



PROBLEMY TEORETYCZNE I METODYCZNE

DOI: 10.18276/SIP.2017.47/2-09

Marcin Łuszczuk*
Politechnika Opolska

TRWAŁOŚĆ UŻYTKOWANIA ZASOBÓW NATURALNYCH W ŚWIETLE KONCEPCJI ROZWOJU TRWAŁEGO

Streszczenie

Zgodnie z zasadą zachowania kapitału postuluje się, aby ogólny zapas zasobów znajdujący się na świecie nie uległ zmniejszeniu. Wówczas będą one dostępne także dla przyszłych pokoleń. O ile w odniesieniu do kapitału pochodzenia antropogenicznego i zasobów odnawialnych regułę tę można względnie łatwo zastosować, o tyle w przypadku zasobów nieodnawialnych występują poważne trudności. Zdaniem autora rozwiązanie problemu stanowi zaproponowana w raporcie dla Klubu Rzymskiego koncepcja „mnożnika cztery”, oznaczająca czterokrotny wzrost produktywności zasobów na skutek podwojenia dobrobytu oraz dwukrotnego ograniczenia zużycia zasobów naturalnych. Idea „mnożnika cztery” jest już z powodzeniem wdrażana. W artykule przedstawiono korzyści wynikające z użytkowania energooszczędnych komputerów.

Słowa kluczowe: trwałość zasobów, rozwój trwały, „mnożnik cztery”

Wstęp

Potrzeba zapewnienia przyszłym pokoleniom dostępu do zasobów środowiska naturalnego doprowadziła do sformułowania generalnej zasady zachowania kapitału

* Adres e-mail: m.luszczuk@po.opole.pl.

(*constant capital rule*). Postuluje ona, aby ogólny zapas zasobów znajdujący się na świecie nie ulegał zmniejszeniu. Wówczas będą mogły z niego korzystać i zaspokajać swoje potrzeby na co najmniej nie pogorszonym poziomie także przyszłe pokolenia (Binswanger, 2009, s. 140). O ile w odniesieniu do kapitału pochodzenia antropogenicznego i zasobów odnawialnych regułę tę można względnie łatwo zastosować, o tyle w przypadku zasobów nieodnawialnych występują poważne trudności i dylematy.

Rozwiązanie trudności ma zapewnić zaproponowana w raporcie dla Klubu Rzymskiego koncepcja „mnożnika cztery” (Weizsäcker, Lovins, Lovins, 1999). Pomysł jest odpowiedzią na postulat sprawiedliwości międzypokoleniowej i oznacza czterokrotny wzrost produktywności zasobów na skutek podwojenia dobrobytu oraz dwukrotnego ograniczenia zużycia zasobów naturalnych. Wdrożenie proponowanych rozwiązań pozwoliłoby na użytkowanie zasobów nieodnawialnych przez przyszłe pokolenia. W artykule przedstawiono podstawowe założenia metody zorientowanej na zachowanie zasobów i wyniki praktycznej weryfikacji, na przykładzie sprzętu komputerowego, koncepcji „mnożnika cztery”.

1. Metoda zorientowana na zachowanie zasobów

Zapewnienie trwałości użytkowania zasobów naturalnych możliwe jest na kilka sposobów, z których każdy ma swoje zalety i wady oraz pewne ograniczenia w zastosowaniu. Z tak zwanej słabej zasady trwałości kapitału wynika konieczność zachowania sumy całkowitego zasobu kapitału, niezależnie od jego rodzaju (Żylicz, 2014, s. 286–288). Nieco bardziej zachowawcze podejście wynika z wrażliwej bądź quasi-mocnej zasady trwałości kapitału. Zgodnie z tą regułą wymagana jest nie tylko stałość całkowitego zasobu kapitału, ale także niezmiennosc jego podstawowej struktury. Mocna zasada trwałości kapitału wymaga z kolei zachowania zasobów wszystkich rodzajów kapitału, zarówno co do ilości, jak i jakości, opiera się bowiem na założeniu, że kapitał antropogeniczny oraz przyrodniczy w ogóle nie są wzajemnie substytuowane (Żylicz, 2014, s. 283–285).

Żadna z przedstawionych zasad trwałości nie jest uniwersalna i możliwa zawsze do zastosowania w praktyce. O ile bowiem jesteśmy w stanie zastosować przedstawione reguły w odniesieniu do odnawialnego kapitału przyrodniczego, o tyle pozostaje do rozwiązania problem sposobu użytkowania zasobów nieodnawialnych.

Należy zatem szukać innych rozwiązań, które pozwolą na bieżące użytkowanie zasobów nieodnawialnych, a także nie ograniczą dostępu do nich przyszłym pokoleniom. Rozwiązanie tak postawionego problemu można wypracować, przyjmując założenie, że rozwój zrównoważony nie wymaga pełnego zachowania zasobów nieodnawialnych. W takim przypadku pewnym rozwiązaniem problemu użytkowania zasobów nieodnawialnych jest ich substytucja kapitałem antropogenicznym, jeśli funkcje realizowane dotychczas przez środowisko naturalne zostaną skutecznie zastąpione przez inne dobra i zamiana ta nie spowoduje ubytku dobrobytu przyszłych pokoleń. Ta substytucja wynika z obecnego postępu technicznego i oczekiwań w stosunku do tego procesu. Rozwój gospodarczy może:

- a) spowodować zmniejszenie zapotrzebowania na zasoby nieodnawialne przy produkcji innych dóbr;
- b) umożliwić zastąpienie w procesie produkcji, w części lub w całości, zasobów nieodnawialnych zasobami odnawialnymi;
- c) doprowadzić do powstania takich dóbr, których użytkowanie zrekompensuje brak zasobów nieodnawialnych.

Aby jednak utrzymać charakter korzystania z zasobów nieodnawialnych, zbliżony do mocnej trwałości kapitału, należy poczynić dodatkowe ograniczenia. Użytkowanie zasobów jest możliwe tylko wówczas, gdy ich ubytek będzie zmniejszany wskutek oszczędności lub przez podwyższenie efektywności gospodarowania. Takie rozwiązanie można określić jako koncepcję rozwoju trwałego i zrównoważonego zorientowaną na zachowanie zasobów, która mimo modyfikacji zachowuje w dalszym ciągu cechy mocnej trwałości zasobów. W myśl tej koncepcji zasoby nieodnawialne są użytkowane w sposób trwały, jeżeli ich ilość, dzięki ciągłemu zmniejszaniu zużycia, nie zostanie nigdy wyczerpana. Ponadto, dodatkowym efektem ograniczenia zużycia będzie niższe obciążenie pozostałych elementów środowiska (Binswanger, 2009, s. 143–144). Aby przedstawiona koncepcja była skuteczna, pozostaje do rozwiązania problem niezbędnej redukcji użytkowania zasobów nieodnawialnych, zapewniającej ich trwałość. Otóż z właściwości ciągu geometrycznego wynika, że suma posiadanych zasobów przyrodniczych wyczerpie się po n latach, gdy:

$$\text{posiadane zasoby nieodnawialne} = \text{wielkość rocznego zużycia} \times \sum_{t=1}^n (1 - i)^{t-1}$$

gdzie: i – stopień redukcji zużycia zasobów w skali roku.

Mając na uwadze zasadę trwałości dającą możliwość nieograniczonego w czasie

$$i = \frac{1}{W},$$

korzystania z zasobów, należy obliczyć i dla $n \rightarrow \infty$:

gdzie: W – wyrażony w latach czas, po którym nastąpi całkowite wykorzystanie zasobów przy określonej ilości posiadanych zasobów oraz niezmiennym rocznym zużyciu.

$$W = \frac{\textit{posiadane zasoby nieodnawialne}}{\textit{wielkość rocznego zużycia}}$$

Interpretacja powyższego równania jest następująca: należy zapewnić coroczny stopień redukcji użytkowania zasobów na poziomie odpowiadającym co najmniej odwrotności pierwotnie oszacowanego czasu całkowitego wyczerpania zasobów. Zapewnienie tak obliczonego lub wyższego stopnia redukcji wykorzystania pozwoli spełnić postulat dostępu do zasobów nieodnawialnych w nieskończenie długiej perspektywie. Koncepcja ta, uzupełniona o warunek stałości zasobów odnawialnych oraz nienaruszalności ekosystemów, może skutecznie zapewnić sprawiedliwość międzypokoleniową bez konieczności radykalnego spowolnienia wzrostu gospodarczego.

Krótkiej dyskusji wymaga wpływ zmian zasobów nieodnawialnych, wynikających na przykład z odkrycia nowych złóż lub też opracowania nowych technologii, pozwalających na opłacalne pozyskanie zasobów już znanych, ale niewliczonych wcześniej do ogólnej sumy zasobów możliwych do wykorzystania ze względu na wysoki koszt ich pozyskiwania. W rachunku wystarczalności zasobów istotny jest także proces ich degradacji lub też naturalnego ubytku ich ilości. Zmiany takie powinny być okresowo uwzględniane w ogólnym bilansie i na tej podstawie należy korygować pożądany stopień rocznej redukcji wykorzystania zasobów.

2. Weryfikacja możliwości wdrożenia rozwiązań spełniających kryteria „mnożnika cztery”

W raporcie dla Klubu Rzymskiego zawarto 50 przykładów pozwalających na co najmniej czterokrotną poprawę efektywności wykorzystania zasobów naturalnych (Weizsäcker i in., 1999). Są wśród nich: samochody, w których zużycie paliwa nie przekracza 2 l/100 km, pasywne domy i ogrody zimowe wykorzystujące energię słoneczną, nowoczesne materiały izolacyjne do zastosowania w lodówkach, energooszczędne oświetlenie, biointensywne rolnictwo, nowoczesna i zasobooszczędna technologia produkcji papieru, proekologiczne planowanie przestrzenne. Wiele z opisanych w raporcie rozwiązań jest już dziś stosowanych, chociaż jeszcze nie na tak szeroką skalę, aby móc mówić o pełnej realizacji koncepcji „mnożnika cztery”. Niektóre z proponowanych w raporcie przykładów nie są ani inwestycjami wymagającymi znacznych nakładów finansowych, ani rozwiązaniami typowo przemysłowymi. Z powodzeniem można je wykorzystać w biurach, szkołach i gospodarstwach domowych, co więcej, duża skala zastosowań sprawia, że potencjalne korzyści mogą być niebagatelne.

Takim przykładem są energooszczędne komputery. W Polsce w 2016 roku 80,1% gospodarstw domowych miało przynajmniej jeden komputer, a odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących komputery wyniósł 94,7% (GUS, 2016b, s. 38, 97). Znaczna część z nich to urządzenia typu biurkowego (*desktop* lub *tower*). Jest to zarazem sprzęt, który ulega procesowi szybkiego starzenia – roczna stawka amortyzacyjna zestawów komputerowych wynosi aż 30% (Ustawa, 1992, zał. 1), zatem wymaga on dość częstej wymiany. Umożliwiający realizację większości zadań: prac biurowych, przeglądania stron i komunikacji za pośrednictwem internetu, rozrywki z wykorzystaniem multimediiów – tradycyjny zestaw typu *desktop* wraz z monitorem pobiera około 180 W mocy (A). Wybierając energooszczędną wersję, bez uszczerbku na wydajności i zmniejszenia komfortu pracy można ograniczyć zapotrzebowanie na moc do 45 W (B)¹. Rozwiązanie to spełnia również kryteria omówionej koncepcji „mnożnika cztery”.

¹ Opisany zestaw komputerowy (B) oparty jest na procesorze o mocy TDP (*Thermal Design Power*) do 25 W i dysku półprzewodnikowym SSD (*Solid-State Drive*). Przeciętny zestaw komputerowy (A) zawiera procesor o TDP = 95–125W, dysk HDD (*Hard Disk Drive*), a nierzadko również dodatkową kartę graficzną. W przeprowadzonej analizie celowo pomijane są, jako zamienniki tradycyjnych urządzeń, rozwiązania typu *Stick PC*, o mocy nieprzekraczającej kilku W, nie gwarantują one bowiem

Korzyści z dokonania takiego wyboru są wielorakie. Po pierwsze, mają wymiar ekonomiczny. Pracujący 8 godzin tradycyjny zestaw zużyje około 1,44 kWh energii, jego energooszczędny odpowiednik 4 razy mniej – 0,36 kWh. Przy założeniu korzystania przez odbiorców indywidualnych z popularnej taryfy G11 (0,55 zł/kWh) dzienna oszczędność wyniesie 0,59 zł, a w skali miesiąca będzie to już 17,70 zł. Przyjmując, że mediana wydatków gospodarstw domowych na energię elektryczną wynosi 105 zł miesięcznie (GUS, 2014, s. 51), można zauważyć, że oszczędności wynikające z zastosowania energooszczędnego sprzętu komputerowego wyniosą 17% ogółu wydatków na energię elektryczną.

Niebagatelne są również korzyści ekologiczne. W Polsce mimo starań i apeli wielu specjalistów w dalszym ciągu przeważa energetyka oparta na węglu. Dominującymi nośnikami energii pierwotnej przy produkcji energii elektrycznej w Polsce w 2015 roku były węgiel kamienny (55,5%) i brunatny (31,6%) (GUS, 2016a, s. 196). Jeśli przyjmiemy wartość opałową węgla kamiennego 21,77 MJ/kg i węgla brunatnego 8,12 MJ/kg (tab. 1), sprawność netto wytwarzania energii elektrycznej $\eta_n = 40\%$ i wielkość strat wynikających z przesyłu oraz dystrybucji energii elektrycznej $\Delta E_{\%} = 6,33\%$ (tab. 2), to łatwo wyliczyć, że z 1 kg węgla kamiennego zużytego w elektrowni końcowy odbiorca otrzyma 2,27 kWh energii elektrycznej, a z 1 kg węgla brunatnego – 0,85 kWh.

Tabela 1. Przeciętne wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) węgla stosowanego w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych w 2014 roku

Rodzaj paliwa	WO [MJ/kg]	WE [kg/GJ]
Węgiel kamienny	21,77	92,30
Węgiel brunatny	8,12	110,77

Źródło: IOS-PIB (2016), s. 3.

w pełni komfortowej pracy. Analiza nie dotyczy również zaawansowanych i często energochłonnych komputerów (o mocy 500 W i wyższej) o dużej wydajności przeznaczonych dla projektantów, grafików lub fanów gier komputerowych – udział takiego sprzętu w rynku jest stosunkowo niewielki, trudno też zaproponować energooszczędną alternatywę, w tym wypadku priorytet ma sprawność wykonywanych obliczeń.

Tabela 2. Wielkość wyprodukowanej energii w polskich elektrowniach (Eprod) i straty energii w polskich sieciach elektroenergetycznych (DE) w latach 2010–2014

Wyszczególnienie	Rok				
	2010	2011	2012	2013	2014
Eprod [TWh]	157,66	163,59	162,14	164,56	159,10
DE [TWh]	11,96	10,58	10,72	10,47	10,07
DE%	7,58	6,47	6,61	6,37	6,33

Źródło: Niewiedział, Niewiedział (2016), s. 17.

Zatem 8 godzin pracy zestawu A wymaga zużycia w elektrowni 0,64 kg węgla kamiennego i powoduje emisję 1,27 kg CO₂ lub 1,72 kg węgla brunatnego (emisja 1,53 kg CO₂). Zasilenie energooszczędnego zestawu B wymaga z kolei zużycia odpowiednio 0,16 kg węgla kamiennego (emisja 0,31 kg CO₂) lub 0,43 kg węgla brunatnego (emisja 0,38 kg CO₂).

Istotne są również korzyści zdrowotne. Zastąpienie tradycyjnych komputerów energooszczędnymi w znaczący sposób ograniczy ilość zużywanej energii, emisję zanieczyszczeń, czego efektem powinna być poprawa jakości środowiska naturalnego, w szczególności powietrza. Warto zwrócić uwagę na uciążliwy szum generowany przez tradycyjne komputery wyposażone w wentylatory, których pozbawione są ich energooszczędne odpowiedniki. Istotne różnice w tym względzie potwierdzają pomiary poziomu dźwięku:

- 28–32 dB – z włączonym komputerem bezwentylatorowym (B), który jest równy poziomowi tła akustycznego,
- 40–42 dB – z uruchomionym komputerem (A) wyposażonym w wentylatory,
- 48–50 dB – w czasie aktywnej pracy zainstalowanych w komputerze (A) dysków HDD, tak zwane grzechotanie dysku.

Okazuje się, że natężenie szumu generowanego przez pojedynczy komputer A przekracza przyjętą w polskiej normie dopuszczalną wartość dźwięku A² dla pomieszczeń do pracy umysłowej wymagającej silnej koncentracji uwagi, która wynosi 35 dB (dla sal wykładowych i konferencyjnych – 40 dB) (Akustyka...). W przypad-

² Ekwiwalentny (równoważny) poziom dźwięku A określa uśrednioną w czasie energię akustyczną niesioną przez falę dźwiękową. Jest to taki zastępczy stały poziom dźwięku w określonym przedziale czasu, skorygowany wg charakterystyki częstotliwościowej A, który powoduje taki sam skutek energetyczny, co mierzony dowolnie zmienny dźwięk w tym samym czasie.

ku sal laboratoryjnych, w których zainstalowanych jest nierzadko 20 komputerów, uciążliwość szumu będzie jeszcze większa.

Poza omówionymi już zaletami zastosowania energooszczędnych urządzeń należy podkreślić jeszcze korzyści techniczne. Otóż przy uwzględnieniu systemu sieci elektroenergetycznych zmniejszenie zużycia energii elektrycznej pozwoli na uniknięcie przegrzewania się linii energetycznych i pojawiających się w okresie największych upałów czasowych ograniczeń w dostawach energii elektrycznej³. Ponadto, wysokie obciążenie linii energetycznych, w szczególności długich odcinków sieci NN, powoduje nadmierne spadki napięć i ryzyko nieprawidłowej pracy, a nawet uszkodzenia odbiorników energii⁴ (Łakoma, 2011). W mniejszej skali uruchomienie laboratorium wyposażonego w 20 zestawów (A) o łącznym poborze mocy około 3,6 kW wymagać będzie przygotowania dedykowanej instalacji elektrycznej uzupełnionej często o kosztowne zasilacze awaryjne. Co więcej, praca w okresie letnim wszystkich stanowisk spowoduje istotny wzrost temperatury w pomieszczeniu i konieczność uruchomienia dodatkowej klimatyzacji.

Podsumowanie

Korzyści społeczne, ekologiczne i ekonomiczne płynące z trwałego użytkowania zasobów są udziałem nie tylko współczesnego pokolenia, ale i przyszłych generacji. Istotne są także poprawa bezpieczeństwa energetycznego kraju i korzyści polityczne wynikające w wypełniania podjętych na międzynarodowym forum zobowiązań, na przykład w zakresie redukcji emisji CO₂.

Pozytywna weryfikacja wybranych przykładów realizacji koncepcji „mnożnika cztery” pozwala z optymizmem patrzeć na inicjatywę Klubu Mnożnika 10⁵. Założy-

³ Przypadki takie miały miejsce np. w sierpniu 2015 r., a ograniczenia dotknęły wówczas w Polsce 1600 przedsiębiorstw. Zostały wprowadzone na mocy rozporządzenia Rady Ministrów (Rozporządzenie, 2015).

⁴ Problem niedostatecznych parametrów jakościowych energii elektrycznej dotyczy najczęściej odbiorców indywidualnych Polski Wschodniej zasilanych za pośrednictwem zbyt długich linii NN. Tam najczęściej występują przerwy w dostawach energii elektrycznej lub spadki napięć nawet do 180V~. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy dopuszczalne wahania napięcia znamionowego w sieciach NN wynoszą ±10% (Rozporządzenie, 2007, § 46).

⁵ Pierwsze prace nad „mnożnikiem 10” rozpoczęto już na początku lat 90. XX w., m.in. w Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Schmidt-Bleek 1998; 1999).

cele grupy domagają się rewolucji efektywności, zniesienia istniejących subwencji na zużywanie zasobów i przedefiniowania dobrobytu społecznego. Niektóre z dotychczasowych osiągnięć potwierdzają, że poprawa efektywności o mnożnik 10 jest już realna. Wiele usług pocztowych z powodzeniem zastępowanych jest tańszymi odpowiednikami wykorzystującymi nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT) (Weizsäcker i in., 1999, s. 225–226). Coraz większą popularnością cieszą się źródła światła wykorzystujące diody LED i zużywające nawet 10 razy mniej energii niż tradycyjne żarówki. Należy mieć nadzieję, że wkrótce pojawią się kolejne dobre praktyki.

Literatura

- Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach. PN-87/B-02151/02.
- Binswanger, H.Ch. (2009). Sprzeczności w koncepcji zrównoważonego rozwoju – propozycja rozwiązania. W: B. Poskrobko (red.), *Zrównoważony rozwój gospodarki opartej na wiedzy* (s. 135–145). Białystok: Wyd. WSE w Białymstoku.
- GUS (2014). *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2012 r.* Warszawa.
- GUS (2016a). *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2014 i 2015.* Warszawa.
- GUS (2016b). *Spoleczeństwo informacyjne w Polsce. Wyniki badań statystycznych z lat 2012–2016.* Warszawa.
- IOŚ-PIB (2016). *Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2014 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017.* Warszawa.
- Łakoma, A. (2011). *Straty w przesyłach sięgają w kraju 12 proc. energii rocznie.* Pobrane z: <http://www.rp.pl/arttykul/649811-Straty-w-przesyly-siegaja-w-kraju-12-proc-energii-rocznie.html> (30.03.2017).
- Niewiedział, E., Niewiedział, R. (2016). *Analiza statystyczna strat energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym w ostatnim piętnastolecu.* Materiały konferencyjne VII Konferencji naukowo-technicznej pt. Straty energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych. Poznań: Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 4.05.2007 w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Dz.U. 2007, nr 93, poz. 623.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z 11.08.2015 w sprawie wprowadzenia ograniczeń w dostarczaniu i poborze energii elektrycznej. Dz.U. 2015, poz. 1136.

- Schmidt-Bleek, F. (1998). *Das MIPS-Konzept – Faktor 10*. München: Droemer.
- Schmidt-Bleek, F. (1999). *Ökodesign – Vom Produkt zur Dienstleistungserfüllungsmaschine*. Wien: Austrian Chamber of Commerce.
- Ustawa z 15.02.1992 o podatku dochodowym od osób prawnych. Dz.U. 1992, nr 21, poz. 86, z późn. zm.
- Weizsäcker, E.U., Lovins, A.B., Lovins, L.H. (1999), *Mnożnik Cztery. Podwojony dobrobyt – dwukrotnie mniejsze zużycie zasobów naturalnych. Raport dla Klubu Rzymskiego*. Toruń: Polskie Towarzystwo Współpracy z Klubem Rzymskim, Wyd. Rolewski.
- Żylicz, T. (2014). *Cena przyrody*. Białystok: Ekonomia i Środowisko.

DURABLE USE OF NATURAL RESOURCES IN THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract

The principle of capital preservation calls for the overall stock of resources in the world to remain unchanged. Then they will also be available for future generations. As far as the capital of anthropogenic origin and renewable resources is concerned, this rule can be relatively easy to apply, but in the case of non-renewable resources there are serious difficulties and dilemmas.

According to the author, the solution to the problem is proposed in the Report for the Club of Rome, the concept of Factor Four, which means four times the increase in resource productivity due to doubling prosperity and twice reducing the consumption of natural resources. The idea of Factor Four is already successfully implemented. This article outlines the benefits of using energy efficient computers.

Translated by Marcin Łuszczuk

Keywords: resource durability, sustainable development, Factor Four

JEL Codes: Q01, Q30