

WOJCIECH T. CHYLA*

Metrologia we współczesnej gospodarce globalnej

1. Wstęp

Rozwój gospodarczy kraju ma decydujące znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa państwa i godnych warunków życia jego obywateli. Niezbędnym, chociaż tylko jednym z wielu czynników postępu w przemyśle i handlu jest wysoki poziom nauki, a w szczególności metrologii. Wszędzie tam, gdzie przykłada się dużą wagę do rozwoju nowych technologii, a produkcja wymaga ścisłego przestrzegania reżimu technologicznego, metrologia odgrywa kluczową rolę. Ze względu na wielkie znaczenie metrologii dla funkcjonowania gospodarki, ta sfera odpowiedzialności państwa jest uregulowana ustawowo [1]. Odrębny dokument reguluje zadania metrologii w dziedzinie obronności i bezpieczeństwa państwa [2].

Metrologia jest istotna również w życiu codziennym, ponieważ każdy z nas jest stroną licznych transakcji wymagających dokładnych pomiarów masy, objętości, energii elektrycznej, wody, gazu, paliw płynnych czy energii cieplnej, które podlegają (bezpośrednio lub pośrednio) prawnej kontroli metrologicznej. Szczególnie ważną rolę odgrywa metrologia w handlu hurtowym, bowiem transakcje np. w sektorze energii i surowców energetycznych opiewają na miliony ton ropy naftowej, miliardy metrów sześciennych gazu naturalnego czy terawatogodziny energii elektrycznej o wartości kontraktowej rzędu miliardów złotych.

Metrologia ma też bezpośredni związek z regulacjami prawnymi obowiązującymi w gospodarce globalnej, w dziedzinie ochrony środowiska i w wielu kwestiach społecznych. Jak wskazuje doświadczenie, wymogi w obszarze metrologii prawnej są także skutecznym (a przede wszystkim legalnym) narzędziem ochrony rynku wewnętrznego przed destabilizującym wpływem taniego importu; wymogi takie mogą być również elementem krótkoterminowego wspierania krajowej gospodarki, a bywają też instrumentem nacisków motywowanych politycznie. Z drugiej strony konieczny jest efektywny nadzór metrologiczny i ochrona rynku wewnętrznego przed towarami, które nie spełniają wymogów technicznych lub – pomimo posiadania wymaganych certyfikatów – w rzeczywistości nie spełniają zadeklarowanych w nich parametrów technicznych. Dobrze rozwinięta infrastruktura metrologiczna jest zatem nie tylko niezbędnym (choć nie-

* Dr Wojciech T. Chyla, e-mail: chylawt@wp.pl

wystarczającym) czynnikiem rozwoju przemysłu zaawansowanych technologii i gospodarki innowacyjnej, ale także warunkiem *sine qua non* prawidłowego funkcjonowania mechanizmów rynkowych, a tym samym rzetelności w globalnej rywalizacji gospodarczej.

Niniejszy artykuł przedstawia genezę i przedmiot metrologii, omawia organizację światowej struktury metrologicznej, współpracę regionalną w tej dziedzinie, znaczenie metrologii dla rozwoju gospodarczego, inicjatywę zwalczania technicznych i administracyjnych barier w handlu oraz rolę metrologii w nadzorze rynku. Odnotowano także problem instytucjonalnej reformy metrologii w Polsce.

2. Historyczne źródła współczesnej metrologii

Metrologia, czyli nauka o pomiarach i ich zastosowaniach, miała do niedawna charakter głównie utylitarny. Znaczenie metrologii w gospodarce ujawniało się stopniowo wraz ze wzrostem skali i stopnia zaawansowania technologicznego produkcji. Na przykład, produkcja broni palnej na przestrzeni XVIII wieku ewoluowała od pojedynczych egzemplarzy wykonywanych przez rusznikarzy na indywidualne zamówienie, do produkcji seryjnej, która wymagała standaryzacji części składowych. Przełomowy krok w znaczeniu metrologii przemysłowej wiąże się z wprowadzeniem linii montażowych do produkcji masowej na początku XX wieku; taka technologia wytwarzania wymaga bowiem utrzymania wysokich standardów jakościowych i metrologicznych części składowych, ponieważ jeden wadliwy element mógłby spowodować zakłócenie pracy całego ciągu produkcyjnego.

Masowa automatyzacja i robotyzacja linii produkcyjnych w przemyśle wytwórczym w latach 70. ubiegłego wieku, którą umożliwił szybki rozwój elektroniki, a także stały wzrost wymagań jakościowych uczyniły metrologię zasadniczym czynnikiem postępu technologicznego w przemyśle wytwórczym. Bardzo podobne procesy zachodziły także w innych gałęziach gospodarki, np. w przemyśle chemicznym, bowiem wydajność reakcji chemicznych jest silnie zależna od utrzymania ściśle określonych parametrów fizykochemicznych w całym ciągu technologicznym, a w niektórych sytuacjach (np. produkcja nawozów azotowych i materiałów wybuchowych) nawet niewielkie odstępstwo parametrów środowiskowych od specyfikacji technicznych może spowodować katastrofalne skutki. Jeszcze większą rolę odgrywa metrologia w energetyce jądrowej i w przemyśle kosmicznym, w których to dziedzinach Polska deklaruje czynem swe poważne zainteresowanie, przystępując w 2012 r. do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) oraz przygotowując się do budowy co najmniej jednej komercyjnej elektrowni atomowej, co wymaga wielomiliardowych nakładów¹.

¹ Dla przykładu: budowa elektrowni atomowej Comanche Peak w rejonie Dallas, TX, miała trwać 4 lata i kosztować 0,5 mld USD; w rzeczywistości budowa trwała 20 lat i pochłonęła ponad 4 mld USD; podobieństwo sprawności realizacji tego projektu do efektywności programu budowy auto-

Inną przyczyną szybkiego wzrostu znaczenia metrologii w gospodarce był rozwój handlu międzynarodowego; trudno bowiem prowadzić handel na wielką skalę, gdy strony transakcji stosują różne metody pomiaru i różne jednostki miar² nawet na terenie jednego kraju³, które ponadto ulegają zmianom w czasie⁴. Konieczność ujednoczenia jednostek miar i metod pomiarowych wynikała też z szybkiego rozwoju nauki i techniki w XVIII i XIX w.; kwestia ta interesowała jednak tylko dość wąskie grono ludzi nauki. Dopiero pierwsze wystawy światowe, zorganizowane w połowie XIX wieku w Londynie i Paryżu, uświadomiły ówczesnym *decydentom* oraz *społeczeństwom* europejskim globalizację nauki, przemysłu i handlu oraz wielkie znaczenie standaryzacji dla rozwoju tych dziedzin aktywności społecznej.

Idea wprowadzenia międzynarodowego dziesiętnego układu jednostek miar została wyrażona po raz pierwszy w 1668 r. przez Johna Wilkinsa, członka-założyciela Royal Society i rektora kolegiów w Oxfordzie i Cambridge, w dziele *An assay toward a real character and a philosophical language*. Nauka i naukowcy nie mają jednak wielkiej siły przebicia i ujednoczenie systemu jednostek miar w skali całego kraju nastąpiło dopiero w okresie rewolucji francuskiej; wówczas to (1799 r.) na całym terytorium Francji wprowadzono dziesiętny system metryczny jednostek miar, oparty na platynowych wzorcach pierwotnych kilograma i metra.

System metryczny przetrwał zarówno upadek rewolucji, jak i okres wojen napoleońskich, a nawet zyskał uznanie w innych krajach. Jednak dopiero uzmysłowienie sobie przez przedsiębiorców i polityków, iż chaos panujący w systemie jednostek miar oraz

strad w Polsce jest uderzające. Obecnie planowana jest rozbudowa owej elektrowni, ale pomimo znanych i ściśle określonych rozwiązań technologicznych, koszt tej inwestycji jest nieokreślony, szacowany na od 8 do 20 mld USD za 2 bloki o mocy 1,7 GW każdy. W sztuce fabrykowania budżetów kreatywnych mamy zatem poważnych konkurentów.

² Na przykład, jednostka długości, stopa, wynosiła 0,305 m w Anglii, 0,325 m we Francji, 0,314 m w Prusach, 0,316 m w Austrii, a jednostka masy, funt, wynosiła 0,454 kg w Anglii, 0,490 kg we Francji, 0,500 kg w Prusach, 0,560 kg w Austrii.

³ Na przykład, poszczególne księstwa niemieckie stosowały różne jednostki miar: stopa drezdeńska wynosiła 0,283 m, lubecka 0,289 m, hanowerska 0,292 m, hamburska 0,286 m. Podobnie było na terenie Rzeczypospolitej, gdzie stopa polska koronna wynosiła 0,305 m, a stopa litewska 0,325 m. W późniejszym okresie lokalne wartości stopy wynosiły np. 0,2980 m w Krakowie, 0,2978 m w Warszawie, 0,2977 m we Lwowie, 0,2880 m we Wrocławiu.

⁴ Na przykład, stopa staropolska (do 1819 r.) wynosiła 0,2978 m, a stopa nowopolska (po 1819 r.) 0,2880 m. Podobnie było w przypadku jednostek masy: funt staropolski wynosił 0,405 kg, a funt nowopolski 0,4055 kg. W dłuższym przedziale czasowym, wartości jednostek miar zmieniały się jeszcze więcej, a zmiany wzorców często towarzyszyły przemianom o charakterze politycznym; np. funt francuski wynosił 0,454 kg w VIII-IX w. (funt karoliński), 0,367 kg w IX-XIV w. (funt esterlin), 0,490 kg w XIV-XIX w. (funt paryski), 1,000 kg w latach 1800-1812 r. (funt metryczny), 0,500 kg w latach 1812-1840 (funt usuelle).

w metodach pomiarowych stanowi poważną barierę dla rozwoju gospodarczego, zdołował ówczesnych decydentów do sfinalizowania idei wprowadzenia międzynarodowego systemu jednostek miar oraz prowadzenia wspólnych badań w dziedzinie metrologii. Idea ta przybrała formę Konwencji Metrycznej, traktatu międzynarodowego podpisanego w Paryżu 20 maja 1875 r. przez 17 mocarstw ówczesnego świata [3]; dzień przyjęcia tego traktatu można umownie przyjąć za datę narodzin współczesnej metrologii. Konwencja Metryczna obowiązuje do dziś w praktycznie niezmienionej formie, podlegając tylko zdroworozsądkowym reinterpretacjom dostosowującym zapisy tego dokumentu do wyzwań współczesności. Traktat ów stał się podstawą międzynarodowego ładu we wszystkich dziedzinach wymagających pomiarów, a więc nie tylko w nauce, ale również w przemyśle, w handlu oraz w tych obszarach krajowych i międzynarodowych regulacji prawnych, które odwołują się do pomiarów (np. kompatybilność elektromagnetyczna wyrobów, ochrona przed promieniowaniem jonizującym, ochrona środowiska, diagnostyka medyczna, kontrola szybkości pojazdów etc.).

W czasach współczesnych metrologia stała się ważnym czynnikiem rozwoju gospodarczego; jest to fakt tak oczywisty, że często umyka on uwadze użytkowników metrologii (czyli większości społeczeństwa), przynajmniej dopóki struktura metrologiczna działa sprawnie. Budowa, utrzymanie i stała modernizacja infrastruktury metrologicznej kraju jest nieodzownym warunkiem efektywnego funkcjonowania i konkurencyjności gospodarki w skali lokalnej, krajowej, regionalnej i globalnej. Wszystkie kraje uczestniczące w rynku globalnym muszą posiadać rozwiniętą strukturę metrologiczną, której centralnym elementem w każdym państwie jest Krajowy Instytut Metrologiczny (National Metrology Institute, NMI). NMI pełni nadzór nad pomiarami w danym kraju, sprawując bezpośrednią lub pośrednią kuratelę nad działalnością krajowej administracji miar oraz poczynaniami firm komercyjnych [4, 5]. Wiarygodność pomiarów wykonywanych w poszczególnych krajach i uznawanie wyników pomiarów na arenie międzynarodowej jest uwarunkowane wykazaniem spójności pomiarowej ze wzorcami pierwotnymi jednostek miar, na ogół za pośrednictwem krajowego NMI, który z kolei uzyskuje uznanie międzynarodowe dzięki systemowi obiektywnej weryfikacji swych kompetencji technicznych na drodze porównań kluczowych i uzupełniających. Rolę NMI w Polsce pełni Główny Urząd Miar.

Istnienie rozwiniętej infrastruktury metrologicznej ma wielkie znaczenie dla rozwoju przemysłu wysokich technologii. Brak zdolności pomiarowych w jakiejś dziedzinie lub utrudniony dostęp do wzorcowań na najwyższym poziomie metrologicznym implikuje konieczność wykonywania wzorcowań, zatwierdzeń typu i innych czynności metrologicznych poza krajem będącym siedzibą przedsiębiorcy, a wówczas wprowadzanie wyrobów na rynek w planowanym terminie i trybie, zgodnie z założonym planem produkcyjno-finansowym, jest poważnie utrudnione. Pełne uczestnictwo w gospodarce

globalnej wymaga bowiem, by firma była w stanie wykazać, iż spełnia techniczne i prawne (na ogół ściśle ze sobą związane) wymogi krajowe, stosuje się do regulacji regionalnych (np. dyrektyw unijnych MID, NAWI⁵) oraz wypełnia zalecenia i zobowiązania wynikające z członkostwa w organizacjach europejskich i światowych.

3. Czym zajmuje się metrologia współczesna i jaki jest jej związek z gospodarką?

Jak już wspomnieliśmy, metrologia jest to nauka o pomiarach i ich zastosowaniach. Ponieważ ogromna większość dziedzin aktywności społecznej wymaga wykonywania pomiarów, metrologia jest nauką o charakterze wybitnie horyzontalnym. Na ogół wyróżnia się trzy obszary metrologii: metrologię naukową, przemysłową i prawną, ale podział ten jest umowny, ponieważ relacje między tymi obszarami wiedzy są bardzo rozbudowane, a granice płynne. Na tej samej zasadzie metrologia pokrywa się częściowo z obszarem zainteresowań nauk szczegółowych, takich jak fizyka, chemia, astronomia czy specjalności inżynierskie; korzystając z osiągnięć tych nauk, metrologia stanowi płaszczyznę unifikującą zasady wykonywania i opracowywania wyników pomiarów w różnych dziedzinach wiedzy, w przemyśle i w handlu.

Przedmiotem metrologii naukowej jest budowa nowych lub ulepszanie istniejących wzorców jednostek miar, rozwój metod pomiarowych, doskonalenie metod opracowania wyników pomiarów (w szczególności rozwój teorii niepewności pomiarów), rozwiązywanie podstawowych problemów związanych z międzynarodowym układem jednostek miar (np. dostosowanie definicji jednostek miar i zalecanych sposobów ich realizacji do aktualnego stanu wiedzy) oraz podejmowanie zagadnień wynikających z rozszerzania zakresu odpowiedzialności metrologii na nowe dziedziny pomiarowe (np. opracowanie metod pomiarowych oraz jednostek miar przydatnych w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, biologii i medycynie). Metrologia naukowa ma bezpośrednie przełożenie na gospodarkę i rozwiązywanie problemów społecznych; zilustrujmy to paru przykładami. Producenci aparatury służącej do diagnostyki medycznej i oprzyrządowania terapeutycznego do niedawna stosowali własne metody weryfikacji poprawności działania swej aparatury; skutek był taki, iż wyniki pomiarów przeprowadzanych w różnych ośrodkach, różnymi metodami i z użyciem różnej aparatury nie były porównywalne. Ocenia się [6], że do niedawna ok. 20% pomiarów w diagnostyce medycznej w Europie i USA obarczone było błędami, które wymagały powtórzenia badań lub skutkowały niewłaściwą diagnozą i terapią, co implikowało ogromne dodatkowe koszty opieki medycznej, szacowane w Stanach Zjednoczonych na ok. 70 mld USD rocznie. Dopiero ostatnio wpro-

⁵ MID = Measuring Instruments Directive (Dyrektywa o Przyrządach Pomiarowych). NAWI = Non-Automatic Weighing Instruments Directive 90/384/EEC (Dyrektywa o Wagach Nieautomatycznych).

dzane są w medycynie i diagnostyce medycznej wzorce i wymogi zgodne z reżimem badań metrologicznych; choć jest to proces bardzo kosztowny i długotrwały, to producenci aparatury i firmy usługowe, które nie dostosują się do coraz ostrzejszych wymagań w tej dziedzinie – wypadną z rynku. Innym ważnym przykładem badań w metrologii naukowej, które mają bezpośrednie znaczenie w gospodarce, jest metrologia czasu. Oczywiście beneficjentami postępu w metrologii czasu i częstotliwości jest telekomunikacja i przemysł elektroniczny (np. każdy komputer i większość sprzętu elektronicznego ma wbudowany zegar wewnętrzny, którego kwantum czasu decyduje o szybkości działania tego urządzenia, a zatem wpływa bezpośrednio na jego wartość użytkową i rynkową). Precyzyjny pomiar czasu odgrywa też fundamentalną rolę w funkcjonowaniu systemów nawigacji satelitarnej GNSS (np. amerykański GPS, europejski GALILEO, rosyjski GLONASS) [7]; aby wykonywać pomiary położenia z dokładnością do 1 m, detekcja sygnałów nadawanych z satelitów musi odbywać się z niepewnością względną rzędu 10^{-8} (w warunkach laboratoryjnych pomiar czasu i częstotliwości osiąga niepewność względną rzędu 10^{-16}). Ocenia się, że rynek komercyjnych zastosowań europejskiego systemu GNSS sięga 120 mln euro rocznie, a wartość produkcji i usług zależnych od dokładnego pomiaru czasu szacuje się na ponad 1000 mld USD w samej Unii Europejskiej. Krótko mówiąc, wysoki poziom metrologii naukowej jest niezbędnym warunkiem rozwoju przemysłu zaawansowanych technologii, a stopa zwrotu inwestycji w tej dziedzinie jest z zasady bardzo wysoka.

Metrologia przemysłowa obejmuje wszystkie aspekty pomiarów istotnych w przemyśle. Dotyczy to zarówno kontroli parametrów fizykochemicznych w procesach technologicznych, jak i warunków technicznych eksploatacji urządzeń. Ścisłe przestrzeganie zadanych parametrów technologicznych w procesie produkcji warunkuje utrzymanie wysokiej jakości i niezawodności wyrobów, a tym samym ogranicza straty i buduje pozycję firmy na rynku. Metrologia przemysłowa jest ściśle związana z metrologią naukową. Na przykład, precyzyjna kontrola dozowania paliwa i temperatury spalania w silnikach samochodowych i samolotowych pozwala zminimalizować zużycie paliwa (lepszą efektywność kosztowa eksploatacji wyrobu), zwiększyć zasięg i skrócić czas podróży (np. przez uniknięcie międzylądowań celem zatankowania paliwa) oraz zyskać opinię firmy przyjaznej środowisku (zmniejszenie emisji CO₂), co daje producentowi znaczną przewagę konkurencyjną. Kontrola spalania w silnikach jest w dalszym ciągu otwartym zagadnieniem badawczym, trudnym ze względu na wysoką i szybkozmienną temperaturę tego procesu, możliwość zmian składu paliwa oraz zakłócenia mechaniczne. Nowoczesny przemysł jest źródłem ciągłych wyzwań dla metrologii przemysłowej i naukowej.

Do metrologii prawnej należą wszystkie zagadnienia metrologiczne występujące bezpośrednio lub pośrednio w regulacjach prawnych. W szczególności, prawnej kontroli metrologicznej podlegają przyrządy pomiarowe wykorzystywane w transakcjach handlo-

wych (np. urządzenia stosowane do pomiaru masy lub objętości), w ochronie środowiska (np. kontrola emisji spalin), aparaty stosowane do wykonywania niektórych usług (np. legalizowane taksometry w taksówkach), przyrządy do pomiaru energii elektrycznej i nośników energii (np. gazomierze, dystrybutory paliw), przyrządy mierzące prędkość pojazdów, zawartość alkoholu we krwi, obecność zanieczyszczeń w żywności, zawartość substancji czynnych w lekach etc. Metrologia prawna wiąże się ściśle z metrologią przemysłową, ponieważ producenci muszą spełnić wymogi prawne obowiązujące na danym rynku, aby móc legalnie umieścić tam swe wyroby. Jednym z najlepiej znanych przykładów związku metrologii prawnej i metrologii przemysłowej jest nakładanie coraz ostrzejszych wymagań normatywnych na skład spalin samochodowych, co wymusiło (poczynając od lat 70. XX wieku) poważne zmiany w przemyśle samochodowym. Metrologia prawna związana jest też z metrologią naukową, ponieważ zmieniają się metody pomiaru i zakres parametrów objętych regulacjami prawnymi; przykładów jest wiele, ale zacytujmy jeden. Pewna firma zajmująca się handlem krewetkami od lat robiła interesy w Unii Europejskiej; transporty półproduktu były sprawdzane na obecność szkodliwych substancji (w tym antybiotyków) w laboratoriach wielu portów docelowych i akceptowane do obrotu na terenie UE na podstawie negatywnego wyniku analizy na obecność takich substancji. W jednym z portów UE zakupiono jednak najnowocześniejszą aparaturę chromatograficzną, mającą 20-krotnie większą czułość niż dotychczasowe urządzenie i sprzęt ten wykrył śladowe ilości pewnego antybiotyku w transporcie krewetek wartości 1 mln euro. Ponieważ nie istniały przepisy regulujące dozwolony (tzn. bezpieczny dla konsumenta) poziom zawartości tego antybiotyku, to mimo iż była to jedynie ilość śladowa, cały transport musiał być zniszczony. Tymczasem bliźniaczy transport krewetek (z tego samego źródła) był w tym samym czasie zaakceptowany do obrotu w innym porcie, gdzie dysponowano tradycyjnym, mniej czułym sprzętem analitycznym. Na tym przykładzie widać wielowątkowość wpływu metrologii na procesy gospodarcze: postęp w dziedzinie metrologii naukowej (polepszenie czułości chromatografii) obnaża braki w zakresie metrologii prawnej i wymusza tworzenie nowych lub modyfikację istniejących wymogów prawnych. Metrologia prawna ma bowiem za zadanie zapewnić bezpieczeństwo konsumenta, z określonym i akceptowalnym marginesem błędu, oraz stosowanie jednolitych warunków prowadzenia działalności gospodarczej na danym obszarze ekonomicznym.

4. Organizacja i rozwój infrastruktury metrologicznej na świecie

Instytucjonalne zręby globalnej infrastruktury metrologicznej zostały określone w Konwencji Metrycznej (Metric Convention), podpisanej w Paryżu w roku 1875 i obowiązującej do dziś [3]. Traktat ten nadaje kompetencje decyzyjne zgromadzeniu ogólnemu delegatów państw członkowskich Konwencji Metrycznej, czyli Generalnej Kon-

ferencji Miar (General Conference on Weights and Measures, CGPM). Delegatami są najczęściej szefowie NMI, ale zarówno mianowanie dyrektorów NMI, jak i delegatów na CGPM jest suwerenną decyzją każdego z państw, toteż Generalna Konferencja Miar jest ciałem jednorodnym jedynie formalnie, ale zróżnicowanym faktycznie, tzn. składającym się zarówno z uznanych autorytetów naukowych, jak i zawodowych administratorów oraz polityków, a także osób z kręgów gospodarczych. CGPM zwoływane jest tylko raz na kilka lat (na ogół co 4 lata), więc do wykonywania bieżących zadań Konwencja przewiduje inne ciała.

Kluczowe znaczenie w podejmowaniu decyzji przez CGPM ma przygotowanie projektów rezolucji oraz wysondowanie stanowisk państw członkowskich wobec proponowanych rozwiązań. Projekty rezolucji w kwestiach kontrowersyjnych (np. wprowadzenie nowych definicji jednostek podstawowych SI, finansowanie budowy akceleratora badawczego w BIPM) są odkładane w czasie lub modyfikowane tak, by nie wzbudzały sprzeciwu, a sam akt głosowania ma już tylko charakter formalny. Podjęcie wiążącej decyzji wymaga bowiem jedności państw członkowskich Konwencji, chociaż nieobecność delegata lub wstrzymanie się od głosu nie blokuje podjęcia rezolucji, która obowiązuje wszystkich.

Przygotowanie rezolucji CGPM leży w kompetencjach Międzynarodowego Komitetu Miar (International Committee on Weights and Measures, CIPM), który składa się z 18 osób o światowym autorytecie naukowym oraz dyrektora BIPM *ex officio*. Członkowie CIPM są wybierani przez CGPM na jedną kadencję, która może być wielokrotnie ponawiana i są zobowiązani reprezentować interesy całej społeczności międzynarodowej, a nie tylko stanowisko kraju swego pochodzenia. Jako ciało merytorycznie kompetentne, CIPM sprawuje kontrolę nad działalnością Międzynarodowego Biura Miar (International Bureau of Weights and Measures, BIPM). Pracę CIPM wspierają wyspecjalizowane Komitety Doradcze (Consultative Committees, CC [8]), które z kolei mogą wyłonić Grupy Robocze (Working Groups, WG) i Grupy Zadaniowe (Task Groups, TG) w celu zbadania i przedstawienia rekomendacji w kwestiach szczegółowych.

W gestii BIPM jest utrzymanie i rozwój wzorców pomiarowych, wykonywanie wzorcowań na najwyższym światowym poziomie metrologicznym, prowadzenie badań nad wzorcami jednostek miar układu metrycznego [9], organizowanie porównań kluczowych i uzupełniających. BIPM inicjuje długofalowe zmiany w metrologii, np. reformę układu jednostek miar [10, 11], czy wypracowanie zasad wzajemnego uznawania świadectw pomiarowych wydawanych w państwach członkowskich [12, 13]. Pracownicy BIPM są uznanymi ekspertami w sprawach metrologii i służą swą wiedzą krajom, które takiej pomocy potrzebują. Wypełnianie tych zadań wiąże się z koniecznością prowadzenia badań naukowych – podstawowych i aplikacyjnych. W ostatnich dziesięcioleciach BIPM zdobył pozycję światowego centrum metrologicznego o bardzo zróżnicowanych funkcjach.

Szkielet światowej struktury metrologicznej stanowi sieć Krajowych Instytutów Metrologicznych (National Metrology Institutes, NMI) państw członkowskich Konwencji Metrycznej. Są to na ogół autonomiczne instytuty naukowo-badawcze finansowane z budżetu państwa, posiadające osobowość prawną na forum międzynarodowym i reprezentujące dane państwo we wszystkich regionalnych i globalnych gremiach zajmujących się metrologią. NMI są odpowiedzialne za utrzymanie i modernizację wzorców pomiarowych wielkości podstawowych i pochodnych na najwyższym poziomie metrologicznym w danym państwie, opracowywanie nowych wzorców i metod pomiarowych oraz zapewnienie spójności pomiarowej użytkownikom metrologii na terenie danego kraju [4, 5]. NMI służą rządowi swych krajów wiedzą ekspercką we wszystkich kwestiach dotyczących metrologii, włącznie z projektowaniem rozstrzygnięć legislacyjnych i przygotowaniem rozporządzeń wykonawczych; niektóre NMI wykonują również zadania z zakresu metrologii prawnej i biorą udział w nadzorze rynku.

Najstarszymi i najbardziej prestiżowymi instytutami metrologicznymi są niemiecki PTB, angielski NPL i amerykański NIST⁶, które powstały na przełomie XIX i XX wieku, wkrótce po zainaugurowaniu działalności BIPM. Obecnie wszystkie państwa przemysłowe mają swe NMI [14, 15]. Poza centralną instytucją metrologiczną, w każdym rozwiniętym technologicznie kraju istnieje również sieć lokalnych placówek metrologicznych, których działalność pośrednio lub (rzadziej) bezpośrednio nadzoruje NMI. Nadzór ten ma na ogół charakter techniczno-merytoryczny, ale czasem (np. w Polsce) również administracyjny. Od kilku lat coraz większą liczbę zadań metrologicznych przejmują firmy komercyjne. W niektórych dziedzinach pomiarowych za utrzymanie i rozwój wzorców państwowych oraz wypełnianie wynikających stąd obowiązków odpowiedzialne są Instytuty Desygnowane (Designated Institutes, DI). Krajowa struktura metrologiczna bywa zatem dość złożona⁷.

Proces tworzenia NMI w krajach słabiej rozwiniętych gospodarczo jest obecnie finalizowany. Kilka lat temu UE zaangażowała się w budowę podstawowej infrastruktury

⁶ PTB = Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Państwowy Instytut Fizyczno-Techniczny) jest kontynuacją PTR = Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Instytut Fizyczno-Techniczny Rzeszy). NPL = National Physical Laboratory (Narodowe Laboratorium Fizyczne). NIST = National Institute of Standards and Technology (Narodowy Instytut Wzorców i Technologii) jest kontynuacją NBS = National Bureau of Standards (Narodowe Biuro Wzorców).

⁷ Rolę NMI w Polsce pełni Główny Urząd Miar, który jednak nie posiada osobowości prawnej w rozumieniu prawa europejskiego, co stanowi poważną przeszkodę w nawiązywaniu współpracy naukowej z zagranicznymi instytucjami naukowymi i uzyskiwaniu funduszy badawczych. GUM administruje 9 okręgowymi urzędami miar, 58 obwodowymi urzędami miar, 2 okręgami probierczymi i 8 probierczymi wydziałami zamiejscowymi. W Polsce są 2 Instytuty Desygnowane: POLATOM (Świerk) w dziedzinie promieniowania jonizującego oraz INTiBS (Wrocław) w dziedzinie niskich temperatur.

metrologicznej w państwach-wyspach na obszarze Karaibów i program ten został już zakończony. Budowa podstawowej infrastruktury metrologicznej na terenie Afryki, bardzo zróżnicowanej pod względem gospodarczym, jest również dalece zaawansowana. Poważnym wyzwaniem pozostaje nadal budowa infrastruktury metrologicznej w państwach znajdujących się w stanie wojny domowej (w niektórych krajach afrykańskich i azjatyckich) oraz w państwach-wyspach w rejonie Azji Południowo-Wschodniej i na Pacyfiku, które są zbyt małe i słabe ekonomicznie, by kopiować wzory organizacji i administracji państw silniejszych gospodarczo.

Natomiast państwa powstałe po rozpadzie Związku Radzieckiego, Czechosłowacji i Jugosławii bardzo szybko dostosowały się do wymogów nowoczesnej metrologii, wszystkie mają swe NMI zorganizowane w oparciu o dotychczasową infrastrukturę metrologiczną i rozbudowane z wydatną pomocą Unii Europejskiej. „Status metrologiczny” tych państw jest różny, np. Rosja, Czechy, Słowacja, Kazachstan, Serbia czy Chorwacja są pełnymi członkami BIPM; Ukraina, Białoruś, państwa bałtyckie, Czarnogóra i Bośnia są członkami stowarzyszonymi, zaś Mołdawia i Kosowo nie zostały jeszcze przyjęte do tej organizacji.

Ze względu na szybki wzrost liczby NMI i zróżnicowanie regionalne, pod koniec XX wieku zaczęto tworzyć Regionalne Organizacje Metrologiczne (Regional Metrology Organizations, RMO) skupiające państwa jednego regionu geograficznego, o podobnych potrzebach i priorytetach. Był to proces długi i trudny, również ze względu na animozje polityczne w poszczególnych regionach.

Pierwsza regionalna organizacja metrologiczna, EUROMET, powstała w Europie już w 1987 r., ale obejmowała tylko część państw tego regionu, a pod względem prawnym była tak niewydolna, że w 2007 r. zmieniono jej statut, przekształcając ją w prężnie obecnie działający EURAMET. W Ameryce Południowej powstało kilka organizacji subregionalnych, ale największe państwa (Brazylia i Argentyna) do nich nie przystąpiły. Dopiero w ostatnich latach państwa Ameryki Północnej i Ameryki Południowej porozumiały się i utworzyły jedną regionalną organizację dla obu Ameryk, do której należą już wszystkie liczące się państwa półkuli zachodniej (Inter-American Metrology System, SIM). Podobny proces miał miejsce w Afryce, gdzie kilka organizacji subregionalnych, obejmujących tylko część tego kontynentu, zostało zintegrowanych w afrykańskiej RMO (Intra-Africa Metrology System, AFRIMETS). Państwa azjatyckie również utworzyły regionalną organizację metrologiczną (Asia Pacific Metrology Programme, APMP). Rosja i kilka innych państw powstałych po rozpadzie Związku Radzieckiego ustanowiły odrębną organizację regionalną (Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions, COOMET).

Ważnym elementem światowej infrastruktury metrologicznej jest Międzynarodowa Organizacja Metrologii Prawnej (International Organization of Legal Metrology, OIML),

której jednym z 10 ojców-założycieli był wieloletni szef GUM, dr Zdzisław Rauszer. Powstanie OIML związane jest z faktem, iż prace BIPM koncentrowały się głównie na metrologii naukowej, natomiast szybki wzrost handlu międzynarodowego wymagał uregulowania prawnych kwestii metrologicznych. Ponieważ do niedawna BIPM nie podejmował tych zagadnień, musiała powstać odrębna organizacja dedykowana właśnie metrologii prawnej; proces jej tworzenia opóźnił się w wyniku II wojny światowej, ale ostatecznie organizacja ta powstała w 1955 r. w Paryżu. Pomimo różnych priorytetów BIPM i OIML zakres odpowiedzialności obu organizacji częściowo pokrywa się [16] i dlatego podejmowane są próby skoordynowania działalności lub nawet połączenia obu tych organizacji [17]; jest to jednak zadanie trudne ze względu na konieczność dopasowania struktur tych organizacji, spraw pracowniczych (np. emerytury, ubezpieczenia), kwestii właścicielskich (BIPM i OIML posiadają nieruchomości w Paryżu), zasobów finansowych (budżet BIPM w 2012 r. wynosił 12 mln euro, a budżet OIML 2 mln euro), a przede wszystkim problemów prawnych (obie te organizacje powstały na podstawie odrębnych traktatów międzynarodowych).

Organizacja struktury *regionalnej* w obszarze metrologii prawnej znajduje się w początkowej fazie rozwoju. W Europie istnieje już taka organizacja, założona w 1990 r. (Western European Legal Metrology Cooperation, WELMEC), w Azji powołano do istnienia Asia-Pacific Legal Metrology Forum (APLMF), grupy inicjatywne metrologii prawnej w Ameryce działają w ramach SIM, a powstanie analogicznych organizacji w innych regionach świata jest kwestią nieokreślonej przyszłości.

5. Współpraca międzynarodowa w metrologii

Podporządkowanie coraz większej liczby dziedzin nauki i gospodarki rygorom metrologii powoduje konieczność rozbudowy infrastruktury metrologicznej. Tylko największe i najbogatsze kraje są w stanie sprostać wszystkim wyzwaniom współczesności, a w szczególności prowadzić badania naukowe we wszystkich dziedzinach pomiarowych. Problem ten jest bardzo dobrze widoczny w Europie, gdzie struktura metrologiczna jest wysoce rozdrobiona; obok kilku prężnych NMI, istnieje kilkadziesiąt małych europejskich NMI, których łączny potencjał badawczy nie jest dobrze wykorzystany ze względu na rozproszenie zasobów finansowych, aparaturowych i ludzkich oraz brak koordynacji badań, co prowadzi do dublowania projektów badawczych. Problem ten dotyczy nie tylko metrologii, ale występuje również w innych dziedzinach nauki; brak skoordynowanej strategii badań naukowych w skali ogólnoeuropejskiej prowadzi do znacznie niższej pozycji państw europejskich (za wyjątkiem Wielkiej Brytanii, Niemiec, Francji i Szwajcarii) w rankingach światowych potęg naukowych, niż wskazywałby na to nasz potencjał badawczy. Problem rozproszenia zasobów naukowych w Europie jest znany od dawna. Biorąc jednak pod uwagę słabą sterowalność systemu składającego się z kil-

kudziesięciu suwerennych podmiotów (państw) oraz ograniczone zaufanie wynikające z doświadczeń historycznych i bieżących interesów, można założyć, że nauka europejska – a w szczególności metrologia – nigdy nie będzie tak zintegrowana, jak to jest w przypadku naszego amerykańskiego partnera i NIST. Wymowny jest jednak przykład przeciwny: koncentracja zasobów badawczych państw europejskich w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (European Organization for Nuclear Research, CERN) w Szwajcarii jest jednym z głównych czynników wiodącej roli Europy w tej dziedzinie wiedzy, a kraj tak stosunkowo niewielki jak Szwajcaria lokuje się w czołówce potęg naukowych świata i przyciąga inwestycje zagraniczne w sektorze wysokich technologii.

Mechanizmy koordynacji prac badawczych wypracowuje się latami. Współpraca państw europejskich w dziedzinie badań naukowych w obszarze metrologii była z sukcesem wypróbowana w kolejnych międzynarodowych programach badawczych, takich jak MERA, iMERA, iMeraPlus i EMRP (European Metrology Research Programme). Pierwsze podsumowujące oceny programu EMRP (o budżecie 400 mln euro) są bardzo pozytywne i zachęcają do jeszcze ściślejszej współpracy państw europejskich w badaniach naukowych [18, 19].

Program skoordynowanych badań w metrologii będzie kontynuowany w kolejnym przedsięwzięciu o nazwie Europejski Program Metrologii dla Innowacji i Badań (European Metrology Programme for Innovation and Research, EMPIR). Program ten, o przewidywanym budżecie 600 mln euro, będzie dofinansowany w połowie z budżetu UE. Jest to wielka szansa dla mniejszych i uboższych państw europejskich, ponieważ mogą one brać udział w konsorcjach badawczych podejmujących poważne projekty naukowe, których same nie byłyby w stanie wykonać ze względu na niedostatki kadrowe, aparaturowe i finansowe; poza tym uczestnictwo w konsorcjum badawczym EMRP i EMPIR wymaga tylko 10% wkładu gotówkowego, zaś pozostały wkład może stanowić praca własna. Pierwsze konkursy na projekty badawcze EMPIR zostały rozpisane na początku 2014 r. i adresują zagadnienia w obszarze metrologii przemysłowej. Międzynarodowe programy naukowe i badawczo-rozwojowe w dziedzinie metrologii, dotowane ze środków unijnych, dają sposobność rozwinięcia w Polsce zaawansowanych prac badawczych, których sfinansowanie ze środków krajowych nie byłoby możliwe [20].

Poza programami badawczymi dedykowanymi bezpośrednio metrologii, Unia Europejska finansuje badania naukowe w wielu innych dziedzinach, w których metrologia odgrywa istotną rolę. Dotyczy to szczególnie nowych obszarów wiedzy, takich jak badania nanostruktur, chemia związków wykazujących aktywność biologiczną, biotechnologia i diagnostyka medyczna. Bardziej tradycyjne dziedziny badań, takie jak odnawialne źródła energii, ochrona środowiska czy metrologia promieniowania jonizującego, również kwalifikują się do dofinansowania z funduszy europejskich. W roku 2013 skończył się już Program Ramowy FP7, w którym badania naukowe były dofinansowane kwotą

ok. 50 mld euro, a w tym roku rozpoczyna się nowy Program Ramowy FP8, o budżecie ok. 87 mld euro, znany jako HORIZON 2020. Znaczący udział Polski w tych programach jest szansą, z której nasze instytucje badawcze, również metrologiczne, mają obowiązek skorzystać [21].

Współpraca międzynarodowa w dziedzinie metrologii ma na razie wymiar przede wszystkim europejski, regionalny. Finansowanie projektów ponadregionalnych nie jest jeszcze dopracowane i każdy z uczestników musi samodzielnie zapewnić sobie źródła finansowania, co dla wielu zespołów badawczych może stanowić poważną trudność. Są już jednak pierwsze projekty międzynarodowe, które integrują NMI z różnych kontynentów; przykładem może być projekt International Avogadro Coordination (IAC), poświęcony bardzo dokładnemu pomiarowi stałej Avogadro, w którym biorą udział NMI z Europy, Ameryki, Azji i Australii [22]. Współpraca międzykontynentalna jest już od dawna standardem w naukowych badaniach akademickich; metrologia upodabnia się do innych dyscyplin akademickich również pod tym względem.

6. Rola metrologii w usuwaniu barier technicznych i administracyjnych w handlu

Bardzo poważnym problemem dla gospodarki światowej były i są nadal bariery administracyjne (Administrative Barriers to Trade, ABT) i techniczne (Technical Barriers to Trade, TBT) w handlu. Pomimo panującej obecnie wiary w zalety gospodarki globalnej, której apostołami są głównie największe koncerny przemysłowo-handlowe świata i państwa najsilniejsze gospodarczo, powstają coraz to nowe przeszkody w swobodnej wymianie gospodarczej. Producenci i handlowcy muszą na bieżąco dostosowywać się do regulacji prawnych tworzonych *ad hoc* w poszczególnych państwach; dotyczy to zarówno wymogów regulujących produkcję, uzyskiwanie certyfikatów bezpieczeństwa, dopuszczanie wyrobów do użytkowania, jak i uznawania dokumentów wydanych w innych krajach. Pokonywanie takich przeszkód przez uczestników obrotu gospodarczego wiąże się zawsze ze znacznymi stratami czasu i pieniędzy; co gorsza, zjawiska takie dotyczą w najdotkliwszy sposób małe i średnie przedsiębiorstwa (Small and Medium Enterprises, SME), próbujące dopiero wejść na rynek globalny.

Bariery ABT i TBT w wymianie gospodarczej, zarówno te tradycyjne (np. w postaci ceł, kontroli handlu towarami uznanymi za strategiczne), jak i wprowadzane *ad hoc*, mają często charakter selekcji negatywnej, bowiem uderzają przede wszystkim w firmy przestrzegające uznanych zasad w produkcji i handlu, natomiast są one mniej skuteczne w stosunku do organizacji, które przestrzeganie powszechnie obowiązujących zasad traktują jedynie deklaratywnie. Przykładem może być embargo na handel bronią, które skutecznie eliminuje niepożądaną konkurencję dla największy graczy na rynku zbrojeniowym, a moźni tego świata zawsze są w stanie obejść zakazy przy pomocy pośred-

ników. Dozbrajanie obu stron konfliktu w wojnie iracko-irańskiej w latach 1980-1988 jest tego modelowym przykładem.

Bez względu na osobistą ocenę globalizacji w gospodarce, należy stwierdzić, że budowanie murów wokół swego lokalnego obszaru gospodarczego jest nieskuteczne, ponieważ kraj średniej wielkości nie jest w stanie przeciwstawić się trendom globalnym; ani Linia Maginota, ani Mur Berliński, ani nawet Wielki Chiński Mur nie spełniły swego zadania w dłuższej perspektywie czasowej. Warto może przytoczyć znane powiedzenie: „Jak nie możesz ich pokonać, to się do nich przyłącz”. Polska dokonała już wyboru prowadzenia gospodarki otwartej i przyłączenia się do dużego obszaru gospodarczego, jakim jest Unia Europejska; zapłaciliśmy za to ogromną cenę w postaci upadku całych gałęzi przemysłu i przejęcia rodzimych firm przez kapitał zagraniczny. W tej sytuacji konieczne jest (1) maksymalne rozluźnienie więzów administracyjnych i biurokratycznych krępujących rozwój naszych rodzimych przedsiębiorstw, bowiem bariery takie działają selektywnie negatywnie na nasze SME, nie stanowiąc istotnej przeszkody dla wielkich koncernów międzynarodowych⁸, oraz (2) egzekwowanie symetrii w stosunkach politycznych i gospodarczych z naszymi partnerami unijnymi i krajami trzecimi, tzn. porzucenie polityki upokarzającej uległości wobec żądań partnerów silniejszych gospodarczo i (niestety) arogancji wobec krajów słabiej rozwiniętych; taka postawa zawsze prowadzi do uszczerbków, zarówno wizerunkowych, jak i wymiernych (finansowych). Karykaturalna decyzja *jednostronnego* zniesienia obowiązku wizowego w Polsce dla obywateli USA, z pogwałceniem fundamentalnej zasady wzajemności w stosunkach międzynarodowych, i utrzymywanie tego stanu rzeczy przez dziesięciolecia jest jednym z powszechnie znanych przykładów; w ten sposób nie zdobywa się szacunku w świecie, ale zarabia się na lekceważeniu i etykietkę przedmiotu zadowolającego się mglistymi i niezobowiązującymi obietnicami, który łatwo da się wykorzystać i w innych sprawach (np. sprawa offsetu). Na wschodzie i na zachodzie, na północy i na południu szanuje się tylko tych, którzy szanują siebie.

Bariery administracyjne i techniczne są ze sobą bardzo ściśle powiązane. Ustawy i przepisy administracyjne niejednokrotnie podają szczegółowe wymogi o charakterze technicznym, a wówczas metrologia odgrywa zasadniczą rolę w egzekwowaniu prawa. Przykładem mogą być lokalne ograniczenia prędkości pojazdów i pomiar prędkości za pomocą fotoradarów. Wcześniej podany przykład (handel krewetkami) pokazuje, że

⁸ Wielkie korporacje międzynarodowe, wspierane przez zastępy naszych rodzimych kancelarii prawnych, świetnie się czują w labiryncie paragrafów. Nie ma oczywiście sprzeczności między dążeniem wielkich firm do likwidacji barier międzypaństwowych a jednocześnie ich sprawnością poruszania się w gąszczu praw krajowych (pod warunkiem, iż ów gąszcz jest stabilny). Dlaczego kolejne rządy, deklarujące przed wyborami uwolnienie gospodarki z kleszczy biurokratycznych, okazują się po wyborach tak nieskuteczne? Czy wyjaśnieniem tego stanu rzeczy może być działalność lobbystyczna handlarzy pietruszką? Czy może raczej: *Is fecit, cui prodest*.

nawet brak wymogów technicznych może działać w podobny sposób jak bariery administracyjne i techniczne.

Stwarzanie barier ABT i TBT odwołujących się do mierzalnych cech towarów jest jednym z (niewielu) legalnych mechanizmów obrony gospodarki krajowej przed destabilizującym wpływem taniego importu, a może być także substytutem sankcji gospodarczych. Walka z takimi barierami jest bardzo trudna, ponieważ liczba wymogów technicznych jest praktycznie nieskończona i mogą one być dość dowolnie kształtowane przez poszczególne państwa, zaś wprowadzanie takich barier lub ich wybiórcze egzekwowanie można zawsze umotywić trudnym do podważenia, szlachetnym celem dbałości o bezpieczeństwo własnych obywateli. Na przykład, krytyka politycznych lub wojskowych posunięć ościennego kraju może spowodować, iż ów kraj zapala wielką troską o delikatne zdrowie swych obywateli i broniąc ich przed atakiem polskiej marchewki, zablokuje na parę lat handel artykułami rolnymi na podstawie swych wewnętrznych przepisów fitosanitarnych. Mówi się, że siła stoi przed prawem; jest to wersja uproszczona, sformułowana na potrzeby ludu pracującego miast i wsi: nad prawem dominują interesy, również polityczne, a siła pełni tylko rolę służebną jako jeden z mechanizmów ich egzekwowania.

Wiele przeszkód ABT i TBT w handlu międzynarodowym zostało już usuniętych. Na przykład, legalizację pierwotną przyrządów pomiarowych stosowanych m.in. do rozliczeń handlowych, uregulowaną odrębnymi przepisami na terenie poszczególnych krajów, zastępuje się na całym terytorium Unii Europejskiej oceną zgodności (tzn. oceną spełniania przez wyrób wszystkich stosownych norm i dyrektyw UE); dyrektywy unijne tzw. Nowego Podejścia zostały implementowane do prawodawstwa polskiego w 2002 r. [23]. Ocena zgodności uzyskana dla danego wyrobu upoważnia producenta do wydania deklaracji zgodności ważnej na terenie całej Unii Europejskiej (oznakowanie wyrobów „CE”).

Niektóre inicjatywy usuwania ABT i TBT mają charakter globalny, ale są one jeszcze trudniejsze do przeprowadzenia ze względu na wielką liczbę zainteresowanych podmiotów (nominalnie suwerennych państw) i niezgodność ich interesów, wynikającą m.in. z różnic w poziomie rozwoju gospodarczego, wysokości kosztów pracy czy zasobności w surowce. Likwidację niektórych globalnych barier o charakterze metrologicznym zawdzięczamy Międzynarodowemu Biuru Miar (BIPM), którego szefostwo było w stanie przenieść układ o wzajemnym uznawaniu dokumentów wydawanych przez NMI [12, 13].

Konieczność powtarzania tych samych badań metrologicznych przed wejściem przedsiębiorcy na nowy rynek ze swymi wyrobami była poważnym problemem jeszcze kilkanaście lat temu. Producenci i handlowcy ponosili związane z tym koszty (pokrywane przez nabywców towarów i usług) oraz tracili czas na wykonywanie takich samych

badań i uzyskiwanie analogicznych dokumentów w wielu krajach. Problem ten został częściowo rozwiązany z inicjatywy dyrektora BIPM, dr. T.J. Quinna, oraz członków CIPM; byli oni w stanie wynegocjować Układ o Wzajemnym Uznawaniu CIPM (CIPM Mutual Recognition Arrangement, CIPM MRA lub krótko MRA), podpisany w Paryżu w 1999 r., który zapewnia wzajemne uznawanie certyfikatów i świadectw wzorcowania w państwach, które przystąpiły do tego porozumienia. Układ ten nie ma charakteru traktatu międzynarodowego, ale jest to porozumienie dyrektorów NMI państw członkowskich, co wystarcza do jego sprawnego funkcjonowania. Układ MRA jest przestrzegany, choć nie ma formalnych sankcji za jego naruszenie, ponieważ poważne pogwałcenie tego porozumienia przez jedno z państw-sygnatariuszy podważyłoby zaufanie do takiego partnera, a zaufanie jest niezbędnym warunkiem uczestnictwa w gospodarce globalnej. Poza tym uznawanie dokumentów wydawanych przez NMI państw-sygnatariuszy MRA nie jest automatyczne; każdy NMI musi przedtem wykazać swe zdolności pomiarowe w danej dziedzinie, uczestnicząc z pozytywnym wynikiem w porównaniach kluczowych, uzupełniających i innych porównaniach międzynarodowych. Rezultaty takich porównań i wynikające z nich wpisy Zdolności Wzorcowania i Zdolności Pomiarowe (Calibration and Measurement Capability, CMC) są rejestrowane w bazie danych porównań kluczowych (Key Comparison Database, KCDB), utrzymywanej przez BIPM [24]. Brak zdolności pomiarowej w jakiejś dziedzinie lub niski poziom usług metrologicznych danego rodzaju stawia krajowych przedsiębiorców w bardzo niekorzystnej sytuacji w stosunku do swych konkurentów w krajach o lepiej rozwiniętej strukturze metrologicznej.

Układ MRA jest okresowo modyfikowany, by dostosować zawarte w nim ustalenia do zmieniających się okoliczności oraz nowych trendów w nauce i gospodarce. Pomimo częściowych sukcesów w usuwaniu barier administracyjnych i technicznych w gospodarce, kompleksowe rozwiązanie tego problemu oraz stworzenie skutecznych mechanizmów przeciwdziałania protekcjonizmowi jest niezwykle trudnym zadaniem.

7. Metrologia a nadzór rynku

Niezbędnym warunkiem sprawnego funkcjonowania gospodarki otwartej jest efektywny nadzór rynku i egzekwowanie regulacji prawnych obowiązujących w działalności gospodarczej. Nadzór rynku jest nie tylko ważnym elementem zapewnienia uczciwej konkurencji między firmami, ale przede wszystkim zapewnia bezpieczeństwo konsumentom [25-28]. Nadzór rynku jest trudnym zagadnieniem, z którym nawet najsilniejsze ekonomicznie i najsprawniejsze administracyjnie kraje Unii Europejskiej nie potrafią sobie w pełni poradzić.

Rola metrologii w nadzorze rynku jest oczywista. Na przykład, urządzenia elektryczne muszą spełniać wymogi w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej przez cały czas użytkowania; przyrządy pomiarowe (np. wagi) muszą dawać wskazania zgodne

z klasą dokładności; dystrybutory paliwa należy sprawdzać pod względem prawidłowości wskazań, a próbki paliwa są badane pod względem składu chemicznego i oktanowości; prawnej kontroli metrologicznej podlegają nawet naczynia wyszynkowe. Inspektorzy nadzoru wykonują odpowiednie czynności w miejscu użytkowania, w warunkach działania danego urządzenia, ale czynności sprawdzające mogą wymagać również badania laboratoryjnego. Towary, które nie spełniają określonych wymagań, muszą być wycofane z rynku.

Nadzór rynku jest realizowany przez wyspecjalizowane agencje rządowe lub przez firmy komercyjne, które spełniły odpowiednie wymagania ustawowe. Organizacja nadzoru rynku wewnętrznego leży w gestii krajów członkowskich UE. Na przykład, w Holandii nadzór rynku sprawuje niewielka agencja rządowa za pomocą 67 uprawnionych firm prywatnych, a intensywność nadzoru zależy od oceny ryzyka w danym segmencie rynku; w ostatnich latach średnio 9% urządzeń podlegających prawnej kontroli metrologicznej wykazywało niezgodności, ale w segmencie najintensywniej nadzorowanych dystrybutorów paliwa niezgodności dotyczyły tylko 3% tych urządzeń. Natomiast inspekcje w odpowiedzi na sygnały od obywateli były wykonywane natychmiast i ok. 21% skarg było uzasadnionych [29, 30].

Skuteczny nadzór rynku wymaga współdziałania wszystkich państw należących do danego obszaru gospodarczego. W Unii Europejskiej od wielu lat opracowywana jest nowa dyrektywa w tej dziedzinie [31], ale jej przygotowanie postępuje z wielkimi oporami, a gotowy już projekt [27, 28] koncentruje się głównie na ujednoczeniu regulacji na całym terytorium UE, nie rozwiązując jednak wielu problemów występujących w tej dziedzinie.

Jedną z głównych przeszkód w osiągnięciu skuteczności europejskich dyrektyw o nadzorze rynku jest konieczność respektowania swobód wynikających z innych praw. Na przykład, z respektowania wolności osobistej i wolności obiegu gospodarczego wywodzi się zasadę, iż wolno sprzedawać, kupować, magazynować, przewozić oraz wystawiać na widok publiczny wyroby niespełniające wymagań; inspektorom nadzoru nie wolno nawet podejmować czynności (np. prawnej kontroli metrologicznej), dopóki wyroby takie (np. wagi) nie są wykorzystywane do transakcji handlowych i kilku innych, enumeratywnie wymienionych czynności. Wadliwie działającą wagę, dystrybutor paliwa czy naczynie wyszynkowe wolno mieć; prawo nakazuje złapać delikwenta *in flagranti*, np. gdy używa danego urządzenia podczas przeprowadzania transakcji sprzedaży lub do automatycznego paczkowania towarów.

Poza tym nadzór rynku często sprowadza się do czynności formalnych, tzn. sprawdzenia dokumentów (np. certyfikatu legalizacji przyrządu pomiarowego), bez zbadania, czy dany przyrząd faktycznie spełnia wymagania techniczne. Inspektor nadzoru powinien mieć przesłanki, aby zakwestionować dane zawarte w okazanych dokumentach,

choć skądinąd wiadomo, że nie brakuje komercyjnych firm certyfikujących, które potrafią być bardzo przyjazne dla dużych importerów towarów z Azji. W przypadku wykrycia niezgodności firma certyfikująca w zasadzie nie ponosi żadnych konsekwencji, ponieważ wystawiony dokument stwierdza stan faktyczny w momencie i w miejscu testowania. Ponadto urządzenie przedstawione do badania i certyfikacji niekoniecznie odzwierciedla jakość przeciętnego wyrobu pochodzącego z produkcji seryjnej. Natomiast kary za wykryte niezgodności są zwykle symboliczne; na przykład w Holandii, właściciel takiego urządzenia dostaje raport wraz z zobowiązaniem do niezwłocznego usunięcia niezgodności, a po 2 miesiącach rutynowo następuje ponowna kontrola.

Dyrektywy europejskie nie są jedynym źródłem prawa w dziedzinie nadzoru rynku i prawnej kontroli metrologicznej. Międzynarodowa Organizacja Metrologii Prawnej (OIML) jest instytucją regulującą wiele kwestii ogólnych i szczegółowych (technicznych) w skali globalnej; wśród licznych dokumentów OIML są również dokumenty regulujące nadzór metrologiczny [32, 33]. Na gruncie europejskim dzielnie poczyna sobie Europejska Organizacja Metrologii Prawnej, WELMEC, która również obficie produkuje zalecenia⁹ [34]. Europa na ogół nie może narzekać na brak regulacji prawnych; gorzej jest z ich efektywnością i skutecznością egzekucji, m.in. dlatego, iż szczególność regulacji często ułatwia ich obchodzenie. Sprawę komplikuje fakt, iż chociaż normy OIML oraz WELMEC nie są (z formalnego punktu widzenia) obowiązującym w Europie prawem, a mają jedynie moc zaleceń, to w praktyce normy te mają moc równą dyrektywom unijnym, ponieważ wymagania OIML i WELMEC są często wykorzystywane do formułowania warunków przetargów, więc niedostosowanie wyrobu do owych norm eliminuje producenta z rynku, a przynajmniej mocno zawęża jego krąg odbiorców. W tej sytuacji producenci, którzy nie przejmują się *faktycznym* spełnieniem wszystkich wymogów i mają swoje wypróbowane sposoby na zdobywanie odpowiednich certyfikatów, znajdują się w uprzywilejowanej sytuacji. Jednym słowem, problem selekcji negatywnej znany jest nie tylko w Polsce.

Z jednej strony każdy kraj UE jest suwerenny w sprawie organizacji nadzoru rynku na swym terytorium, jednak z drugiej strony rynek europejski jest jednolity (przynajmniej w założeniu) dzięki zasadzie swobodnego przepływu towarów, usług, ludzi i kapitału. W takiej sytuacji efektywność nadzoru rynku, szczególnie w przypadku towarów importowanych spoza Unii, zależy od skuteczności najsłabszego ogniwa wśród krajów członkowskich UE.

Inną przyczyną niskiej efektywności nadzoru rynku w skali całej Unii Europejskiej jest to, że w każdym z krajów członkowskich jest wiele instytucji sprawujących nadzór cząstkowy i w praktyce żadna z nich nie jest indywidualnie odpowiedzialna za stan fak-

⁹ Jako ciekawostkę można dodać, że w dyskusji na 63 GA CECIP w 2013 r. wskazywano, iż WELMEC zmienia zalecenia co rok i producentom trudno nadążyć za wprowadzanymi zmianami.

tyczny na rynku; tę sytuację dobrze odzwierciedla znane powiedzenie: „Gdzie kucharek sześć, tam nie ma co jeść”. Musi zatem upłynąć jeszcze wiele lat, zanim w UE nastąpi instytucjonalna harmonizacja i wypracowanie skutecznych mechanizmów sprawowania nadzoru rynku.

Współczesna legislacja europejska w zakresie nadzoru rynku koncentruje się głównie na zapewnieniu bezpieczeństwa konsumentom [25-28], natomiast zapewnienie uczciwej konkurencji nie jest uwzględnione w wystarczającym stopniu. W dalszym ciągu wielką wagę przywiązuje się do dokumentacji papierowej, a mniejszą do sprawdzenia stanu faktycznego. Zmiana takiego podejścia jest konieczna, by rynek europejski nie stał się łatwym łupem bardziej konkurencyjnych gospodarek azjatyckich. Przejmowanie przez firmy europejskie metod działania swych azjatyckich konkurentów nie jest właściwym rozwiązaniem problemu; efektywny nadzór rynku wymaga położenia większego nacisku na kwestie techniczne, można zatem przypuszczać, że w przyszłości rola metrologii w nadzorze rynku jeszcze bardziej wzrośnie. Zmiana priorytetów Unii Europejskiej, polegająca na zajęciu się rzeczywistymi, wymiernymi problemami, zamiast na narzucaniu państwom członkowskim pokretnych ideologii, wpłynęłaby korzystnie na postęp technologiczny, rozwój gospodarczy i jakość życia w UE oraz przyczyniłaby się do wzrostu zaufania narodów i społeczeństw państw członkowskich do tej organizacji.

8. Kształtowanie instytucjonalnej struktury metrologii w niepodległej Polsce

Wkrótce po ufundowaniu Międzynarodowego Biura Miar (BIPM), państwa najwyżej rozwinięte technologicznie spostrzegły, że dla utrzymania swej pozycji w nauce, przemyśle i handlu konieczne jest utworzenie instytutów badawczych w dziedzinie metrologii. Na przełomie XIX i XX wieku instytuty takie powstały w Niemczech, Wielkiej Brytanii i USA; były to pierwsze wielkie laboratoria państwowe (Grand Laboratories), które stały się archetypem tworzonych później na całym świecie laboratoriów państwowych i międzynarodowych. Na czele owych instytutów (NMI) stali wybitni uczeni, tacy jak Helmholtz, Siemens, Rayleigh, ponieważ z założenia były to instytuty naukowe, choć pracujące na rzecz przemysłu i handlu. Roli NMI nie mogły spełnić uniwersyteckie instytuty badawcze, ponieważ dla środowiska akademickiego najważniejszy jest wątek poznawczy, a nie praktyczne zastosowania¹⁰, a ich tradycyjna autonomia ogranicza możliwości ingerencji państwa w program badawczy¹¹.

¹⁰ Istnieje wyjątek potwierdzający regułę: uniwersytety japońskie zostały ufundowane przy największych koncernach przemysłowych.

¹¹ System grantów badawczych jest jednym z nielicznych skutecznych sposobów wpływania na środowisko akademickie. Państwo ma obecnie (ograniczony) wpływ na badania naukowe w instytucjach akademickich przez kierowanie strumieni finansowych na priorytetowe kierunki badań.

Okoliczności organizowania instytucjonalnej struktury metrologicznej w Polsce były inne, zdeterminowane przez zaszłości historyczne. W momencie podpisywania Konwencji Metrycznej (1875) Polska formalnie nie istniała¹², ale wszyscy trzej zaborcy (Rosja, Prusy i Austro-Węgry) przystąpili do Konwencji. W każdym z tych krajów instytucje państwowe były inaczej zorganizowane; po odzyskaniu niepodległości w 1918 r. priorytetowym zadaniem narodowych władz polskich było instytucjonalne zjednoczenie odrodzonego państwa polskiego. W miejsce trzech różnych struktur organizacyjnych, odziedziczonych po państwach zaborczych, należało stworzyć jednolity organizm państwowy, jednolitą armię, administrację, walutę i pocztę. Również wprowadzenie metrycznego systemu jednostek miar i jednolitej krajowej administracji miar było wówczas ważnym elementem państwowotwórczym. Dlatego też Dekret o Miarach z dnia 8 lutego 1919 r. usytuował polską administrację miar oraz jej centralny organ, Główny Urząd Miar, jako urząd państwowy. Koncepcja dr. inż. Zdzisława Rauszera utworzenia Królewskiego Instytutu Metrologicznego [35] na wzór naukowo-badawczych instytutów metrologicznych w Niemczech, Wielkiej Brytanii czy USA musiała ustąpić wyższym racjom. Niemniej jednak urząd ten miał charakter techniczny, a nie administracyjny, a jego ranga była bardzo wysoka, zbliżona do ministerstwa; dyrektor GUM był mianowany bezpośrednio przez prezydenta Polski na wniosek ministra odpowiedzialnego za przemysł i handel¹³. Pierwszym i wieloletnim dyrektorem GUM był dr inż. Z. Rauszer, który był nie tylko autorytetem w dziedzinie metrologii w kraju i na forum międzynarodowym (jako członek CIPM), ale również doskonałym organizatorem i biznesmenem [36].

Po II wojnie światowej, w nowej rzeczywistości politycznej, systemowo zakładającej dominację państwa we wszystkich dziedzinach aktywności społecznej, utrzymano status GUM jako urzędu administracji państwowej. Zadanie odbudowy krajowej administracji miar znów powierzono dr. Rauszerowi, który wykonał tę misję szybko i sprawnie. Po 1949 r., pod rządami następców dr. Rauszera, ta centralna instytucja metrologiczna w Polsce ulegała kolejnym przeobrażeniom, w wyniku których metrologia naukowa i przemysłowa była stopniowo redukowana na rzecz metrologii prawnej i wdrażania coraz to nowych koncepcji organizacyjnych powstających w gabinetach partyjno-państwowych [37].

W wyniku przemian ustrojowych 1989 r. znów nastąpiła reorganizacja urzędu, który przybrał charakter typowego urzędu administracji państwowej, a wkrótce nastąpiła ostateczna likwidacja etatów naukowych w GUM; takie rozwiązanie motywowane było rze-

¹² Po upadku powstania listopadowego, w 1832 r. zniesiono główne atrybuty polskiej państwowości (Sejm, Senat, armię), a po upadku powstania styczniowego zniesiono również autonomię administracyjną (1864).

¹³ Bez względu na szczegółowe rozwiązania krajowe, NMI są z reguły usytuowane w pionie gospodarczym państwa.

komo lepszą ochroną pracowników urzędów państwowych w sytuacji kryzysu ekonomicznego na początku lat 90., co zresztą okazało się nieprawdą [38]. GUM utrzymuje status urzędu administracji państwowej do dziś, a potencjał naukowo-techniczny tej instytucji ulega stałej erozji, pogłębianej jeszcze niepewnością co do jej przyszłości po przeprowadzeniu zbliżającej się reformy.

9. Reforma instytucjonalna metrologii w Polsce

Sygnaly ze strony środowisk naukowych i przemysłowych o konieczności instytucjonalnej przebudowy metrologii w Polsce docierały do Ministerstwa Gospodarki od wielu lat. W 2008 r. Ministerstwo Gospodarki powołało zespół ds. opracowania rozwiązań systemowych w metrologii, pracujący pod przewodnictwem szefa Sekcji Czasu BIPM, dr. W. Lewandowskiego, który opracował raport przedstawiający diagnozę sytuacji i propozycję sposobu rozwiązania zidentyfikowanych problemów [38]. W roku 2009 Ministerstwo Gospodarki zamówiło kolejną analizę stanu metrologii w Polsce, tym razem u wieloletniego dyrektora BIPM, dra T.J. Quinna. Jego raport i rekomendacje [39] pokrywają się ze spostrzeżeniami poprzedniego zespołu, ale są bardziej szczegółowe. W 2011 r. GUM zamówił niezależną analizę u byłego wiceprezesa OIML, M. Kochsieka, którego krótki, 4-stronicowy raport [40] odnosi się głównie do metrologii prawnej, ale zawiera również uwagi dotyczące metrologii naukowej, pokrywające się w znacznym stopniu z konkluzjami zawartymi w poprzednich raportach.

Przedmiotem niniejszego artykułu nie jest analiza owych raportów, a w szczególności najbardziej wyczerpującego raportu dra T.J. Quinna, ponieważ jest to temat zbyt wąsko specjalistyczny. Warto jednak podsumować najważniejsze tezy owych raportów, ponieważ wpłynęły one na rozwiązania zaproponowane w aktualnej wersji założeń do nowej ustawy o miarach [41].

Usytuowanie GUM wśród centralnych urzędów administracji państwowej, brak jakiegokolwiek fachowego ciała nadzorczego oraz dominacja funkcji administracyjnych nad obowiązkami merytorycznymi NMI zostało krytycznie ocenione jako rozwiązanie nieefektywne i anachroniczne [38, 39]. Raporty postulują przekształcenie GUM w rządowy instytut naukowy w oparciu o istniejące obecnie zakłady metrologiczne GUM; zalecono poważne wzmocnienie kadrowe obecnego personelu z intencją rozwinięcia programu prac naukowo-badawczych. Nowy instytut byłby finansowany z budżetu państwa¹⁴ i pełnił wszystkie obowiązki NMI. Posiadając osobowość prawną również na gruncie prawa międzynarodowego, instytut ów mógłby samodzielnie pozyskiwać środki finansowe ze źródeł krajowych oraz ubiegać się o europejskie fundusze na badania naukowe. Za opracowanie i realizację programu badawczego odpowiedzialny byłby dyrektor

¹⁴ Działalność wiodących NMI jest finansowana budżetowo w ok. 95%, a poza dochodami własnymi (ok. 5%) otrzymują one szczodre dotacje celowe.

instytutu. Funkcje doradcze, nadzorcze i opiniodawcze miałyby pełnić Rada Metrologii usytuowana przy Ministerstwie Gospodarki, złożona głównie z ekspertów w dziedzinie metrologii, przedstawicieli przemysłu i ministra gospodarki. Dyrektor oraz członkowie Rady Metrologii byłiby powoływani na kilkuletnią kadencję. W dalszej perspektywie postulowana jest zmiana lokalizacji instytutu ze względu na zakłócenia środowiskowe badań, nieuniknione w centrum Warszawy. Natomiast za metrologię prawną odpowiedzialna byłaby niewielka instytucja o charakterze urzędu, również wyodrębniona z GUM, której podlegałyby lokalne urzędy miar. Rekomendacje nie precyzują usytuowania tego urzędu w strukturze administracyjnej państwa oraz relacji między instytutem a urzędem, ponieważ przyjęcie konkretnego rozwiązania wymaga analizy prawnej leżącej poza kompetencjami autorów owych raportów.

Cytowane raporty nie wykluczają również modelu, w którym metrologia naukowa, przemysłowa i prawna byłyby usytuowane w jednej organizacji, tak jak dotychczas. Wówczas jednak komórka organizacyjna odpowiedzialna za metrologię prawną byłaby niewielka liczebnie, nadzorowana przez zastępcę dyrektora instytutu. Natomiast dyrektor naczelny musiałby wykazać się znacznym dorobkiem naukowym, gwarantującym zrozumienie specyfiki pracy i organizacji instytutu naukowo-badawczego.

Model, w którym metrologia naukowa, przemysłowa i prawna koegzystują w jednej instytucji świetnie sprawdził się w Czechach [42]. Czeski Instytut Metrologiczny, CMI¹⁵, został zbudowany po rozpadzie Czechosłowacji prawie z niczego, a już zdobył wielkie uznanie i prestiż w Europie. GUM w swej obecnej formie jest teoretycznie podobny do modelu czeskiego (współistnienie trzech obszarów metrologii w jednej instytucji), ale proporcje są zupełnie inne: metrologia naukowa w GUM została sprowadzona do stanu szczątkowego, metrologię przemysłową zastąpiła metrologia o charakterze usługowym (wzorcowania), a priorytetem w GUM stało się pełnienie obowiązków z zakresu metrologii prawnej i celebrowanie funkcji administracyjnych. Różnice w sposobie i poziomie realizacji zadań NMI przez GUM i CMI można przypisać odmiennym priorytetom obowiązującym w obu tych instytucjach, innemu poziomowi samodzielności organizacyjnej i finansowej GUM i CMI, a przede wszystkim całkowicie innym kwalifikacjom merytorycznym i menedżerskim szefostwa obu tych instytucji.

Większość rekomendacji zawartych w raportach dla Ministerstwa Gospodarki została uwzględniona w założeniach do nowej ustawy o miarach [41, 43, 44]. W szczególności wybrano wariant instytucjonalnego oddzielenia metrologii naukowej i przemysłowej od metrologii prawnej. Dyrektor instytutu ma być powoływany spośród osób o znacznym dorobku naukowym, podobnie jak część członków Rady Metrologii. Nie przewiduje się jednak dodatkowych środków finansowych na przeprowadzenie tej reformy, tzn. na poważne inwestycje w aparaturę badawczą i rozwój kadry naukowej, aby

¹⁵ CMI = Czech Metrology Institute.

sprościć nowym wyzwaniom stojącym przed polskim NMI. Szczególnie kosztowna byłaby budowa laboratoriów w nowej lokalizacji, więc najprawdopodobniej realizacja projektu reformy będzie wiązała się z podziałem obecnej nieruchomości GUM między dwie instytucje, tak jak przewidział to Mrozek w *Domu na granicy*.

Konsultowany ze środowiskiem projekt założeń do nowej ustawy o miarach [41] nie podejmuje problemu współpracy nowego instytutu z przemysłem. W instytucie naukowym pracownicy są z reguły rozliczani z wyników badań w postaci publikacji w czasopiśmie naukowych, a inne osiągnięcia mają znacznie mniejszą wagę. Ponieważ nowy instytut ma być nie tylko placówką naukową, ale ma pracować na rzecz nowoczesnego przemysłu, konieczne jest stworzenie mechanizmów motywujących kierownictwo i pracowników tego instytutu do podejmowania tematów ważnych dla przemysłu. Krajowe instytuty metrologiczne były od zawsze pomyślane jako ogniwo łączące naukę oraz przemysł i temu zawdzięczają swą uprzywilejowaną pozycję i finansowanie budżetowe. Nowe rozwiązania ustawowe nie powinny faworyzować dryfu projektowanego instytutu w kierunku wyłącznie nauki czystej, rozliczanej głównie publikacjami, bo nie o to chodzi w przypadku NMI. Konieczne jest zachowanie właściwych proporcji między badaniami podstawowymi, zastosowaniami i wspomaganiami przemysłu, tak jak praktykują to wiódące NMI [45, 46]. Przedstawiciele przemysłu oraz środowisk związanych z przemysłem oczekują takich właśnie rozwiązań [47]. Bez względu na ostateczne rozwiązania ustawowe i kształt organizacyjny nowego instytutu, musi on być kierowany przez osoby rozumiejące, iż metrologia jest z definicji platformą współpracy nauki i przemysłu.

Jednym z trudnych uwarunkowań planowanej reformy jest brak tradycji współpracy naukowej GUM z przemysłem, krajowym środowiskiem akademickim oraz ze swymi zagranicznymi partnerami (NMI). Problem ten można przełamywać stopniowo poprzez nawiązywanie współpracy z uczelniami krajowymi, znaczne zwiększenie udziału w międzynarodowych programach badawczych współfinansowanych z budżetu Unii Europejskiej, w których nasz dotychczasowy udział był symboliczny [15, 21], oraz dzięki aktywnemu włączaniu się w prace organizacji międzynarodowych, takich jak EURAMET, komitety techniczne CIPM i OIML. Nasza obecność i rola, jaką odgrywamy w organizacjach międzynarodowych jest nieproporcjonalnie mała w stosunku do rangi i potencjału naszego kraju oraz korzyści, które bezpośrednio lub pośrednio przynosi aktywny udział w gremiach ekspertów międzynarodowych (np. szybszy dostęp do informacji i możliwość wywierania wpływu na decyzje o regionalnym i globalnym znaczeniu gospodarczym).

Struktura budżetu polskiej administracji miar jasno odzwierciedla obecne priorytety GUM i zaniedbania w wypełnianiu podstawowych zadań NMI, tzn. marginalizację działalności naukowo-badawczej, wynikającą z administracyjnego charakteru tej instytucji. W roku 2012 budżet całej administracji miar wynosił ok. 30 mln euro, budżet centrali GUM wynosił ok. 9 mln euro, a na modernizację stanowisk pomiarowych w GUM prze-

znaczono tylko 0,45 mln euro; natomiast wydatki na badania naukowe, jako pozycja budżetowa, w ogóle nie istnieją w dostępnych danych finansowych.

Dla porównania, budżet roczny NPL wynosi ok. 90 mln euro, budżet PTB wynosi ok. 160 mln euro, a budżet NIST wynosi ok. 800 mln euro. Poza budżetowym finansowaniem działalności statutowej, NMI uzyskują też rządowe dotacje celowe. Na przykład, w latach 2010/2011 NIST-owi przyznano dodatkowe środki na badania w wysokości ok. 450 mln euro, a od roku 2013 NIST dysponuje dodatkową kwotą ok. 1000 mln euro na badania na rzecz przemysłu. Natomiast rząd brytyjski przyznał NPL dodatkową kwotę ok. 32 mln euro na budowę Advanced Metrology Laboratory. GUM takich dotacji celowych w ogóle nie ma i nigdy się o nie nie ubiegał. Państwa członkowskie EURAMET-u pozyskują ponadto dofinansowanie badań naukowych z budżetu UE; na przykład, w ramach EMRP brytyjski NPL uzyskał ok. 40 mln euro, niemiecki PTB ok. 70 mln euro, a polski GUM ok. 0,5 mln euro (tj. ok. 140 razy mniej niż Niemcy, co szefostwo GUM przedstawia jako swój sukces [48]).

Z drugiej strony budżet BIPM – instytucji o światowej renomie – jest skromny i wynosi tylko 12 mln euro, ale instytucja ta (1) ma charakter ściśle naukowy, tzn. nie ma obowiązku pracy na rzecz przemysłu, nie ma zobowiązań wobec gospodarki narodowej ani innych zadań wskazanych przez organy rządowe; (2) w BIPM wypracowano sposoby bezkosztowego pozyskiwania ekspertów i pracowników czasowych wysokiej klasy, którzy są oddelegowani do pracy w BIPM, ale finansowani przez swe macierzyste NMI; (3) administracja i obsługa tej instytucji jest ograniczona do niezbędnego minimum (w sumie ok. 20 osób).

Można stąd wyciągnąć wniosek, że nie istnieje uniwersalny wzorzec finansowania instytutu metrologicznego, a kwestia preliminarza budżetowego nowego polskiego NMI powinna być rozpatrzona kompleksowo i realistycznie już na etapie założeń do ustawy.

Obecny projekt reformy metrologii w Polsce przewiduje znaczną redukcję sektora metrologii prawnej, zgodnie zresztą z trendem obserwowanym w innych krajach. Zaoszczędzone w ten sposób środki mają sfinansować przeprowadzenie reformy tak, aby była ona neutralna dla budżetu państwa [41]. Jeżeli planowana reforma ma nie być tylko rozsadą administracyjną połączoną z grupowymi zwolnieniami pracowników, to założenie bezkosztowego przeprowadzenia takiej reformy należy do kategorii myślenia życzeniowego.

W przypadku przeprowadzenia instytucjonalnej reformy metrologii w Polsce potrzeba dofinansowania nowego NMI wynika z (1) konieczności budowy programu naukowego i laboratoriów badawczych, obok istniejących obecnie laboratoriów wzorcujących; (2) konieczności rozwinięcia prac badawczo-rozwojowych na rzecz przemysłu, a w szczególności na potrzeby energetyki jądrowej oraz wyzwań wynikających z przystąpienia Polski do ESA; (3) konieczności zbudowania od podstaw metrologii w nowych dziedzi-

nach pomiarowych, takich jak metrologia nanostruktur, metrologia na potrzeby diagnostyki medycznej i metrologia biologicznie aktywnych związków organicznych (peptydów, hormonów, pestycydów), których szybki rozwój na świecie całkowicie przegapiono w GUM; (4) konieczności dofinansowania aktywnego uczestnictwa w gremiach międzynarodowych, w grupach roboczych i zadaniowych, konferencjach, seminariach i szkoleniach; oraz (5) konieczności rozwinięcia działalności wydawniczej i popularyzatorskiej.

Na dzisiejszym, zaawansowanym etapie przygotowań do reformy uderzający jest brak poważnego odniesienia do spraw pracowniczych. Zwolnienia grupowe to nie tylko dramat poszczególnych osób, ale również niebezpieczeństwo zaprzepaszczenia tzw. wiedzy instytucjonalnej, której nośnikiem jest nie tylko dokumentacja, ale przede wszystkim zespół pracowników. Masowe zwolnienia grupowe w instytucji państwowej dotyczą też kwestii lojalności: państwo ma prawo i obowiązek żądać lojalności swych obywateli i pracowników, ale zobowiązanie to jest wzajemne.

Projekt *Założeń* do nowej ustawy o miarach przeszedł już fazę konsultacji środowiskowych i ma stać się podstawą projektu ustawy, który opracują prawnicy z Rządowego Centrum Legislacji (RCL). Będzie to zadanie trudne, ponieważ projekt *Założeń* nie wyczerpuje tematu w sposób kompleksowy (mówiąc ogólnie – ma luki). Trudno zresztą wymagać od prawników z Ministerstwa Gospodarki erudycji w sprawach technicznych, w kwestii badań naukowych i organizacji instytutu badawczego, w dodatku tak specyficznego jak NMI; dla sfer administracji gospodarczej są to raczej złożone, peryferyjne zagadnienia techniczne. Najbardziej kompetentnym organem do przygotowania instytucjonalnej reformy metrologii w Polsce byłby GUM, ale trudno wymagać, by obecne kierownictwo tej instytucji pozytywnie włączyło się w nurt reformatorski, bo któż chciałby podcinać gałąź, na której siedzi.

Ministerstwo Gospodarki przymierza się do instytucjonalnej reformy metrologii w Polsce już co najmniej 7 lat, bez widocznego skutku. Obecny projekt *Założeń* do nowej ustawy o miarach [41] niewiele różni się od projektu z 2010 r. [43]. Harmonogram prac nad nową ustawą i termin ich finalizacji jest trudny do przewidzenia. Biorąc pod uwagę dotychczasowe tempo prac nad owym aktem prawnym, można mieć wątpliwości, czy ma on realne szanse na uchwalenie w bieżącej kadencji Parlamentu. Natomiast obecny stan zawieszenia formalnoprawnego centralnej instytucji metrologicznej w Polsce, tzn. sytuacja oczekiwania na Mesjasza lub na Sąd Ostateczny w postaci nowej ustawy (punkt widzenia zależy od piastowanego stanowiska), tylko konserwuje obecny merytoryczny i personalny stan rzeczy w GUM.

10. Dyskusja i podsumowanie

Metrologia jest ważnym ogniwem łączącym naukę podstawową z jej zastosowaniami w gospodarce, a w szczególności z sektorem zaawansowanych technologii. Wysoki po-

ziom metrologii oraz sprawne działanie instytucji metrologicznych jest również niezbędnym warunkiem prawidłowego funkcjonowania handlu detalicznego oraz handlu hurtowego surowcami, półfabrykatami i wyrobami wysoko przetworzonymi. Nieustannie rośnie zakres dziedzin, w których pomiary podlegają rygorom metrologii; w ostatnich latach reżim wymogów metrologicznych rozszerza się na medycynę, farmację, ochronę środowiska i bezpieczeństwo, czyli dziedziny o wielkim znaczeniu społecznym. Ponieważ jednak metrologia wymaga zaawansowanej wiedzy technicznej, to mimo powszechności jej zastosowań wielu uczestników życia gospodarczego i większość użytkowników metrologii nawet nie zdaje sobie sprawy z roli metrologii w gospodarce i w życiu codziennym.

Związek metrologii z gospodarką jest przykładem ogólniejszego zagadnienia zależności współczesnej gospodarki od nauki. W tym kontekście ciągle aktualne jest pytanie, jak zachęcić pracowników nauki do podejmowania trudnych problemów praktycznych, jakie napotyka przemysł. Ludziom nauki zwykle zarzuca się, iż zamykają się w „wieży z kości słoniowej”, gdzie w warunkach *splendid isolation* zajmują się nauką czystą, bez związku z praktyką gospodarczą. Z kolei środowiskom przemysłowym zarzuca się niską innowacyjność i niezdolność do szybkiej absorpcji osiągnięć nauki.

Oba zarzuty mają w sobie ziarno prawdy, ale w krajach najwyżej rozwiniętych technologicznie problem ten stopniowo maleje. Dzieje się to jednak inaczej, niż wyobrażali to sobie politycy gospodarczy minionej epoki: to nie naukowcy porzucili badania fundamentalne i zaczęli pracować na rzecz fabryk z dymiącymi kominami, ale wręcz odwrotnie: to technologie przemysłowe zbliżyły się tak bardzo do sfery badań podstawowych, że granice między nauką, technologią i przemysłem wytwórczym stały się umowne. W sektorze wysokich technologii zanikają różnice między badaniami fundamentalnymi a zastosowaniami i ich realizacją w postaci produktów rynkowych. W krajach wysoko rozwiniętych przejście z akademii do instytutu badawczego koncernu przemysłowo-handlowego lub biura konstrukcyjnego w przemyśle wysokich technologii nie stanowi już dramatycznej zmiany zawodowej. Zatrudnienie w laboratoriach pracujących na rzecz przemysłu przynosi zwykle nie tylko znaczny awans finansowy, ale daje również wysoki prestiż naukowy. Swobodny przepływ kadr naukowych między instytutami akademickimi i korporacjami gospodarczymi stanowi najbardziej efektywną metodę wymiany informacji między tymi organizacjami, ponieważ głównym nośnikiem wiedzy i idei nie jest papier czy medium cyfrowe, ale kompetentny człowiek.

Jedną z przyczyn, dla których najlepsi absolwenci wyższych uczelni chętnie podejmują pracę w laboratoriach wiodących koncernów technologicznych jest to, iż laboratoria takie są lepiej wyposażone niż pracownie uniwersyteckie, dysponują większymi środkami na badania, a pracownicy nie muszą tracić czasu na pogoń za grantami i na mitręgę biurokratyczną. Zacieranie się granic między nauką czystą i przemysłem *high-*

tech jest trendem niezależnym od regionu geograficznego i warto, by nasi decydenci poszukujący sposobów skłonienia polskich naukowców do zajęcia się zastosowaniami osiągnięć nauki w gospodarce rozważyli retoryczne pytanie: czy należy promować współpracę nauki z przemysłem przez równanie w dół czy w górę?

Współczesna nauka jest bardzo kosztowna i tylko nieliczne korporacje w dziedzinie wysokich technologii prowadzą samodzielne badania naukowe. Ogromna większość firm, nawet tych uważanych za duże, nie jest w stanie samodzielnie podołać temu wyzwaniu i ich laboratoria koncentrują się głównie na badaniach jakościowych i wdrożeniowych. Pod patronatem państwa można jednak tworzyć konsorcja naukowo-badawcze, których celem jest praca na rzecz przemysłu. W USA konsorcja w dziedzinie metrologii istnieją już ponad ćwierć wieku, a uczestniczą w nich uniwersytety, przedsiębiorstwa prywatne i NIST (NIST Hollings Manufacturing Extension Partnership [49]). W warunkach polskich, konsorcja takie mogłyby grupować (na zasadzie dobrowolności) instytuty PAN, instytuty akademickie, państwowe instytuty badawcze (samo Ministerstwo Gospodarki nadzoruje 52 takie placówki), nowy polski NMI oraz firmy przemysłowe; ich celem byłoby rozwijanie technologii na konkretne zapotrzebowanie przemysłu. Pierwsze nieśmiałe próby tego rodzaju już w Polsce istnieją.

Nasuwa się pytanie, czy dotowanie działalności naukowej na rzecz przedsiębiorstw nie stanowi naruszenia zasad wolnej konkurencji? Otóż nie: aktywność naukowo-badawczą wolno dotować z budżetu, a korzyści, jakie odnosi strona trzecia z wyników takich badań, są jedynie dowodem trafności wyboru priorytetów badawczych. Od przełomu lat 60. i 70. wiadomo, że wraz z koncentracją kapitału tzw. wolny rynek w tradycyjnym znaczeniu odszedł do lamusa (a raczej zachował się tylko w niszowych obszarach gospodarki). Na przykład w USA, gdzie kluczowe gałęzie gospodarki są opanowane przez oligopole, a środowiska opiniotwórcze (media) związane z korporacjami gospodarczymi i instytucjami finansowymi mają wpływ na makroekonomiczne decyzje rządu, trudno mówić o wolnym rynku w tradycyjnym rozumieniu tego pojęcia [50].

Na rynku globalnym, a szczególnie w Unii Europejskiej istnieją rygorystyczne (choć stosowane wybiórczo) reguły ograniczające wspieranie firm prywatnych środkami budżetowymi i zasady te są bezpardonowo używane do walki konkurencyjnej (*vide* likwidacja polskiego przemysłu stoczniowego). Dlatego cenna jest możliwość wykorzystania dozwolonych sposobów obejścia takich ograniczeń, np. przez dofinansowanie prac naukowych i badawczo-rozwojowych na rzecz przemysłu. Hojne finansowanie nauki w krajach najwyżej rozwiniętych technologicznie jest ważnym przykładem systemowego wspierania przez państwo rozwoju nowych technologii. Czas wziąć przykład ze sposobów działania, które okazały się skuteczne w innych krajach.

Transfer wiedzy od laboratoriów akademickich do przemysłu przyjmuje najrozmaitsze formy i wszelkie tego typu inicjatywy warto popierać. Na przykład, pewien

doktorant musiał samodzielnie wytwarzać płytki chromatograficzne. Ponieważ było to wówczas zagadnienie niszowe (nieopłacalne dla dużych korporacji), ale istniało zapotrzebowanie na rynku (pracownikom nauki szkoda czasu na wykonywanie żmudnych, rutynowych czynności), to doktorant ów rozpoczął produkcję płytek chromatograficznych w garażu na własny rachunek, dał ogłoszenie w prasie fachowej i w pierwszym roku działalności miał z tego tytułu przychody w wysokości 200 tys. USD; następnie wyszkolił i zatrudnił inną osobę, a sam kontynuował studia doktoranckie. Nie wiem, czy owa firma przetrwała do dziś, ale wiem, że początki pewnej wielkiej amerykańskiej firmy software'owej wyglądały podobnie.

Inna droga transferu wyników badań naukowych do gospodarki określana jest jako „spin-off”. Duże programy badań akademickich na ogół nie mają celu utylitarnego. Czasem jednak mają taki potencjał i pracownicy naukowcy oraz doktoranci podejmują ryzyko założenia własnej firmy w oparciu o wyniki swych badań. W ten sposób, w oparciu o potencjał badawczy Stanford University i University of California at Berkeley, powstała w okolicach San Jose Dolina Krzemowa, czyli klaster prywatnych firm wysokiej technologii. Taki scenariusz możliwy jest jednak tylko w środowisku, gdzie prowadzi się wszechstronne badania naukowe na światowym poziomie, a kredyt jest łatwo dostępny i nisko oprocentowany, czyli nie w Polsce.

Przed Polską stoją nowe wyzwania. W listopadzie 2012 r. Polska przystąpiła do Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA ze składką ok. 150 mln zł rocznie; aby decyzja ta była nie tylko kosztownym posunięciem prestiżowym, lecz otworzyła nowe perspektywy przed polską gospodarką, konieczne jest wsparcie krajowych firm wysokich technologii, ponieważ o własnych siłach nie staną się w przewidywalnym czasie konkurencyjne w stosunku do firm z krajów, które przez dziesięciolecia szczerze wspomagały rozwój zaawansowanych technologii. Innym wyzwaniem jest program rozwoju energetyki jądrowej w Polsce kosztem kilkudziesięciu miliardów zł. Polska nie rozporządza technologiami w tej dziedzinie i musi „skorzystać” z technologii rozwijanych w innych krajach (cudzośćów oznacza, że tak naprawdę, to korzyść odniosą przede wszystkim dysponenci technologii jądrowych). Aby ten stan rzeczy się nie utrwał, konieczne jest stworzenie programu badawczego w dziedzinach związanych z energetyką jądrową.

Pomyślny rozwój gospodarki jest w znacznym stopniu uwarunkowany przez długofalową politykę naukową sformułowaną i realizowaną przez rząd. Metrologia jest tą dziedziną wiedzy, która odgrywa kluczową rolę w gospodarce i wielu innych, wzajemnie ze sobą powiązanych obszarach aktywności społecznej. Zapóźnienie w tej dziedzinie wiedzy może mieć negatywny wpływ na innowacyjność naszego rodzimego przemysłu i osłabiać jego konkurencyjność w stosunku do firm zagranicznych, które mają swą bazę naukową i techniczną w krajach macierzystych. Przygotowywana przez Ministerstwo Gospodarki instytucjonalna reforma polskiej administracji miar, po ustaleniu założeń

do nowej ustawy, wchodzi obecnie w kolejną fazę legislacyjną. Celem planowanej reformy jest rozwój metrologii naukowej (*explicite*) i przemysłowej (*implicite*), jako wsparcie dla rozwoju gospodarczego kraju, a w szczególności dla przemysłu zaawansowanych technologii, ale realizacja tych zamierzeń w przewidywalnej przyszłości stoi pod znakiem zapytania.

Gospodarka jest niezwykle złożoną sferą odpowiedzialności państwa, zależną od ogromnej liczby czynników, często trudnych do ujęcia ilościowego; metrologia jest tylko jednym z nich. Dlatego państwo takie jak Polska, które nie ma mocy sprawczej w skali globalnej, musi uważnie obserwować i analizować wszystkie trendy pojawiające się w gospodarce europejskiej i światowej, aby móc działać z wyprzedzeniem w stosunku do rysujących się tendencji, bowiem taktyka dostosowywania się do faktów już dokonanych przez głównych graczy na rynku globalnym stawia polski przemysł i handel w niekorzystnej sytuacji, określanej niekiedy jako „niedoczas”.

Opinie przedstawione w tym artykule wyrażają poglądy autora, zaś ich zbieżność lub sprzeczność z przekonaniem innych osób lub instytucji jest przypadkowa.

Bibliografia

- [1] *Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach, tekst jednolity*, Dz. U. z 2013 r., poz. 1069.
- [2] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 15 lutego 2005 r. w sprawie jednolitości miar i dokładności pomiarów związanych z obronnością i bezpieczeństwem państwa*, Dz. U. z 2005 r., nr 37, poz. 328, z późniejszymi poprawkami i zmianami.
- [3] *Metric Convention*, US Metric Association website, 2013.
- [4] Quinn T.J., *A note on the role and operation of a national metrology institute, April 2007, revised May 2009*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2009.
- [5] *EURAMET and operation of the NMIs*, EURAMET Guide no. 10, 2008.
- [6] Howarth P., Redgrave F., *Metrology – in short*, EURAMET e. V., wyd. 3, 2008.
- [7] Lewandowski W., *Galileo, Copernicus, fontanny cezowe – to dopiero początek mojej walki o Polskę w Europie*, Zarządzenie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 24-28, 2013.
- [8] *Directory of Consultative Committees created by the CIPM*, BIPM website, 2013.
- [9] *The International System of Units (SI)*, wyd. 8, BIPM, Sèvres, 2006.
- [10] Recommendation 1 (CI-2005), *Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants*, BIPM website, 2013.
- [11] Resolution 1 of the 24th CGPM 2011, *On the possible future revision of the International System of Units, the SI*, BIPM website, 2013.
- [12] *Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes*, BIPM website, 2013.
- [13] Quinn T.J., *From artefacts to atoms. The BIPM and the search for ultimate measurement standards*, Oxford University Press, Oxford, 2012.
- [14] *Metre Convention – Member states and associates*, BIPM website, 2013.

- [15] Chyla W.T., *Krajowe instytuty metrologiczne w Europie i na świecie*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 62-73, 2013.
- [16] *Elements for a law on metrology*, International document OIML D1, Edition 2004 (E).
- [17] Wallard A.J., Magana J.F., *Rapprochement between the OIML and the BIPM, a report of the BIPM and BILM Directors, 22 February 2008*, BIPM website, 2013.
- [18] *Expert panel report EUR 25155, Interim evaluation of the European Metrology Research Programme (EMRP)*, Publications Office of the European Union, Luxemburg, 2012.
- [19] *Research EMRP, Data EURAMET is required to publish*, EURAMET website, 2013.
- [20] Skubis T., *Międzynarodowe projekty w obszarze metrologii – szansa dla środowiska metrologów i dla nowoczesnej gospodarki*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 116-118, 2013.
- [21] Duszyński J., Szumowski M., *Nauka w Polsce w obliczu nowej perspektywy finansowej UE 2014-2020 i nowego programu ramowego tej perspektywy – Horizon 2020*, Nauka, vol. 2/2012, str. 43-52, 2012.
- [22] Chyla W.T., *Projekt Avogadro (IAC) i redefinicja jednostki liczności materii*, Wiadomości Chemiczne, vol. 66, nr 7-8, str. 767-787, 2012.
- [23] *Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności*, Internetowy System Aktów Prawnych, tekst ujednolicony Dz. U. 2010, nr 138, poz. 935.
- [24] *Distribution of CMCs recorded in the KCDB. The BIPM key comparison database, KCDB*, BIPM website, 2013.
- [25] *Council Directive 92/59/EEC of 29 June 1992 on general product safety*, Official Journal of the European Communities no. L 228/24, 11.8.92, 1992.
- [26] *Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council of 3 December 2001 on general product safety*, Official Journal of European Communities L 11/4, 15.1. 2002, 2002.
- [27] *Product safety and market surveillance package, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee*, European Commission, Brussels, 13.2.2013 COM(2013) 74 final, 2013.
- [28] *Product safety and market surveillance package, Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council*, European Commission, Brussels, 13.2.2013 COM(2013) 75 final, 2013.
- [29] van Mullem C., *Risk oriented market surveillance for legal measuring*, Referat na CECIP 63rd General Assembly, 3 May 2013, Rotterdam, The Netherlands, 2013.
- [30] Cloutier Ph., *CECOD: the Committee of European Manufacturers of Petroleum Measuring and Distributing Equipment*, Referat na CECIP 63rd General Assembly, 3 May 2013, Rotterdam, The Netherlands, 2013.
- [31] Hanekuyk D., *Developments in legal metrology: Market surveillance, new legal framework and standardization*, Referat na CECIP 63rd General Assembly, 3 May 2013, Rotterdam, The Netherlands, 2013.
- [32] *Principles of metrological supervision*, International document OIML D9, Edition 2004 (E).
- [33] *Principles of assurance of metrological control*, International document OIML D16, Edition 2011 (E).
- [34] *Guidance for market control on prepackages for competent departments*, WELMEC 6.7, Issue 1, January 2008.
- [35] Rauszer Z., *Ustawa o miarach* (projekt), Warszawa, 1918.
- [36] Rauszer Z., *Pierwsze dziesięciolecie polskiej administracji miar i narzędzi mierniczych*, Warszawa, 1929.

- [37] Barański A., *Główny Urząd Miar na Elektoralej*, GUM, Warszawa, 2008.
- [38] Lewandowski W., *Raport i rekomendacja podzespołu ds. metrologii naukowej dla Ministerstwa Gospodarki*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 18 stycznia 2008.
- [39] Quinn T.J., *Report and recommendations on the institutional aspects of the development of metrology in Poland, 25 May 2009*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2009.
- [40] Kochsiek M., *Report and recommendations on the development of legal metrology in Poland*, Główny Urząd Miar, Warszawa, 2011.
- [41] Dobieszewski M., *Projekt założeń projektu ustawy – Prawo o Miarach*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2013.
- [42] Klenovsky P., *Istnieje niszowy rynek usług metrologicznych wysokiej jakości*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 47-56, 2013.
- [43] Dobieszewski M., *Założenia do projektu ustawy – Prawo o Miarach*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2010.
- [44] Dobieszewski M., *Projekt instytucjonalnej reformy polskiej metrologii*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 20-23, 2013.
- [45] *A strategy for the national measurement system 2010-2014. Investing for impact*, National Measurement Office, United Kingdom Department for Business, Innovation and Skills, 2009.
- [46] Szymaniec K., *NPL funkcjonuje na styku świata akademickiego i przemysłu*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 126-128, 2013.
- [47] *Debata metrologiczna*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 74-105, 2013.
- [48] Popowska J.M., *Na niwie administracji państwowej sukcesy przychodzą rzadko*, Zarządzanie Jakością, dodatek specjalny „Metrologia”, vol. 1/2013, str. 41-46, 2013.
- [49] Chyla W.T., *Geneza i współczesność NIST z odniesieniami do realiów funkcjonowania metrologii w Polsce*, Nauka, vol. 2/2012, 93-114, 2012.
- [50] Galbraith J.K., *The new industrial state*, 3rd ed., The New American Library, New York, 1978.

Metrology in modern global economy

This article presents the global metrological infrastructure, discusses significance of scientific, industrial and legal metrology for the development of modern economy and considers dilemmas of the institutional reform of metrology in Poland.

Key words: metrology, science and economy, globalization, ABT and TBT, market supervision, metrology in Poland

