

POMIARY WIELKOŚCI NIEELEKTRYCZNYCH

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI
Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EMST

Semestr letni

Wykład nr 10

Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał ten udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Pomiar Wielkości Nielektrycznych prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Pomiary Wielkości Nielektrycznych prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności samodzielnego sporządzania **notatek z wykładów** ani też nie zastępuje studiowania obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na kolokwium zaliczeniowym.

Obowiązujący jest **zakres materiału wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

Eligiusz Pawłowski

Tematyka wykładu

Wprowadzenie do metrologii prawnej

Prawna kontrola metrologiczna przyrządów pomiarowych

Pomiary ilości ciepła

Budowa i zasada działania ciepłomierza

Sprawdzanie ciepłomierza

Metrologia prawna

Metrologia prawna (*ang. legal metrology*) jest to dział metrologii odnoszący się do działań, które **wynikają z wymagań ustawowych** i dotyczą pomiarów, jednostek miar, przyrządów pomiarowych oraz metod pomiarowych które przeprowadzane są przez **kompetentne organy**.

Kompetentne organy odpowiedzialne za działania metrologii prawnej, lub za część tych działań, są zwykle nazywane **służbami metrologii prawnej** (organami administracji miar).

Zasadniczym zadaniem metrologii prawnej jest zapewnienie **jednolitości pomiarów**.

Dlaczego powstała metrologia prawna ?

Od kiedy tylko rozwinął się handel i usługi (zapewne kilka - kilkanaście tysięcy lat temu) ludzie **oszukiwali** się wzajemnie na ilości i jakości towarów.

Ludzie od zawsze są **chciwi** i mają **ułomne charaktery** !

Tak jest do dzisiaj i tak zapewne będzie już zawsze !

Dlatego powstała i jest rozwijana **metrologia prawna**.

Celem metrologii prawnej jest **zapewnienie rzetelności** wykonywanych pomiarów w handlu, usługach i innych ważnych dziedzinach działalności człowieka: ochronie życia i zdrowia, obronności i bezpieczeństwa państwa, pobierania podatków, kontroli celnej oraz kontroli jakości produkcji itp.

Kodeks Hammurabiego, XVIII wiek p.n.e.



Kodeks Hammurabiego, króla Babilonu (1792-1750 p.n.e), w zbiorach Luwru

EMST, tydzień 10

dr inż. Eligiusz Pawłowski

**Prawie 4 tys.
lat temu !!!**

Kodeks Hammurabiego, XVIII wiek p.n.e.

§P. Jeśli kupiec zboże lub srebro na pożyczkę oprocentowaną dał i kiedy na pożyczkę je oddawał, srebro według odważnika małego lub zboże według miary małej dał, gdy podczas odbierania srebro według odważnika dużego, zboże według miary dużej odebrał, kupiec ten **wszystko co przyjął utraci**.

§108. Jeśli oberżystka jako zapłatę za piwo zboża nie przyjęła, lecz według odważnika zbyt dużego srebro przyjęła, bądź równowartość piwa względem wartości srebra obniżyła i oberżystce tej udowodni się to, **do wody wrzuci się ją** (w znaczeniu: *utopi się ją*).

Krótką historia współczesnej polskiej metrologii prawnej

1. Dekret o miarach z dnia 8 lutego 1919 r., Dziennik Praw Państwa Polskiego 1919 r. nr 15, poz. 211, z późniejszymi zmianami .
2. Pakiet 5 ustaw z dnia 3 kwietnia 1993 r., Dz.U. 1993 r. Nr 55, poz.247: O utworzeniu Głównego Urzędu Miar, poz. 248: Prawo o miarach, poz. 249: Prawo probiercze, poz. 250: O badaniach i certyfikacji, poz. 251: O normalizacji, z późniejszymi zmianami.
3. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. O systemie oceny zgodności, tekst jednolity Dz.U. 2016 poz. 655.
4. Rozporządzenia Ministra Gospodarki wydane na podstawie w/w ustaw, w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych, zakresu tej kontroli i wymagań zasadniczych dla tych przyrządów.

Aktualny stan prawny

Pakiet ustaw z dnia 3 kwietnia 1993 r. ustanowił podstawy funkcjonującego obecnie w Polsce systemu metrologii prawnej oraz prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych.

Do dnia dzisiejszego ustawy te **uległy licznym zmianom**, między innymi **w związku z wstąpieniem Polski do UE**.

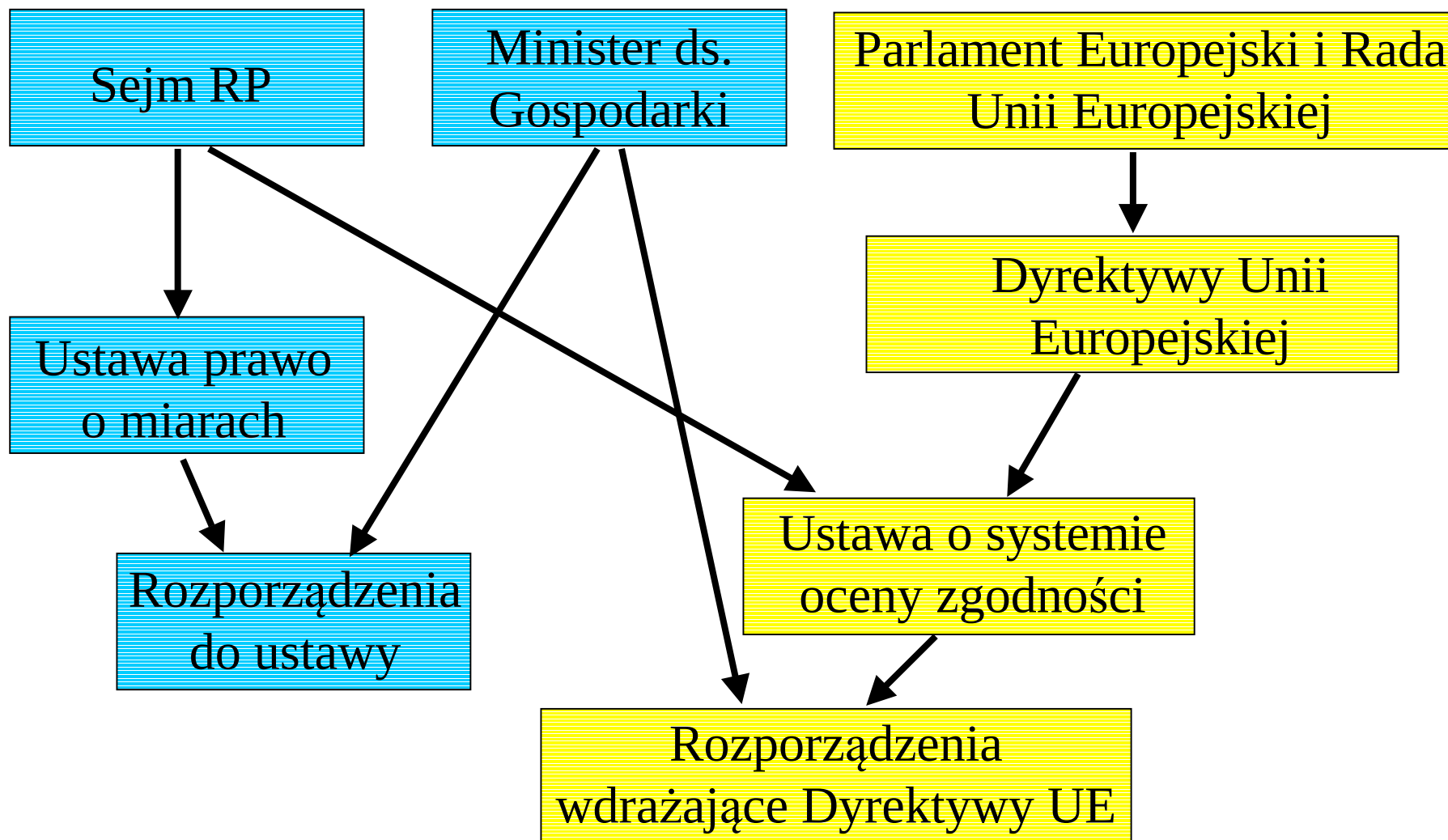
UWAGA!

Zawsze należy sprawdzić aktualny stan prawny: wprowadzone zmiany, uchylenia, ogłoszone teksty jednolite.

ISAP - Internetowy System Aktów Prawnych w Sejmie RP:

<http://isip.sejm.gov.pl/search.jsp>

Prawo krajowe i prawo Unii Europejskiej



Aktualny stan prawny - ustawy

Prawna kontrola metrologiczna przyrządów pomiarowych jest obecnie określona w następujących dokumentach:

1. Ustawy:

- Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach, tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 884.
- Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności, tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 655.

2. Rozporządzenia:

- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych, Dz. U. 2016 poz. 815 (tzw. dyrektywa MID, wymagania **zasadnicze**).

Aktualny stan prawny - rozporządzenia

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli, tekst jednolity, Dz. U. 2014 nr 0 poz. 1066.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych, Dz.U. 2008 nr 5, poz. 29.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać ciepłomierze i ich podzespoły, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych, Dz.U. 2008 nr 2, poz. 2 (wymagania **szczełółowe**).

Prawo o miarach – najważniejsze definicje

Prawna kontrola metrologiczna – działania zmierzające do wykazania, że przyrząd pomiarowy spełnia wymagania określone we właściwych przepisach.

Zatwierdzenie typu – potwierdzenie, w drodze decyzji, że typ przyrządu pomiarowego spełnia wymagania.

Legalizacja (pierwotna, jednostkowa, ponowna) – zespół czynności obejmujących sprawdzenie, stwierdzenie i poświadczenie dowodem legalizacji, że przyrząd pomiarowy spełnia wymagania.

Wzorcowanie – czynności ustalające relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy a odpowiednimi wartościami wielkości fizycznych, realizowanymi przez wzorzec jednostki miary.

Prawo o miarach – najważniejsze definicje c.d.

Wprowadzenie do obrotu – przekazanie przyrządu pomiarowego po raz pierwszy sprzedawcy bądź użytkownikowi przez producenta, jego upoważnionego przedstawiciela lub importera (w tym również w formie nagrody lub bezpłatnie).

Wprowadzenie do użytkowania – zastosowanie przyrządu pomiarowego po raz pierwszy do celu, dla którego jest przeznaczony.

W chwili obecnej, na mocy **Ustawy o systemie oceny zgodności** **wszystkie** wyroby (nie tylko przyrządy pomiarowe) **przed** wprowadzaniem do obrotu lub oddawaniem do użytku **podlegają** **ocenie zgodności** z zasadniczymi i/lub szczegółowymi wymaganiami określonymi w odpowiednich przepisach.

Prawo o miarach – prawna kontrola metrologiczna

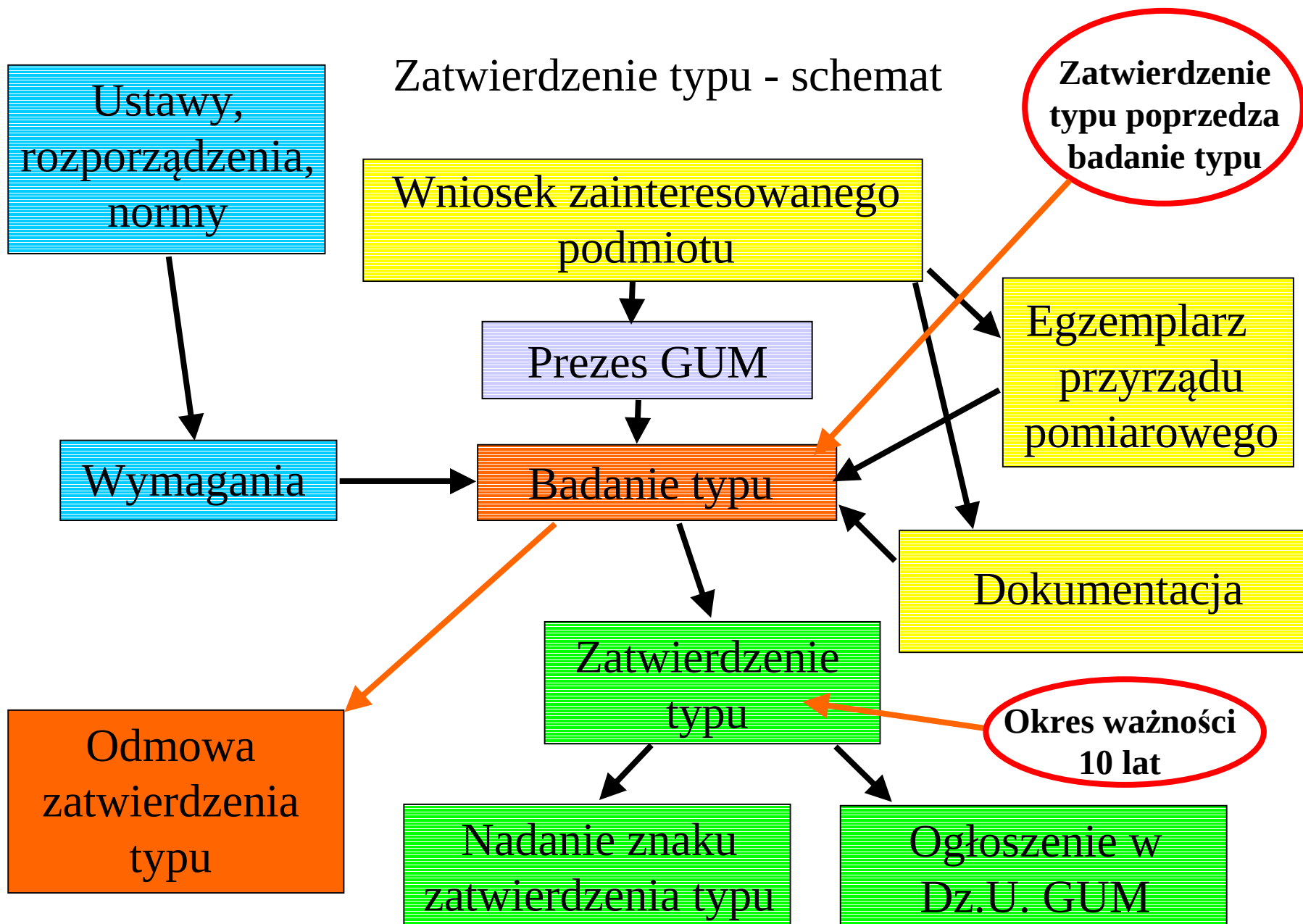
Prawnej kontroli metrologicznej podlegają przyrządy pomiarowe, które **mogą** być stosowane:

- 1) w ochronie zdrowia, życia i środowiska,
- 2) w ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego,
- 3) w ochronie praw konsumenta,
- 4) przy pobieraniu opłat, podatków i innych należności budżetowych oraz ustalania upustów, kar umownych, wynagrodzeń i odszkodowań, a także przy pobieraniu i ustalaniu podobnych należności i świadczeń,
- 5) przy dokonywaniu kontroli celnej,
- 6) w obrocie (handlu)

- i są **określone w rozporządzeniu Ministra ds. gospodarki.**

Prawo o miarach – rodzaje prawnej kontroli metrologicznej

- 1) **Zatwierdzenie typu** – na podstawie badania typu przed wprowadzeniem **typu** przyrządu pomiarowego do obrotu.
- 2) **Legalizacja pierwotna lub jednostkowa** – przed wprowadzeniem danego **egzemplarza** przyrządu pomiarowego do obrotu lub użytkowania.
- 3) **Legalizacja ponowna** – w stosunku do przyrządów wprowadzonych do obrotu lub użytkowania którym upłynął **okres ważności legalizacji**.
- 4) **Ocena zgodności z zasadniczymi wymaganiami** - przed wprowadzeniem przyrządu pomiarowego do obrotu na podstawie **Ustawy o systemie oceny zgodności**.

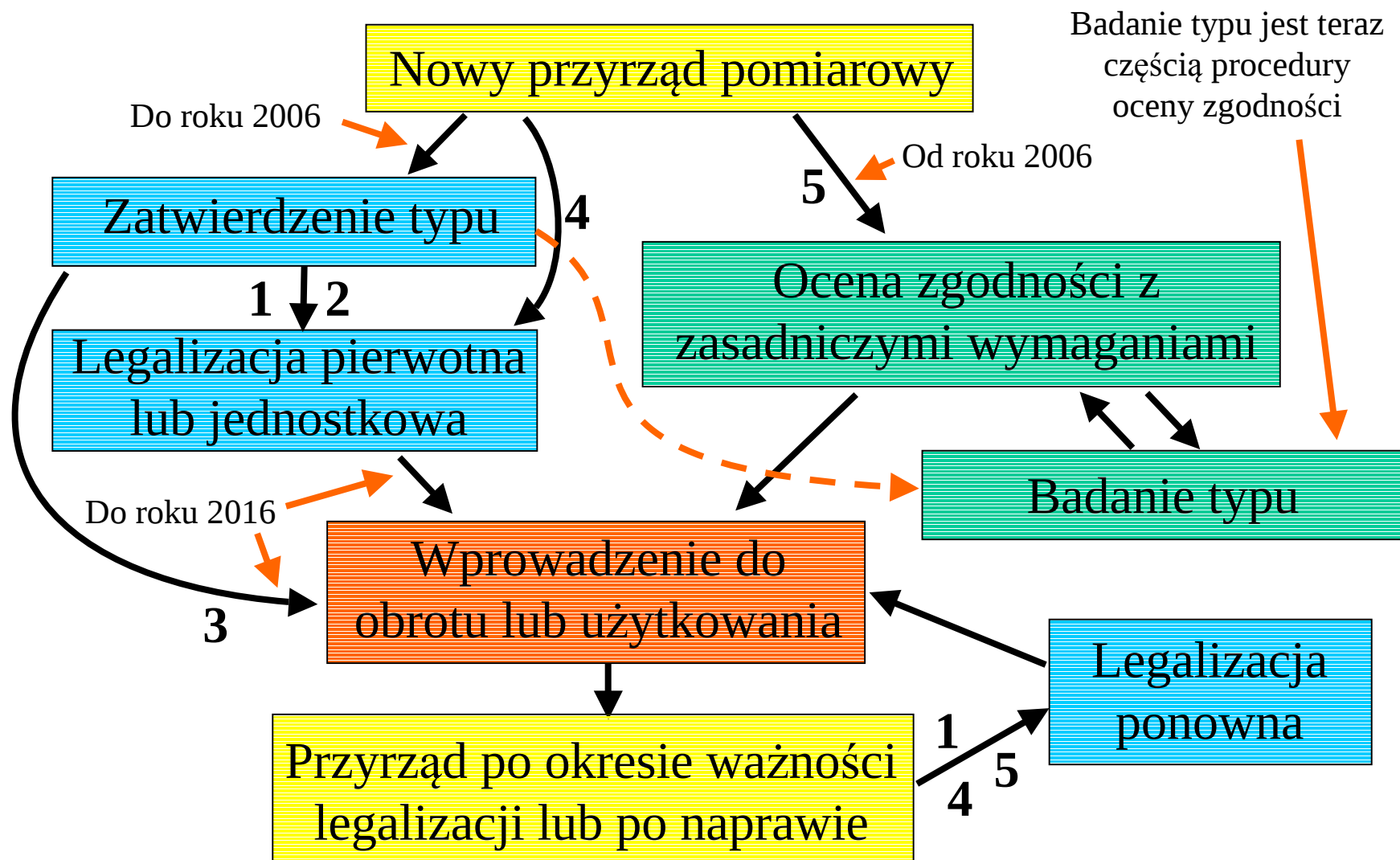


Zakres prawnej kontroli metrologicznej

Zależnie od rodzaju przyrządu pomiarowego zakres prawnej kontroli metrologicznej może obejmować:

- 1) Zatwierdzenie typu i legalizację pierwotną (jednostkową) oraz legalizację ponowną (po upływie okresu ważności legalizacji),
- 2) Zatwierdzenie typu i tylko legalizację pierwotną (jednostkową) (bezterminowy okres ważności legalizacji),
- 3) Wyłącznie zatwierdzenie typu,
- 4) Legalizację pierwotną (jednostkową) oraz legalizację ponowną (po upływie okresu ważności legalizacji), bez zatwierdzenia typu,
- 5) Legalizację ponowną dla przyrządów wprowadzonych do obrotu lub użytkowania po dokonaniu oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami na podstawie Ustawy o systemie oceny zgodności.

Zakres prawnej kontroli metrologicznej - diagram



Prawna kontrola metrologiczna nowego przyrządu

Wniosek:

Wcześniejszy system wprowadzania nowego przyrządu pomiarowego do obrotu i użytkowania obejmujący:

zatwierdzenie typu i legalizację pierwotną (jednostkową) na podstawie **Ustawy Prawo o miarach**

jest **równoważny** obecnie

ocenie zgodności z zasadniczymi wymaganiami na podstawie **Ustawy o systemie oceny zgodności.**

Legalizację ponowną dla przyrządów wprowadzonych już do obrotu lub użytkowania określa w dalszym ciągu Ustawa Prawo o miarach.

Zakres prawnej kontroli metrologicznej ciepłomierzy

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz **zakresu tej kontroli**, Dz.U. 2014 nr 0 poz. 1066 określa **między innymi** dla ciepłomierzy prawną kontrolę metrologiczną obejmującą:

- 1) Legalizację pierwotną oraz legalizację ponowną dla przyrządów których typ został zatwierdzony na podstawie Ustawy prawo o miarach,
lub
- 2) Legalizację ponowną dla przyrządów wprowadzonych do obrotu lub użytkowania po dokonaniu oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami na podstawie Ustawy o systemie oceny zgodności.

Wstąpienie Polski do Unii Europejskiej

1 maja 2004 Polska wstąpiła do Unii Europejskiej.

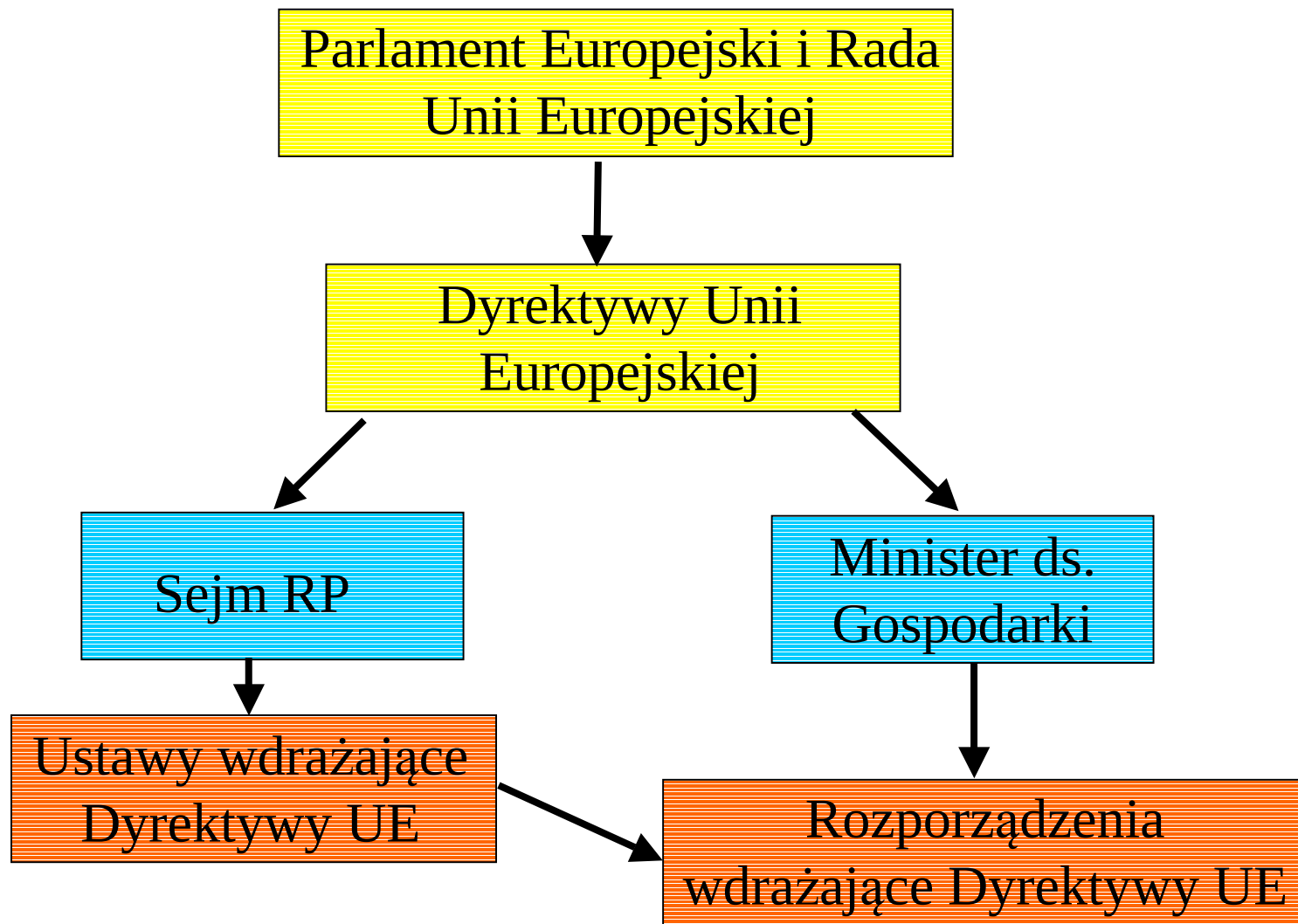
Od tej chwili Polska jest zobowiązana do wdrażania do prawa krajowego Dyrektyw UE.

Podstawową zasadą wprowadzania nowych wyrobów do obrotu i użytkowania na terytorium państw członkowskich UE jest poddawanie ich **ocenie zgodności z zasadniczymi wymaganiami**

(oraz ewentualnie z wymaganiami szczegółowymi jeśli wynikają one z odrębnych przepisów).

Zasada ta obowiązuje również w stosunku do przyrządów pomiarowych, co w pewnym zakresie zastępuje dotychczasową prawną kontrolę metrologiczną przyrządów pomiarowych.

Wdrażanie dyrektyw UE do prawa krajowego



Rozporządzenie wdrażające dyrektywę MID

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych, Dz.U. 2016 poz. 815, nawiązując do Ustawy o systemie oceny zgodności, wdraża do stosowania w Polsce postanowienia dyrektywy 2004/22/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej.

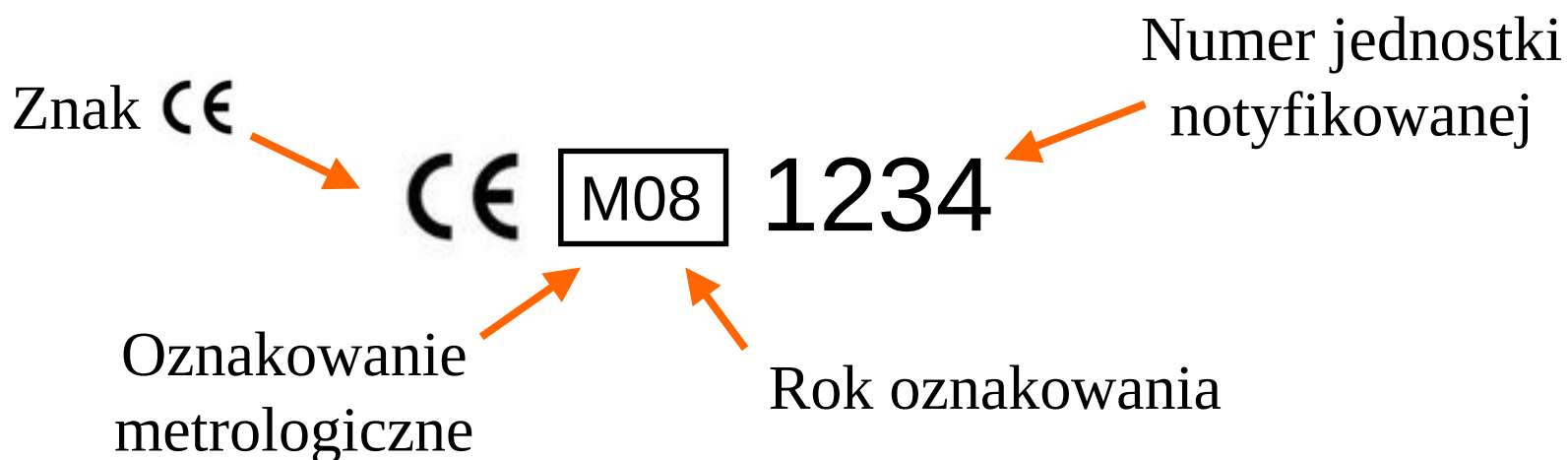
Jest to tzw. **dyrektywa MID** (*Measuring Instruments Directive*), która **określa**:

- zasadnicze wymagania** dla przyrządów pomiarowych,
- procedury oceny zgodności,
- sposoby oznakowania przyrządów pomiarowych,
- wzór znaku 

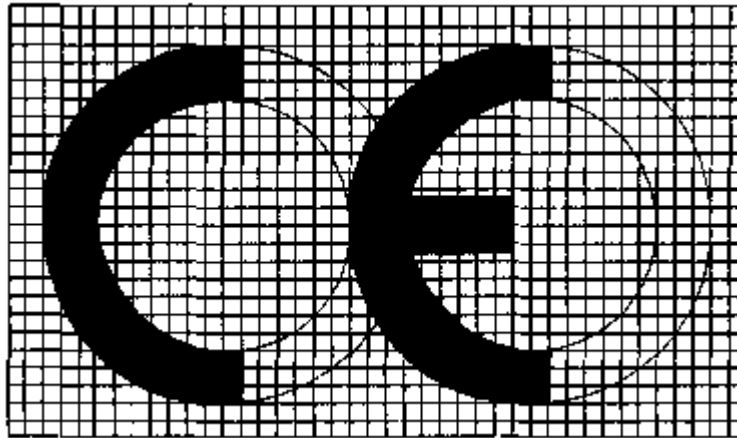
Dyrektywa MID – oznakowanie przyrządu pomiarowego

Na **przyrządzie** pomiarowym dla którego stwierdzono zgodność z zasadniczymi wymaganiami zgodnie z przewidzianymi procedurami, **umieszcza się** :

- 1) nazwę lub znak producenta,
- 2) znak **CE** i dodatkowe oznakowanie metrologiczne składające się z litery M i dwóch cyfr roku w którym umieszczono oznakowanie, otoczone prostokątem o wysokości znaku **CE**
- 3) oznaczenie klasy dokładności.



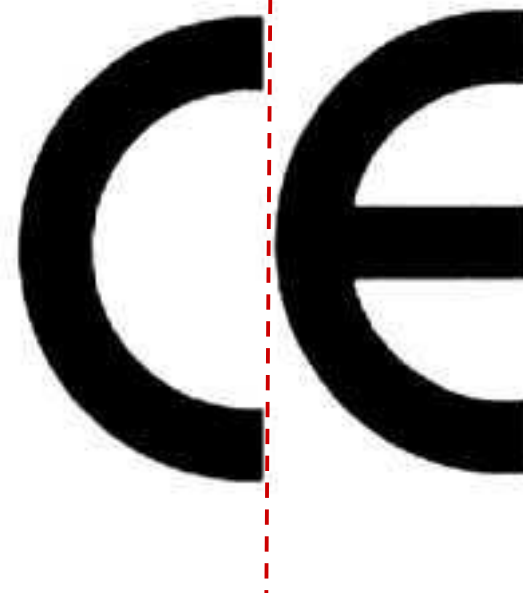
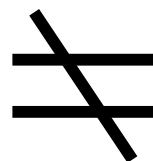
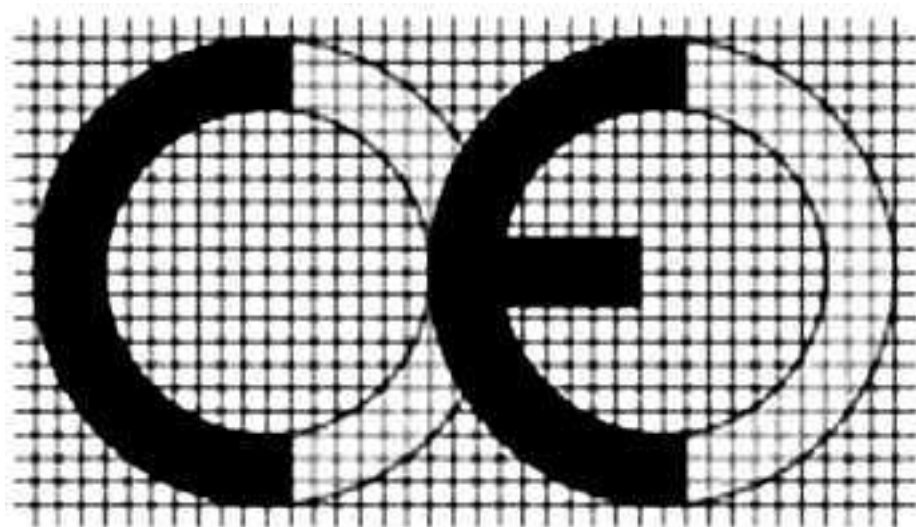
Dyrektywa MID – oznakowanie **CE**



Wzór znaku **CE** określony w dyrektywie MID (taki sam jak i w innych dyrektywach UE)

Skrót **CE** pochodzi od francuskich słów *Conformité Européenne*, co po polsku oznacza „*zgodny z dyrektywami UE*”.

Conformité Européenne vs. China Export



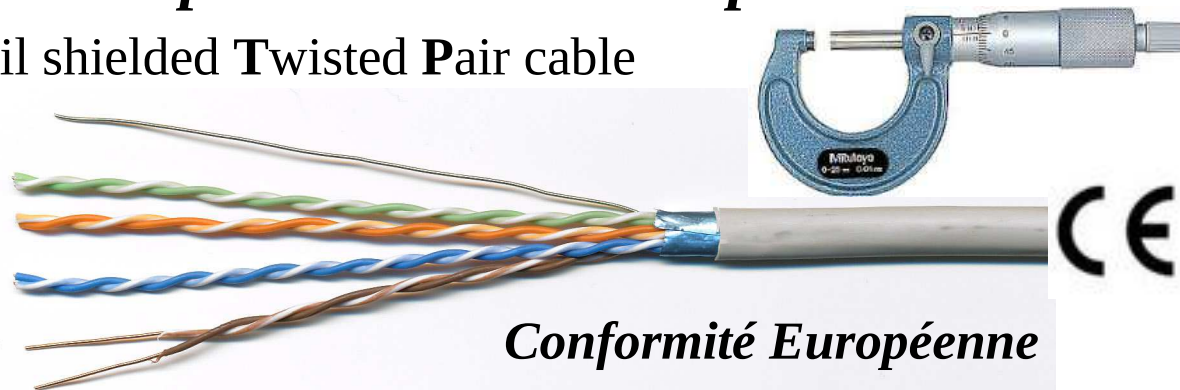
Conformité Européenne (fr.)
European Conformity (eng.)

China Export

Conformité Européenne vs. China Export

FTP - Foil shielded Twisted Pair cable

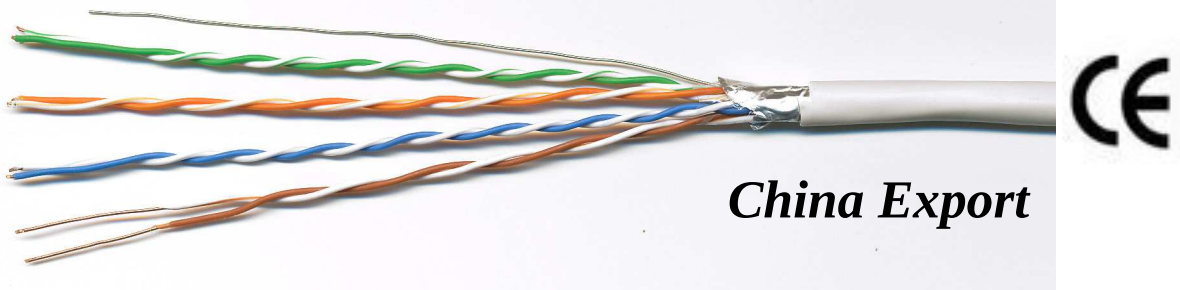
Średnica żyły Cu: 0,51 mm
Przekrój żyły Cu: 0,204 mm²
Ekran grubość Al: 0,05 mm



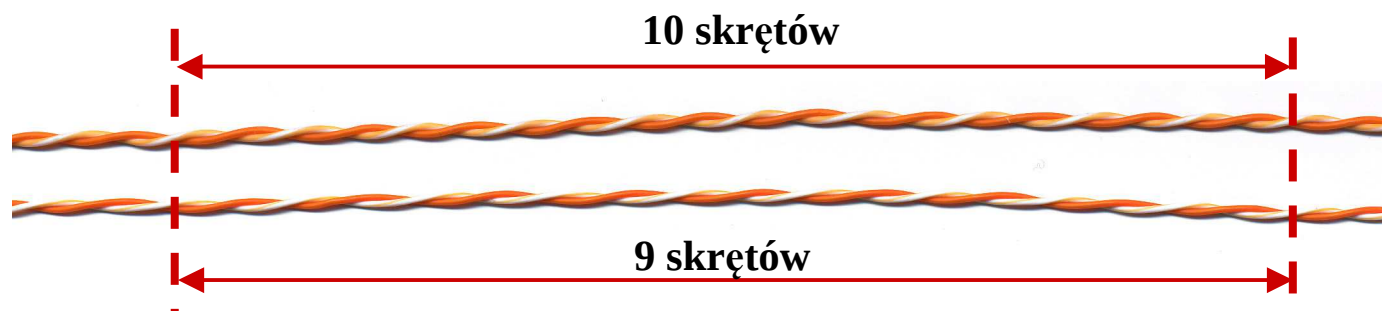
Conformité Européenne

**FTP cat. 5e, 4x2x24AWG
(24AWG=0,51mm)**

Średnica żyły Cu: 0,46 mm
Przekrój żyły Cu: 0,166 mm²
Ekran grubość Al: 0,03 mm
Wniosek: 80% Cu, 60%Al



China Export



Koncepcja pojęcia *ciepło*

W 1842 r. Julius Robert Mayer stwierdził, że **ciepło i praca są różnymi postaciami energii**. Jako pierwszy określił wtedy przybliżony stosunek między ciepłem a pracą mechaniczną, z której ono powstało i sformułował pierwszą zasadę termodynamiki.

Obecnie przyjmuje się, że **energia jest właściwością materii**, zaś **ciepło jest jedną z form przekazywania energii pomiędzy dwoma układami, inną niż praca**.

Proces przekazywania ciepła może przebiegać poprzez : **przewodnictwo cieplne, konwekcję** (swobodną lub wymuszoną) lub **promieniowanie cieplne**.

Uwaga: **niewłaściwe** jest sformułowanie „**energia cieplna**”, tak samo jak „**energia pracy (pracowna ???)**” .

Ilość ciepła

Wielkość skalarną, określającą zmianę energii wewnętrznej układu wymienionymi sposobami nazywa się **ilością ciepła Q** , a jej praktycznie stosowanymi jednostkami są dżul [J] oraz kilowatogodzina [kWh].

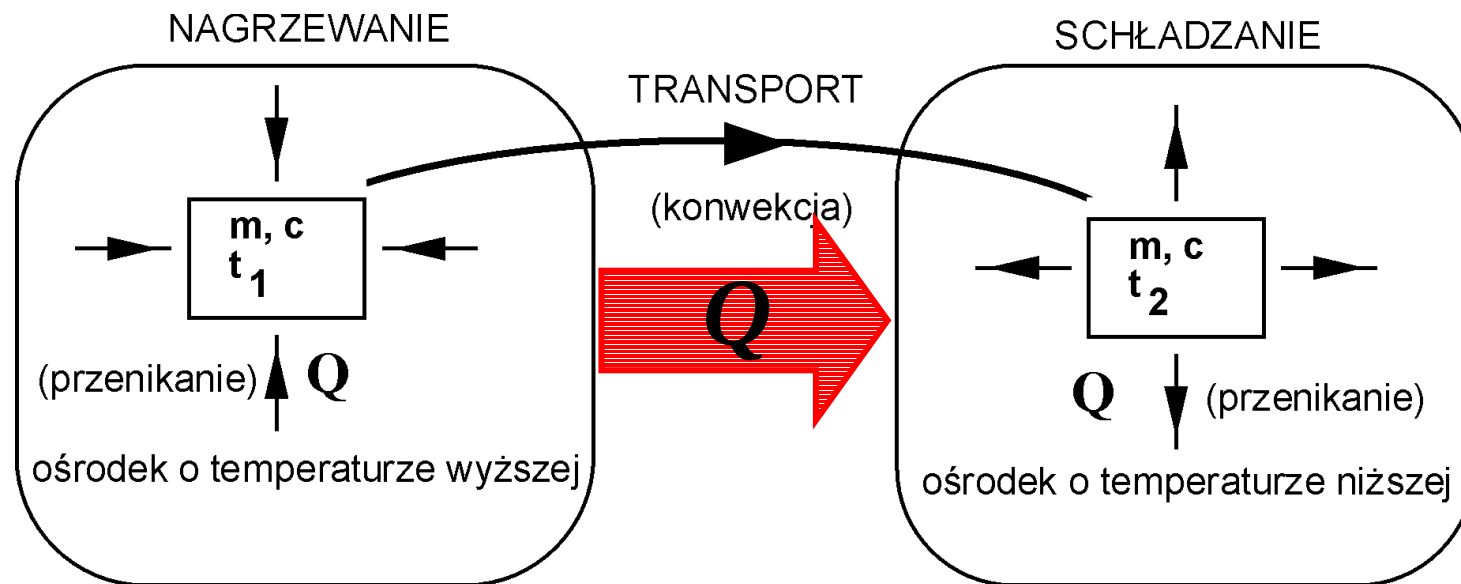
Ilość ciepła Q wymieniona z otoczeniem jest określona znanym wzorem:

$$Q = m \int_{t_1}^{t_2} c(t) dt$$

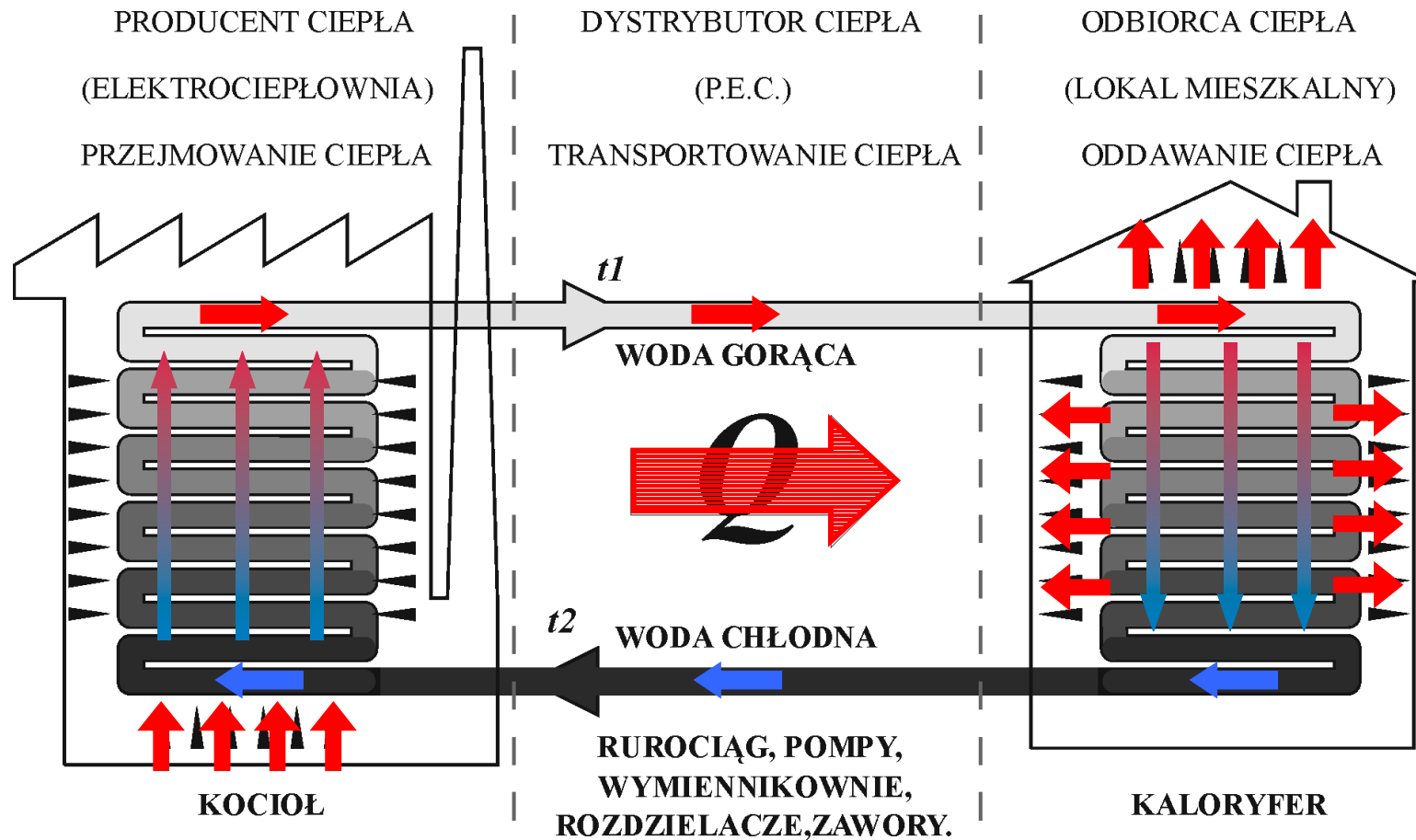
m - masa układu podlegającego przemianie, c - ciepło właściwe, t_1 , t_2 - temperatura przed i po przemianie. Ciepło właściwe c jest w ogólności zależne od temperatury t , co w wielu przypadkach znacznie komplikuje pomiary ilości ciepła.

Zasada działania instalacji grzewczej c.o.

1. umieszczenie ciała o masie m (nośnik energii) w ośrodku o temperaturze wyższej, w którym pobierając ciepło zwiększa swoją energię wewnętrzną i nagrzewa się do temperatury t_1 ,
2. Przetransportowanie go (przez konwekcję wymuszoną lub swobodną) do ośrodka o temperaturze niższej, w którym oddając pobrane ciepło podwyższa temperaturę otoczenia, schładzając się jednocześnie do temperatury t_2 .



Instalacja grzewcza o pracy ciągłej



Rzeczywiste układy c.o. działają w sposób ciągły, a w roli nośnika energii powszechnie stosowana jest woda.

Pomiar ilości ciepła przy pracy ciągłej

Ciepło Q jest transportowane w sposób ciągły w czasie, w jednym i tym samym kierunku (od źródła ciepła do jego odbiornika), ale nośnik energii (woda) jest transportowany w obu kierunkach. Nie jest więc możliwe w prosty sposób wyznaczenie masy m nośnika energii, będącego cały czas w ruchu i wielokrotnie wykorzystywanego w instalacji, nie są również stałe w czasie wartości temperatur t_1 i t_2 . Stosujemy więc wzór:

$$Q = \int_{\tau_0}^{\tau_1} q_m (h_1 - h_2) d\tau$$

q_m - przepływ masowy nośnika ciepła,

h_1 - entalpia właściwa nośnika ciepła w temperaturze wyższej t_1
pod odpowiadającym jej ciśnieniem,

h_2 - entalpia właściwa nośnika ciepła w temperaturze niższej t_2
pod odpowiadającym jej ciśnieniem.

Praktyczny sposób pomiaru ilości ciepła

Pomiar przepływu masowego **qm** nośnika energii zastępuje się zazwyczaj pomiarem przepływu objętościowego **qv** . Dla uproszczenia pomiarów i związanych z nimi obliczeń wprowadzono **współczynnik cieplny k** :

$$k = \rho \frac{h_1 - h_2}{t_1 - t_2}$$

Ilość ciepła **Q** można prosto uzależnić od objętości **V** nośnika energii, który przepłynął przez odbiornik podczas pomiaru:

$$Q = \int_{V_0}^{V_1} k(t_1 - t_2) dV$$

Praktyczny sposób pomiaru ilości ciepła

Ze względu na bardzo duże stałe czasowe instalacji ciepłowniczych, przy pomiarach ilości ciepła oraz przy sprawdzaniu ciepłomierzy przyjmuje się w praktyce, że w czasie trwania pomiaru w instalacji panuje stan ustalony (zachodzi przemiana kwazistatyczna).

Przy takim założeniu poprawna ilość ciepła Q_c dostarczona do odbiornika przez nośnik energii o objętości V jest równa :

$$Q_c = kV(t_1 - t_2)$$

Współczynnik cieplny dla wody

Współczynnik k jest równy ilości ciepła jaką wymieni z otoczeniem 1 m³ wody, przy zmianie temperatury o 1 K, jego wartości dla wody stabelaryzowano odpowiednio do miejsca pomiaru objętości na powrocie lub zasilaniu wymiennika ciepła.

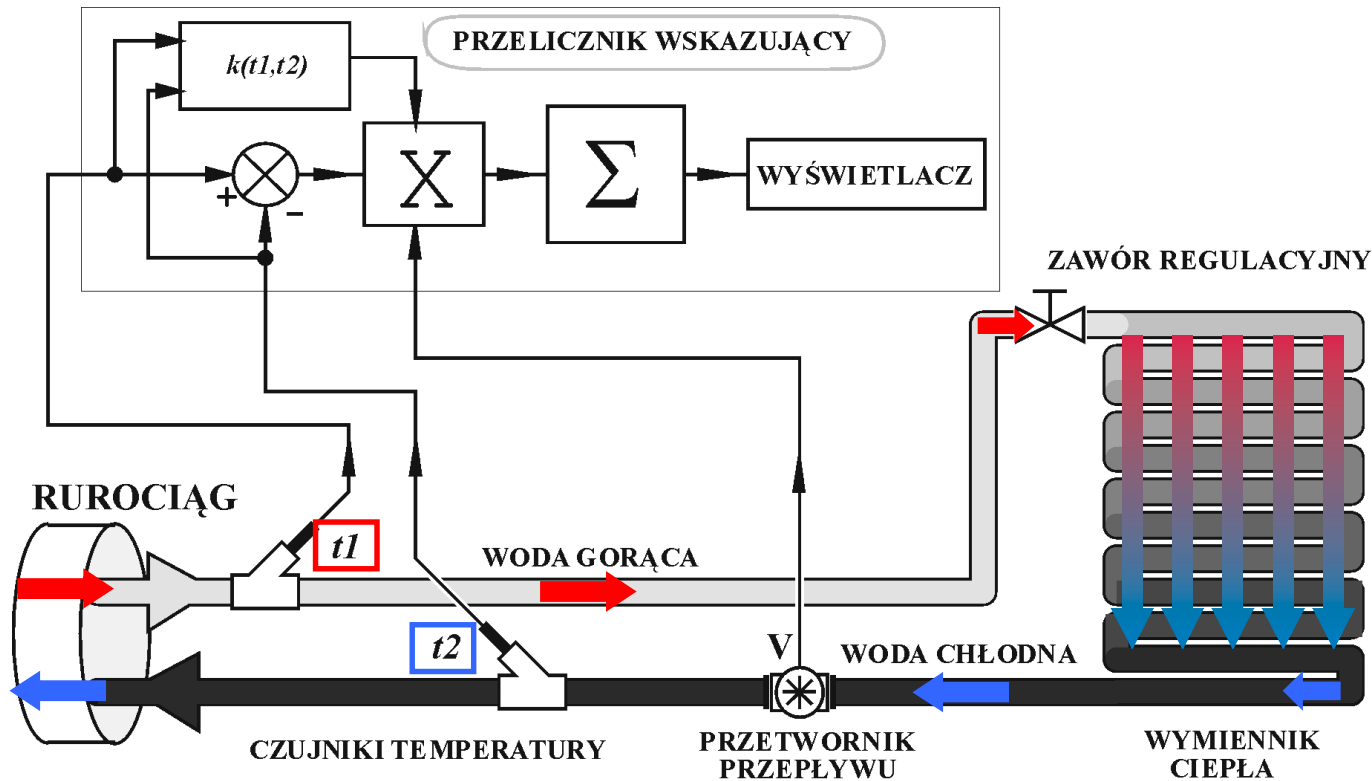
$$1 \text{ cal} \approx 4,2 \text{ J}$$

Tabela 1. Współczynnik cieplny $k(t_1, t_2)$ dla wody w [MJ m⁻³ K⁻¹]
Pomiar objętości wody na powrocie w temperaturze t_2

	t ₂ [°C]																		
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
20	4.1830																		
30	4.1802	4.1711																	
40	4.1790	4.1704	4.1595																
50	4.1788	4.1711	4.1603	4.1466															
60	4.1793	4.1721	4.1616	4.1482	4.1322														
70	4.1804	4.1736	4.1634	4.1502	4.1344	4.1162													
80	4.1820	4.1756	4.1657	4.1527	4.1371	4.1191	4.0990												
90	4.1842	4.1781	4.1684	4.1557	4.1403	4.1225	4.1027	4.0811											
100	4.1869	4.1811	4.1717	4.1592	4.1441	4.1266	4.1070	4.0857	4.0630										
110	4.1903	4.1848	4.1757	4.1635	4.1485	4.1313	4.1121	4.0911	4.0687	4.0449									
120	4.1944	4.1892	4.1804	4.1684	4.1538	4.1368	4.1179	4.0973	4.0752	4.0518	4.0272								
130	4.1992	4.1943	4.1858	4.1741	4.1598	4.1432	4.1246	4.1043	4.0826	4.0595	4.0354	4.0101							
140	4.2048	4.2003	4.1951	4.1807	4.1667	4.1504	4.1322	4.1123	4.0909	4.0682	4.0444	4.0195	3.9936						
150	4.2112	4.2071	4.1992	4.1882	4.1745	4.1586	4.1407	4.1211	4.1002	4.0779	4.0545	4.0300	4.0045	3.9779					
160	4.2186	4.2148	4.2073	4.1966	4.1833	4.1677	4.1502	4.1310	4.1104	4.0886	4.0656	4.0415	4.0164	3.9902	3.9631				
170	4.2270	4.2236	4.2164	4.2060	4.1931	4.1779	4.1608	4.1420	4.1218	4.1003	4.0777	4.0541	4.0294	4.0037	3.9769	3.948			
180	4.2364	4.2333	4.2265	4.2166	4.2040	4.1892	4.1725	4.1541	4.1343	4.1133	4.0911	4.0679	4.0436	4.0183	3.9920	3.962	3.932		
190	4.2469	4.2442	4.2378	4.2283	4.2161	4.2017	4.1854	4.1674	4.1481	4.1275	4.1058	4.0830	4.0592	4.0343	4.0085	3.979	3.950	3.921	
200	4.2586	4.2564	4.2504	4.2413	4.2295	4.2155	4.1997	4.1822	4.1633	4.1431	4.1219	4.0995	4.0762	4.0519	4.0266	3.996	3.968	3.939	3.907

Pomiar ilości ciepła ciepłomierzem

Ciepłomierz składa się z **przelicznika** wskazującego, **pary** czujników temperatury oraz przetwornika **przepływu**.



Para czujników temperatury oraz przetwornik przepływu dostarczają do przelicznika wskazującego niezbędnych danych o temperaturze t_1 nośnika dopływającego do wymiennika i temperaturze t_2 nośnika odpływającego oraz o jego objętości V .

Klasa ciepłomierza

Błąd względny procentowy ciepłomierza E_Q określa się na podstawie wzoru:

$$E_Q = \frac{Q_i - Q_c}{Q_c} \cdot 100\%$$

Klasa ciepłomierza

Graniczny błąd dopuszczalny E_{Qd}
ciepłomierza wyrażony w procentach

Klasa 1	$\pm(2 + 4 \Delta t_{min}/\Delta t + 0,01 q_n/q)$
Klasa 2	$\pm(3 + 4 \Delta t_{min}/\Delta t + 0,02 q_n/q)$
Klasa 3	$\pm(4 + 4 \Delta t_{min}/\Delta t + 0,05 q_n/q)$

Sprawdzanie ciepłomierza

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra przyjmuje się, że błąd ciepłomierza jest **sumą algebraiczną błędów** jego wszystkich urządzeń składowych.

Można więc sprawdzanie ciepłomierza zrealizować poprzez **oddzielne sprawdzanie wszystkich jego części składowych**.

Dlatego w praktyce do sprawdzania ciepłomierza potrzebne są **trzy** stanowiska pomiarowe :

- stanowisko do sprawdzania przeliczników wskazujących,
- stanowisko do sprawdzania par czujników temperatury,
- stanowisko do sprawdzania przetworników przepływu.

Błąd **sumaryczny** ciepłomierza

Błąd ciepłomierza składanego E_{Qd} **jest sumą** algebraiczną **błędów** jego urządzeń składowych: błędu E_{Ld} przelicznika wskazującego, błędu E_{Td} pary czujników temperatury oraz błędu E_{Pd} przetwornika przepływu.

$$E_{Ld} = \pm(0,5 + \Delta t_{min}/\Delta t)$$

$$E_{Td} = \pm(0,5 + 3 \Delta t_{min}/\Delta t)$$

Błąd graniczny pojedynczego czujnika temperatury wynosi ± 2 °C.

dla klasy 1: $E_{Pd} = \pm(1 + 0,01 q_n/q)$

dla klasy 2: $E_{Pd} = \pm(2 + 0,02 q_n/q)$

dla klasy 3: $E_{Pd} = \pm(3 + 0,05 q_n/q)$

W każdym przypadku wartość błędu E_{Pd} nie powinna przekraczać ± 5 %.

Sprawdzanie **przelicznika** wskazującego

Przelicznik wskazujący powinien być sprawdzony co najmniej przy **trzech** następujących wartościach symulowanej różnicy temperatury Δt :

$$\Delta t_{min} \leq \Delta t \leq 1.2 \Delta t_{min}$$

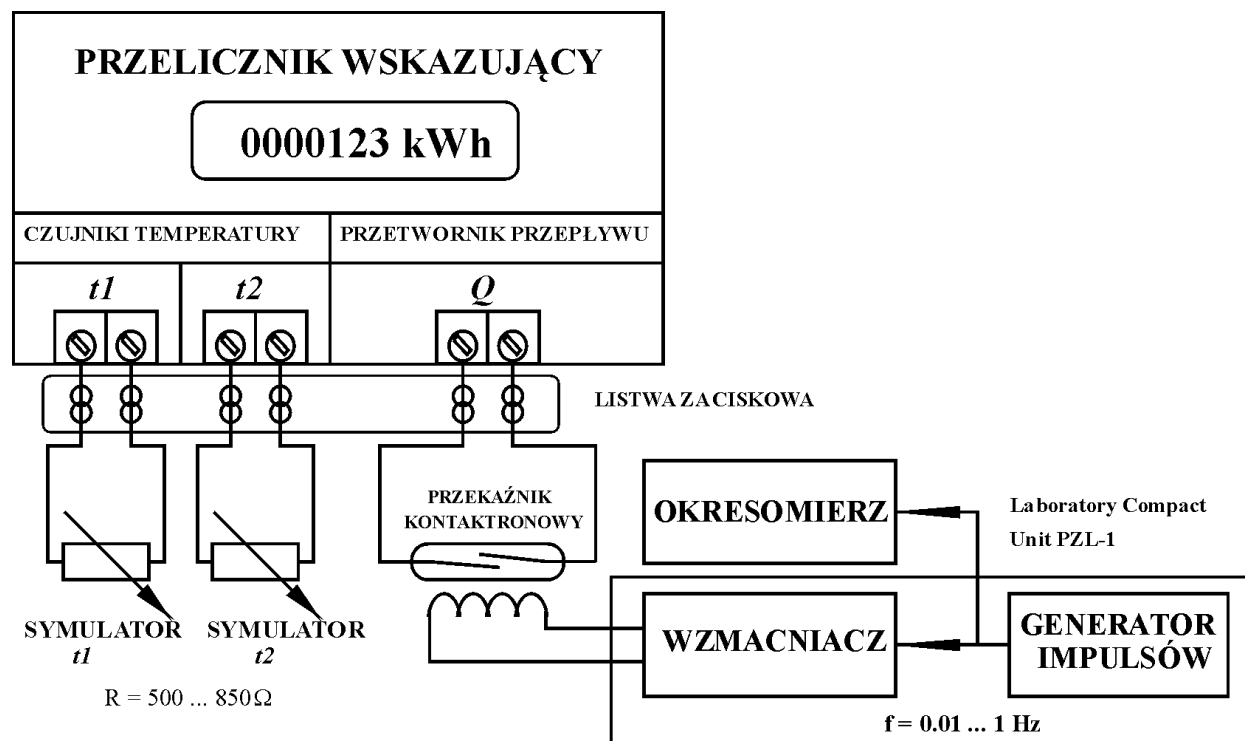
$$10 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{max} - 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq \Delta t_{max}$$

gdzie : Δt_{min} i Δt_{max} - minimalna i maksymalna różnica temperatur, określona w zatwierdzeniu typu ciepłomierza.

Symulowany przepływ nie powinien przekraczać maksymalnej wartości q_{max}

Układ do sprawdzania przelicznika wskazującego



Sprawdzenie przelicznika wskazującego polega na zasymulowaniu wymaganych wartości temperatury wyższej t_1 i niższej t_2 oraz przepływu q .

Sprawdzanie **pary czujników** temperatury

Sprawdzenie należy przeprowadzić w każdym z trzech poniższych zakresów temperatury t :

- 1) $t_{min} \leq t \leq t_{min} + 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – jeśli $t_{min} < 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
albo: $35 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq t \leq 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – jeśli $t_{min} \geq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) $75 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq t \leq 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- 3) $t_{max} - 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq t \leq t_{max}$

gdzie : t_{min} , t_{max} - dolna i górna granica zakresu temperatur określona w zatwierdzeniu typu ciepłomierza lub pary czujników temperatury.

Sprawdzanie **przetwornika** przepływu

Przetwornik przepływu do ciepłomierza, powinien być sprawdzany ciepłą wodą o temperaturze $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$, przy następujących wartościach strumienia masy lub objętości **q** :

$$\mathbf{q_{min} \leq q \leq 1,1 q_{min}}$$

$$\mathbf{0,1 q_n \leq q \leq 0,11 q_n}$$

$$\mathbf{0,9 q_{max} < q < q_{max}}$$

Stanowisko dydaktyczne z ciepłomierzem

