

2 Bilans

Natury nie da się oszukać.

Richard Feynman

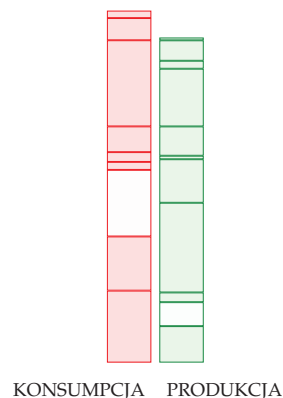
Porozmawiajmy o wytwarzaniu i zużyciu energii. Obecnie większość energii zużywanej przez kraje rozwinięte pochodzi z paliw kopalnych – to nie jest zrównoważone postępowanie. Pytanie, jak długo my i nasza gospodarka moglibyśmy żyć w oparciu o energię z paliw kopalnych, zanim zaczną ich brakować, jest bardzo zajmujące, jednak to nie ono stanowi meritum niniejszej książki. Chcę skupić się na zaplanowaniu *życia bez paliw kopalnych*.

Zróbmy zestawienie w dwóch słupkach. W czerwonym słupku, po lewej, będziemy dorzucać nasze zużycie energii w różnych sferach życia, zaś do zielonego, po prawej – zrównoważone sposoby produkcji energii. Te dwa słupki powstaną stopniowo, w miarę omawiania kolejnych dodawanych pozycji.

Zasadnicze pytanie, na które stara się odpowiedzieć ta książka, jest następujące: „Czy *realnie* jesteśmy w stanie żyć w sposób zrównoważony pod względem produkcji i zużycia energii?”. Będziemy zatem dodawać wszystkie *realne* i zrównoważone źródła energii, a następnie zbierzemy je wszystkie w zielonym słupku.

W czerwonym słupku będziemy szacować poziom konsumpcji dla „typowej średniozamożnej osoby”. Zachęcam także do oszacowania i podliczenia *własnej* konsumpcji i do stworzenia spersonalizowanej lewej strony. Można to szybko wykonać na przykład za pomocą kalkulatora dostępnego na stronie <http://ziemianarozdrozu.pl/kalkulator>

Później zastanowimy się nad obecnym *średnim* zużyciem energii Europejczyków i Amerykanów.



Oto niektóre z wiodących sposobów zużycia energii (czerwony słupek):

- transport:
samochody, samoloty, transport towarów,
- ogrzewanie i wentylacja,
- oświetlenie,
- systemy informacyjne i inne gadżety,
- jedzenie,
- przemysł wytwórczy.

W słupku zrównoważonego wytwarzania energii (zielony słupek) główne punkty to:

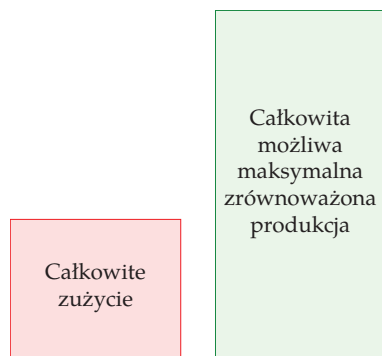
- energia wiatrowa,
- energia słoneczna:
fotowoltaiczna, fototermiczna, biomasa,
- energia wodna,
- energia fal,
- energia pływów,
- geotermia,
- energetyka jądrowa? (ze znakiem zapytania, gdyż nie jest do końca jasne, czy ten rodzaj energii można zaliczyć do „zrównoważonych”).

Kiedy oszacujemy, ile energii zużywamy na ogrzewanie, transport, produkcję itp., naszym celem będzie nie tylko podsumowanie wyniku dla lewego słupka bilansu, lecz także zrozumienie, od czego zależy każda z liczb oraz jak bardzo jest podatna na modyfikacje.

Polak zużywa średnio 30–40% energii mniej niż Brytyjczyk. Niezależnie od tego, czy rozpatrujemy jazdę samochodem, liczbę podróży lotniczych, gąźetów czy ogólny poziom konsumpcji, to przeciętny Polak aspiruje do ich zwiększania (a więc i idącego za tym wzrostu zużycia energii). Podobny jest klimat naszych krajów, nawyki żywieniowe i kąpielowe. Z tego powodu w rozdziałach dotyczących zużycia energii nie będziemy wprowadzać różnic. Do kwestii mniejszego zapotrzebowania Polaka na energię wrócimy w rozdz. 18.

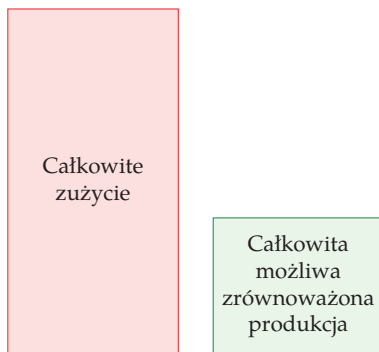
W zielonym słupku będziemy dodawać szacunkowe liczby dotyczące zrównoważonego wytwarzania energii w Wielkiej Brytanii. To pozwoli nam odpowiedzieć na pytanie: „Czy faktycznie Wielka Brytania jest w stanie funkcjonować w oparciu o własne źródła energii odnawialnej?”.

Oczywiście odpowiedź na pytanie, czy zrównoważone źródła energii, które będziemy umieszczać w prawej kolumnie, są opłacalne z ekonomicznego punktu widzenia, jest niezwykle istotna. Jednak zostawmy je na razie na boku i przystąpmy do uzupełniania obydwu kolumn. Czasami ludzie za bardzo skupiają się na ekonomicznej opłacalności różnych przedsięwzięć i tracą z oczu całościowy obraz problemu. Na przykład ludzie, dyskutując o tym, czy energia wiatrowa jest tańsza od atomowej, zapominają zadać sobie pytania o to, „Jakie zasoby energii wiatru są dostępne na danym obszarze?”, czy też „Jak dużo zostało nam jeszcze uranu?”.



Po dodaniu wszystkich czynników wynik powinien wyglądać mniej więcej tak: Jeśli okaże się, że wielkość zużycia energii jest mniejsza niż wielkość jej realnego zrównoważonego wytwarzania, to będziemy mogli powiedzieć: „Dobrze, może mamy więc szansę na życie w zrównoważony sposób”. Przyjrzyjmy się teraz ekonomicznym, społecznym oraz środowiskowym kosztom zrównoważonych alternatyw i rozważmy, które z nich zasługują na dogłębne badania i rozwój. Jeśli wykonamy to zadanie dobrze, może okazać się, że wcale nie grozi nam kryzys energetyczny.

Z drugiej strony wynik naszych obliczeń może wyglądać tak:



To znacznie bardziej ponura wizja. Takie zestawienie oznacza: „Niestety, nieważne, jakie są aspekty ekonomiczne zrównoważonej energii – i tak *nie mamy jej wystarczająco dużo*, by mogła zaspokoić potrzeby naszego obecnego stylu życia. Nadchodzą ogromne zmiany”.

Energia i moc

Większość dyskusji dotyczących wytwarzania oraz zużycia energii gmatwa się w pewnym momencie ze względu na pokaźną liczbę typów *jednostek*, w których mierzone są energia i moc. Jednostki te zaczynają się od ton ekwiwalentu ropy przez terawatogodziny (TWh), na „eksadżulach” (EJ) kończąc. Mało kto poza specjalistami ma pojęcie o tym, jaką rzeczywistą ilość energii przedstawia baryłka ropy, czy też milion jednostek BTU. W tej książce przedstawimy, wszystkie używane miary wielkości w spójnym i prostym zbiorze jednostek, do którego każdy może odwołać się w codziennym życiu.

Jednostką *energii*, którą wybrałem jest kilowatogodzina (kWh). Ilość ta jest określana mianem jednej jednostki na rachunkach za elektryczność i kosztowała ona zwykłego użytkownika w Wielkiej Brytanii około 10 pensów w roku 2008 [w Polsce rachunek za 1 kWh energii w roku 2008 wynosił: 25 groszy za prąd oraz mniej więcej drugie tyle za przesył energii, w sumie około 50 groszy – red.] Jak zobaczymy dalej, większość codziennych sytuacji wiąże się ze zużyciem jednostek energii równych małym liczbom kilowatogodzin.

Ilekróć mowa w tej książce o *mocy* (poziomie produkcji lub zużycia energii), naszą główną jednostką będzie kilowatogodzina na dobę (kWh/d). Czasami będziemy także używać watów ($40\text{W} \approx 1 \text{ kWh/d}$) oraz kilowatów ($1\text{kW} = 1000\text{W} = 24 \text{ kWh/d}$), co wytłumaczę poniżej. Kilowatogodzina na dobę jest przyjętą jednostką używaną dla potrzeb jednego człowieka, bo większość osobistych czynności energochłonnych pochłania energię na poziomie niewielkiej liczby kilowatogodzin dziennie. Na przykład jedna żarówka o mocy 40 W, świecąca bez przerwy, zużywa *jedną* kilowatogodzinę dziennie. Niektóre koncerny energetyczne w Wielkiej Brytanii dołączają do wydawanych przez siebie rachunków wykresy przedstawiające zużycie energii w kilowatogodzinach na dobę. Ja będę używał tej samej jednostki dla wszystkich form mocy, nie tylko elektryczności. Zużycie benzyny, zużycie gazu, zużycie węgla będą mierzyć w kilowatogodzinach na dobę. Wyjaśnijmy to: dla niektórych słowo *moc* oznacza jedynie zużycie energii elektrycznej. Jednakże w książce tej skupiamy się na



Fot. 2.1. Odróżnianie energii od mocy. Każda z tych 60 W zapalonych żarówek pobiera moc 60 W. Nie oznacza to jednak energii 60 W. Żarówka zużywa 60 W mocy elektrycznej, gdy jest włączona oraz emituje 60 W mocy w formie światła i ciepła (głównie tego drugiego).

objętość
mierzona jest
w **litrach**

przepływ
mierzony jest
w **litrach na minutę**

energia
mierzona jest
w **kWh**

moc
mierzona jest
w **kWh na dobę**

wszystkich rodzajach produkowanej i zużywanej energii – będę zatem używał słowa moc w odniesieniu do każdego z nich.

Jedna kilowatogodzina na dobę to w przybliżeniu moc, którą w przybliżeniu mógłbyś uzyskać z jednego służącego, człowieka pracującego fizycznie. Zatem liczba kilowatogodzin, które zużywasz każdego dnia, jest równa liczbie służących, którzy pracowaliby za Ciebie.

Potocznie ludzie używają słów: *energia* i *moc* zamiennie, jednakże w tej książce będziemy rygorystycznie trzymali się ich naukowych definicji. *Moc określa tempo, w którym coś zużywa energię.*

Być może dobrym sposobem na wytłumaczenie znaczenia **energii** i **mocy** jest zastosowanie analogii do **wody** i **strumienia wody** w kranie. Jeśli chcesz napić się wody, myślisz o **objętości** – na przykład **jednym litrze** (jeśli jesteś bardzo spragniony). Kiedy odkręcisz kurek w kranie, tworzysz **przepływ** wody – **jeden litr na minutę**, jeśli woda leci słabym strumieniem, lub 10 litrów na minutę – jeśli mamy do czynienia z wydajniejszym kranem. Możesz otrzymać tę samą **objętość** wody (jeden litr) zarówno dzięki pobieraniu wolno ciekącej przez minutę wody z pierwszego kranu, jak i poprzez pobieranie wody z drugiego kranu przez 6 sekund. **Objętość** dostarczona w określonym czasie jest równa wielkości przepływu pomnożonemu przez **czas**:

$$\text{objętość} = \text{przepływ} \times \text{czas}$$

Mówimy zatem, że *przepływ* to *tempo*, w którym dostarczana jest *objętość*. Jeśli znasz objętość dostarczoną w określonym czasie, możesz otrzymać wielkość przepływu poprzez podzielenie objętości przez czas:

$$\text{przepływ} = \text{objętość} / \text{czas}$$

Oto zależność pomiędzy energią a mocą: **energia** jest jak **objętość** wody, zaś **moc** jak wielkość jej **przepływu**. Na przykład, niezależnie od tego, kiedy toster został włączony, zaczyna on zużywać **moc** na poziomie jednego kilowata i potem na tym samym poziomie poboru mocy pracuje on dopóty, dopóki nie wyłączy się go. Innymi słowy, toster (jeśli jest stale włączony), który zużywa jedną kilowatogodzinę (kWh) energii w czasie godziny, w czasie doby zużywa 24 kilowatogodziny.

Im dłużej toster jest włączony, tym więcej **energii** zużywa. Możesz obliczyć wielkość energii zużytej na daną czynność, jeśli pomnożysz moc przez czas trwania czynności:

$$\text{energia} = \text{moc} \times \text{czas}$$

Standardową, międzynarodową jednostką energii jest *dżul*, ale niestety to zbyt mała miara, by można było na niej swobodnie pracować. Jedna kilowatogodzina jest równa 3,6 milionom dżuli (3,6 megadżulom albo 3,6 MJ).

Moc jest tak przydatna i ważna, że ma coś, czego nie posiada przepływ wody – swoje specjalne jednostki. Gdy mówimy o przepływie, możemy wyrazić go w litrach na minutę, galonach na godzinę czy metrach sześciennych na sekundę. Te nazwy jednostek jasno pokazują, że przepływ jest objętością w jednostce czasu. Moc *jednego dżula na sekundę* nazywana jest *jednym watem*. Tysiąc dżuli na sekundę to jeden kilowat. Wyjaśnijmy teraz prawidłową terminologię: toster zużywa jeden kilowat. Nie zużywa on „jednego kilowata na sekundę”. Część „na sekundę” jest już wbudowana w definicję kilowata – jeden kilowat to „jeden kilodżul na sekundę”. Podobnie mówimy: „Elektrownia jądrowa generuje jeden gigawat”. Przy okazji, jeden gigawat to miliard watów, milion kilowatów lub

energia	moc
jest mierzona	jest mierzona
w kWh	w kWh na dobę
lub	lub
MJ	kW
	lub
	W (watach)
	lub
	MW (megawatach)
	lub
	GW (gigawatach)
	lub
	TW (terawatach)

1000 megawatów. Zatem jeden gigawat to milion naszych tosterów. Zapisując słowo gigawat w skrócie, używamy wielkich liter GW.

Proszę, nie mówcie nigdy: „Jeden kilowat na sekundę”, „Jeden kilowat na godzinę” czy „Jeden kilowat na dobę”. Żadne z tych określeń nie jest właściwą miarą mocy. Pragnienie ludzi, by mówić „na coś”, gdy rozmawiają o swoich tosterach, jest jednym z powodów, dla których zdecydowałem się użyć jako jednostki „kilowatogodziny na dobę”. Przykro mi, że ta jednostka jest trochę niewygodna w mowie i piśmie, ale to drobiazg w porównaniu z wygodą i klarownością jej stosowania.

I jeszcze ostatnia sprawa do wyjaśnienia. Gdy mówię, że „ktoś zużył gigawatogodzinę energii”, to po prostu określam, *jak wiele* energii zużył, nie zaś *jak szybko* ją zużył. Mówienie o gigawatogodzinach wcale *nie* oznacza ilości energii zużytej w czasie *jednej godziny*. Możesz zużyć jedną gigawatogodzinę energii przez włączenie miliona tosterów na czas jednej godziny lub przez włączenie 1000 tosterów na czas 1000 godzin.

Tak jak mówiłem, będę zwykle podawał moc w jednostce kWh/d *na osobę*. Jednym z powodów, dla których lubię *te osobiste* jednostki, jest fakt, że znacznie ułatwiają one przejście z rozmowy o Wielkiej Brytanii do rozmowy o każdym innym kraju lub regionie. Wyobraź sobie, że rozmawiamy, na przykład, o spalaniu odpadów i dowiadujemy się, że w Wielkiej Brytanii otrzymuje się w ten sposób moc 7 TWh rocznie, zaś w Danii 10 TWh rocznie. Czy mówi nam to cokolwiek o tym, czy w Danii spala się więcej śmieci niż w Wielkiej Brytanii? O ile wiedza na temat całkowitej mocy, wygenerowanej ze spalania odpadów może być interesująca, to jednak tym, co zazwyczaj interesuje nas najbardziej, jest ilość spalanych odpadów w przeliczeniu na *jedną osobę*. (Odnotujmy: dla Danii jest to 5 kWh/d na osobę, zaś dla Wielkiej Brytanii 0,3 kWh/d na osobę, z czego wynika, że Duńczycy spalają proporcjonalnie 13 razy więcej odpadów niż Brytyjczycy). By zaoszczędzić na tuszu, będę skracał wyrażenie „na osobę” i zapisywał je tak: „/o”. Poprzez konsekwentne wyrażanie wszystkiego, o czym będziemy mówili, w przeliczeniu na osobę, mam nadzieję otrzymać na koniec książkę, której treść będzie przystępna dla każdego. Książkę, która – mam nadzieję – stanie się przydatna przy prowadzeniu rozmów o zrównoważonej energetyce na całym świecie.

Męczące szczegóły

Czy energia nie jest zachowywana? Mówimy o „zużywaniu” energii, ale czy jedno z praw natury nie mówi, że energia nie może być stworzona ani zniszczona?

Tak, wyrażam się nieprecyzyjnie. Ta książka jest tak naprawdę o *entropii* – dość problematycznym do wyjaśnienia zjawisku. Kiedy „zużywamy” jeden kilodżul energii, tym, co tak naprawdę robimy, jest wzięcie jednego kilodżula energii ze stanu o *niskim poziomie entropii* (np.: elektryczności) oraz *zamiana* go w dokładnie tę samą ilość energii, ale w innej formie, która zazwyczaj ma znacznie wyższy poziom entropii (np.: gorące powietrze lub gorąca woda). Mimo to, że „zużywamy” energię, ona tak naprawdę nadal istnieje. Nie możemy jednak „zużywać” energii bez końca. Tylko energia o *niskim poziomie entropii* jest dla nas przydatna.

Czasami rodzącej energii odróżnia się od siebie poprzez dodanie znaku do jednostki: jedna kWh(e) oznacza jedną kilowatogodzinę energii elektrycznej – energii najwyższego stopnia. Jedna kWh(c) to jedna kilowatogodzina energii

1 TWh (jedna terawatogodzina) jest równa jednemu miliardowi kWh.

cieplnej – np. energii zawartej w dziesięciu litrach wrzącej wody. Energia drżiąca w przedmiotach o wysokiej temperaturze jest bardziej przydatna (niższa entropia) niż energia przedmiotów chłodnych. Trzecim rodzajem energii jest energia chemiczna. Jest ona ceniona równie wysoko jak energia elektryczna.

Mówienie o energii zamiast o entropii jest, co prawda, dość niechlujne, ale stanowi duże ułatwienie. Dlatego będziemy używać tego skrótu myślowego także w tej książce. Czasem jednak będziemy musieli przywołać się do porządku, na przykład kiedy będziemy omawiać tematy chłodzenia, elektrowni, pomp ciepła czy energii geotermalnej.

Czy nie porównujemy przypadkiem jabłek i pomarańczy? Czy ma sens porównywanie różnych rodzajów energii – na przykład energii chemicznej, zawartej w napędzanych benzyną samochodach z energią elektryczną, pochodzącą z turbin wiatrowych?

Porównując zużywaną energię z energią realnie możliwą do wyprodukowania, nie twierdzę wcale, że wszystkie rodzaje energii są sobie równe i można je sobą zastępować. Energia elektryczna, wygenerowana przez turbinę wiatrową, na nic nie przyda się w silniku benzynowym. Tak samo benzyna będzie bezużyteczna do zasilania telewizora. W zasadzie energia może być transformowana z jednej formy w inną, jednak każda taka konwersja niesie ze sobą straty energii. Elektrownie spalające paliwa kopalne przetwarzają *energię chemiczną* w *elektryczność* (z wydajnością 30–45%), zaś huty aluminium zużywają energię elektryczną, by stworzyć produkt o wysokim poziomie *energii chemicznej* – aluminium (z wydajnością ok. 30%).

W niektórych bilansach energii wyprodukowanej i zużytej wszystkie różniane formy energii wyrażane są w tych samych jednostkach, jednak wcześniej podaje się konkretne przeliczniki – energia elektryczna pochodząca z elektrowni wodnych jest warta 2,5 razy więcej niż energia chemiczna pochodząca z ropy naftowej. To podbijanie wartości efektywnej energetycznie elektryczności może być uzasadnione w następujący sposób: 1 kWh prądu elektrycznego odpowiada 2,5 kWh ropy, ponieważ jeśli spalimy tyle ropy w tradycyjnej elektrowni, to uzyskamy zaledwie 40% z 2,5 kWh energii ropy, czyli 1 kWh prądu elektrycznego. W tej książce będę jednak zwykle używał konwersji „jeden do jednego” przy porównywaniu różnych form energii. *Nie* chodzi bowiem o to, że 2,5 kWh ropy jest zawsze nieodwołalnie równe 1 kWh elektryczności – taki jest akurat postrzegany przez nas współczynnik konwersji w naszym świecie, w którym energię ropy zamienia się w elektryczność. Owszem, konwersja energii chemicznej w elektryczną przeprowadzana jest z niską wydajnością. Można jednak również zamieniać energię elektryczną w chemiczną. W alternatywnym świecie (być może wcale nie tak odległym), gdzie istnieją relatywnie obfite zasoby energii elektrycznej, brakuje zaś energii chemicznej, moglibyśmy używać elektryczności do produkcji paliw płynnych. Rzecz jasna w takim świecie używalibyśmy zupełnie innych przeliczników – każda kWh benzyny kosztowałaby nas wtedy ok. 3 kWh energii elektrycznej! Myślę, że naukowym i ponadczasowym sposobem przeliczania oraz sumowania różnych rodzajów energii jest traktowanie 1 kWh energii chemicznej identycznie, jak 1 kWh energii elektrycznej. Wybrany przeze mnie sposób porównywania różnych rodzajów energii „jeden do jednego” oznacza, że niektóre z wyników moich obliczeń mogą się nieco różnić od wyników innych osób. Przykładowo, *Przegląd statystyczny zasobów i zużycia energii British Petroleum* traktuje 1 kWh energii elektrycznej jako ekwiwalent $100/38 \approx 2,6$ kWh ropy. Z drugiej strony, rządowy *Przegląd*

Statystyk Energetycznych Wielkiej Brytanii używa – tak jak ja – konwersji „jeden do jednego”. Jednak – podkreślę to raz jeszcze – wcale nie oznacza to, że można zamieniać jeden rodzaj energii bezpośrednio w inny. Zamiana energii chemicznej w elektryczną zawsze wiąże się ze stratą energii, podobnie jak zamiana energii elektrycznej w chemiczną.

Fizyka i równania

W niniejszej książce moim celem jest nie tylko określenie liczb, które oddawałyby nasz obecny poziom zużycia energii oraz możliwości jej zrównoważonego wytwarzania, ale także wyjaśnienie *od czego te liczby zależą*. Zrozumienie tego jest konieczne, jeśli chcemy wybierać rozsądne strategie, mające na celu zmianę niektórych tych liczb. Tylko wówczas, gdy zrozumiemy fizyczne mechanizmy stojące za wytwarzaniem i zużyciem energii, będziemy mogli właściwie ocenić twierdzenia takie, jak: „Samochody tracą 99% energii do nich dostarczonej, a moglibyśmy tak je przerobić, by zużywały 100 razy mniej energii”. Czy to twierdzenie jest prawdziwe? By wytłumaczyć odpowiedź na nie, będę musiał posłużyć się równaniami, jak np.

$$\text{energia kinetyczna} = \frac{1}{2} mv^2$$

Oczywiście zdaję sobie sprawę z tego, że dla wielu Czytelników podobny zapis jest równie niezrozumiały, jak zdanie w jakimś obcym języku. Obiecuję jednak, że *wszystkie te obcojęzyczne zapisy umieszczę w technicznych rozdziałach na końcu książki*. Rozdziały te powinny być zrozumiałe i interesujące dla każdego Czytelnika z wykształceniem średnim z matematyki, fizyki czy chemii. Główna część książki (od strony 10 do 265) napisana została tak, by mógł ją zrozumieć każdy, kto potrafi dodawać, mnożyć i dzielić. Jest ona specjalnie dedykowana naszym drogim reprezentantom – parlamentarzystom.

I jeszcze jedna sprawa zanim przejdziemy dalej. Nie wiem wszystkiego na temat energii. Nie znam wszystkich odpowiedzi, zaś liczby, które podaję, mogą być weryfikowane i korygowane. (W rzeczy samej, oczekuję poprawek i z chęcią opublikuję je na stronie internetowej dotyczącej mojej książki). Jedyną kwestią, której *jestem* pewien, jest to, że odpowiedzi na pytania o zrównoważoną energię będą zawierały *liczby*. Każda rozsądna dyskusja na temat zrównoważonej energii wymaga liczb. Ta książka je zawiera i pokazuje, jak z nich korzystać. Mam nadzieję, że Wam się spodoba!

Przypisy i zalecana literatura

Numer strony:

- 33 Część „na sekundę” jest już wbudowana w definicję kilowata. Inne przykłady jednostek, które jak wata mają wbudowaną w siebie część „na czas”, to m.in. węzeł: „Nasz jacht rozwinął prędkość dziesięciu węzłów” (jeden węzeł to jedna mila morska na godzinę); herc: „Mogłem usłyszeć buczenie na poziomie 50 herców” (jeden herc to częstotliwość jednego cyklu na sekundę); amper: „Bezpieczniki wysiadają, gdy natężenie jest większe niż 13 amperów” (*nie*: 13 amperów na sekundę); konie mechaniczne: „Ten śmierzący silnik dostarcza 50 koni mechanicznych” (*nie*: 50 koni mechanicznych na sekundę ani 50 koni mechanicznych na godzinę, ani 50 koni mechanicznych dziennie, po prostu 50 koni mechanicznych).
- Proszę, nie mówcie nigdy: „Jeden kilowat na sekundę”. Istnieją pewne rzadkie i ściśle określone odstępstwa od tej reguły. Jeśli rozmawiamy o wzroście zapotrzebowania na moc, możemy powiedzieć: „Brytyjskie zapotrzebowanie na prąd rośnie w skali jednego gigawata rocznie”. W rozdziale 26, gdy będę omawiał wahania w energetyce wiatrowej, powiem: „Pewnego ranka moc dostarczana przez irlandzkie wiatraki spadała w tempie 84 MW na godzinę”. Proszę, bądźcie uważni! Nawet jedna przypadkowa sylaba może doprowadzić do nieporozumienia. Na przykład Twój licznik elektryczny używa jako jednostki kilowatogodzin (kWh), nie zaś „kilowatów-na-godzinę”.

Na stronie 368 umieściłem diagram, który powinien ułatwić Ci zamianę kWh na osobę na dobę na inne jednostki, w których wyraża się moc.