

dr inż. Sergiusz Subocz¹⁾

Nakłady energetyczne na budowę domu jednorodzinnego w jego cyklu życia

Energy consumption for the construction of a single family house in its life cycle

DOI: 10.15199/33.2015.05.43

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. Budownictwo w coraz większym stopniu wpływa na jakość środowiska naturalnego, a budynki są odpowiedzialne za zużycie ok. 40% energii i emisję CO₂ do atmosfery. Badania efektywności energetycznej skupiają się głównie na określeniu zużycia energii niezbędnej do użytkowania budynku, natomiast energia potrzebna do „jego produkcji” jest często pomijana. Takie podejście doprowadziło do strategii poprawiania wydajności cieplnej budynku często przez stosowanie energochłonnych materiałów.

Słowa kluczowe: budownictwo zrównoważone, energochłonność, materiały budowlane, cykl życia.

Abstract. The building industry in every once in a greater impact on the quality of the environment, and the buildings are responsible for most of the energy consumption and emissions into the atmosphere in many countries. Energy efficiency research focuses primarily on the energy required for use of the building, while the energy needed for its production is often overlooked. This approach led to the strategy of improving the thermal performance of the building, but often based on the energy-intensive materials.

Keywords: sustainable building, energy consumption, building materials, life cycle assessment.

Liczne badania odzwierciedlają poszczególne etapy cyklu życia budynku, jednak stosunkowo niewiele badań przedstawia ilościowe charakterystyki zużycia energii pierwotnej w całym cyklu życia budynku. W szczególności brak danych dotyczących energochłonności etapu od wydobycia surowca, do oddania budynku do eksploatacji.

Celem przeprowadzonego badania było określenie zużycia energii pierwotnej w kilku pierwszych etapach cyklu życia budynku jednorodzinnego wybudowanego w Polsce. Parterowy budynek ma powierzchnię użytkową 135 m², powierzchnię zabudowy 219 m² i składa się z 14 różnych pomieszczeń, w tym 4 pokoi mieszkalnych. W analizie uwzględniono wydobycie surowców, produkcję materiałów budowlanych i budowę obiektu.

Metody oceny zużycia energii

Na podstawie dokumentacji budowlanej i kontaktów z pracownikami budowlanymi oszacowano ilość materiałów potrzebnych do budowy domu, a następnie podzielono je na grupy wg rodzaju. Dane dotyczące energii zużywanej do produkcji materiałów budowlanych pochodzą z badań własnych oraz informacji opracowanych przez ICE

[1], natomiast energii zużywanej na produkcję leśną, pozyskiwanie, transport i przeróbkę drewna z badań własnych oraz prac badawczych prowadzonych w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu [2].

Z literatury wynika, że bezpośrednio prace budowlane pochłaniają niewielką część całkowitego zużycia energii w cyklu życia budynku. Większość dotychczasowych badań energochłonności prac budowlanych nie wskazywała jednoznacznie rodzaju analizowanej energii: końcowej czy pierwotnej [3]. Na podstawie badań wywnioskowano, że prace budowlane pochłaniają 5 ÷ 12% energii zużywanej do produkcji materiałów budowlanych [4].

W artykule założono, że odpady powstające na placu budowy uwzględniane są przez zwiększenie ilości zużytych materiałów.

Wyniki badań

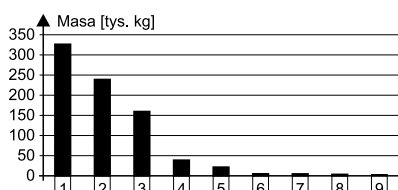
Uogólnione zestawienie materiałów zużytych do budowy domu przedstawiono w tabeli 1. Na budowę użyto łącznie 798,3 t różnych materiałów (rysunek 1). Znaczną część z nich stanowi piasek na podbudowę oraz ziemia urodzajna. W związku z tym, że przy ich produkcji nie jest zużywana energia, w analizie nie uwzględniono ich masy, a jedynie energię zużywaną na ich transport. W efekcie przyjęto masę całkowitą materiałów 472,2 t.

Tabela 1. Zestawienie materiałów zużytych do budowy domu z podziałem na elementy budynku [kg]

Table 1. Mass of materials of a single family house, broken down by major building components [kg]

Rodzaj zużytego materiału	Elementy budynku						
	dach	stolarka	zew- nętrne	wew- wnętrne	pod- murówka	ściany we- wnętrne	ściany ze- wnętrne
Naturalne materiały i grunty			112000,0		214165,4		
Wyroby z cementów i betonów	18926,8		19239,7	2223,8	60711,6	62673,0	74982,0
Betony					160040,7		
Zaczyny i zaprawy budowlane				913,4		17654,0	19957,3
Drewno i materiały drewnopochodne	17721,2	430,0	2629,8	1114,5			
Ceramika budowlana			2284,4	2504,7			181,0
Tworzywa sztuczne, szkło budowlane, lepiszcza bitumiczne i wyroby z nich wykonane	1288,5	930,0	41,5	151,0	237,9	1359,9	290,5
Metale i wyroby z metali	291,2		674,2	165,6	1136,4	932,4	3,4
Malarskie materiały budowlane	6,2			22,0		411,2	85,5
Suma	38233,8	1360,0	24869,5	7094,8	222126,5	83030,6	95499,6

¹⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury;
e-mail: sergiusz.subocz@zut.edu.pl

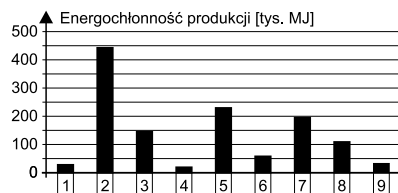


1 – naturalne materiały i grunty; 2 – wyroby z cementów i betonów; 3 – betony; 4 – zaczyny i zaprawy budowlane; 5 – drewno i materiały drewnopochodne; 6 – ceramika budowlana; 7 – tworzywa sztuczne, szkło budowlane, lepiszcza bitumiczne i wyroby z nich wykonane; 8 – metale i wyroby z metali; 9 – malarskie materiały budowlane

Rys. 1. Masa poszczególnych materiałów wykorzystanych do budowy domu jednorodzinnego

Fig. 1. Mass of materials of a single family house, broken down by major building components

Całkowita energochłonność wyniosła 1256,3 GJ, a w przeliczeniu na jednostkę powierzchni użytkowej ok. 9,28 GJ·m⁻². Energochłonność poszczególnych grup wykorzystanych materiałów przedstawiono na rysunku 2 i w tabeli 2.



1 – naturalne materiały i grunty; 2 – wyroby z cementów i betonów; 3 – betony; 4 – zaczyny i zaprawy budowlane; 5 – drewno i materiały drewnopochodne; 6 – ceramika budowlana; 7 – tworzywa sztuczne, szkło budowlane, lepiszcza bitumiczne i wyroby z nich wykonane; 8 – metale i wyroby z metali; 9 – malarskie materiały budowlane

Rys. 2. Energochłonność produkcji poszczególnych grup materiałów wykorzystanych do budowy analizowanego domu jednorodzinnego

Fig. 2. The energy intensity of production of each group of materials used to build analyzed single-family house

Tabela 2. Jednostkowa energochłonność w odniesieniu do grup materiałów budowlanych
Table 2. Specific energy intensity of production of different group of building materials

Nazwa grupy	Jednostkowa energochłonność produkcji materiałów [MJ·kg ⁻¹]
Wyroby z cementów i betonów	1,86
Betony	0,91
Zaczyny i zaprawy budowlane	0,49
Drewno i materiały drewnopochodne	10,48
Ceramika budowlana	11,43
Tworzywa sztuczne, szkło budowlane, lepiszcza bitumiczne i wyroby z nich wykonane	45,56
Metale i wyroby z metali	33,96
Malarskie materiały budowlane	58,30

Energochłonność prac budowlanych

Praca wszystkich maszyn i tymczasowych konstrukcji wyniosła wg projektu 623,9 motogodziny. Maszyny miały róż-

ną masę oraz napędy ręczne, elektryczne lub spalinowe. W tabeli 3 przedstawiono zużycie energii pierwotnej na danym etapie cyklu życia.

Tabela 3. Zużycie energii pierwotnej w trakcie budowy domu jednorodzinnego
Table 3. Primary energy consumption for construction of a single family house

Charakterystyka	Wartość
Przepracowano [motogodziny]	623,9
w tym maszyny: z napędem elektrycznym z napędem spalinowym	30,25 115,8
Energochłonność produkcji stosowanych maszyn [MJ]	15154,7
Energia zawarta w użytym paliwie [MJ]	50012,7
Remonty, obsługa techniczna i inne [MJ]	1818,6
Praca ludzka [MJ]	464958,1
Razem nakłady energetyczne [MJ]	531944,0

Sumaryczne zużycie energii pierwotnej niezbędnej do produkcji materiałów i budowy domu wynosi 1788197 MJ. Najbardziej energochłonnym etapem w cyklu życia budynku jest produkcja materiałów.

Wnioski

Zwraca uwagę duża energochłonność materiałów z drewna. Średnia energochłonność ich produkcji wynosi 10,48 MJ·kg⁻¹. Istotne są dalsze obszernie badania w celu ustalenia energochłonności cyklu użytkowania budynków oraz utylizacji i recyklingu odpadów po rozbiórce budynku w końcowej fazie cyklu życia. Pozwoli to oszacować najbardziej ekologiczny materiał z najmniejszym współczynnikiem oddziaływania na środowisko naturalne lub wyznaczyć charakterystyki badanych materiałów. Przekroczenie ustalonych charakterystyk zmienia położenie materiału w odpowiedniej grupie „ekologiczności”.

Analiza wyników wcześniejszych badań pokazuje, że do budowy jednego domu z drewna należałoby zużyć 2 ha lasów (przy 225 m³/ha). Ilość energii zużytej na produkcję materiałów budowlanych wynosi 1150 GJ. Stwierdzono, że zapotrzebowanie energii na budowę analogicznego domu z betonu wynosi 1800 ÷ 2100 GJ, pod warunkiem stosowania wstępnego rozdrabniania materiałów [5]. Niejasne są zatem założenia metodologiczne badań oraz technologia budowy pozwalająca na tak niskie zużycie energii w przypadku domów z drewna. W badaniach określono dużą energochłonność drewna w stosunku do materiałów mineralnych, co nie pozwoli osiągnąć tak istotnej różnicy na korzyść

drewna. Brak badań w tym zakresie, uniemożliwiający przeprowadzenie analizy porównawczej, nie zmienia istotnej roli drewna jako materiału o wysokim potencjale ekologicznym w budownictwie. W większości analizowanych prac zakłada się, że cykl życia materiałów drewnopochodnych kończy się ich spalaniem w systemach grzewczych. Możliwe są jednak inne sposoby zastosowania odzyskanego drewna, w tym ponowne wykorzystanie jako materiału budowlanego i ponowne przetwarzanie na surowiec do produkcji materiałów drewnopochodnych. Taka optymalizacja wycofanych z eksploatacji materiałów i ich recykling mogą stać się coraz bardziej istotne w przyszłości. Aby ułatwić odzyskiwanie materiałów drewnianych z minimalnym ich uszkodzeniem, ważne jest opracowanie odpowiednich technologii rozbiórki budynków. W takiej sytuacji początkowa wysoka energochłonność materiałów z drewna zostanie zniwelowana przez wydłużenie cyklu życia materiałów.

Analizy zużycia energii w produkcji materiałów budowlanych przeprowadzono już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku, ale różnią się one zasadniczo metodologią oraz zakresem analizowanych zjawisk. Efektywność stosowanych w przemyśle technologii znacznie się poprawiła, co skutkuje różną energochłonnością materiałów wytwarzanych w starszych zakładach i nowoczesnych. Istnieje potrzeba gromadzenia i aktualizacji dostępnych danych na temat zużycia energii i oddziaływania na środowisko w polskim przemyśle materiałów budowlanych.

Literatura

- [1] Hammond, G. and C. Jones Inventory of Carbon and Energy (ICE) Version 2.0. 2011.
- [2] Łukomski, Ł., Wpływ gospodarki leśnej na bilans węgla w atmosferze w zależności od rozmiaru pozyskiwania drewna, infrastruktury, stosowanych technologii oraz organizacji prac w nadleśnictwach. Rozprawa doktorska. 2008, Poznań. 181.
- [3] Cole, R. J., Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. Building and Environment, 1998. 34 (3): p. 335-348.
- [4] Gustavsson, L., A. Joelsson, and R. Sathre, Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building. Energy and Buildings, 2010. 42 (2): p. 230 – 242.
- [5] Börjesson, P. and L. Gustavsson, Greenhouse gas balances in building construction: wood versus concrete from life-cycle and forest land-use perspectives. Energy Policy, 2000. 28 (9): p. 575-588.

Otrzymano 12.03.2015 r.