

# I Szybkie odnośniki

## Jednostki układu SI

**Wat.** Ta jednostka układu SI została nazwana na cześć Jamesa Watta. Tak jak w przypadku wszystkich innych jednostek SI, których nazwy wywodzą się od nazwisk, symbolem jest duża, pierwsza litera tego nazwiska (W). Pisząc całą nazwę, należy zaczynać od małej litery (wat). Wyjątkiem są „stopnie Celsjusza”.

Wikipedia

SI to skrót of Système Internationale (z franc. Międzynarodowy Układ Jednostek Miar). Jednostek systemu SI powinni używać wszyscy projektanci statków kosmicznych, jeżeli chcą, by to coś latało.

Jednostki układu SI			przedrostek						
energia	jeden dżul	1 J	symbol	k	M	G	T	P	E
moc	jeden wat	1 W	mnożnik	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$	$10^{15}$	$10^{18}$
siła	jeden newton	1 N	-----						
długość	jeden metr	1 m	przedrostek	centy	mili	mikro	nano	piko	femto
czas	jedna sekunda	1 s	symbol	c	m	$\mu$	n	p	f
temperatura	jeden kelwin	1 K	mnożnik	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$

Tabela 1.1. Jednostki układu SI i przedrostki

## Moje ulubione miary sprawności energetycznej, transportowej i sprawności mocy

Moje ulubione jednostki, wyrażone w SI			
energia	jedna kilowatogodzina	1 kWh	3 600 000 J
moc	jedna kilowatogodzina dziennie	1 kWh/d	$(1000/24) W \approx 40 W$
siła	jedna kilowatogodzina na 100 km	1 kWh/100 km	36 N
czas	jedna godzina	1 h	3600 s
	jeden dzień	1 d	$24 \times 3600 s \approx 10^5 s$
	jeden rok	1 r	$365,25 \times 24 \times 3600 s \approx \pi \times 10^7 s$
stos. siły do masy	kilowatogodzina na tonokilometr	1 kWh/t-km	$3,6 m/s^2 (\approx 0,37g)$

## Inne jednostki i symbole

Co mierzymy?	nazwa jednostki	symbol	wartość
ludzie	osoba	o	
masa	tona	t	1t = 1000 kg
	gigatona	Gt	1 Gt = $10^9 \times 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Pg}$
transport	pasażerokilometr	p-km	
transport	tonokilometr	t-km	
objętość	litr	l	1 l = 0,001 m <sup>3</sup>
powierzchnia	kilometr kwadratowy	km <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>
	hektar	ha	1 ha = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
	Walia		1 Walia = 21 000 km <sup>2</sup>
	London (obszar adm. Wielkiego Londynu)		1 London = 1580 km <sup>2</sup>
energia	elektrownia wodna Dinorwig		1 Dinorwig = 9 GWh

## Miliardy, miliony i obce przedrostki

Miliard (1 mld) to 10<sup>9</sup> lub tysiąc milionów. Bilion to 10<sup>12</sup>. Standardowym przedrostkiem określającym miliard (10<sup>9</sup>) jest giga.

Dla oznaczenia miliona zazwyczaj stosujemy mln, ale np. w przypadku miliona ton ekwiwalentu ropy będzie to Mtoe, a dla miliona ton dwutlenku węgla MtCO<sub>2</sub>.

## Jednostki irytujące

W powszechnym obiegu jest wiele jednostek, które z różnych względów irytują. Wyobraziłem sobie, co mogą oznaczać. Wyliczam je tutaj, by ułatwić Ci zrozumienie różnorodnych doniesień medialnych.

### Domy

Miara zwana „domem” powszechnie pojawia się w opisach odnawialnych źródeł energii. Czytamy np. że „Warta 300 mln funtów farma wiatrowa Whitelee, wyposażona w 140 turbin, będzie produkować 322 MW mocy, co zasili w prąd 200 000 domów”. Brytyjskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej definiuje „dom” w kategoriach mocy – to **4700 kWh rocznie** [www.bwea.com/ukwed/operational.asp]. To 0,54 kW lub **13 kWh dziennie**. Inne organizacje podają 4000 kWh/r na gospodarstwo domowe.

Miara zwana „domem” wyprowadza mnie z równowagi. Obawiam się, że ludzie rozumieją przez to *całą energię zużywaną przez domowników*. Tymczasem ta ostatnia jest jakieś 24 razy większa niż 13 kWh/d. Pod hasłem „dom” kryje się tylko i wyłącznie przeciętne zużycie prądu w gospodarstwie domowym. Nie ma tam ogrzewania. Ani miejsca pracy. Ani transportu. Ani wszystkich energożernych produktów i usług, które dostarcza domownikom społeczeństwo.

Kiedy natomiast mowa o emisjach CO<sub>2</sub> tego „domu”, zazwyczaj podaje się wartość 4 ton CO<sub>2</sub> na dom rocznie. Nie mam pojęcia, dlaczego.

## Elektrownie

Pomysły na oszczędzanie energii czasem opisuje się w kategoriach elektrowni. Według raportu BBC, dotyczącego instalacji nowych praktycznie niezniszczalnych diod LED w systemach sygnalizacji świetlnej „dałoby to ogromne oszczędności energii – zasilenie brytyjskiej sygnalizacji świetlnej wymaga pracy dwóch średniej wielkości elektrowni”.

[news.bbc.co.uk/1/low/sci/tech/specials/sheffield\\_99/449368.stm](http://news.bbc.co.uk/1/low/sci/tech/specials/sheffield_99/449368.stm)

Jaka jest ta elektrownia średniej wielkości? Ma 10 MW mocy? 50 MW? 100 MW? 500 MW? Nie mam pojęcia. Co na to wyszukiwarka Google? Niektórzy uważają, że to 30 MW, inni, że 250 MW, kolejni, że 500 MW (to najpowszechniej), a jeszcze inni, że 800 MW. Co za bezużyteczna miara!

A nie lepiej wyrazić owe oszczędności w procentach? „Zasilenie brytyjskiej sygnalizacji świetlnej wymaga 11 MW energii elektrycznej, a to 0,03% krajowego zużycia prądu”. To by ujawniło, jak „ogromne” są te oszczędności.

Na rysunku I.2 wymieniamy moce 19 brytyjskich elektrowni węglowych.

## Samochody zdjęte z dróg

W niektórych reklamach redukcję ilości CO<sub>2</sub> wyraża się „liczbą samochodów zdjętych z dróg”. Np. Richard Branson, właściciel kolei Virgin Trains, twierdzi, że gdyby jego nowe pociągi Voyager przestawić na 20% biodiesla... (Swoją drogą, czyż nie jest skandalem nazywanie pociągu „zielonym i napędzany biodieslem”, kiedy zużywa 80% paliw kopalnych, a tylko 20% biodiesla? – przepraszam, nieco się rozkojarzyłem). No więc Branson twierdzi, że *gdyby* jego nowe pociągi Voyager przestawić na 20% biodiesla ... (podkreślam słówko „*gdyby*”, bo ludzie pokroju Bransona zawsze przykuwają uwagę mediów, anonsując, że coś zrobią, po czym część tych roz reklamowanych inicjatyw po cichu wygasa – tak jak holowanie samolotów na płycie lotniska, co ograniczyłoby emisje spalin. – Przepraszam, znów się uniosłem). Tak więc Branson twierdzi, że gdyby jego nowe pociągi Voyager przestawić na 20% biodiesla, przelożyłoby się to na redukcję 34 500 ton CO<sub>2</sub> rocznie, co odpowiada „23 000 samochodów zdjętych z dróg”. Z tej wypowiedzi wynika że:

„Jeden samochód zdjęty z drogi” to – 1,5 t CO<sub>2</sub> rocznie

## Kalorie

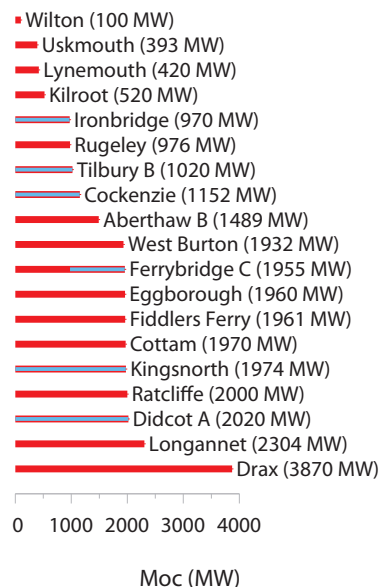
Kalorie irytują, bo społeczność odchudzających się nazywa kalorią to, co jest kilokalorią. 1 taka kaloria w diecie = 1000 kalorii.

$$2500 \text{ kcal} = 3 \text{ kWh} = 10\,000 \text{ kJ} = 10 \text{ MJ}$$

## Baryłki

To irytująca jednostka ukochana przez społeczność naftową, podobnie jak tona ropy. Dlaczego nie zdecydują się na jedną miarę? Baryłka ropy to 6,1 GJ lub 1700 kWh.

Baryłki irytują w dwójnasób, bo mają wiele definicji opartych na różnych objętościach.



Rys. I.2. Moce zainstalowane w brytyjskich elektrowniach węglowych. Na niebiesko oznaczyłem 8 GW mocy w instalacjach, które zostaną zamknięte do 2015 roku. 2500 MW w skali kraju odpowiada 1 kWh na osobę dziennie.

Oto wszystko, co musisz wiedzieć o baryłkach ropy. Jedna baryłka to 42 galony amerykańskie albo 159 litrów. Jedna baryłka to 0,1364 ton ropy. Jedna baryłka surowej ropy naftowej zawiera 5,75 GJ energii. Jedna baryłka ropy waży 136 kg. Jedna tona surowej ropy naftowej to 7,33 baryłek i 2,1 GJ. Emisyjność surowej ropy wynosi 400 kg CO<sub>2</sub> na baryłkę ([www.chemlink.com.au/conversions.htm](http://www.chemlink.com.au/conversions.htm)). Oznacza to, że jeżeli cena ropy wynosi 100 USD za baryłkę, to energia ropy kosztuje 6 centów za kWh. Gdyby jednak nałożyć na paliwa kopalne podatek emisyjny w wysokości 250 dolarów za tonę CO<sub>2</sub>, cena ropy skoczyłaby o dodatkowe 100 USD.

## Galony

Galony byłyby miłą i przyjazną człowiekowi miarą, gdyby Jankesi tego nie skopali, definiując galon inaczej niż wszyscy (co powtórzyli z pintą i kwartą). Wszystkie miary amerykańskie stanowią mniej więcej pięć szóstych miar prawidłowych.

1 galon amerykański = 3,785 l.

## Tony

Tony są irytujące, bo istnieją tony długie, krótkie i metryczne. Są do siebie tak zbliżone, że ich tutaj nie różnicuję. 1 krótka tona = 907 kg; 1 długa tona = 1016 kg; 1 tona metryczna (lub po prostu tona) = 1000 kg.

## BTU i quady

Brytyjskie jednostki termiczne (BTU) są dość denerwujące, bo ani nie należą do systemu SI, ani nie mają szczególnie użytecznej wielkości. Podobnie, jak bezużyteczny dżul, są zbyt małe, trzeba więc dokładać do nich durne przedrostki, jak „kwadrylion” [wg skali krótkiej, używanej m.in. w krajach anglosaskich jest to 10<sup>15</sup>, co odpowiada polskiemu biliardowi – *red.*], aby był z nich jakiś praktyczny pożytek.

1 kJ to 0,947 BTU. 1 kWh to 3409 BTU.

## Jednostki zabawne

### Filiżanki herbaty

Czy to ma uatrakcyjnić panele słoneczne? „Po zainstalowaniu 7000 modułów fotowoltaicznych ma produkować 180 000 jednostek odnawialnego prądu rocznie, co wystarczy do przygotowania **dziewięciu milionów filiżanek herbaty**”. Wynika stąd, że 1 kWh odpowiada 50 filiżankom herbaty.

Jako jednostka objętości 1 filiżanka amerykańska (1 US cup) oficjalnie mieści 0,24 l, ale filiżanka herbaty lub kawy zazwyczaj ma 0,18 l. Podniesienie temperatury 50 filiżanek wody, o objętości 0,18 l, z 15 °C do 100 °C, wymaga 1 kWh.

Stąd też „dziewięć milionów filiżanek herbaty rocznie” to inaczej „20 kW”.

## Piętury, sale koncertowe i stadiony

„Gdyby docieplić wszystkie ściany w Wielkiej Brytanii, emisje dwutlenku węgla spadłyby o imponujące 7 milionów ton. Te emisje zajęłyby niemalże 40 milionów autobusów piętrowych, a nowy stadion Wembley wypełniłyby 900 razy!”

Z czego wynika bardzo pożyteczna informacja, że Wembley pomieści 44 000 piętрусów. Swoją drogą Wembley ma 1 140 000 m<sup>3</sup>.

„Gdyby w każdym domu zainstalować tylko jedną świetlówkę energooszczędną, zaoszczędzony w ten sposób dwutlenek węgla wypełniłby salę Royal Albert Hall 1980 razy!” (Albert Hall ma 100 000 m<sup>3</sup>).

Wyrażanie CO<sub>2</sub> w kategoriach objętości, a nie masy, świetnie rozdmuchuje jego rozmiary. Jeżeli „1 kg CO<sub>2</sub> dziennie” brzmi zbyt skromnie, zamień to na „200 000 litrów CO<sub>2</sub> rocznie”!

waga CO <sub>2</sub> ↔ objętość
2 kg CO <sub>2</sub> ↔ 1 m <sup>3</sup>
1 kg CO <sub>2</sub> ↔ 500 litrów
44 g CO <sub>2</sub> ↔ 2 litry
2 g CO <sub>2</sub> ↔ 1 litr

Tabela I.3. Przelicznik wag na objętości

## Więcej objętości

Kontener ma 2,4 m szerokości na 2,6 m wysokości na 6,1 lub 12,2 metrów długości (6,1 dla pojemności kontenerowej TEU, 12,2 dla pojemności FEU).

Jeden TEU to pojemnościowy ekwiwalent kontenera dwudziestostopowego o pojemności wnętrza około 33 m<sup>3</sup>. Obecnie większość kontenerów to kontenery czterdziestostopowe, o wielkości 2 TEU. 40-stopowy kontener waży 4 tony i mieści 26 ton ładunku; jego pojemność to 67,5 m<sup>3</sup>.

Basen pływacki ma pojemność około 3000 m<sup>3</sup>.

Autobus piętrowy ma objętość 100 m<sup>3</sup>.

Balon na gorące powietrze ma 2500 m<sup>3</sup>.

Wielka piramida w Gizie ma objętość 2 500 000 metrów sześciennych.



Fot. I.4. Kontener dwudziestostopowy (1 TEU)

## Powierzchnie

Powierzchnia Ziemi wynosi 500 × 106 km<sup>2</sup>; powierzchnia lądu to 150 × 106 km<sup>2</sup>.

Mój typowy brytyjski dom z trzema sypialniami ma powierzchnię użytkową 88 m<sup>2</sup>. W Stanach typowy dom jednorodzinny ma 2330 stóp kwadratowych (216 m<sup>2</sup>).

## Moce

Przyrostek „el” przy wartościach mocy oznacza, że mówimy o energii elektrycznej. Stąd też elektrownia może produkować 1 GW<sub>el</sub> zużywając 2,5 GW energii chemicznej. Analogicznie przyrostek „c” oznacza, że mamy do czynienia z energią cieplną. Przyrostków tych można używać, podając ilości energii. „Mój dom zużywa 2 Wh<sub>el</sub> dziennie”.

Dodając przyrostek „s” do wartości mocy, wskazujemy, że chodzi o moc „szczytową”. I tak 10 m<sup>2</sup> paneli może mieć 1 kW<sub>s</sub> mocy szczytowej.

1 kWh/d = 1/24 kW.

1 toe/r = 1,33 kW.

Benzyna wypływa z pompy na stacji w tempie około pół litra na sekundę. To 5 kWh na sekundę albo 18 MW.

Moc samochodu wyścigowego Formuły 1 to 560 kW.

hektar	= 10000 m <sup>2</sup>
akr	= 4050 m <sup>2</sup>
mila kwadr.	= 2,6 km <sup>2</sup>
stopa kwadr.	= 0,093 m <sup>2</sup>
jard kwadr.	= 0,84 m <sup>2</sup>

Tabela I.5. Powierzchnie

Zużycie prądu w Wielkiej Brytanii wynosi 17 kWh na osobę dziennie lub 42,5 GW w skali kraju.

Użytkowanie terenu	powierzchnia na osobę (m <sup>2</sup> )	odsetek
– budynki mieszkalne	30	1,1
– ogrody przydomowe	114	4,3
– inne budynki	18	0,66
– drogi	60	2,2
– koleje	3,6	0,13
– ścieżki	2,9	0,11
– tereny zielone	2335	87,5
– woda	69	2,6
– inne	37	1,4
W sumie	2670	100

Tabela I.6. Powierzchnie lądowe Anglii o różnym przeznaczeniu. Źródło: Rocznik Statystyczny w Zakresie Użytkowania Terenu dla Anglii, 2005 [3b7zdf]

## Światowe zużycie energii

Światowa konsumpcja energii wynosi 15 TW. Z tego 2 TW to prąd.

1 MJ	=	0,2778 kWh
1 GJ	=	277,8 kWh
1 toe (tona ekwiwalentu ropy)	=	11630 kWh
1 kcal	=	$1,163 \times 10^{-3}$ kWh
1 kWh	=	$3,6 \times 10^{-6}$ MJ
		$859,7$ kcal

Ramka I.7. Inne jednostki energii i mocy w przeliczeniu na kilowatogodziny i kilowatogodziny dziennie.

## Czytanie liczników

A oto, jak możesz przeliczyć odczyty licznika gazowego na kilowatogodziny: wartość w **metrach sześciennych** pomnóż przez **11,42**, a **otrzymasz zużycie gazu w kWh**.

## Wartości opałowe paliw

Surowa ropa naftowa: 37 MJ/l; 10,3 kWh/l.

Gaz ziemny: 38 MJ/m<sup>3</sup> (metan ma gęstość 1,819 kg/m<sup>3</sup>); 10,6 kWh/m<sup>3</sup>.

1 tona węgla: 29,3 GJ; 8000 kWh.

Energia syntezy zwykłej wody: 1800 kWh na litr.

Więcej w tabeli 26.14 na str. 208 oraz tabeli D.3, str. 299.

## Pojemności ciepłe

Pojemność cieplna powietrza wynosi 1 kJ/kg/°C, inaczej 29 J/mol/°C.

Gęstość powietrza to 1,2 kg/m<sup>3</sup>. Stąd też pojemność cieplna powietrza na jednostkę objętości wynosi 1,2 kJ/m<sup>3</sup>/°C.

Utajone ciepło parowania wody: 2257,92 kJ/kg. Pojemność cieplna pary wodnej: 1,87 kJ/kg/°C. Pojemność cieplna wody to 4,2 kJ/l/°C.

Gęstość pary wodnej to 0,590 kg/m<sup>3</sup>.

## Ciśnienie

Ciśnienie atmosferyczne: 1 bar  $\cong$  1 atmosfera  $\cong$  10<sup>5</sup> Pa (paskali). Ciśnienie wywierane przez 1000 m wody to 100 bar.

## Pieniądze

Obliczając kwoty, przyjąłem następujący kurs: 1 EUR = 1,26 USD; 1 GBP = 1,85 USD. Kursy walut z połowy 2006 roku.

## Współczynniki przeliczeniowe dla gazów cieplarnianych

Francja	83
Szwecja	87
Kanada	220
Austria	250
Belgia	335
Unia Europejska	353
Finlandia	399
Hiszpania	408
Japonia	483
Portugalia	525
Wielka Brytania	580
Luksemburg	590
Niemcy	601
USA	613
Holandia	652
Włochy	667
Irlandia	784
Grecja	864
Dania	881

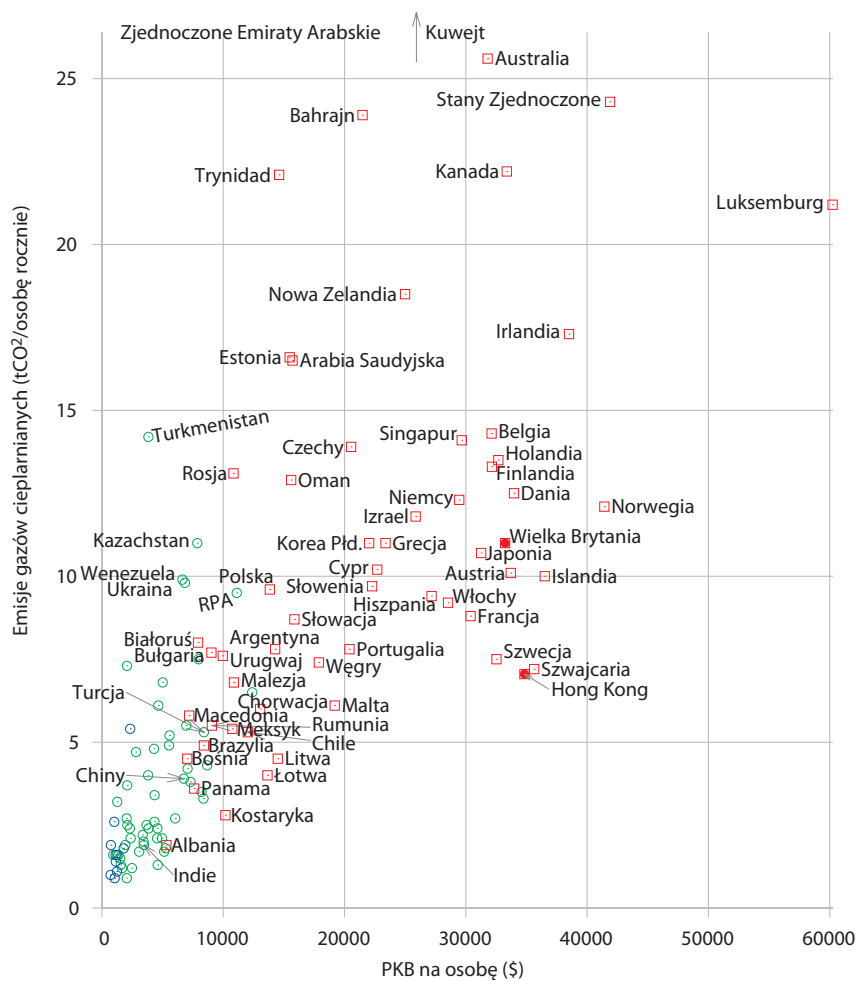
Tabela I.9. Intensywność emisyjna produkcji energii elektrycznej (g CO<sub>2</sub> na kWh prądu)

Rodzaj paliwa	emisje (g CO <sub>2</sub> na kWh energii chemicznej)
gaz ziemny	190
gaz rafineryjny	200
etan	200
LPG	210
nafta lotnicza (kerozyna)	240
benzyna	240
olej napędowy/diesel	250
ciężki olej opałowy (mazut)	260
ropa naftowa	260
węgiel koksujący	300
węgiel	300
koks naftowy	340

	kWh/t-km
wodny śródlądowy	0,083
kolejowy	0,083
drogowy	0,75
lotniczy	2,8
rurociąg naftowy	0,056
rurociąg gazowy	0,47
morski: kontenerowiec	0,056
morski: masowiec	0,056
morski: tankowiec	0,028

Tabela I.8. Intensywność energetyczna różnych środków transportu w USA  
Źródło: Weber i Matthews (2008)

Tabela I.10. Emisje związane ze spalaniem paliwa  
Źródło: Wytyczne do raportu środowiskowego dla przedsiębiorstw raportujących emisje gazów cieplarnianych, opublikowane przez DEFRA



Rys. I.11. Emisje gazów cieplarnianych na głowę mieszkańca, w stosunku do PKB *per capita*, mierzonego parytetem siły nabywczej dolara amerykańskiego. Kwadraty oznaczają kraje o wysokim „wskaźniku rozwoju społecznego”, koła – o średnim lub niskim. Więcej na rys. 30.1 (str. 248) oraz rys. 18.4 (str. 115). Źródło: UNDP Human Development Report, 2007 [3av4s9]



