

Jednostki miar

Początki

Mierzenie i ważenie to bez wątpienia jedno z najwcześniejszych odkryć człowieka, które pojawiły się w początkach cywilizacji i od najdawniejszych czasów są wykorzystywane dla zaspokojenia potrzeb jednostek i społeczeństw. Ze względu na rozwój wymiany dóbr bardzo wcześnie zapewne pojawił się postulat rzetelności stosowanych miar i wag. Można przypuszczać, że jego ubocznym, ale bardzo ważnym efektem było zrozumienie znaczenia wymogu jednolitości miar.

Potrzebę miary „jednakowej dla wszystkich”, czyli – w domyśle – rzetelnej i na tyle wygodnej w stosowaniu, żeby nie zachodziło ryzyko nie dających się akceptować pomyłek lub nieporozumień, dostrzegano od wielu wieków. Próby zaspokojenia tej potrzeby są tak stare jak cywilizacja, podobnie jak koncepcja wzorca pomiarowego (miary lub jednostki miary).

Wśród najstarszych zachowanych śladów w tej dziedzinie jest – znaleziony w 1916 r. podczas wykopalisk w starożytnym Nippur – przedmiot rozpoznany jako wzorzec pomiarowy. Przypuszczalnie jest to wzorzec sumeryjskiej jednostki miary długości, odpowiadającej znanemu z wielu kultur łokciami. Datowany jest na 2650 r. p.n.e., a jego długość wynosi ok. 51,86 cm. Jeżeli datowanie jest poprawne, to może być on uważany za najstarszy zachowany wzorzec jednostki miary. Najzupełniej uprawnione jest przypuszczenie, że miał on swoich „przodków” w dużo bardziej odległej przeszłości. Zanim doszło do ustanowienia wzorca jednostki miary przez organizm państwowy przodujący cywilizacyjnie i politycznie na rozległych terenach Międzyrzecza i równie rozległych krainach przyległych, mierzenie, podstawowe pojęcia miary i jednostki miary, jak też matematyczne podstawy niezbędne do obliczania wyniku pomiaru musiały być już dobrze rozwinięte. Także wiedza na ten temat musiała być powszechna w kręgach na tyle szerokich, że jakaś ówczesna instytucja, zapewne państwowa, zechciała i była w stanie podjąć skuteczne „działania wdrażające”, których

ślady i pamięć przetrwały do naszych czasów. Trudno zresztą wyobrazić sobie, żeby Sumerycy, po których zostały tak zaawansowane zabytki jak podręczniki matematyki (zapisane na tabliczkach glinianych), nie wpadli w międzyczasie na pomysł wzorca jednostki miary i „czekali” z tym aż do wspomnianego XXVII w. p.n.e. Najwcześniejsze, z kolei, zachowane dowody użycia znormalizowanej miary pochodzą ze starożytnego Egiptu. Potwierdzone ślady stosowania łokcia królewskiego pochodzą, z czasów panowania faraona Dżera (trzeci władca pierwszej dynastii, ok. 3000 r. p.n.e.), a także z okresu Starego Państwa z czasów panowania faraona Dżosera ok. 2700 r. p.n.e. (oprócz łokcia królewskiego istniał również łokieć krótki, ale to już odrębna historia).

Po upływie kilku tysięcy lat

Trudno byłoby policzyć, ile razy na przestrzeni tysięcy lat ustanawiano jednostki miar, ale byłaby to z pewnością liczba ogromna. Wiele takich działań wyglądało zapewne identycznie. Problemem, który za każdym razem musiano rozwiązać, było znalezienie dogodnej miary. Naturalnym odruchem musiało być wykorzystanie w charakterze narzędzia pomiarowego ludzkiego ciała. Była to miara dostępna zawsze, pewna, a poza tym dostarczająca intuicyjnie zrozumiałej informacji. Stąd na całym świecie i we wszystkich epokach pojawiają się miary „anatomiczne”: łokieć, palec, cztery palce, dłoń, pięść, stopa, sążeń. Do odmierzania odległości wygodną i pewną miarą były kroki, czy nawet lepsze chyba od nich – podwójne kroki; interesująca jest w tym kontekście historia mili. Nazwa tej jednostki miary pochodzi od łacińskiego „mille”, czyli „tysiąc”, albowiem zawierała ona tysiąc „podwójnych kroków”. Wg naszego rozumienia można ją więc uważać za dziesiętną wielokrotność jednostki jaką był ów „podwójny krok” (łac. „passus”). Szczególną „miarą”, której używano do określania odległości, był czas potrzebny na jej przebycie.

O przydatności i użyteczności miar decydowała zawsze – jak i dzisiaj – praktyka wynikająca z zastosowań i... rozległości obszaru, na jakim miara była stosowana. W dawnych czasach istnienie „lokalnych miar” nie było takim mankamentem, jakim z pewnością byłoby dzisiaj. Społeczności żyły – jeśli tak można powiedzieć – każda swoim życiem. Przez to m.in. znamy wiele rodzajów łokci, i w starożytności, i w średniowieczu, i później, co nie sprzyjało ani rzetelności, ani dokładności, ani jednolitości miar. Co pewien czas, przy okazji integracji lub przebudowy organizmów państwowych, podejmowano próby uporządkowania dziedziny miar. Niektóre z tych prób przeszły do legendy ze względu na oryginalny sposób realizacji.

Chętnie przytaczany bywa przykład znanego z bezwzględności, ale i uczoności, króla Anglii Henryka I, który jakoby ustalił długość jarda jako odległość czubka palca (niektóre źródła mówią, że kciuka) wyciągniętej ręki królewskiej od czubka królewskiego nosa. Czy tak jednak było naprawdę?

Angielska literatura tematu omawia tę kwestię dużo bardziej ostrożnie. Wiedza o tym, co miał zrobić Henryk I, zawarta jest w jednej linijce tekstu dzieła pt. „Gesta Regum Anglorum” (1125 r.), którego autorem był William z Malmesbury. Wspomina on co prawda o długości ręki królewskiej, ale nic nie pisze o czubku nosa. Ten szczegół dodano ponad 100 lat później. Sam William miał w 1101 r. zaledwie 6 lub 7 lat, więc wzmianka o rzekomym sposobie ustalenia

długości jarda dotarła do niego za czyimś pośrednictwem (*notabene* był on nieco młodszy niż Gall Anonim. O naszym kronikarzu wiadomo, że był znakomitym pisarzem, autorem zapewne większej liczby dzieł i świetnym stylistą. Jednak do szczegółów, o których pisze, podchodzimy z większą rezerwą). Niezależnie od tego, jak rzecz się miała, faktem jest, że Henryk przeprowadził reformę pod kątem „uzdrowienia” miar. Reformę zresztą przeprowadził za swego panowania wiele. Z drugiej jednak strony warto też pamiętać, że jego sławny ojciec Wilhelm Zdobywca po wstąpieniu na tron nakazał w odniesieniu do miar i wag przestrzegać prawa bez zmian, „tak jak je ustanowili nasi czcigodni poprzednicy”.

Podobno reforma Henryka I nie przyniosła skutków, jakich się spodziewano, ale nie wypada nam jej oceniać, bo i u nas różnie bywało. Burzliwe dzieje Korony przyczyniły się do tego, że w użyciu było wiele miar. Jeśli chodzi o wspomniany łokieć, to używano m.in.: krakowskiego, chełmińskiego, warszawskiego, poznańskiego, litewskiego, lubelskiego, podlaskiego, toruńskiego, plockiego, piotrkowskiego, sochaczewskiego, łęczyckiego, gdańskiego, jak też „zagranicznych” – frankońskiego, flamandzkiego, kalenberskiego i – swego czasu – śląskiego i wrocławskiego. Dopiero ustawa sejmowa z 1565 r. wprowadziła trochę ładu w tym swoistym pluralizmie.

Rozwój cywilizacyjny wymuszał jednak z czasem wdrożenie „jednej miary”. Następowало to poprzez „uwspólnienie” jednej ze zbioru podobnych miar. Np. przyjmowano pewną ze znanych długości łokcia za obowiązującą miarę, tworzono jej wzorzec materialny i umieszczano w wybranym miejscu, gdzie każdy mógł sprawdzić, czy jego miara była taka sama jak obowiązująca. Sprawdzanie stawało się koniecznością, bo o pomyłkę było łatwo, gdy np. dwie miary różniły się niewiele. Hamburg i Lubeka – znane z historii jako zamożne miasta „kupieckie” – nie są zbyt oddalone od siebie (ok. 68 km), ale łokieć hamburski liczył 57,3 cm, a łokieć lubecki 57,7 cm. Z drugiej strony, w drugiej połowie XIX w., kiedy napęd parowy i sieć kolei „skróciły w Europie odległości” dokuczliwym stało się, że np. łokieć berliński (w Prusach przed 1872 r.) liczył 66,7 cm, a łokieć wiedeński (w Austrii przed 1876 r.) miał już 77,9 cm.

Warto popatrzeć, jak wyglądało to doskonalenie systemu miar w Polsce, która i w przeszłości była rozległym krajem, o rozwiniętym rzemiośle i liczących się: produkcji rolniczej, wydobywaniu minerałów oraz handlu pochodzącymi z nich dobrami. Ciekawy jest w tym kontekście XVIII wiek. W epoce zwanej stanisławowską nastąpiło coś, co można by nazwać porządkowaniem państwa i restytucją jego instytucji. Uporządkowano więc także miary i wagi. Wśród miar, które dziś nazywa się w literaturze staropolskimi (choć mówimy o latach 1764–1818, więc określenie „staropolskie” niesie chyba ze sobą więcej emocji niż treści) znalazły się: łokieć koronny (= 2 stopy = 24 cale = 59,55 cm), łokieć litewski (= 2 stopy = 24 cale = 65,0 cm), łokieć nowochełmiński (= 58,6 cm). Litwini mieli więc, jak widać, dłuższe łokcie i, co wydaje się logiczne, dłuższe stopy, a także cale.

Wspomniane działania reformatorskie miały charakter administracyjny. Bazowały na wiedzy podstawowej i nie wprowadzały istotnych ulepszeń technicznych. W 1834 r. Edward Massalski zauważył: „Konst. 1565 r. (Vol. Leg. II. pag. 687) postanowiła była dla całej Polski za miarę długości łokcia krakowski, dzielony na 24 cale. Tę samą miarę w r. 1764 urzędowie potwierdzono; lecz wielkość cala nie była dokładnie oznaczona; mierzono ją bowiem 12 ziarnami jęczmienia.

Wiadomo wszelako, że łokieć ten pocztywano za równy 2 stopom krakowskim. Stopa krakowska, podług mniemania Czackiego, miała zawierać 10 cali i 2 linije paryskie; zatem łokieć krakowski zawierałby cali paryskich 20 i linij 4, czyli 244 linije; tymczasem łokieć zachowany w magistracie warszawskim, a który komissija skarbowa w r. 1764 wzięła za etalon miary długości dla całej Polski, okazał się równy 264 linijom paryskim, czyli 0,595539 metra fran. i odtąd aż do r. 1796 łokieć ten był w całej Polsce urzędowym i używanym”.

Miary staropolskie nie przetrwały długo, gdyż epoka rozbiorów przyniosła inne porządki. W ówczesnym Królestwie Polskim dokonano reformy miar i wag. Nowe (po reformie, formalnie obowiązujące od 1 stycznia 1819 r.) miary są nazywane nowopolskimi. Warto tu wspomnieć, że miary nowopolskie miały określone przeliczniki na jednostki metryczne. Łokieć, choć nadal miał 2 stopy = 24 cale, to jednak miał przypisaną wartość w jednostkach metrycznych 57,60 cm. Na ziemiach zabranych przez Austrię, po krótkim okresie miar galicyjskich, też stosowano łokieć, tyle że wiedeński (1 Wiener Elle = 77,756 cm). Stosowano też stopę, ale miała ona już 31,608 cm (1 Wiener Fuss = 12 Zoll). Na ziemiach zabranych przez Królestwo Pruskie wprowadzono miary pruskie. I wreszcie Rada Administracyjna Królestwa Polskiego zmuszona była oznajmić, że poczynać od dnia 19 maja 1849 r., na jego terenie mają być używane miary i wagi rosyjskie.

Ku nowej epoce

Znacznie wcześniej jednak niż opisane wyżej wydarzenia dostrzegano w Europie nowożytniej potrzebę miary rzeczywiście powszechnej czy też uniwersalnej, a jednocześnie niezmiennej i niepodatnej na skutki zawodnych działań ludzkich. Niewątpliwie istniał również wymiar praktyczny: bezpieczeństwo i rzetelność. Owa postulowana „miara niezmiennalna”, byłaby niepodrabialna, niełatwa do zafałszowania i obiektywna. Pierwsze sprecyzowane idee takiej miary, przyniósł dopiero wiek XVII wraz z początkami nowoczesnej nauki europejskiej. Potrzebę takiej miary wskazywał m.in. John Wilkins, członek Royal Society. W rozdziale VII swego dzieła pt. „An Essay towards a Real Character And a Philosophical Language” (Londyn, 1668 r.) pisze on, że oczywiście nie obyłyby się bez trudności sprowadzenie miar stosowanych przez różne narody do jednej powszechnie znanej, „... która to praca zostałaby znacznie skrócona, gdyby wszystkie one [tj. miary] zostały związane z pewnym jednym Wzorcem. W tym celu najbardziej pożądane byłoby znalezienie jakiegoś naturalnego Wzorca lub Miary uniwersalnej, ...”. Dalej, po wyliczeniu różnych wariantów Wilkins pisze: „Niektórzy spostrzegli, że mogłoby to być przez podział Stopnia na Ziemi: ...” – odrzuca jednak ten pomysł z uwagi na przypuszczalną znaczną niepewność [!] tego sposobu. Ostatecznie wyraża przekonanie, że: „Najbardziej prawdopodobnym sposobem dla urzeczywistnienia tego jest to, co zostało po raz pierwszy zaproponowane przez Dr Christophera Wrena, mianowicie, za pomocą Drgań Wahadła: Czas sam jest naturalną Miarą, zależną od obrotów Nieba i Ziemi, o której sądzi się [!], że wszędzie jest jednakowa i jednolita.” [Notabene, wyróżnienia i użycie wielkich liter w cytowanym tekście zachowano zgodnie z tekstem oryginału].



Początkowe strony dzieła T. L. Burattiniego

Niewiele później, w 1675 r. w Wilnie *nella stamperia de Padri Francesciani* ukazała się praca znana pt. „Misura Universale”, ale której tytuł, zgodnie ze zwyczajem swego czasu, był w rzeczywistości znacznie dłuższy i brzmiał następująco „Misura Universale o vero trattato nel qual’ si mostra come in tutti li Luoghi del’ Mondo si puo trovare una MISURA, & un PESO UNIVERSALE senza che habbiano relazione con niun’ altra MISURA, e niun’ altro PESO, & ad ogni modo in tutti li luoghi saranno li medesimi, e saranno inalterabili, e perpetui fin tanto che durera’ il MONDO”. Jej autorem był Tito Livio Burattini (1617–1681), urodzony i wykształcony we Włoszech, ale od 1642 r. osiadły na stałe w Rzeczypospolitej Obojga Narodów, gdzie uzyskał indygenat i był wybitną i znaną postacią. Tytuł jego dzieła zawiera mocno już sformułowany postulat o fundamentalnym znaczeniu: ideę wprowadzenia miary „identycznej wszędzie, a niezależnej od żadnej innej, niezmiennalnej i wiecznie trwałej tak długo, jak trwać będzie świat.” Postulat ten, który nie utracił bynajmniej aktualności, wsparty był projektem praktycznej realizacji o charakterze – bez przesady można rzec – inżynierskim. I dziś wymaga on pewnej wiedzy, aby go zrozumieć, ale w drugiej połowie XVII w. mógł być sformułowany tylko przez człowieka wielkiej wiedzy i intelektu. Zaproponowane przez Burattiniego „Miary i wagi” oparte są poniekąd na... stałych fizycznych: stałej grawitacji i gęstości wody, a wzorcem podstawowym jest czas obrotu kuli ziemskiej. Proponowana jednostka miary długości równa miała być długości wahadła sekundowego, a twórca nazwał ją *metro cattolico* (od greckiego określenia: *μέτρον καθολικόν* (*métron katholikón*)). W swojej rozprawie T. L. Burattini pisze tak: „Wahadła więc będą podstawą mej pracy; z tych wywiodę najpierw mój Metr katolicki czyli Miarę powszechną, gdyż wydaje mi się odpowiedniem nazwać ją wyrazem greckim, a następnie wprowadzę Ciężar katolicki, jak to powoli objaśnię.”

Termin „katolicki” znaczył tu więc raczej – zgodnie ze swą grecką etymologią – „powszechny”. „Metr” oznaczał „miarę”. I taki „metr” był pomyślny jako „miara dla całego świata” (bez względu na wyznaczenie). Warto jednak zauważyć, że 1 metr katolicki = 1,01646 metra, a więc niewiele różnił się od „naszego” metra. Należy podkreślić, że podobnych propozycji było wiele, gdyż ewentualna realizacja wspomnianej idei nie była bynajmniej łatwa.

Rewolucja

Zanim doszło do wdrożenia idei proponowanego metra, przyszło poczekać Europie jeszcze ponad sto lat, aż dopiero w burzliwych czasach Rewolucji Francuskiej powołana przez Francuską Akademię Nauk komisja, której postawiono zadanie stworzenia „jednej skali [!] dla wszystkich miar”, przedłożyła propozycję przyjęcia systemu dziesiętnego (27 października 1790 r.) i zaproponowała podstawową jednostkę długości równą jednej dziesięciomilionowej części odległości od bieguna północnego do równika oraz jej nazwę *mètre* (miara). Konwencja Narodowa przyjęła tę propozycję w 1793 r. W wyniku dalszych prac wykonano wzorce nowych jednostek miar i 22 czerwca 1799 r. zdeponowano wzorce metra i kilograma w instytucji znanej jako *Archives de la République*.

Po podpisaniu Konwencji Metrycznej 20 maja 1875 r., na mocy której powołano Generalną Konferencję Miar (w oryginale: „miar i wag”, *Conférence Générale des Poids et Mesures*, CGPM) oraz utworzono Międzynarodowe Biuro Miar (*Bureau International des Poids et Mesures*, BIPM) i Międzynarodowy Komitet Miar (*Comité International des Poids et Mesures*, CIPM), podjęto też prace nad budową nowych międzynarodowych prototypów metra i kilograma. Na pierwszym posiedzeniu CGPM w 1889 r. zatwierdzone zostały takie prototypy. Tak zrealizowane jednostki, wraz z sekundą astronomiczną jako jednostką czasu, stały się jednostkami podstawowymi układu jednostek określanego jako MKS (metr, kilogram, sekunda).

W 1901 r. Giovanni Giorgi wykazał, że możliwe jest powiązanie jednostek MKS z jednostkami elektrycznymi (omem, amperem itd.) i – poprzez dodanie do niego jednej z nich – utworzenie spójnego układu jednostek miar o czterech jednostkach podstawowych. Fakt ten miał ważne następstwa. Szóste posiedzenie CGPM w 1921 r. przyniosło nowelizację Konwencji Metrycznej, rozszerzającą zakres jej zadań i odpowiedzialności na inne niż do owej pory dziedziny fizyki. W wyniku trwających kilkanaście lat prac propozycja Giorgiego doczekała się wdrożenia – CCE (później stał się on CCEM) zaproponował, aby utworzyć układ znany później jako MKSA (metr, kilogram, sekunda, amper). CIPM mógł zatwierdzić tę propozycję dopiero po zakończeniu II wojny światowej, w 1946 r.

Następnie zgodnie z uchwałą 9. CGPM (1948 r.) BIPM rozpoczął ankietę międzynarodową w sprawie dalszego rozwoju układu jednostek miar. Po jej zakończeniu w 1954 r. 10. CGPM zatwierdziła włączenie do istniejącego układu nowych jednostek podstawowych: ampera, kelwina i kandeli. 11. CGPM nadała temu układowi w 1960 r. nazwę *Système International des Unités* (Międzynarodowy Układ Jednostek, znany pod akronimem SI). I wreszcie w 1971 r. zakończono

konstrukcję SI: uchwałą 14. CGPM dodano do niego siódmą jednostkę podstawową – mol (jednostkę ilości substancji).

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI)

Obecnie przytłaczająca większość krajów świata stosuje SI. Biorąc pod uwagę wielowiekowe dążenia i próby stworzenia doskonałych miar, a w szczególności wspomniane wyżej prace w czasach nowożytnych, zaskakujące jest, jak szybko przebiegał ostatni etap prac w zakresie stworzenia miar powszechnych, jednolitych, ściśle zdefiniowanych w sposób umożliwiający ich przekazywanie z wystarczającą dokładnością. Od podjęcia prac zleconych przez Akademię Francuską w 1790 r. do ustanowienia nowoczesnego międzynarodowego układu upłynęło zaledwie nieco ponad 180 lat, wypełnionych jednak intensywnymi pracami. Niestety, w literaturze popularnej, a nawet i w opracowaniach specjalistów, informacje na ten temat są często nieprecyzyjne i można odnieść wrażenie, że „prace te miały charakter spontanicznej aktywności i po prostu zakończyły się pomyślnym rezultatem”. Warto więc zwrócić uwagę na rolę odegraną przez Międzynarodowy Komitet Miar, którego zaangażowanie i decyzje miały bez wątpienia zasadnicze znaczenie, ale także i na wkład krajów uczestniczących w międzynarodowej współpracy metrologicznej. Rola tej współpracy nadal wzrasta i uczestnictwo w niej jest warunkiem koniecznym dla normalnego rozwoju metrologii w poszczególnych krajach i dla istnienia światowego systemu miar. Jednym z bezpośrednich tego powodów jest trwający wciąż rozwój SI. Aby jednak zobrazować te tendencje wypada najpierw przyjrzeć się obecnemu kształtowi SI.

Jednostki SI

Wielość zmian, jakim ulegał w procesie tworzenia układ SI, nasunęła potrzebę zdefiniowania, czym on w istocie obecnie jest. Stosowną definicję podaje więc również Międzynarodowy Słownik Metrologii (chodzi tu o trzecie wydanie Słownika, powszechnie znane pod akronimem VIM 3). Wprawdzie w czasie jaki upłynął od wydania Słownika nastąpiła „redefinicja SI”, przytaczamy jednak w Vademecum także odnoszące się do SI wcześniejsze definicje i zapisy, gdyż zapewne będzie się z nimi Czytelnik stykał jeszcze przez jakiś czas w literaturze i praktyce metrologicznej.

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (International System of Units)

SI 1.16 (1.12)

układ jednostek oparty na **Międzynarodowym Układzie Wielkości**, jego nazwy i jednostki wraz z szeregiem przedrostków, ich nazwami i oznaczeniami oraz zasadami stosowania, przyjęty przez Generalną Konferencję Miar (CGPM)

UWAGA 1 SI oparty jest na siedmiu **wielkościach podstawowych ISQ**. Nazwy i oznaczenia **jednostek podstawowych** zostały podane w tablicy poniżej.

Wielkość podstawowa	Jednostka podstawowa	
	Nazwa	Symbol
długość	metr	m
masa	kilogram	kg
czas	sekunda	s
prąd elektryczny	amper	A
temperatura termodynamiczna	kelwin	K
liczność materii*	mol	mol
światłość	kandela	cd

* obecnie stosowana nazwa to ilość substancji

UWAGA 2 Jednostki podstawowe i **jednostki pochodne spójne** SI tworzą spójny zbiór określany jako „zbiór spójnych jednostek SI”.

UWAGA 3 Pełny opis i wyjaśnienie Międzynarodowego Układu Jednostek Miar podane zostały w aktualnym wydaniu broszury SI, opublikowanej przez Międzynarodowe Biuro Miar (BIPM) i dostępnej na stronie internetowej BIPM.

UWAGA 4 W **rachunku wielkości** wielkość ‘liczba elementów’ uważana jest często za wielkość podstawową; odpowiadającą jej jednostką podstawową jest jeden, której oznaczeniem jest 1.

UWAGA 5 Przedrostki SI określające **jednostki wielokrotne i jednostki podwielokrotne** są następujące:

Przedrostek

Czynnik	Nazwa	Symbol	Czynnik	Nazwa	Symbol
10^1	deka	da	10^{-1}	decy	d
10^2	hekto	h	10^{-2}	centy	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	eksa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	jotta	Y	10^{-24}	jokto	y

Jednostki podstawowe SI

Obecny, bezprecedensowy rozwój teorii i technik pomiarowych wymaga oczywiście aktualnej definicji jednostki miary. Międzynarodowy Słownik Metrologii podaje:

jednostka miary (measurement unit) 1.9 (1.7)

jednostka

wielkość skalarna rzeczywista, zdefiniowana i przyjęta na mocy konwencji, zgodnie z którą inne wielkości tego samego **rodzaju** mogą być z nią porównywane w celu wyrażenia za pomocą liczby ilorazu dwóch wielkości

UWAGA 1 Jednostki miary są oznaczane za pomocą nazw i oznaczeń, przyjętych na mocy konwencji.

UWAGA 2 Jednostki miary wielkości o tym samym **wymiarze wielkości** mogą być oznaczane takimi samymi nazwami i oznaczeniami nawet wtedy, kiedy wielkości nie są tego samego rodzaju. Na przykład dżul na kelwin i J/K są odpowiednio nazwą i oznaczeniem zarówno jednostki miary pojemności cieplnej jak też jednostki miary entropii, a wielkości te nie są tego samego rodzaju. Jednak w pewnych przypadkach specjalne nazwy jednostek miar są zastrzeżone do użytku w odniesieniu do wielkości pewnego wybranego rodzaju. Na przykład jednostka miary ‘sekunda do potęgi minus jeden’ (1/s) nosi nazwę herc (Hz), kiedy stosowana jest w odniesieniu do częstotliwości, a bekerel (Bq), kiedy stosowana jest w odniesieniu do aktywności radionuklidów.

UWAGA 3 Jednostki miary **wielkości o wymiarze jeden** są liczbami. W niektórych przypadkach mają te jednostki miary nazwy specjalne, np. radian, steradian, czy decybel, albo wyraża je się ilorazami takimi, jak: milimol na mol, który równy jest 10^{-3} lub mikrogram na kilogram, który równy jest 10^{-9} .

UWAGA 4 Dla danej wielkości skrócona forma omawianego terminu, „jednostka”, występuje często z nazwą wielkości, co daje wyrażenie, np. „jednostka masy”.

Opierając się na powyższym zdefiniowano:

jednostka podstawowa (base unit) 1.10 (1.13)

jednostka miary wielkości podstawowej przyjęta na mocy konwencji

UWAGA 1 W każdym **układzie jednostek spójnym** jest tylko jedna jednostka podstawowa dla każdej wielkości podstawowej.

PRZYKŁAD W SI metr jest jednostką podstawową długości. W układach CGS podstawową jednostką długości jest centymetr.

UWAGA 2 Jednostka podstawowa może pełnić funkcję jednostki **wielkości pochodnej** o tym samym **wymiarze wielkości**.

PRZYKŁAD W odniesieniu do wielkości opadów deszczu, kiedy wyrażana jest jako objętość powierzchniowa (objętość na pole powierzchni), stosowana jest jednostka metr, który pełni w tym wypadku funkcję **jednostki pochodnej spójnej SI**.

UWAGA 3 W odniesieniu do liczby elementów liczba jeden (wyrażana symbolem 1) może być uważana za jednostkę podstawową w każdym **układzie jednostek**.

Powyższa, z pozoru „mało naukowa” definicja, brzmiąca trochę jakby „biurokratycznie”, ma jednak solidne uzasadnienie. Historia nie tylko SI pokazuje, że realizacja – i konsekwentnie

definicja – każdej jednostki podstawowej SI podlega modyfikacji wówczas, gdy w wyniku prac badawczych odkrywane są nowe możliwości realizacji danej jednostki, zapewniające jej mniejszą zmienność i mniejszą niepewność. Często jako przykład tego przytaczany jest w literaturze przypadek metra.

Definicja metra z 1889 r. była oparta na międzynarodowym platyniroidowym prototypie metra znajdującym się w Paryżu. W 1960 r. metr został zdefiniowany jako 1 650 763,73 długości fali pewnej wybranej linii spektralnej kryptonu 86. W kilkanaście lat później (1983 r.) zdecydowano się dokonać zmiany i zdefiniowano metr jako długość drogi przebytej przez światło w próżni w przedziale czasu 1/299 792 458 sekundy oraz rekomendowano odtwarzanie metra za pomocą długości fali promieniowania emitowanego przez laser helowo-neonowy stabilizowany jodem. Te zmiany w definicji metra i jego realizacji zmniejszyły jej niepewność z 10^{-7} m do 10^{-11} m.

Definicje jednostek podstawowych SI przed redefinicją

Metr jest to długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie 1/299 792 458 sekundy.

Kilogram jest jednostką masy, która jest równa masie międzynarodowego prototypu kilograma.

Sekunda jest to czas trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.

Amper jest takim prądem elektrycznym stałym, który płynąc w dwóch równoległych, prostoliniowych, przewodnikach o nieskończonej długości i pomijalnie małym przekroju poprzecznym kołowym, umieszczonych w odległości 1 metra od siebie w próżni, wywołuje między tymi przewodnikami siłę o wartości 2×10^{-7} niutona na metr długości przewodu.

Kelwin, jednostka temperatury termodynamicznej, jest 1/273,16 temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody.

Mol jest to liczność materii (obecnie stosowana nazwa to ilość substancji) układu, która zawiera tyle podstawowych indywiduów, ile jest atomów w 0,012 kg węgla 12. Przy stosowaniu jednostki mol trzeba określić podstawowe indywidua: atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub określone grupy takich cząstek.

Kandela jest to światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości 540×10^{12} herców i natężeniu promieniowania 1/683 wata na steradian.

Definicje te były aktualne do 20 maja 2019 roku, kiedy nastąpiła epokowa – bez wątplenia – zmiana, polegająca na zmianie definicji jednostek podstawowych SI, znana jako „redefinicja SI”. Zmiana ta została opisana w następnym rozdziale.

Jednostki pochodne SI

Inne zasady SI nie uległy zmianie. W szczególności jednostki pochodne definiowane są jak dawniej, tj. jak podaje Międzynarodowy Słownik Metrologii:

jednostka pochodna (derived unit) **1.11** (1.14)

jednostka miary wielkości pochodnej

PRZYKŁAD Pochodnymi jednostkami prędkości w SI są: metr na sekundę o oznaczeniu m/s, centymetr na sekundę o oznaczeniu cm/s. Jednostką miary spoza SI, której stosowanie z SI jest dopuszczone, jest kilometr na godzinę oznaczany km/h. Jednostką miary prędkości spoza SI jest węzeł równy jednej mili morskiej na godzinę.

Jednostki pochodne w SI są zatem definiowane poprzez wstawienie do równań fizycznych definiujących wielkości pochodne jednostek podstawowych.

Przykłady jednostek pochodnych SI, wyrażonych za pomocą jednostek podstawowych SI

Wielkość	Jednostka	Symbol
powierzchnia	metr kwadratowy	m ²
objętość	metr sześcienny	m ³
prędkość	metr na sekundę	m s ⁻¹
przyspieszenie	metr na sekundę kwadrat	m s ⁻²
prędkość kątowa	radian na sekundę	rad s ⁻¹
przyspieszenie kątowe	radian na sekundę kwadrat	rad s ⁻²
gęstość	kilogram na metr sześcienny	kg m ⁻³
natężenie pola magnetycznego lub liniowa gęstość prądu	amper na metr	A m ⁻¹
gęstość prądu	amper na metr kwadratowy	A m ⁻²
moment siły	niuton razy metr lub niutonometr	N m
natężenie pola elektrycznego	wolt na metr	V m ⁻¹
przenikalność magnetyczna (bezwzględna)	henr na metr	H m ⁻¹
przenikalność elektryczna (bezwzględna)	farad na metr	F m ⁻¹
pojemność cieplna właściwa	dżul na kilogram i kelwin	J kg ⁻¹ K ⁻¹
gęstość molowa	mol na metr sześcienny	mol m ⁻³
luminancja	kandela na metr kwadratowy	cd m ⁻²

CGPM zatwierdziła nazwy własne i symbole niektórych jednostek pochodnych; podano je w poniższej tabelicy.

Jednostki pochodne SI posiadające specjalne nazwy i oznaczenia

Wielkość	Jednostka	Symbol	Jednostka wyrażona w jednostkach SI	Jednostka wyrażona w jednostkach podstawowych SI
kąt płaski	radian	rad		$m\ m^{-1} = 1$
kąt bryłowy	steradian	sr		$m^2\ m^{-2} = 1$
częstotliwość	herc	Hz		s^{-1}
siła	niuton	N		$m\ kg\ s^{-2}$
ciśnienie, naprężenie	paskal	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
energia, praca, ilość ciepła	dżul	J	$N\ m$	$m^2\ kg\ s^{-2}$
moc, strumień promieniowania	wat	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
ładunek elektryczny, ilość elektryczności	kulomb	C		$s\ A$
różnica potencjałów elektrycznych, siła elektromotoryczna	wolt	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
pojemność elektryczna	farad	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
rezystancja	om	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
przewodnictwo elektryczne	simens	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
strumień pola magnetycznego	weber	Wb	$V\ s$	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
gęstość strumienia pola magnetycznego	tesla	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
indukcyjność	henr	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
temperatura Celsjusza	stopień Celsjusza	$^{\circ}C$		K
strumień świetlny	lumen	Lm	$cd\ sr$	$m^2\ m^{-2}\ cd = cd$
oświetlenie	luks	Lx	lm/m^2	$m^2\ m^{-4}\ cd = m^{-2}\ cd$
aktywność (radionuklidu)	bekerel	Bq		s^{-1}
dawka pochłonięta, kerma, energia właściwa (przekazana)	grej	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
równoważnik dawki pochłoniętej	siwert	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
aktywność katalityczna	katal	kat		$s^{-1}\ mol$

Niektóre jednostki podstawowe stosuje się do wyrażania jednostek wielu innych wielkości. Jednostka pochodna jest często wyrażana w postaci różnych kombinacji jednostek podstawowych i jednostek pochodnych posiadających nazwy własne. W praktyce preferuje się stosowanie nazw własnych jednostek i kombinacji jednostek, aby rozróżnić wielkości o tym samym wymiarze fizycznym. A zatem przyrząd pomiarowy powinien wskazywać nie tylko jednostkę miary, ale i być zaopatrzony w informację, jaką wielkość mierzy.

Przykłady jednostek pochodnych SI, których nazwy i symbole zawierają jednostki pochodne SI posiadające własne nazwy i symbole

Wielkość	Jednostka	Symbol	W jednostkach podstawowych SI
lepkość dynamiczna	paskal razy sekunda	Pa s	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-1}$
moment siły	niuton razy metr	N m	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
napięcie powierzchniowe	niuton na metr	N/m	kg s^{-2}
prędkość kątowna	radian na sekundę	rad/s	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$
przyspieszenie kątowe	radian na sekundę kwadrat	rad/s ²	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$
natężenie strumienia ciepłego, natężenie strumienia świetlnego	wat na metr kwadratowy	W/m ²	kg s^{-3}
pojemność cieplna, entropia	dżul na kelwin	J/K	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$
ciepło właściwe, entropia właściwa	dżul na kilogram i kelwin	J/(kg K)	$\text{m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$
energia właściwa	dżul na kilogram	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
przewodnictwo cieplne właściwe	wat na metr i kelwin	W/(m K)	$\text{m kg s}^{-3} \text{K}^{-1}$
gęstość energii	dżul na metr sześcienny	J/m ³	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-3}$
natężenie pola elektrycznego	wolt na metr	V/m	$\text{m kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
gęstość ładunku elektrycznego	kulomb na metr sześcienny	C/m ³	$\text{m}^{-3} \text{s A}$
powierzchniowa gęstość ładunku, indukcja elektryczna, polaryzacja dielektryczna	kulomb na metr kwadratowy	C/m ²	$\text{m}^{-2} \text{s A}$
przenikalność elektryczna (bezwzględna)	farad na metr	F/m	$\text{m}^{-3} \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$
przenikalność magnetyczna (bezwzględna)	henr na metr	H/m	$\text{m kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$
energia molowa	dżul na mol	J/mol	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{mol}^{-1}$
entropia molowa, molowe ciepło właściwe	dżul na mol i kelwin	J/(mol K)	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
dawka ekspozycyjna (promieniowanie X i γ)	kulomb na kilogram	C/kg	$\text{kg}^{-1} \text{s A}$
moc dawki pochłoniętej	grej na sekundę	Gy/s	$\text{m}^2 \text{s}^{-3}$
radiantowe natężenie promieniowania	wat na steradian	W/sr	$\text{m}^4 \text{m}^{-2} \text{kg s}^{-3} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
gęstość aktywności katalitycznej	katal na metr sześcienny	kat/m ³	$\text{m}^{-3} \text{s}^{-1} \text{mol}$

Jednostki spoza SI

Jest wiele powodów, dla których nadal w użyciu (i zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi) pozostaje pewna liczba jednostek spoza SI. Kryterium, według którego zalicza się jednostkę miary do zbioru jednostek spoza układu, może się wydać również nieco formalistyczne.

jednostka miary spoza układu (off-system unit) **(1.15)** (1.15)

jednostka spoza układu

jednostka miary, która nie należy do danego **układu jednostek**

PRZYKŁAD 1 Elektronowolt (około $1,602\ 18 \times 10^{-19}$ J) jest jednostką energii spoza SI.

PRZYKŁAD 2 Dzień, godzina i minuta są jednostkami czasu spoza SI.

Istnieje grupa jednostek spoza SI, które są przyjęte do stosowania wraz z jednostkami SI. Powody takiego rozwiązania są zróżnicowane, ale nie sposób ich kwestionować. Co więcej, zastosowane tu podejście może stanowić wzór dla krajowych uregulowań, zwłaszcza w zakresie legalnych jednostek miar. Warto zauważyć, że wszystkie pokazane niżej jednostki są albo wielokrotnościami jednostek SI, albo ich podwielokrotnościami, albo są im równe (1 ha, 1 l, 1 t).

Jednostki spoza SI przyjęte do stosowania wraz z SI

Wielkość	Jednostka	Symbol	Wartość w jednostkach SI
czas	minuta	min	1 min = 60 s
	godzina	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	doba	d	1 d = 24 h = 86 400 s
odległość	jednostka astronomiczna	au	1 au = 149 597 870 700 m
kąt płaski i fazowy	stopień	°	1° = ($\pi/180$) rad
	minuta	'	1' = (1/60)° = ($\pi/10\ 800$) rad
	sekunda	"	1" = (1/60)' = ($\pi/648\ 000$) rad
pole powierzchni	hektar	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
objętość	litr	l, L	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
masa	tona	t	1 t = 10 ³ kg
	dalton	Da	1 Da = 1,660 539 066 60(50) × 10 ⁻²⁷ kg
energia	elektronowolt	eV	1 eV = 1,602 176 634 × 10 ⁻¹⁹ J

Pewne jednostki spoza układu SI stosowane są na mocy umów bądź porozumień w wybranych dziedzinach. Tutaj jedynie wartość 1 mmHg w przeliczeniu na jednostki SI wyraża się liczbą mieszaną.

Jednostki spoza SI stosowane na mocy umów bądź porozumień w wybranych dziedzinach

Wielkość	Jednostka	Symbol	Wartość w jednostkach SI
ciśnienie	bar	bar	1 bar = 100 kPa = 10^5 Pa
ciśnienie płynów ustrojowych	milimetr słupa rtęci	mmHg	1 mmHg \approx 133,322 Pa
odległość	mila morska	M	1 M = 1852 m
powierzchnia (przekrój poprzeczny)	barn	b	1 b = 10^{-28} m ²
prędkość	węzeł	kn	1 kn = (1852/3600) m/s

Przedrostki jednostek SI

CGPM przyjęła i zaleca szereg przedrostków dziesiętnych i ich symboli (pokazano je w tablicy załączonej do podanej wyżej definicji SI).

Zasady prawidłowego stosowania przedrostków dziesiętnych są następujące:

1) Przedrostki odnoszą się wyłącznie i ściśle do potęg 10 (a nie np. do potęg 2).

PRZYKŁAD: Jeden kilobit reprezentuje 1000 bitów, a nie 1024 bity.

2) Przedrostek musi być napisany bez spacji przed symbolem jednostki.

PRZYKŁAD: Centymetr piszemy cm, a nie c m.

3) Nie wolno łączyć przedrostków.

PRZYKŁAD: 10^{-6} kg zapisujemy jako 1 mg, a nie 1 μ kg.

4) Przedrostek nie może występować sam.

PRZYKŁAD: 10^9 /m³ nie można zapisać jako G/m³.

Pisownia nazw jednostek SI

1) Oznaczeń jednostek nie piszemy wielkimi literami, jednakże pierwszą literę oznaczenia piszemy wielką literą, gdy:

- nazwa jednostki pochodzi od nazwiska osoby lub
- dany symbol rozpoczyna zdanie.

PRZYKŁAD: Jednostkę kelwin zapisujemy za pomocą wielkiej litery K.

2) W liczbie mnogiej symbole nie ulegają zmianie (np. w języku angielskim nie dodajemy „s”).

3) Po symbolu jednostki nie występuje kropka, chyba że jest to koniec zdania.

4) Jednostki złożone, utworzone przez pomnożenie kilku jednostek, należy zapisywać stosując znak mnożenia w postaci kropki lub spację pomiędzy oznaczeniami jednostek.

PRZYKŁAD: N·m lub N m

5) Jednostki złożone, utworzone przez podzielenie jednej jednostki przez inną, należy zapisywać z ukośnikiem lub z zastosowaniem ujemnego wykładnika.

PRZYKŁAD: m/s lub m s⁻¹

6) Jednostki złożone mogą zawierać tylko jeden ukośnik. W skomplikowanych kombinacjach jednostek dozwolone jest użycie nawiasów lub ujemnych wykładników.

PRZYKŁAD: m/s² lub m s⁻², ale nie m/s/s

PRZYKŁAD: $\text{m kg}/(\text{s}^3 \text{ A})$ lub $\text{m kg s}^{-3} \text{ A}^{-1}$, ale nie $\text{m kg}/\text{s}^3/\text{A}$, ani nie $\text{m kg}/\text{s}^3 \text{ A}$

7) Oznaczenia jednostek muszą być oddzielone spacją od wartości liczbowej, którą poprzedzają.

PRZYKŁAD: 5 kg a nie 5kg

Wyjątek: Spację pomiędzy wartością liczbową wielkości a oznaczeniem jednostki pomija się jedynie w przypadku kąta płaskiego, jeśli jego wartość wyrażana jest w jednostkach: °, ' lub ''.

Poprawny będzie więc np. zapis następujący 12°, 57' albo 24''.

8) Nie należy mieszać symboli jednostek i nazw jednostek.

W odniesieniu do zapisu liczb obowiązują następujące zasady:

- 1) Grupy trzycyfrowe po obu stronach przecinka dziesiętnego należy oddzielać spacją (np. 15 739,012 53). W liczbach czterocyfrowych spację można pominąć. Nie można używać przecinków i kropek do oddzielania grup trzycyfrowych.
- 2) Operacje matematyczne można stosować jedynie w odniesieniu do oznaczeń jednostek (np. kg/m^3), a nie w odniesieniu do nazw jednostek (kilogram/metr sześcienny).
- 3) Należy jasno wyrazić, do której wartości liczbowej odnosi się dane oznaczenie jednostki i do której wielkości stosuje się dana operacja matematyczna.

PRZYKŁADY: 35 cm × 48 cm, a nie 35 × 48 cm oraz 100 g ± 2 g, a nie 100 ± 2g

„Nowy” SI

Podczas 24. posiedzenia w październiku 2011 r. CGPM podjęła uchwałę w sprawie możliwej przyszłej „nowelizacji” Międzynarodowego Układu Jednostek Miar. Zapowiadane zmiany definicji jednostek podstawowych miały mieć charakter niemal rewolucyjny, co prowokowało wielu autorów do mówienia i pisanie o „nowym SI”. Powodowało to pewne zamieszanie, gdyż dla osób niezorientowanych „nowy SI” oznaczał, że „stary” SI jest już „nieważny” i że „zaczynamy od nowa”. Ostatecznie redefinicja SI uchwalona została podczas 26. posiedzenia CGPM w r. 2018 i stała się obowiązująca od 20 maja 2019 r. Jest ona dowodem na to, że znakomite dzieło Konwencji Metrycznej trwa i daje się doskonalić w sposób, którego jeszcze kilkanaście lat temu nie przewidywano.

Legalne jednostki miar

Jednolitość miar jest warunkiem koniecznym dla zapewnienia rzetelności pomiarów, ale nie jest warunkiem wystarczającym tam, gdzie z różnych powodów może dojść do takiego stosowania jednostek miar, które tę rzetelność zniweczy. Ponadto, z uwagi na stały rozwój metrologii i postęp w zakresie m.in. jednostek miar, konieczne jest – tam, gdzie o wyniku oceny lub rozstrzygnięć decydować może użycie tak lub inaczej zdefiniowanej jednostki miary – ustalenie, których jednostek w danym celu lub w danej sytuacji należy użyć. Potrzebne są więc środki prawne zapobiegające występującej – z różnych przyczyn – nierzetelności pomiarów lub łatwego do przeoczenia niejednolitego stosowania jednostek miar.

Środki takie mogą być stosowane na poziomie ogólnopaństwowym przez właściwe władze. Powszechna jest jednak również współpraca regionalna, a nawet współpraca międzynarodowa na poziomie światowym prowadzona w tym zakresie przez rządy i upoważnione przez nie organizacje.

Jednym z podstawowych środków prawnych służących zapewnieniu rzetelności pomiarów, zwłaszcza w takich dziedzinach gdzie ma ona znaczenie dla ochrony zdrowia i środowiska oraz zapewnienia bezpieczeństwa i rzetelności w wymianie towarów i usług, jest określenie „legalnych jednostek miar”. „Legalne” oznacza w tym przypadku, że jednostki miar są dopuszczone albo wymagane przy wykonywaniu pomiarów w pewnych, określonych przepisami prawnymi sytuacjach. Jednostki inne niż „legalne jednostki miar” nie są nielegalne w sensie całkowitego zakazania przez prawo, a jedynie nie wolno ich stosować wszędzie tam, gdzie przepisy nakazują stosowanie jednostek miar legalnych. Pojęcie „legalnych jednostek miar” jest zdefiniowane w Międzynarodowym Słowniku Terminów Metrologii Prawnej:

legalne jednostki miar (legal units of measurement) **1.06**

jednostki miar wymagane lub dopuszczone przepisami prawnymi

UWAGA Legalnymi jednostkami mogą być:

- jednostki SI,
- ich dziesiętne wielokrotności lub podwielokrotności tworzone poprzez użycie przedrostków SI,
- jednostki spoza SI określone we właściwych przepisach prawnych.

W Polsce postanowienia prawne dotyczące legalności jednostek miar zawarte są w aktach prawnych:

- Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach (Tekst ujednolicony Dz. U. 2020 poz. 2166);
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2020 r. w sprawie legalnych jednostek miar (Dz. U. 2020 poz. 1024).

Postanowienia te przedstawiono poniżej (Prawo o miarach):

Rozdział 2

Legalne jednostki miar i państwowe wzorce jednostek miar

Art. 5. 1. Legalnymi jednostkami miar są:

- 1) jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI);
 - 2) jednostki nienależące do Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), dopuszczone do stosowania na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej;
 - 3) dziesiętne podwielokrotności i wielokrotności jednostek, o których mowa w pkt 1 i 2.
2. Rada Ministrów określi, w drodze rozporządzenia:
- 1) legalne jednostki miar nienależące do Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), które mogą być stosowane na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej,
 - 2) nazwy, definicje i oznaczenia legalnych jednostek miar,
 - 3) przedrostki i ich oznaczenia przeznaczone do tworzenia dziesiętnych podwielokrotności i wielokrotności legalnych jednostek miar,
 - 4) zasady pisowni oznaczeń legalnych jednostek miar – przy uwzględnieniu zobowiązań wynikających z wiążących Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych.

Art. 6. 1. Obowiązek stosowania legalnych jednostek miar dotyczy użytkowania przyrządów pomiarowych, wykonywania pomiarów i wyrażania wartości wielkości fizycznych.

2. Jednostki miar inne niż legalne jednostki miar mogą być stosowane, na mocy porozumień międzynarodowych, w transporcie morskim, lotniczym i kolejowym.
3. Dopuszczalne jest stosowanie dodatkowych oznaczeń wyrażonych w jednostkach miar innych niż legalne jednostki miar. Oznaczenie wyrażone w legalnej jednostce miary ma charakter nadrzędny, w szczególności musi być wyrażane znakami nie mniejszymi niż znaki wyrażające inną jednostkę miary.

Art. 6a. 1. W celu zapewnienia przekazywania wartości legalnych jednostek miar od państwowych wzorców jednostek miar do przyrządów pomiarowych organy administracji miar mogą, na wniosek zainteresowanych podmiotów, wykonywać wzorcowanie przyrządów pomiarowych.

2. Wzorcowanie, na wniosek zainteresowanego podmiotu, może dodatkowo obejmować stwierdzenie zgodności przyrządu pomiarowego ze wskazanymi przez ten podmiot wymaganiami lub specyfikacjami.
3. Wynik wzorcowania, pozwalający na przypisanie wskazanym przyrządu pomiarowego odpowiednich wartości wielkości mierzonej lub na wyznaczenie poprawek tych wskazań oraz błędów, jest poświadczany przez organ administracji miar w świadectwie wzorcowania.

Art. 7. Minister właściwy do spraw gospodarki określi, w drodze rozporządzenia, warunki i tryb uznawania wzorców jednostek miar za państwowe wzorce jednostek miar oraz niezbędną dokumentację wzorców, uwzględniając obowiązki jednostek organizacyjnych ubiegających się o uznanie wzorców za państwowe wzorce jednostek miar, jak również powiązanie tych wzorców z międzynarodowymi wzorcami jednostek miar lub wzorcami w innych krajach.

Prawo polskie – z uwagi na członkostwo Polski w Unii Europejskiej – jest w omawianym zakresie zharmonizowane z prawodawstwem innych Państw Członkowskich poprzez wdrożenie postanowień zawartych w dyrektywie Rady nr 80/181/EWG z dnia 20 grudnia 1979 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do jednostek miar (i uchylającej dyrektywę 71/354/EWG), opublikowaną w Dz. Urz. WE L 039 z 15.02.1980 r. (zmienioną dyrektywami 89/617/EWG i 99/103/EWG).

Wdrażanie legalnych jednostek miar

Ustanowienie legalnych jednostek miar i ich wdrożenie jest nie pozostawiającą wątpliwości koniecznością. W żadnym jednak razie nie chodzi przy tym o wyeliminowanie innych jednostek z użycia. Trzeba mieć na uwadze, że jednostki miar inne niż legalne pojawiają się raczej niezależnie od chęci osób i instytucji, które muszą sobie poradzić z wynikającymi stąd problemami. Tym niemniej, co pewien czas obserwować można wzrost zainteresowania jednostkami miar, zwykle połączony z postulatami „oczyszczenia” sytuacji i wyeliminowania jednostek spoza SI z użycia.

Warto zatem rozważyć niektóre przynajmniej przypadki, kiedy przychodzi mieć do czynienia z jednostkami miar, których użycie wzbudza wątpliwości i czasem sprawia kłopot. Jednostki, z którymi mamy do czynienia, można sklasyfikować jak pokazano w tabelicy poniżej.

Klasyfikacja jednostek przy zastosowaniu kryterium legalności

Jednostki	Legalne	Inne niż legalne
SI	<ul style="list-style-type: none"> – jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), – dziesiętne podwielokrotności i wielokrotności powyższych jednostek, utworzone za pomocą przedrostków SI. 	nie ma
Spoza SI	<ul style="list-style-type: none"> – jednostki nienależące do Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI), dopuszczone do stosowania na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, – dziesiętne podwielokrotności i wielokrotności powyższych jednostek. 	<ul style="list-style-type: none"> – jednostki miar inne niż legalne jednostki miar mogą być stosowane, na mocy porozumień międzynarodowych, w transporcie morskim, lotniczym i kolejowym, – jednostki miar inne niż legalne jednostki miar, których stosowanie w pewnych przypadkach dopuszczalne jest w dodatkowych oznaczeniach na opakowaniach towarów importowanych, – jednostki miary zastosowane w przyrządach pomiarowych, – jednostki miar na etykietach towarów importowanych, – jednostki miar w specyfikacjach urzędów importowanych, – jednostki miar w dokumentach i aktach prawnych historycznych lub sporządzonych zgodnie, – z przepisami innymi niż aktualnie obowiązujące w RP, – jednostki stosowane przez niektóre organizacje międzynarodowe, – jednostki miar w pracach naukowo-badawczych, jednostki miar w pracach rekonstrukcyjnych.

Realizacja wymagań określonych w przepisach prawnych powinna jednak przebiegać tak, aby zminimalizowane zostały negatywne skutki i ryzyko pomyłek. Poniżej przedstawiono kilka sytuacji, kiedy zachodzi obawa ich wystąpienia.

Jednostki takie, jak cale i konie mechaniczne, nie są legalnymi jednostkami miar w Polsce. Jednakże wiele wyrobów od dawna obecnych na rynku charakteryzowanych jest parametrami wyrażanymi w jednostkach spoza SI. Np. długości przekątnych ekranów telewizorów są wyrażane w calach. Wymiar ten jest parametrem specyfikacji technicznej, a nie miarą wartości danej „ilości towaru”. Oczywiście można żądać, aby parametr wyrażony był np., w centymetrach i żeby ta informacja też znalazła się w opisie towaru. Wydaje się jednak, że konieczne jest przy tym ustalenie za pomocą przepisu prawnego, jaki mnożnik przeliczeniowy należy zastosować przy zamianie cali na centymetry i jakie zaokrąglenia rozwinąć dziesiętnych wyników przeliczania na jednostki metryczne takich jednostek jak wspomniane cale i konie mechaniczne, aby uniknąć pomyłek oraz sytuacji, kiedy każdy będzie dokonywał przeliczeń „po swojemu” i zapisywał wg własnego, być może chwilowego tylko przekonania. To jest możliwe jedynie przez zastosowanie odpowiedniego przepisu prawnego.

Wbrew pozorom o pomyłkę przy przeliczeniach łatwo. W literaturze można znaleźć informację: $1 \text{ KM} = 735,498 \text{ 75 W}$. Można skorzystać także z podanego w literaturze „przelicznika”, wg którego np. $104 \text{ KM} = 76 \text{ 491,87 W}$, ale również (!) $104 \text{ KM} = 76,4919 \text{ kW}$. Jeśli zajdzie potrzeba,

aby zamiast nominalnej wartości mocy silnika „104 KM” wpisać do dokumentu wartość wyrażoną w kW, może pojawić się pytanie, „czy wpisywać wszystkie cyfry po przecinku”. Dobrze byłoby, żeby wszyscy trzymali się jednakowej reguły, bo jeśli nie, to zastosowanie „legalnych” kW zamiast KM oznaczać będzie, że zamiast jednej dokładnej wartości pojawi się mnóstwo różnych, niedokładnych, choć wyrażonych w jednostkach legalnych.

W opisanej sytuacji może też zdarzyć się tak, że osoba wypełniająca oficjalny dokument natrafi na wartość wielkości wyrażoną w jednostkach o oznaczeniu „HP”. Jeśli osoba ta nie jest specjalistą od zagadnień termodynamiki, ale np. handlowcem czy urzędnikiem, to może – opierając się na intuicji – uznać, że „HP” czyli „horsepower” to „koń mechaniczny”, tylko po „angielsku”. Zresztą wszystko sprzyja pomyłce, bo wprawdzie u nas „HP” nosi nazwę „koń parowy”, ale po angielsku i 1 HP i 1 KM nazywa się „horsepower”. Jednak, wracając do powyższego przykładu, 104 KM to tylko 102,5773 HP. Niby prawie to samo, ale... nie dokładnie. Łatwość pomyłki bierze się też stąd, że $1 \text{ HP} = 1,0139 \text{ KM}$, czyli... prawie to samo?

Wobec tych wszystkich pułapek i ryzyka pomyłek zasadnym wydaje się pytanie, czy warto żądać, aby z opisu towaru całkowicie usuwać wartości parametrów wyrażone w calach, koniach mechanicznych itp.

Problemów z calami jest zresztą więcej. Pojawiają się pytania, co do dopuszczalności użycia gwintów calowych. Być może dlatego, że istnieją także gwinty metryczne (!). Warto więc przypomnieć, że oprócz gwintów metrycznych i calowych istnieją też m.in. gwinty trapezowe, rurowe, rurowe calowe (!), gwinty Withwortha i inne. Wszystkie te określenia odnoszą się jednak do samej konstrukcji gwintu. Natomiast wszystkie „wymiary calowe” są w literaturze technicznej czy normach (także np. w Polskich Normach) przeliczone na milimetry i w procesie technologicznym są wyrażane w milimetrach. Jaka więc korzyść wyniknąć by miała z „zakazania” gwintów calowych?

Problemem, co jakiś czas ciągle powracającym, są dokumenty, na ogół pochodzące sprzed bardzo wielu lat, a wymagane w postępowaniu sądowym czy notarialnym w sprawach dotyczących własności gruntów. Wynik przeliczenia wielkości pola z „egzotycznych” łokci kwadratowych, sążni kwadratowych, czy rosyjskich diesiatin na metry kwadratowe czy hektary pociąga za sobą odpowiednie konsekwencje prawne. A zagadnienie nie jest bynajmniej banalne wobec różnorodności będących niegdyś w użyciu wspomnianych łokci, sążni jak i diesiatin. Sprawa komplikuje się, jeśli zachodzi np. konieczność orzeczenia, czy właściciel gruntu w całości uiszczył przed laty należność za jego nabycie, którą stanowiła pewna ilość ziarna określona w cetnarach. A cetnarów na ziemiach polskich używano w przeszłości kilka rodzajów.

Natomiast cały czas legalne jest użycie w Polsce mił i stóp w zakresie potrzeb lotnictwa i żeglugi morskiej. W pierwszym przypadku takie rozstrzygnięcie ustawowe wynika m.in. z uwarunkowań współpracy międzynarodowej w dziedzinie lotnictwa cywilnego w ramach Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa Cywilnego. Kwestia jednostek miar jest przedmiotem Załącznika 5 do „Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, sporządzonej w Chicago dnia 7 grudnia 1944 r.”. Mówi się w nim, że podstawowym układem jednostek miar jest w tej dziedzinie SI. Konwencja dopuszcza jednak stosowanie w określonych przypadkach „jednostek alternatywnych”,

którymi są właśnie stopy, mile, a także m.in. milimetry słupa rtęci. Podobne postanowienia zawierają inne dokumenty przyjęte w lotnictwie cywilnym, np. „Visual Flight Rules Guide”. Również w żegludze morskiej zasadniczą rolę w odniesieniu do jednostek miar odgrywają uwarunkowania współpracy międzynarodowej.

Powyższe przykłady przytaczamy tu dla wskazania, że porządek w dziedzinie jednostek miar jest bardzo ważną kwestią we wszystkich dziedzinach życia kraju, że przestrzeganie stosowania legalnych jednostek miar jest bardzo ważne i wymaga działań wdrożeniowych i nadzorczych, natomiast wszelkie postulaty w tym zakresie – oprócz zasadniczego celu – powinny uwzględniać interesy zaangażowanych stron. Potrzebne jest też większe upowszechnianie wiedzy o jednostkach miar, pomimo że jest ona częścią programów szkolnych.