsurărilor trasabile SI pentru monitorizarea schimbării climei. Încă din anul 1999, CGPM a subliniat necesitatea utilizării unităților de măsură SI în studiile resurselor planetei, a mediului și a calității vieții (Rezoluția 4). În prezent se constată o expansiune a inițiativelor internaționale și naționale de abordare a provocărilor și implicațiilor schimbării climatice pentru lume, aranjamente de cooperare dintre CIPM și WMO, creșterea, în importanță, a măsurărilor de radiație optică și a altor mărimi fizico-chimice din aer, de la nivelul solului cât și din apa oceanică, care susțin cercetarea pentru a înțelege cauzele și impactul schimbării climei precum și impactul fundamentării corecte pe termen lung a măsurărilor care se leagă de schimbările climei la referințe stabile ale Sistemului Internațional de Unități (SI). În acest context, cea de-a 23-a Conferință Generală a salutat propunerea conferinței internaționale BIPM/WMO de a aborda rolul important crescut al

metrologiei în studiile privind schimbarea climei și a recomandat organismelor relevante să întreprindă pașii necesari pentru a asigura că toate măsurările folosite pentru a face observații care ar putea fi folosite pentru studii climatice sunt efectuate complet trasabil la unități SI. De asemenea, CGPM a recomandat organismelor finanțatoare corespunzătoare să susțină dezvoltarea de tehnici care pot face posibil un set de etaloane radiometrice trasabile SI și instrumente care să permită să se stabilească asemenea trasabilitate în măsurările terestre și spațiale.

Rezoluția L s-a referit la posibila re-definire a anumitor unități de măsură fundamentale ale SI.

De mulți ani INM – urile și BIPM au făcut eforturi considerabile pentru avansarea și îmbunătățirea Sistemului Internațional prin extinderea frontierelor metrologiei, astfel încât unitățile fundamentale SI să poată fi definite în termeni care nu variază de natură – constante fizice fundamentale. În prezent, din cele șapte unități de măsură SI, doar *kilogramul* este încă definit în termeni de artefact material – prototipul internațional al kilogramului (în conformitate cu prevederile Rezoluțiilor celei de-a 2-a CGPM, 1889, a 3-a CGPM, 1901). Definițiile *amperului*, *molului* și *candelei*, la rândul lor, depind de kilogram. Rezoluția 7 a celei de-a 21-a Conferințe Generale (1999) recomanda „laboratoarelor naționale să-și continue eforturile lor să rafineze experimentele care leagă unitatea de masă la constante fundamentale sau atomice din perspectiva unei viitoare redefiniri a kilogramului. De atunci, s-au raportat numeroase avansări în experimentele care leagă masa prototipului internațional de constanta lui Plank, h , sau de constanta lui Avogadro, N_A . În paralel, s-au manifestat inițiative de a determina valoarea unui număr de constante fundamentale relevante, inclusiv a constantei lui Boltzman, k_B . Prin urmare, Rezoluția L recunoștea impactul economic rezultat în urma re-definirii kilogramului, amperului, kelvinului și molului și, având în vedere decizia CIPM din 2005 pentru a aproba, în principiu, pregătirea noile definiții recomandă ca INM-urile și BIPM:

– să continue experimentele relevante astfel încât CIPM să poată veni cu o viziune în legătură cu posibilitatea redefinirii kilogramului, amperului, kelvinului și molului folosind valorile fixe ale constantelor fundamentale până la cea de-a 24-a Conferință Generală (2011);

– împreună cu CIPM și Comitetele sale Consultative și grupele de lucru corespunzătoare, trebuie să lucreze în direcția modalităților practice

de realizare a oricăror noi definiții bazate pe valorile fixe ale constantelor fundamentale, să prepare o punere în practică pentru fiecare dintre ele și să considere cea mai adecvată modalitate de explicare a noilor definiții utilizatorilor;

– să inițieze campanii de informare pentru a alerta comunitățile utilizatorilor privind posibilitatea redefinirilor și că trebuie discutate și considerate cu atenție implicațiile tehnice și legislative a acestor redefiniri precum și realizările lor practice.

La cea de-a 24-a Conferință Generală se așteaptă propunerea formală pentru schimbarea definițiilor kilogramului, amperului, kelvinului și molului.

4. PRINCIPALELE EVOLUȚII ALE METROLOGIEI ȘTIINȚIFICE

O componentă esențială și indispensabilă a oricărui sistem de măsurare național este institutul național de metrologie (INM). Măsura în care un INM poate asigura echivalența reciprocă a etaloanelor naționale de măsurare și a capabilităților de etalonare în limite de incertitudine cunoscute reprezintă un factor determinant care influențează abilitatea unei țări de a se angaja în schimburile internaționale.

La nivel regional, INM-urile colaborează prin intermediul Organizațiilor Regionale de Metrologie (RMO). În Europa, organizația regională de metrologie este asociația EURAMET e.V., care, la începutul lunii octombrie 2007, avea 32 INM-uri Europene ca membrii plini și Institutul Uniunii Europene de Măsurări și Materiale de Referință ca membru asociat.

Pentru cele mai dezvoltate state ale UE, raportul beneficiu/cost aferent investiției în tehnici avansate de măsurare este sintetizat în tabelul 1 [7].

Tabelul 1. Raportul beneficiu/cost aferent investiției în tehnici avansate de măsurare în Uniunea Europeană

	Procentul din PIB alocat cheltuieli- lor specifice tehnichilor de mă- surare avansate	Procentul din PIB generat în urma aplicării tehnichilor de măsurare avansate	Raportul beneficiu / cost
Uniunea Europeană	1,0	2,7	2,7
Danemarca	0,9	1,2	1,3
Franța	0,9	2,0	2,1
Germania	1,2	4,7	3,9
Italia	0,7	1,0	1,5
Olanda	0,8	2,8	3,6
Marea Britanie	1,2	2,3	1,9

Prin urmare, sute de milioane de euro sunt investiți anual în Uniunea Europeană pentru dezvoltarea științei și tehnicii măsurării printr-un efort comun susținut de sectorul privat și de cel public (guvernamental). Având în vedere necesități identificate [5] precum și evoluțiile europene și internaționale [6] tendințele de dezvoltare pe termen mediu și lung ale metrologiei științifice și industriale privesc:

– consolidarea unui sistem de măsurare global (în contextul rezultatelor iMERA);

– redefinirea unităților de măsură fundamentale pe baza valorilor constantelor universale (unitatea fundamentală de masă, de cantitate de substanță, de temperatură termodinamică și de intensitate de curent);

– recunoașterea reciprocă a etaloanelor naționale și a rezultatelor măsurărilor;

– extinderea implementării sistemului de management al calității conform cerințelor standardului EN ISO/CEI 17025 în laboratoarele de etalonare și în institutele naționale de metrologie (în special în domeniile de etalonare care nu sunt acoperite de CMC-uri)

Prin urmare, evoluțiile majore ale metrologiei științifice ținesc:

– dezvoltarea domeniilor de graniță și interdisciplinaritatea (metrologia medicală, metrologia în chimie, biotehnologie, biologie etc.);

– coexistarea atât a unui mediu concurențial cât și a unui de cooperare și conlucrare mai accentuat între institutele naționale de metrologie europene;

– stabilirea de strategii de dezvoltare pe termen lung la nivelul CIPM, prin elaborarea foilor de parcurs (roadmaps);

– creșterea responsabilităților producătorilor în asigurarea conformității produselor;

– extinderea desemnării laboratoarelor de metrologie;

– creșterea rolului laboratoarelor de metrologie din industrie;

– accentuarea rolului de vector al INM-urilor pentru transferul de know-kow spre utilizatorii finali ai rezultatelor măsurărilor.

5. CONCLUZII

În prezent este larg recunoscut faptul că măsurarea joacă un rol de bază în fiecare domeniu de activitate economică și socială. Această afirmație este susținută și de cele mai recente rapoarte guvernamentale care arată că un procent cuprins între 4 și 6 % din Produsul Intern Brut al celor mai dezvoltate state ale lumii este destinat cheltuielilor specifice proceselor de măsurare. La nivelul

Uniunii Europene, în medie, 1 % din PIB a fost investit doar în tehnicile de măsurare, iar beneficiile acestor investiții au reprezentat circa 2,7 % din PIB.

Prin înscrierea României pe coordonatele dezvoltării durabile, constituită în opțiune strategică globală, metrologia științifică are de făcut față provocărilor generale legate de:

- noile domenii prioritare de dezvoltare identificate de BIPM și EMRP (în fizică și inginerie, nanometrologie, chimie, pentru diagnostic și tratament medical, siguranța alimentară, în domeniile specifice calității vieții, monitorizarea poluării mediului și a schimbărilor climatice, aplicarea legii precum și în biotehnologie și biologie);

- lansarea de programe de cercetare științifică europene (ERA NET Plus și EMRP) de foarte mare complexitate și tehnicitate;

- noua poziție a României în Europa care impune alinierea în ritm foarte rapid a etaloanelor naționale și de referință deținute de institutele de metrologie ale țărilor nou aderate la performanțele institutelor naționale de metrologie cu tradiție.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ghid EURAMET nr. 10: „EURAMET și operarea INM-urilor”, 2008.
- [2] **R. Kaarls**, Societatea și metrologia. Necesități, cerințe, dezvoltări și acorduri, *Metrologie*, 2003.

- [3] **N. Ilieșiu**, 100 de ani de la adoptarea Convenției Metrului, *Metrologia aplicată*, (1975) nr. 2, pg.55 – 60.

- [4] Bureau International des Poids et Mesures, *The International System of Units (SI)*, 8th edition, 2006.

- [5] Bureau International des Poids et Mesures, *Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM*; A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Metre Convention; April 2003.

- [6] * * * *Planning the European Research Area in metrology, Final report*, 2004.

- [7] **Fuente, Williams, Geoffrey, ș.a.** (2002), *The assessment of the economic role of measurements and testing in modern society. European Measurement Project. Final Report*, Pembroke College: Oxford July 2002.

Revizia științifică a articolului:

Costin CEPIȘCĂ, profesor universitar doctor inginer, Universitatea POLITEHNICA din București. E-mail: costin@electro.masuri.pub.ro

Despre autori:

Fănel IACOBESCU, profesor universitar, doctor inginer, Director al Biroului Român de Metrologie Legală. E-mail: office@brml.ro.

Mirella BUZOIANU, doctor inginer, cercetător științific principal I, Director științific al Institutului Național de Metrologie. E-mail: mirella.buzoianu@inm.ro.