

# OCHRONA ŚRODOWISKA

## POMIAR I WZORCOWANIE – MINIMALIZACJA KOSZTÓW I RYZYKA W METROLOGII PRZEMYSŁOWEJ I OCHRONIE ŚRODOWISKA

**Tomasz Bakoń, Roman Witkowski**

Institut Energetyki - Jednostka Badawczo-Rozwojowa, Warszawa

**Streszczenie.** *W artykule zawarto wskazówki, jak nie narażając wiarygodności wyniku pomiaru, zoptymalizować koszty pomiarów i wzorcowania sprzętu.*

**Słowa kluczowe:** pomiar, wzorcowanie, koszty

### Measurement and Calibration – Minimization of Cost and Risk in Industrial Metrology and Environment Protection

**Abstract.** *In this article authors present directions how, it is possible to make optim-costs of measurement and calibration without deterioration of measurement results reliability.*

**Keywords:** measurement, calibration, costs

Koszty pomiarów nie ograniczają się tylko do zakupu aparatury pomiarowej. Wiarygodne wykonanie pomiaru wymaga również nakładów na opracowanie procedur pomiarowych, wzorcowanie i konserwacje przyrządów, prowadzenie dokumentacji i zapisów oraz szkolenie personelu. Wyniki pomiarów dokonywanych w przemyśle i w ochronie środowiska muszą być wiarygodne, gdyż od nich zależy nie tylko jakość finalnego produktu, ale często również na ich podstawie podejmuje się decyzje, od których może zależeć bezpieczeństwo ludzi i zwierząt oraz działanie urzędów.

Wiarygodność pomiaru określa się przez jego niepewność w sposób weryfikowalny, czyli przyrządami pomiarowymi o możliwie dużej pewności, że ich wskazania są poprawne. Zwiększenie dokładności i zaufania do wyniku pomiaru obniża ryzyko błędu, ale pociąga za sobą zwiększenie kosztów.

#### 1. Minimalizacja ryzyka

Zadawalającą pewność co do wartości otrzymanego wyniku można osiągnąć zapewniając nadzór na każdym etapie prowadzenia pomiaru, a szczególnie poprzez:

- utrzymanie spójności pomiarowej,
- wykorzystanie procedur pomiarowych po ich walidacji<sup>1</sup>,
- przeszkolenie personelu prowadzącego pomiary,
- dbanie o dobry stan techniczny aparatury pomiarowej,
- wzorcowanie przyrządów pomiarowych,
- zapewnienie prawidłowego nadzoru nad sprzętem i dokumentacją.

*Spójność pomiarowa* to właściwość wyniku pomiaru lub wzorca jednostki miary polegająca na tym, że można je powiązać z państwowymi lub międzynarodowymi wzorcami jednostki miary, za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha porównań wszystkich z określonymi niepewnościami [8]. Spójność pomiarowa jest zapewniona, jeżeli pomiary w łańcuchu porównań są wykonywane przez laboratoria o potwierdzonych kompetencjach technicznych (w większości są to laboratoria akredytowane). Porównań dokonuje się najczęściej na drodze wzorcowania.

*Wzorcowanie* to czynności ustalające relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy a odpowiednimi wartościami wielkości fizycznych, realizowanymi przez wzorzec jednostki miary [12]. Wartości wzorców odniesienia znajdujące się w laboratoriach posiadających akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (PCA), w tym w Okręgowych Urzędach Miar, odnoszone są zwykle do polskich wzorców państwowych, które znajdują się w Głównym Urzędzie Miar (GUM) w Warszawie, Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu oraz Instytucie Energii Atomowej w Otwocku-Świerku [16]. Spójność polskich wzorców państwowych z wzorcami międzynarodowymi zapewnia się przez uczestnictwo w porównaniach międzynarodowych.

Certyfikat akredytacji potwierdzający, iż system zarządzania laboratorium jest zgodny z wymaganiami normy ISO/IEC 17025 [11] zapewnia, że użytkownik oddający swój przyrząd do dowolnego laboratorium akredytowanego przez jednego z sygnatariuszy European co-operation for Accreditation (EA) – w Polsce jest to PCA – ma pewność, że oddany przez niego do wzorcowania przyrząd ma właściwości metrologiczne przedstawione w świadectwie wzorcowania i że powinny one być tak samo zidentyfikowane niezależnie od laboratorium wzorcującego [4, 5]. W połowie grudnia 2009 r. 93 laboratoria wzorcujące i 945 laboratoriów badawczych posiadały akredytację PCA [19].

Odstępy pomiędzy wzorcowaniami wyposażenia pomiarowego powinny wahać się od kilku miesięcy do kilku lat. W szczególnych przypadkach należy uwzględnić konieczność dokonywania sprawdzeń przed każdym pomiarem. Wykonanie adiacji lub ewentualne stwierdzenie nieprawidłowości w przebiegu procesu produkcyjnego lub anomalia w zmierzonych danych środowiskowych powinny być przesłankami do wzorcowania odpowiedzialnych za pomiary w tym procesie przyrządów. Dokładniejsze informacje na temat doboru okresu wzorcowań często wykorzystywanych w monitorowaniu procesów przemysłowych i warunków środowiskowych przyrządów do pomiaru temperatury, wilgotności i ciśnienia można znaleźć w [1].

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia pomyłki podczas wykonywania pomiarów powinno się posiadać odpowiednio dobrane procedury regulujące sposób pobierania, transportowania, przechowywania próbek (obiektu), postępowania w trakcie pomiaru, szacowania jego niepewności oraz stosowania metod statystycznych do analizy danych. Instrukcje i procedury pomiarowe powinny być aktualne i łatwo dostępne dla personelu (szczególnie, gdy brak instrukcji mógłby powodować błędne wyniki). Aktualne powinny być instrukcje obsługi wyposażenia, przygotowania i obchodzenia się z obiektami badań/pomiarów, instrukcje lub procedury odstępstwa od metod (dopuszczalne tylko wtedy, gdy jest to technicznie uzasadnione, udokumentowane, zatwierdzone i zaakceptowane przez klienta).

Nawet najlepsze procedury pomiarowe, jeżeli nie są dokładnie znane użytkownikom nie zminimalizują dostatecznie ryzyka popełnienia błędu, dlatego nie należy ignorować i pomijać prowadzenia okresowych szkoleń personelu. Zaleca się szkolenie personelu nie tylko przy zmianach procedur, ale również szkolenia okresowe w celu praktycznego odświeżenia treści znanych już instrukcji, szczególnie gdy dane pomiary wykonywane są względnie rzadko. Jeżeli dany pomiar wykonuje więcej osób, warto również prowadzić badania biegłości polegające na porównaniu wyników pomiaru osiągniętych dla danego punktu pomiarowego przez różnych pracowników.

Przyrządy pomiarowe należą na ogół do urządzeń precyzyjnych, które wymagają odpowiedniego postępowania obsługi i dbałości, aby zachowywały należyłą sprawność techniczną, dlatego istotne jest, aby nie tylko samo przeprowadzenie pomiaru było nadzorowane, ale także postępowanie z wyposażeniem pomiaro-

<sup>1</sup> Walidacja - zgodność parametrów w dokumentacji technicznej przyrządów z uzyskanymi eksperymentalnie.

wym, sposób i warunki jego magazynowania, warunki pracy, konieczne do przeprowadzenia przeglądu itp. Wszystkie wyszczególnione tutaj działania wiążą się z prowadzeniem dokumentacji, która musi być również nadzorowana. Prowadzenie czytelnej, przejrzystej, ale nie nadmiernie rozbudowanej dokumentacji szczególnie przy większej liczbie urządzeń pomiarowych zmniejsza znacząco ryzyko posługiwania się przyrządami bez ważnego świadectwa wzorcowania, pozwala nadzorować historię sprzętu, zakres jego stosowania oraz minimalizować ilość błędów ze strony obsługi.

## 2. Metody pomiarowe i ich walidacja

Dobrze przygotowana procedura pomiarowa, uwzględniająca co najmniej: odpowiednie metody pomiarowe, wpływ czynników zewnętrznych na wynik pomiaru, kontrolę stanu technicznego urządzeń oraz nadzór nad dokumentacją zmniejsza ryzyko związane z błędami pomiarowymi i warto zainwestować czas oraz środki w jej rzetelne opracowanie, szczególnie tam, gdzie wynik pomiaru ma znaczący wpływ na wyrób finalny.

Należy preferować (chyba że jest to niewłaściwe albo niemożliwe) metody opublikowane w aktualnych normach międzynarodowych, regionalnych lub krajowych, przez renomowane organizacje techniczne, w renomowanych czasopiśmie naukowych lub przez producenta wyposażenia pomiarowego. Gdy to konieczne dla jednakowego stosowania normy czy przepisu metodycznego, należy uzupełnić go o dodatkowe szczegóły. Również na stronach internetowych służb metrologicznych można znaleźć opisy częściowej stosowanych metod pomiarowych i wzorcowania, np.: [14, 15, 17, 18]. Metody opracowane lub zaadaptowane przez siebie można wykorzystywać, jeżeli są odpowiednio do przewidywanego zastosowania i zostały zwalidowane.

Walidacja to działanie mające na celu potwierdzenie w sposób udokumentowany i zgodny z założeniami, że procedury, procesy, urządzenia, materiały, czynności i systemy rzeczywiście prowadzą do zaplanowanych wyników. Jeżeli nastąpi zmiana metody, potwierdzenie należy powtórzyć.

Przed zastosowaniem nowych metod pomiarowych zaleca się opracować procedury (instrukcje) zawierające co najmniej:

- właściwą identyfikację metody;
- zakres stosowania;
- opis rodzaju badanych obiektów;
- badane parametry i zakresy;
- aparaturę, wyposażenie, wymagane parametry techniczne;
- wymagane wzorce i materiały odniesienia;
- wymagane warunki środowiska i okres stabilizowania;
- opis postępowania: nanoszenie znaków, transport, przechowywanie i przygotowywanie próbek;
- sprawdzenia wykonywane przed rozpoczęciem pracy albo, gdy to konieczne, przed każdym użyciem metody;
- metodykę zapisywania wyników i obserwacji;
- środki bezpieczeństwa;
- kryteria przyjęcia lub odrzucenia;
- dane, które należy zarejestrować oraz metodę ich analizy i prezentacji;
- niepewność lub sposób szacowania niepewności.

Nie jest konieczne walidowanie wszystkich metod pomiarowych; aby ograniczyć nakład czasu i kosztów do niezbędnego minimum wskazane jest poddać walidacji:

- metody nieznormalizowane, opracowane lub rozwijane przez laboratorium;
- metody znormalizowane – stosowane poza zakresem normalizacji, albo po rozszerzeniu lub zmodyfikowaniu zakresu stosowania;
- metody już wcześniej zwalidowane, po zmianie albo modyfikacji procedury – należy udokumentować wpływ zmian metodycznych i w miarę potrzeby wykonać ponowną walidację;

Stosowanie metod już sprawdzonych zmniejsza zatem koszty ich walidacji w stosunku do metod nowo opracowanych.

Walidacja powinna być na tyle obszerna, na ile jest to konieczne dla przyjętych zastosowań i zakresów zastosowań metody. Należy zapisać procedurę zastosowaną do walidacji, wyniki walidacji i stwierdzenia o przydatności do zamierzonych zastosowań.

Zaleca się wykorzystywać podczas walidacji następujące techniki i ich kombinacje:

- wzorcowanie przy wykorzystaniu wzorców lub materiałów odniesienia;
  - porównywanie wyników uzyskiwanych różnymi metodami;
  - wyniki porównań międzylaboratoryjnych;
  - systematyczną ocenę czynników wpływających na wynik;
  - ocenę niepewności wyników opartą na naukowym rozumieniu teoretycznych podstaw metody i praktycznym doświadczeniu;
- Walidacja powinna obejmować co najmniej następujące parametry metody:
- zakres i niepewność: granicy wykrywalności i oznaczalności,
  - selektywność i specyficzność,
  - liniowość,
  - powtarzalność,
  - odtwarzalność,
  - odporność na czynniki zewnętrzne,
  - odporność na zakłócenia, określoną dla zamierzonego zakresu zastosowań.

Zaleca się, aby w miarę rozwoju metody dokonywać przeglądu czy wymagania są nadal spełniane. Walidacja jest kompromisem między kosztami, ryzykiem i możliwościami technicznymi i istnieje wiele przypadków, gdy ww. parametry mogą być podane tylko w sposób uproszczony ze względu na brak informacji.

Walidacja powinna też dotyczyć nie tylko samego pomiaru, ale także pobierania, transportu i przygotowania próbek (obiektów), itp.

Jeżeli pomiary prowadzone są na zlecenie klienta, powinien on być poinformowany o wybranej metodzie i ją zaakceptować. W przypadku stosowania metod nieznormalizowanych ustalenia powinny zawierać: cel, wymagania klienta oraz uzgodnienia dokonane z klientem. Ewentualny klient powinien zostać poinformowany, gdy proponowaną przez niego metodę uznano za niewłaściwą lub przestarzałą.

Oszacowanie niepewności pomiaru jest dla wzorcowań niezbędne, dla badań na tyle konieczne, na ile możliwe. Należy uwzględnić wszystkie składniki niepewności, jakie są istotne w określonym zakresie zastosowań metody i wykorzystywać odpowiednie metody analizy. Podczas analizy czynników wpływających na niepewność pomiaru warto przygotować bardziej obszerny budżet niepewności i dopiero po wyznaczeniu wartości czynników niewiele znaczące składowe eliminować. Nie powinno się zakładać bez choćby ogólnego oszacowania, że jakiś czynnik nie wpływa na wartość niepewności pomiaru. Szczegółowe zalecenia dotyczące wyznaczania niepewności pomiaru zawarto w dokumencie EA-4/02 [6].

Główne źródła składowych niepewności to:

- niepewność stosowanych wzorców i materiałów odniesienia;
- podejmowane sposoby postępowania;
- zastosowane wyposażenie;
- warunki środowiskowe;
- właściwości i stan badanych obiektów – w tym niepewność właściwości próbki;
- postępowanie i umiejętności wykonawcy badań.

Stopień dokładności szacowania niepewności pomiaru zależy m.in. od wymagań przypisanych metodzie, wymagań klienta, szerokości granic dotyczących zgodności ze specyfikacją. W ocenie czy dany wynik pomiaru odpowiada zgodności ze specyfikacją wskazane jest stosowanie dokumentu ILAC-G8 [7].

Dokładne oszacowanie możliwej do uzyskania niepewności może mieć wpływ na dobór aparatury pomiarowej, ograniczając koszty w przypadkach, gdy jakiś czynnik zewnętrzny powiększa niepewność w stopniu, którego nie zrównoważy się zastosowaniem dokładniejszych (zwykle droższych) urządzeń pomiarowych.

## 3. Optymalizacja kosztów pomiarów

Zmniejszenie kosztów pomiarów osiąga się m.in. poprzez:

- odpowiedni dobór aparatury pomiarowej do wyznaczonej jej funkcji pomiarowej – (niekupowanie sprzętu o zbyt dobrych parametrach metrologicznych w stosunku do przewidywanego zastosowania);
- optymalizację kosztów wzorcowania aparatury pomiarowej poprzez rzetelne sporządzenie harmonogramu wzorcowań i sprawdzeń okresowych dostosowanych do rzeczywistych właściwości mierzonego procesu i posiadanego sprzętu;
- zastosowanie odpowiednich dla danej firmy i procesu proporcji

między automatyzacją a czynnikiem ludzkim w łańcuchu pomiarowym;

- prowadzenie bieżącego nadzoru nad pomiarami i dokumentacją zapewniającego bezwzględną eliminację powstałych ewentualnych nieprawidłowości;
- posiadanie procedur przewidujących działania w sytuacjach kryzysowych i awaryjnych.

Firmy, szczególnie w dobie kryzysu gospodarczego, są zmuszone do ciągłego poszukiwania oszczędności. Kontrola aparatury pomiarowej powinna odbywać się z jednej strony względnie często, aby mieć możliwość dużą pewność, że wskazania przyrządów są poprawne, z drugiej zaś strony należy brać pod uwagę koszty wzorcowania.

System zarządzania jakością narzuca, aby sprzęt pomiarowy były okresowo kontrolowany, przy czym pozostawia użytkownikowi dobór okresów między poszczególnymi wzorcowaniami [9]. Dla niektórych rodzajów przyrządów pomiarowych lub ich specyficznych zastosowań, istnieje określony prawem (konieczny do przestrzegania) czas ponownego wzorcowania lub obowiązek legalizacji [13]. Może on też być zawarty w szczegółowych rozporządzeniach branżowych. W pozostałych przypadkach użytkownik powinien dokonać analizy, aby koszty wzorcowania ograniczyć do minimum zapewniającego pożądany poziom bezpieczeństwa wiarygodności pomiaru.

Wzorcowania powinno dokonywać laboratorium posiadające potwierdzone kompetencje techniczne, czyli w przeważającej większości przypadków powinno się odbywać w GUM lub w akredytowanym laboratorium wzorcującym. Użytkownik może przekazać do wzorcowania jeden dokładniejszy przyrząd (swoją wzorzec odniesienia), a kolejne przyrządy wzorcować we własnym zakresie, odnosząc wskazania do swego wzorca odniesienia.

Przy takim założeniu realizacji wzorcowań własnego wyposażenia pomiarowego należy uwzględnić wszystkie wiążące się z tym koszty, w tym wynagrodzenie personelu, koszty opracowania i zwalidowania procedur, potwierdzenia kompetencji personelu, jeśli zachodzi taka potrzeba, bo wiąże się to z uczestnictwem w kosztownych szkoleniach. Dokładna analiza często prowadzi do wniosku, że zlecenie wzorcowania laboratorium akredytowanemu, po uwzględnieniu wszystkich kosztów rzeczowych i osobowych, jest tańsze niż dokonywanie go we własnym zakresie.

Należy również pamiętać, iż niezależnie od wykonywanych wzorcowań trzeba dokonywać sprawdzeń okresowych – aby utrzymać zaufanie co do statusu wzorcowanego wyposażenia. Jest to obok wzorcowań dodatkowe sprawdzenie przyrządów, które podlegają kontroli parametrów metrologicznych. Jeżeli przy wzorcowaniu przyrządu zaleca się, aby był on sprawdzony w miarę możliwości w całym wykorzystywanym przez użytkownika zakresie, to przy sprawdzaniach okresowych, które wykonuje się pomiędzy wzorcowaniami, można ograniczyć się np. do jednego punktu pomiarowego, który w sposób uproszczony szybko zweryfikuje poprawność wskazań przyrządów. Jeżeli użytkownik nie posiada własnego wzorca odniesienia, może dokonać sprawdzenia okresowego pomiędzy wzorcowaniami poprzez porównanie wskazań co najmniej dwóch przyrządów dla tej samej wartości mierzonej. Odczyty należy dokonywać w stanie ustalonym uwzględniając stałe czasowe przyrządów i ustanowić jednoznaczne kryteria oceny uzyskiwanych wyników.

Przyrząd pomiarowy może dokonywać pomiaru dwóch lub więcej wielkości jednocześnie. W takim przypadku można wyznaczyć w harmonogramie niezależnie okresy wzorcowań dla każdej mierzonej wielkości, nie wydając każdorazowo środków na wzorcowanie zakresów, których specyfikacja nie wymaga tak częstych sprawdzeń. Przyrządy pomiarowe mierzące różne wielkości fizyczne mają inne parametry metrologiczne, w tym stabilność długo-terminową wskazań.

Dla przyrządu składającego się np. czujnika z panelem odczytowym wskazane jest łączne wzorcowanie zestawu, jeżeli jego elementy są przeznaczone do stałej współpracy. Odstępy między wzorcowaniami powinno się tu dobierać, uwzględniając parametry najslabszego ogniwa w łańcuchu pomiarowym.

Niejednokrotnie wymontowanie przyrządu lub czujnika jest bardzo trudne, czasochłonne i co za tym idzie, kosztowne albo wręcz niemożliwe do wykonania. W takich sytuacjach stosuje się również wzorcowanie lub walidację w miejscu pracy urządzenia. To często

spotykana praktyka na liniach przemysłowych i dla przyrządów o większych gabarytach, np. suszarek, pieców lub komór klimatycznych i ciśnieniowych. Sprawdzenia takiego można dokonać z wykorzystaniem własnej komórki metrologicznej [10], posiadającej odpowiednio wywzorcowany przyrząd pomiarowy, określoną procedurę, przeszkolony i o potwierdzonych kompetencjach personel. Można je również zlecić akredytowanemu laboratorium wzorcującemu akredytowanemu do wykonywania pomiarów poza własną siedzibą jak np. Laboratorium Aparatury Pomiarowej Instytutu Energetyki [3]. Możliwość wzorcowania na obiektach jest szczególnie wygodna w przypadku posiadania większej liczby urządzeń pomiarowych. Głównymi czynnikami wpływającymi na częstość wykonywania wzorcowań przyrządów pomiarowych powinny być:

- uwarunkowania legislacyjne – jako nadrzędne;
- zastosowanie przyrządu pomiarowego (im ewentualny błąd pomiaru mierzonej przez niego wielkości może powodować większe straty, tym częściej przyrząd należy kontrolować);
- niepewność, z jaką dokonywany jest pomiar (im niepewność pomiaru jest mniejsza, tym częstsze powinno być wzorcowanie lub sprawdzanie, gdyż zewnętrzne czynniki mają względnie większy wpływ na niepewność dokonywanego pomiaru);
- jakość samego przyrządu względem wielkości, które mierzy (im przyrząd dokładniejszy, a wymagania stawiane pomiarowi mniejsze, tym rzadziej można wzorcować);
- historia przyrządu (jeżeli istnieje możliwość określenia dryftu i zmian wskazań oraz są one przewidywalne, a najlepiej stałe i niewielkie, to wzorcowanie może być prowadzone rzadziej, zaleca się nowe przyrządy wzorcować częściej, aby upewnić się, czy producent poddał je odpowiedniemu procesowi starzenia;
- możliwość prowadzenia okresowych sprawdzeń wewnętrznych (jeżeli są prowadzone częste sprawdzenia okresowe przez użytkownika i jest on w stanie kontrolować w sposób weryfikowalny poprawność wskazań swojego wyposażenia, to oddawanie sprzętu do zewnętrznych laboratoriów akredytowanych może być stosowane rzadziej);
- posiadane możliwości finansowe (należy brać też pod uwagę koszty wzorcowania, aby zapewniać ciągłość wzorcowań sprzętu, nie można jednak ograniczyć liczby wzorcowanych przyrządów poniżej granicy bezpieczeństwa produkcji).

W przypadku wątpliwości, jak należy dobierać okres między kolejnymi wzorcowaniami, lepiej wybrać okres krótszy i wydłużać go w miarę potwierdzania pozytywnymi wynikami wzorcowania niż zacząć od okresu za długiego dla którego użytkownik nie ma pewności czy wskazania przyrządu nie zmieniły się.

W celu identyfikacji tych czasokresów, jeśli jest to możliwe, warto na przyrządach dać etykiety z informacją o dacie ostatniego wzorcowania i dacie lub o kryterium ponownego wzorcowania.

#### 4. Nadzór nad wynikami pomiarów

Obliczenia i przenoszenia danych pomiarowych powinny być przedmiotem systematycznych sprawdzeń. W przypadku korzystania z oprogramowania komputerowego lub sprzętu zautomatyzowanego do zbierania, przetwarzania, zapisywania, sprawozdawania, przechowywania lub wyszukiwania danych, powinno się zapewnić, że:

- oprogramowanie opracowane przez użytkownika jest dostatecznie szczegółowo udokumentowane i zwalidowane jako przydatne do użytku;
- ustanowiono i wdrożono procedury dotyczące ochrony danych (integralność, poufność);
- warunki eksploatacji sprzętu gwarantują właściwe działanie i utrzymywanie integralności danych dotyczących pomiarów, badań lub wzorcowań.

Oprogramowanie zakupione, np. edytory, bazy danych, arkusze kalkulacyjne, programy statystyczne, uważa się za wystarczająco zwalidowane, ale konfiguracje i modyfikacje wykonane samodzielnie należy walidować.

Trzeba posiadać procedurę zawierającą zasady identyfikacji, gromadzenia, dostępu, przechowywania oraz niszczenia zapisów dotyczących jakości i zapisów technicznych, a także zapewniającą konsekwentne wykonywanie zapisów oraz ich czytelność, aktualność, autoryzację, kompletność informacyjną, niezmienność danych

pierwotnych, poufność, dostęp do danych, ich uporządkowanie oraz wprowadzanie zmian do zapisów (np. parafowanie poprawek na zapiskach).

Zapisy techniczne powinny dotyczyć co najmniej: wzorcowań i sprawdzeń, napraw, poboru próbek, wykonanych pomiarów, otrzymanych wyników, sformułowanych wniosków, odchyleń, które miały miejsce itp.

Zapisy powinny umożliwić identyfikację wykonawców i utworzenie procesu pomiarowego dokładnie w sposób, w jaki je wykonano, a także upewnić o poprawności postępowania. Powinno się też wykonywać je na bieżąco w chwili działań, czynności, uzgodnień itp. Zapisy na nośnikach elektronicznych należy zabezpieczyć przed utratą, zmianą lub naruszeniem poufności.

Zapisy powinno się ograniczyć do niezbędnego minimum, gdyż ich prowadzenie generuje koszty i „odciąga” personel od wykonywania innych czynności.

## 5. Podsumowanie

Aby prowadzić wiarygodne pomiary i zapewnić spójność pomiarową, należy korzystać z usług laboratoriów wzorcujących o potwierdzonych kompetencjach technicznych – np. GUM, laboratoria akredytowane, mieć zwalidowane procedury pomiarowe oraz prowadzić zapisy z własnych pomiarów. Należy rozważyć jakie czynności pomiarowe można wykonać we własnym zakresie i czy po uwzględnieniu wszystkich kosztów jest to opłacalne w porównaniu do zlecenia ich laboratorium akredytowanemu oraz jakie wzorcowania trzeba koniecznie zlecić laboratorium zewnętrznemu. Przy opracowaniu harmonogramu wzorcowań oraz harmonogramu sprawdzeń okresowych sprzętu pomiarowego należy wziąć pod uwagę wiele czynników stanowiących o pracy danego przyrządu, w tym zlecać tylko wzorcowanie zakresów użytkowanych, aby sprawdzenie przyrządu gwarantowało żądany poziom bezpieczeństwa pomiaru przy minimalnych kosztach.

Przy każdej adiustacji sprzętu pomiarowego lub po wykryciu nieprawidłowości wskazane jest przeprowadzenie wzorcowania.

Aktualny wykaz jednostek posiadających akredytację w Polsce znajduje się na stronie internetowej PCA [19]. Świadczenia wzorcowania wydane przez posiadacza akredytacji jednego z sygnatariuszy EA są ważne w każdym kraju, który podpisał porozumienie EA (UE, EFTA i kilka innych krajów).

Nie można zapominać o szkoleniu personelu.

Konieczną dokumentację i zapisy należy ograniczać do niezbędnego minimum.

## Literatura

- [1] Bakoń T.: Czynniki wpływające na częstość wzorcowań przyrządów do pomiaru temperatury, wilgotności i ciśnienia, PAKGOŚ 04/2009.

- [2] Kamiński M.: *Metody analizy technicznej – cz. 1 Systemy zapewnienia jakości*, Materiał pomocniczy dla studentów, Politechnika Gdańska, Wydział Chemii.
- [3] *AP 013 Zakres akredytacji Laboratorium Aparatury Pomiarowej Instytutu Energetyki*, www.iem.com.pl.
- [4] *DA-06 Polityka Polskiego Centrum Akredytacji dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej*, PCA 2007.
- [5] *EA-1/06 Wielostronne porozumienie EA (Multilateral Agreement rev. 06)*, 2009, tłumaczenie PCA 2009.
- [6] *EA-4/02 Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu*, 1999, tłumaczenie GUM 2001.
- [7] *ILAC-G8:03/2009 Wytyczne o przedstawianiu zgodności ze specyfikacją*
- [8] *Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii*, Główny Urząd Miar, Warszawa 1996.
- [9] PN-EN ISO 9001:2009+AC:2009 Systemy zarządzania jakością – Wymagania
- [10] PN-EN ISO 10012:2004 Systemy zarządzania pomiarami – Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego.
- [11] PN-EN ISO/IEC 17025:2005+Ap1:2007 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [12] *Prawo o miarach*, Ustawa z dnia 11 maja 2001 r., Dz. U. z 2004 r. nr 243, poz. 2441 z późniejszymi zmianami.
- [13] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych z dnia 7 stycznia 2008 r. (Dz. U. nr 5, poz. 29).
- [14] www.dkd.eu
- [15] www.euramet.org
- [16] www.gum.gov.pl
- [17] www.ilac.org
- [18] www.nist.gov
- [19] www.pca.gov.pl



**Dr inż. Tomasz BAKOŃ**

*E-mail: tomasz.bakon@ien.com.pl*

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Uzyskał doktorat Wydziału Elektrotechniki i Technik Informatycznych Uniwersytetu Ruhry w Bochum (Niemcy). W latach 2000–2003 inżynier, a od 2009 r. adiunkt w Instytucie Energetyki w Warszawie. W latach 2003–2008 pracownik naukowy Uniwersytetu Ruhry w Bochum. Za-interesowania: miernictwo i systemy pomiarowe, energoelektronika, jakość energii, odnawialne źródła energii, zarządzanie jakością.



**Mgr inż. Roman WITKOWSKI**

*E-mail: roman.witkowski@ien.com.pl*

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Uczestnik kilkudziesięciu szkoleń specjalistycznych w zakresie oceny systemów zarządzania zgodnych z wymaganiami normy ISO 17025 i ISO 9001. Po ukończeniu studiów w 1997 roku podjął pracę w Instytucie Energetyki w Warszawie, obecnie kierownik Laboratorium Aparatury Pomiarowej. Członek klubu POLLAB. Zainteresowania: systemy pomiarowe, pomiary przemysłowe, wzorcowanie, zarządzanie jakością.

## IMPREZY SPECJALISTYCZNE CONGRESSES, SEMINARS, CONFERENCES, FAIRS

### IMEKO TC 19 Environmental Measurements

#### 3<sup>rd</sup> IMEKO TC19 Symposium

*"Instrumentation for the Information and Communication Technology Era"*

Košice, SLOVAKIA, September 8-10, 2010

23-26 listopada 2010 Poznań

**POLEKO 2010**

**Międzynarodowe Targi Ochrony Środowiska**