

Rola NMI w zachowaniu spójności pomiarowej

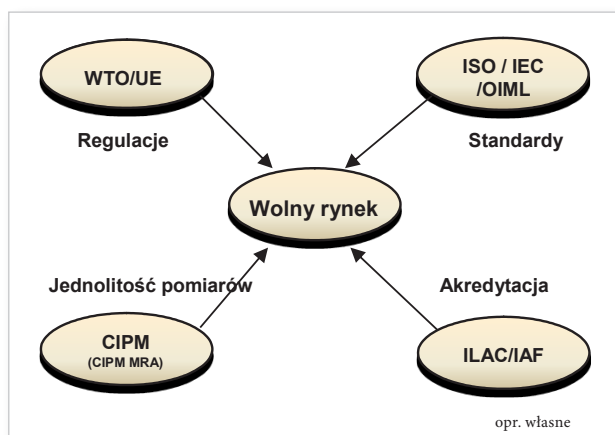
Jan Landowski (Biuro Rozwiązań Systemowych, GUM)

W artykule przedstawiono rolę krajowego instytutu metrologicznego w zapewnieniu jednolitości miar i zachowaniu spójności pomiarowej pomiarów wykonywanych przyrządami użytkowymi z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI).

Wprowadzenie

Wzrastająca globalizacja produkcji przemysłowej, usług, handlu i turystyki wymaga usuwania barier technicznych i prawnych. Państwa, które chcą konkurować na wolnym rynku muszą wytwarzać produkty o wysokiej, powszechnie uznawanej jakości zgodnie z regułą „World-wide product acceptance” w ramach której obowiązują zasady:

- ❖ one product – one world-wide technical regulation;
- ❖ one product – one world-wide written standard;
- ❖ one product – one world-wide accreditation;
- ❖ one product – one world-wide test or measurement.



Metrologia jako dziedzina interdyscyplinarna i pomocnicza odgrywa ważną rolę we wszystkich czterech obszarach. Główny jednak ciężar działalności metrologicznej skupiony jest na zapewnieniu jednolitości/porównywalności pomiarów poprzez wypracowanie dobrych praktyk metrologicznych spełniających zasadę „one world-wide test or measurement”.

Fundamentem porównywalności pomiarów wykonywanych niezależnie od siebie, jest przede wszystkim stosowanie tych samych jednostek miar do określania war-

tości danej wielkości. Na przestrzeni ostatnich stuleci, od przyjęcia Konwencji Metrycznej w 1875 roku, podstawą jednolitości miar jest dość powszechnie stosowanie jednostek Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI). Wspólne miary to warunek podstawowy, ale niestety niewystarczający. Praktyka metrologiczna pokazuje, że samo ustanowienie wspólnych, jednolitych jednostek miar nie gwarantuje jednolitości pomiarów. Potrzebna jest jeszcze umiejętność realizowania poszczególnych jednostek miar i wykonywania pomiarów z odpowiednią dokładnością. Temu celowi służy realizacja postanowień kolejnego, podpisanego w 1999 roku, porozumienia międzynarodowego CIPM MRA „Wzajemne uznawanie państwowych wzorców jednostek miar oraz świadectw wzorcowania i świadectw pomiarów wydawanych przez Krajowe Instytucje Metrologiczne” [3]. Po latach przygotowań i dyskusji przyjęto zasady, które zostały zaakceptowane jako podstawy do budowy wzajemnego zaufania do wyników pomiarów wykonywanych przez krajowe instytuty metrologiczne (National Metrology Institute – NMI). A poprzez oddziaływanie tych instytutów na pomiary niższego rzędu wykonywane w kraju, także na zaufanie i do tych pomiarów.

National Metrology Institute

Krajowy system metrologiczny i powiązania międzynarodowe

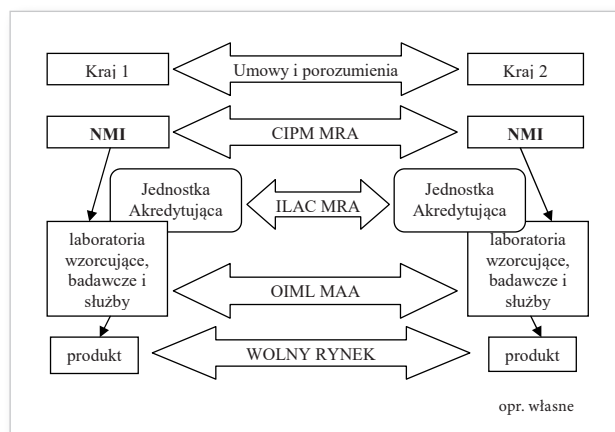
Pierwszym poziomem zapewnienia spójności pomiarów jest współpraca międzynarodowa realizowana przez podmioty krajowych systemów metrologicznych (National Metrology System – NMS). NMS można w pewnym uproszczeniu zdefiniować jako szereg powiązanych ze sobą ról, realizowanych przez różne podmioty, w celu utrzymania i rozwijania infrastruktury technicznej pozwalającej na uzyskanie dokładnych i wiarygodnych pomiarów, odpowiednich dla potrzeb kraju i akceptowanych także poza jego granicami.

NMS obejmuje następujące obszary odpowiedzialności:

- stanowienie prawa, w tym implementacja porozumień międzynarodowych,
- badania podstawowe i prace badawcze,
- utrzymywanie źródeł spójności pomiarowej i rozpowszechnianie jednostek miar,
- ciągły rozwój technik pomiarowych,
- transfer wiedzy,
- normalizację,
- akredytację,
- metrologię prawną,
- wzorcowania, badania i pomiary.

Podstawowym i niezbędnym elementem każdego krajowego systemu metrologicznego jest krajowy instytut metrologiczny, który jako jedyna instytucja w kraju ma do spełnienia określoną rolę we wszystkich wymienionych powyżej obszarach.

Spółeczność międzynarodowa, dla zapewnienia jednolitości miar na świecie, podejmuje szereg działań wiążących ze sobą krajowe systemy metrologiczne. Istotną część z tych działań obrazuje poniższy schemat:



Przedstawione na schemacie porozumienia stanowią fundamenty zapewnienia spójności pomiarów wykonywanych w kraju z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI). Właściwa ich realizacja jest w dużej mierze możliwa dzięki prawidłowo określonym i skutecznie realizowanym zadaniom krajowych NMI.

Zadania NMI

W każdym kraju szczegółowe zadania NMI są definiowane indywidualnie w ramach wewnętrznych rozwiązań prawno-organizacyjnych [1]. Wielkość, struktura i organizacja NMI, zakres zadań, forma prawna instytucji, rola w państwie i szereg innych czynników determinujących NMI ustanawiane są dla jak najlepszej realizacji

celu podstawowego, którym jest utrzymanie postępu i wysokiego poziomu metrologii z pożytkiem dla społeczeństwa. Właściwie określone i realizowane zadania NMI są jednym z narzędzi państwa nadzoru rynku wewnętrznego i wspierania konkurencyjności produktów krajowych w wolnym handlu. Zwykle osiąga się to poprzez działania naukowe i techniczne w ramach:

- metrologii naukowej,
- metrologii przemysłowej,
- metrologii prawnej,
- współpracy międzynarodowej,
- doradztwa,
- transferu wiedzy,
- transferu technologii.

Utrzymanie wysokiego poziomu merytorycznego NMI w wymienionych obszarach wymaga zaangażowania w szeroki zakres działań:

- utrzymanie i rozwój wzorców pomiarowych powiązanych z międzynarodowym systemem miar SI [4];
- przekazywanie jednostek SI, w drodze wzorcowań, do akredytowanych laboratoriów wzorcowych i badawczych oraz do innych użytkowników w kraju i poza nim [6];
- zapewnienie spójności pomiarowej w metrologii prawnej;
- wpływanie na zachowanie spójności systemu metrologicznego w kraju [5];
- potwierdzanie biegłości w porównaniach międzynarodowych kluczowych i uzupełniających w ramach CIPM MRA:
- utrzymanie systemu zarządzania zgodnego z wymogami CIPM MRA (w Euramet: EN ISO / IEC 17025).

Ponadto wiele NMI także:

- wskazuje i nadzoruje instytucje desygnowane DI;
- współpracuje z innymi NMI, reprezentuje kraj w regionalnych i międzynarodowych organizacjach metrologicznych;
- współpracuje z krajową instytucją akredytującą;
- organizuje krajowe porównania międzylaboratoryjne;
- doskonali metody pomiarowe w celu zwiększania wydajności, niezawodności i dokładności pomiaru;
- wytwarza certyfikowane materiały odniesienia;
- wspiera przemysł w sprawach związanych z pomiarem, materiałami odniesienia, wzorcowaniami i metodami zachowania spójności pomiarowej;
- współpracuje w normalizacji;
- zapewnia szkolenia i konsultacje dla klientów;
- promuje współpracę w NMS i udostępnia swoją wiedzę.

Niektóre NMI również:

- przyczyniają się do wzrostu wiedzy naukowej i innowacji technologicznych poprzez projekty badawcze i rozwojowe;
- opracowują dokładne i rzetelne metody pomiarowe;
- uczestniczą w badaniach podstawowych nad stałymi fizycznymi w celu doskonalenia definicji jednostek miar;
- dokonują przeglądów kompetencji technicznych i systemów jakości w innych NMI w ramach wizyt wzajemnych peer-review;
- aktywnie wspierają światową standaryzację metrologii i usuwanie barier technicznych w handlu.

Suma kompetencji wynikających z realizacji powyższych zadań daje podstawy wysokiemu poziomowi dokładności i spójności pomiarów w kraju i tym samym wspiera konkurencyjność na wolnym rynku, daje także podstawy bezpieczeństwa i uczciwości w tych sferach życia publicznego, gdzie pomiar odgrywa ważną rolę oraz generuje impulsy innowacyjne dla gospodarki.

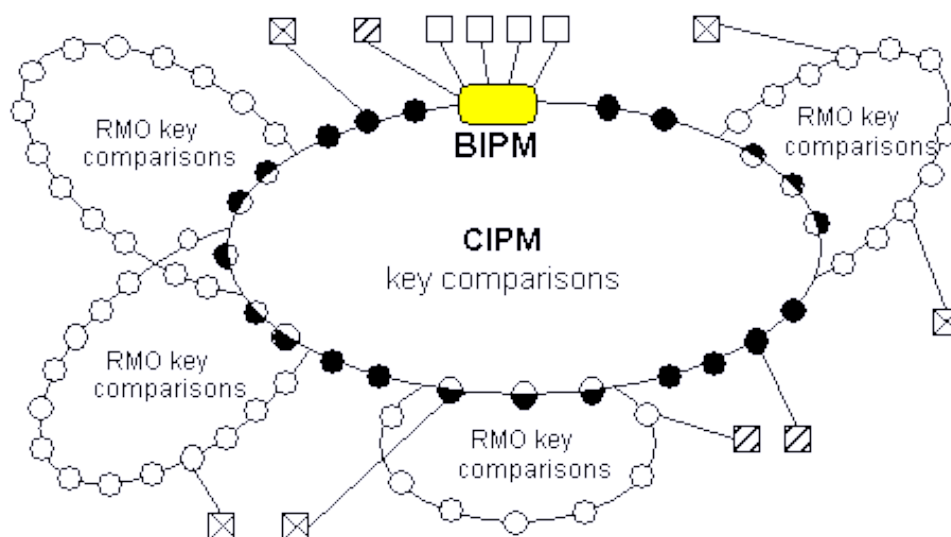
Państwowe wzorce pomiarowe

Na NMI spoczywa główna odpowiedzialność za realizację krajowej polityki w zakresie utrzymywania na najwyższym poziomie metrologicznym źródeł spójno-

ści pomiarowej (państwowych wzorców pomiarowych) powiązanych z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI) lub, jeżeli nie jest to możliwe, innych wzorców odniesienia dla pomiarów wykonywanych w kraju. NMI pełni rolę wierzchołka piramidy spójności pomiarowej. Kilka, kilkanaście tysięcy wzorcowań wykonanych w NMI jest początkiem łańcucha spójności pomiarowej dla milionów pomiarów wykonywanych w prawie wszystkich dziedzinach życia. Zapewnienie spójności pomiarowej od wzorców państwowych powiązanych z systemem międzynarodowym do poszczególnych przyrządów pomiarowych wspiera standardy jakości każdego przemysłu i daje przewagę konkurencyjną. Większość z prac w tym zakresie jest realizowana przez NMI w ramach porozumienia CIPM MRA i dokumentowana (np.: raporty z porównań międzynarodowych i tabele CMC) w bazie danych KCDB (The BIPM Key Comparison Database) prowadzonej przez Międzynarodowe Biuro Miar w Paryżu (<http://kcdb.bipm.org/>). W wielu krajach godne zaufania źródła spójności pomiarowej dla pomiarów wykonywanych w kraju poza NMI utrzymywane są także w wyznaczonych instytutach (Designated Institute – DI), działających w swoich dziedzinach pomiarowych na tym samym poziomie jak NMI [2].

W Polsce rolę tę pełnią **Główny Urząd Miar jako NMI** i dwa instytuty desygnowane: Narodowe Centrum

Schemat organizacji porównań kluczowych państwowych wzorców odniesienia



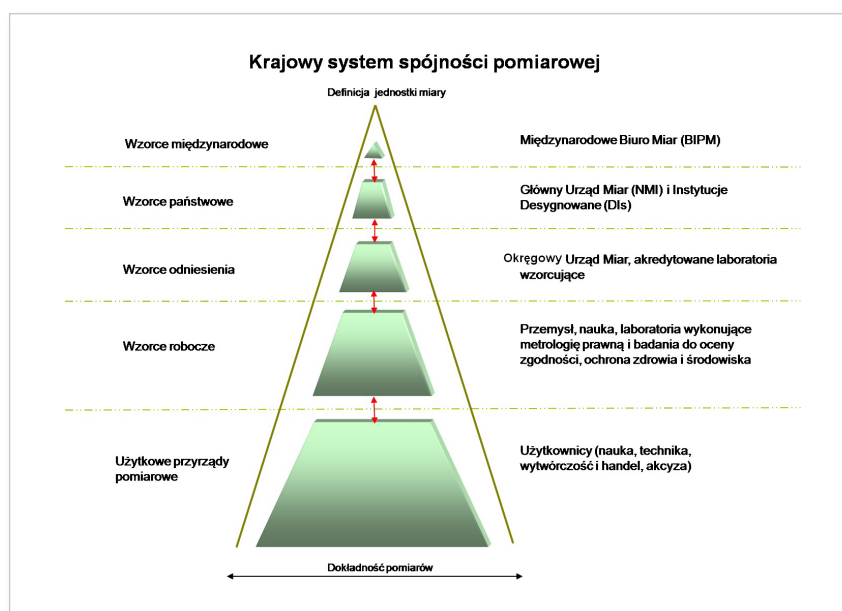
- NMI uczestnicy porównań kluczowych CIPM
- NMI uczestniczący w porównaniach kluczowych organizowanych przez komitety doradcze CIPM i RMO
- NMI uczestniczący w porównaniach kluczowych RMO
- NMI uczestniczący w ciągłych porównaniach kluczowych BIPM
- ⊗ NMI uczestniczący w dwustronnych porównaniach kluczowych
- ⊠ Organizacje międzynarodowe – sygnatariusze MRA

Badań Jądrowych – Ośrodek Radioizotopów POLATOM i Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych INTiBS. Główny Urząd Miar nie jest instytucją naukową, więc w odniesieniu do tej instytucji używa się określenia „krajowa instytucja metrologiczna”. DI odgrywają kluczową rolę w uzupełnianiu działalności NMI wnosząc doświadczenie w obszarach metrologicznych nie objętych przez NMI, często w nietypowych dziedzinach metrologii. W ten sposób efektywniej wykorzystywane są dostępne środki krajowe dla realizacji potrzeb społecznych, gospodarczych i naukowych państwa. Łącznie NMI i DI zapewniają krajowym podmiotom dostęp zarówno do państwowych wzorców pomiarowych, jak i do wiedzy metrologicznej poprzez przekazywanie własnych doświadczeń, wysoki poziom realizowanych usług, szkolenia i inne formy współpracy.

Zgodnie z przewodnikiem PKN-ISO/IEC Guide 99-2010 *Międzynarodowy Słownik Metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane (VIM)* [4], państwowymi wzorcami pomiarowymi są wzorce uznane przez organ państwowy do stosowania w państwie lub gospodarce jako podstawa do przyporządkowania wartości wielkości innym wzorcem pomiarowym danego rodzaju wielkości. Polityka państwa określa, które państwowe wzorce pomiarowe powinny być wzorcami pomiarowymi pierwotnymi, realizującymi podstawowe definicje jednostek SI, a które mogą być wzorcami pomiarowymi wtórnymi, dla których źródłem spójności pomiarowej (realizowanej poprzez wzorcowanie) są międzynarodowe wzorce pomiarowe lub państwowe wzorce pomiarowe pierwotne innych krajów. Porozumienie CIPM MRA bardzo precyzyjnie określa zasady wzajemnego uznawania tych wzorców. Elementem absolutnie podstawowym jest udział wzorców państwowych przechowywanych w NMI lub DI w międzynarodowych porównaniach kluczowych organizowanych przez Międzynarodowe Biuro Miar lub regionalną organizację metrologiczną.

Krajowy system spójności pomiarowej

Wszystkie państwowe wzorce odniesienia, które brały udział w porównaniach kluczowych, zgodnie z definicją są podstawą do przyporządkowania wartości wielkości



innym wzorcem pomiarowym danego rodzaju wielkości. Udział z pozytywnym skutkiem w porównaniach kluczowych i w porównaniach uzupełniających dla wzorcowań niższego rzędu jest podstawą międzynarodowego uznania wzorcowań wykonywanych przez NMI i DI w ramach porozumienia CIPM MRA. Wykazy potwierdzonych w ten sposób zdolności pomiarowych zawierają tabele CMC wspomnianej wcześniej bazy danych KCDB. Świadectwa wzorcowania realizowanego w ramach tego porozumienia są opatrzone przez NMI i DI logo porozumienia CIPM MRA. Zakres wzorcowań oferowanych przez NMI lub DI często wykracza poza zakresy tabel CMC przyjęte przez poszczególne Komitety Doradcze CIPM. Są to najczęściej usługi niższego rzędu, dla których nie przewiduje się wpisów CMC. Przyjmuje się więc najczęściej, że NMI/DI są w stanie także i te usługi realizować z zachowaniem najwyższych standardów metrologicznych [5]. Możliwa jest także akredytacja tego typu usług.

Państwa, których NMI przystąpiły do porozumienia CIPM MRA, utrzymują źródła spójności pomiarowej oraz opierają swoje wewnętrzne systemy zachowania spójności pomiarowej na mechanizmach tego porozumienia. Są to systemy z oczywistych względów do siebie podobne.

Świadectwo NMI

Drugim poziomem zachowania spójności pomiarowej jest przekazywanie wartości jednostek miar od państwowych wzorców pomiarowych do laboratoriów niższego rzędu. Jedynie na świadectwach wydawanych przez

NMI może być umieszczone logo porozumienia CIPM MRA, które wskazuje na zachowanie spójności pomiarowej z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI) dla wielkości i zakresów pomiarowych opublikowanych w tabeli CMCs KCDB. Są to świadectwa uznawane we wszystkich krajach sygnatariuszach porozumienia. Dopuszcza się stosowanie logo CIPM MRA w przypadku świadectw zawierających wielkości mierzone albo zakresy pomiarowe wykraczające poza zakres opublikowany w tabeli CMCs laboratorium w ramach porozumienia CIPM MRA pod warunkiem, że wyniki powiązane z CMCs stanowią co najmniej 80 % wszystkich zamieszczonych na świadectwie wyników. Jeżeli w świadectwie z logo CIPM MRA niektóre z podanych wielkości mierzonych albo zakresów pomiarowych nie są umieszczone w tabelach CMCs, są one oznaczone odwołaniem o treści: „poza zakresem Porozumienia CIPM MRA.”



W świadectwach GUM w odniesieniu do spójności pomiarowej podawana jest następująca informacja:

„Wyniki wzorcowania (nazwa przyrządu pomiarowego) zostały odniesione do (nazwa państwowego wzorca jednostki miary lub wzorca odniesienia: GUM albo innej NMI kraju, który jest sygnatariuszem EA MLA lub ILAC MRA) poprzez zastosowanie (identyfikacja zastosowanego wzorca jednostki miary)”.

Ponadto świadectwa GUM oprócz wyników wzorcowania zawierają także dodatkowe praktyczne wyjaśnienia opisujące zasady zachowania spójności pomiarów realizowanych w GUM.

Główny Urząd Miar (GUM) realizuje zadania wynikające z ustawy z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach (tekst jednolity: Dz. U. z 2004 r. Nr 243, poz. 2441 z późniejszymi zmianami). Jest instytucją najwyższej rangi w dziedzinie metrologii w Rzeczypospolitej Polskiej jako tzw. krajowa instytucja metrologiczna.

Podstawowym celem działalności Głównego Urzędu Miar jest zapewnienie wzajemnej zgodności i odpowiedniej dokładności wyników pomiarów przeprowadzanych w Polsce oraz ich powiązania z międzynarodowym systemem miar.

Główny Urząd Miar, jako krajowa instytucja metrologiczna jest źródłem, od którego akredytowane laboratoria wzorcujące wywodzą swoją spójność pomiarową. Nadrzędna rola krajowej instytucji metrologicznej potwierdzona jest w międzynarodowym dokumencie ILAC-P10:2002 „Polityka ILAC dotycząca spójności pomiarowej wyników pomiarów” oraz w dokumencie DA-06 wydanym przez Polskie Centrum Akredytacji pt. „Polityka PCA dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej”

Laboratoria GUM biorą udział w porównaniach wzorców z laboratoriami krajowych instytucji metrologicznych w innych krajach w Europie i na świecie.

Laboratoria wzorcujące GUM mają wdrożony system jakości zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”.

GUM jest sygnatariuszem międzynarodowego „Porozumienia o wzajemnym uznawaniu państwowych wzorców jednostek miar oraz świadectw wzorcowania i świadectw pomiarów wydawanych przez krajowe instytucje metrologiczne”, zawartego pod auspicjami Międzynarodowego Komitetu Miar (tzw. CIPM MRA).

Dane odnośnie zdolności w zakresie wzorcowania i pomiarów (CMCs) są zawarte w Dodatku C do CIPM MRA. Niniejsze świadectwo spełnia wymagania CIPM MRA, w szczególności zapisów w Dodatku C. W ramach CIPM MRA wszystkie uczestniczące instytucje uznają ważność świadectw wzorcowania i świadectw pomiaru wystawianych przez innych sygnatariuszy, w odniesieniu do wielkości, zakresów i niepewności pomiarów wymienionych w Dodatku C (szczegóły patrz: www.bipm.org).

Wymagania Jednostki Akredytującej

Ostatnim już poziomem zachowania spójności pomiarowej z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI) przed wykonaniem bezpośredniego pomiaru jest wzorcowanie tego przyrządu w laboratorium akredytowanym. We wszystkich dokumentach Polskiego Centrum Akredytacji zawierających wymagania akredytacyjne znajduje się odwołanie do dokumentu DA-06 Polityka dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej. Dokument ten charakteryzuje spójność pomiarową poprzez: **zachowanie nieprzerwanego łańcucha porównań do międzynaro-**

dowego lub państwowego wzorca pomiarowego, udokumentowaną niepewność pomiaru, udokumentowaną procedurę pomiarową, kompetencje techniczne, **odniesienie do jednostek układu SI, wzorców pomiarowych odniesienia lub procedur pomiarowych zawierających jednostkę miary** oraz odstępy czasu między wzorcownikami/kalibracjami.

DA-06 potwierdza także, że wyposażenie pomiarowe stosowane do wzorcowań/kalibracji, pomiarów, badań i inspekcji, mające istotny wpływ na niepewność pomiaru związaną z wynikami tych działań, powinno być wzorcowane przez krajowe instytucje metrologiczne – NMI (National Metrology Institute), albo Instytuty Desygnowane – DI (Designated Institutes) będące depozytariuszami wzorców państwowych, będące sygnatariuszami porozumienia CIPM MRA, albo przez laboratoria wzorcujące akredytowane przez sygnatariuszy porozumień EA MLA lub ILAC MRA.

Świadectwa wzorcowania wydawane przez akredytowane laboratoria wzorcujące są dowodem zachowania spójności pomiarowej pod warunkiem, że zawierają symbol akredytacji, a wzorcowane przyrządy i parametry zawarte są w zakresie akredytacji. Świadectwa wzorcowania wydane przez NMI/DI, zawierające symbol Międzynarodowego Biura Miar – BIPM, są wystarczającym potwierdzeniem spójności pomiarowej. NMI/DI nie są zobowiązane do stosowania symbolu BIPM w wydawanych świadectwach wzorcowania. Wykaz NMI/DI – sygnatariuszy CIPM MRA przedstawiony jest w Załączniku C do bazy danych The BIPM Key Comparison Database (KCDB).

Materiały odniesienia zarejestrowane w bazie KCDB lub wyprodukowane przez akredytowany wg ISO/IEC 17025:2005 w połączeniu z ISO Guide 34:2000/2009 podmiot – producenta materiałów odniesienia, w ramach posiadanego zakresu akredytacji, uważa się za posiadające wystarczające potwierdzenie dla zapewnienia spójności pomiarowej w ramach metody badawczej.

Świadectwa wzorcowania wydane dla materiałów odniesienia przez akredytowane laboratoria wzorcujące, albo przez NMI/DI także stanowią dowód zapewnienia spójności pomiarowej.

PCA we wzorze świadectwa wzorcowania zawarło następującą zasadę:

Wyniki wzorcowania zostały odniesione do [państwowego / międzynarodowego wzorca pomiarowego (nazwa wielkości fizycznej) albo wzorca pomiarowego odniesienia] utrzymywanego w [podać nazwę NMI (np. GUM), DI (np. INTiBS, NCBJ POLATOM) lub nazwę jednostki organiza-

cyjnej i kraj (jeżeli inny niż Polska)] poprzez zastosowanie (identyfikacja wzorca pomiarowego zastosowanego przez laboratorium do wzorcowania).

Podsumowanie

Zachowanie jednolitości miar i spójności pomiarowej to podstawa zaufania do pomiarów i tym samym podstawa szeregu dalszych aktywności gospodarczych i publicznych. Utrzymanie nieprzerwanego łańcucha spójności pomiarowej wymaga harmonijnej współpracy wszystkich elementów krajowego systemu metrologicznego. Budowany na poziomie międzynarodowym system zaufania do pomiarów opiera się na otwartości i współpracy. Jedynie podążając podobną drogą można osiągnąć godny zaufania, wysoki poziom metrologiczny w kraju. Istotną rolę we wszystkich koniecznych działaniach odgrywa NMI. Dlatego NMI powinien mieć możliwości realizacji potrzeb klientów i być otwarty na ich oczekiwania. GUM w różnej formie współpracuje ze swoimi partnerami. Do klientów korzystających z usług GUM kieruje się stałą prośbą o uwagi i wskazówki do pracy GUM poprzez ankietę znajdującą się na stronie <http://www.gum.gov.pl/pl/dla-klienta/ankieta/>.

Literatura

- [1] EURAMET Guide nr 10 *EURAMET and the operation of NMIs*.
- [2] EURAMET G07.11 Position Paper *Role and Responsibilities of DIs*.
- [3] CIPM MRA *Wzajemne uznawanie państwowych wzorców jednostek miar oraz świadectw wzorcowania i świadectw pomiarów wydawanych przez krajowe instytucje metrologiczne*.
- [4] PKN-ISO/IEC Guide 99-2010 *Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane (VIM)*.
- [5] ILAC-P10:2013 *Polityka ILAC dotycząca spójności pomiarowej wyników pomiarów*.
- [6] PCA DA-06 *Polityka dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej*.