

Anna LIS (orcid id: 0000-0001-9497-5754)

Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa

Piotr LIS (orcid id: 0000-0002-5310-0895)

Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska

OGRANICZANIE ZUŻYCIA ENERGII DO OGRZEWANIA BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Dalszy rozwój cywilizacyjny i gospodarczy ludzkości będzie wiązał się ze wzrostem zużycia energii. W obliczu stałego wzrostu popytu na energię jednym z istotnych zagadnień będzie jej oszczędność i efektywne wykorzystanie. W artykule przedstawiono przewidywane energetyczne efekty działań ograniczających zużycie energii do ogrzewania budynków mieszkalnych do poziomu $65 \div 70$ kWh (m²rok). Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że możliwa jest redukcja zużycia energii do ogrzewania budynków mieszkalnych o około 67% w stosunku do stanu z 2011 roku. Efekt energetyczny przełoży się oczywiście bezpośrednio na efekt: ekonomiczny, ekologiczny, użytkowy i społeczny.

Słowa kluczowe: ogrzewanie budynków, zużycie energii, budynki mieszkalne, efektywność energetyczna

WPROWADZENIE

W obliczu stałego wzrostu zapotrzebowania na energię uważa się, że oszczędność i efektywne wykorzystanie energii może stać się alternatywnym i istotnym jej źródłem. Zużycie końcowe energii (finalne) w Polsce wzrosło w latach 2004-2014 z 57 do 60 Mtoe. Po uwzględnieniu korekty klimatycznej związanej ze zróżnicowaniem warunków pogodowych wartość ta wyniosła ostatecznie 63 Mtoe, czyli tempo wzrostu zużycia energii w tym okresie osiągnęło około 1,0% rocznie [1].

W Polsce w latach 2004-2014 następowała systematyczna poprawa efektywności energetycznej. W porównaniu do wyników osiągniętych przez inne kraje Unii Europejskiej tempo poprawy efektywności wykorzystania energii przewyższa w Polsce średnią europejską. Niestety, poziom energochłonności gospodarki jest nadal wysoki i plasuje się powyżej średniej europejskiej [1].

Poszukiwania największych możliwości w zakresie oszczędności i efektywnego wykorzystania energii powinny skupić się tam, gdzie występuje jej największe zużycie. Dominującą rolę odgrywa tutaj sektor komunalno-bytowy w części stanowiącej subsektor budynków z większościowym udziałem budynków mieszkalnych. Budynki odpowiadają przeciętnie za około 41% [1, 2] łącznego zużycia energii

w Unii Europejskiej. Wybudowane w różnych okresach budynki, według różnych wymagań ciepłno-energetycznych mają różną, przeciętnie znacznie odbiegającą od współczesnych standardów w tym zakresie, charakterystykę energetyczną. Jest to powodem dominującego udziału zużycia energii na cele związane z ogrzewaniem pomieszczeń w ogólnym zużyciu energii w budynkach oraz bezpośrednią przyczyną ich stosunkowo wysokiej energochłonności eksploatacyjnej.

Przytoczone dane uzasadniają i wzmacniają tezę o dużym znaczeniu zmniejszenia zużycia energii w budynkach dla racjonalnej gospodarki energią i ograniczania emisji zanieczyszczeń do powietrza. Dominującą rolę w tym procesie odgrywają budynki mieszkalne (najliczniejsza grupa funkcjonalna budynków) i z tego powodu stały się przedmiotem szczególnej uwagi autorów publikacji.

Celem zaprezentowanego materiału było oszacowanie możliwości ograniczenia zużycia energii do ogrzewania budynków mieszkalnych w skali całego kraju. Przewidywane efekty energetyczne określono przy założeniu redukcji zużycia energii do ogrzewania budynków mieszkalnych eksploatowanych w Polsce w 2011 roku do poziomu 70 kWh/(m²rok) dla budynków jednorodzinnych oraz 65 kWh/(m²rok) dla budynków wielorodzinnych. Uwagę skupiono wyłącznie na działaniach ilościowych, polegających na zwiększeniu termoizolacyjności przegród zewnętrznych i ograniczeniu strat ciepła z ogrzewanych obiektów. Działania jakościowe, polegające między innymi na poprawie parametrów systemu ogrzewania i wentylacji budynku lub zmianie nośnika energii, będą przedmiotem późniejszych analiz.

1. DEFINICJE I METODY

W niniejszej pracy autorzy korzystali z danych statystycznych GUS dostępnych w bazie danych tej instytucji w postaci zestawień tematycznych lub w celu uzupełnienia z tzw. metadanych zawartych w pojedynczych plikach. Pochodziły one w znacznej części z wyników Narodowego Spisu Powszechnego, który przeprowadzono w 2011 roku. Szczegóły metodyki badań statystycznych stosowanej przez GUS są opisane na początku każdej pozycji źródłowej z danymi GUS [3-6], z której korzystali autorzy artykułu, a dodatkowo w [7]. Wspomniane dane zostały przez autorów wyszukane i zidentyfikowane pod kątem ich przydatności do celów tego artykułu i stanowiły dane wyjściowe do przeprowadzonych obliczeń i analiz. Z uwagi jednak na wykorzystywanie i porównywanie w dalszej części wielkości, występujących również w procedurze charakterystyki energetycznej budynków, nieodzowne stało się krótkie wprowadzenie zawierające ich „zdefiniowanie”.

W Polsce metodyka wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku została przedstawiona w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej [8]. Podstawową wielkością do wyznaczania charakterystyki energetycznej jest tutaj obliczana wielkość Q_p - rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów technicznych w kWh/rok. W metodyce obliczeń tej wielkości uwzględnia się systemy:

ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody, oświetlenia zainstalowanego w sposób trwały. W artykule główną uwagę poświęcono ogrzewaniu budynku. Z tego powodu podstawową wielkością, od której rozpoczęto rozważania, jest $Q_{p,H}$ - roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu ogrzewania. Jest ona obliczana z uwzględnieniem współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii do ogrzewania w_H . Wartość tego współczynnika w dużym stopniu zależy od polityki energetycznej państwa i zniekształca fizyczny wymiar $Q_{p,H}$. W warunkach polskich wartości współczynnika nakładu w_H mieszczą się w granicach od 0,0 dla źródeł energii odnawialnej, poprzez 1,1÷1,3 dla węgla kamiennego i 3,0 dla sieci elektroenergetycznej systemowej. Sytuacja taka powoduje, że nie można porównywać obliczonej wielkości $Q_{p,H}$ z obliczonym zapotrzebowaniem na energię lub zmierzonym zużyciem energii do ogrzewania C_H . Mając to na uwadze, zdecydowano, że najbardziej odpowiednią do wykorzystania w tym artykule wielkością będzie wielkość oznaczana w metodyce charakterystyki energetycznej budynków jako $Q_{k,H}$ - roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu ogrzewania w kWh/rok. Uwzględnia ona sprawność systemu ogrzewania. Analogiczne argumenty przemawiają za zastosowaniem przez autorów jednostkowego wskaźnika EK_H zapotrzebowania rocznego energii końcowej do ogrzewania budynku, będącego ilorzem rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu ogrzewania $Q_{k,H}$ i powierzchni budynku o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchni ogrzewanej lub chłodzonej) A_f .

W tym momencie należy zwrócić uwagę na fakt wykorzystywania do charakterystyki energetycznej budynków ww. zapotrzebowań na energię, które są wielkościami obliczanymi i można je zaliczyć do teoretycznych. Wyjątek stanowi wykorzystanie do charakterystyki energetycznej zużycia energii będącego wielkością rzeczywistą, otrzymaną w wyniku bezpośrednich lub pośrednich pomiarów. W przypadku wykorzystywanych przez autorów pracy danych statystycznych GUS odnoszących się do ogrzewania pomieszczeń dotyczą one zużycia energii na ten cel (wielkość rzeczywista), a nie zapotrzebowania na energię (wielkość teoretyczna). To ostatnie pojęcie jest niedefiniowane i nieobecne w opracowaniach GUS [3].

Jednocześnie odpowiednia metodyka obliczeń powinna maksymalnie zbliżać teorię do rzeczywistości ogrzewania budynków. Wynika stąd wniosek, że prawidłowo obliczone wartości rocznego zapotrzebowania $Q_{k,H}$ i związanego z nim wskaźnika EK_H powinny być jak najbardziej zbliżone do wartości rocznego zużycia energii C_H i związanego z nim jednostkowego wskaźnika zużycia rocznego energii końcowej do ogrzewania budynku oznaczonego przez autorów jako EK_{CH} . Jest on ilorzem rocznego zużycia energii końcowej dostarczanej do budynku dla systemu ogrzewania C_H i powierzchni budynku o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchni ogrzewanej) A_f . Z uwagi na dostępność danych statystycznych przyjęto w obliczeniach upraszczające założenie, że powierzchnia budynku lub mieszkania o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchnia ogrzewana) A_f jest równa powierzchni użytkowej A_U .

Mając na uwadze powyższe, w przypadku dużego podobieństwa wartości, zdaniem autorów, można zestawiać i porównywać zapotrzebowanie i zużycie energii do ogrzewania budynków, co ma miejsce w artykule.

Do obliczeń i analizy przewidywanych efektów działań ograniczających zużycie energii do ogrzewania budynków przyjęto wartości wskaźnika rocznego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania budynków mieszkalnych E_{KH} 65 kWh(m²rok) dla budynków wielorodzinnych i 70 kWh(m²rok) dla budynków jednorodzinnych. Wartości te „nawiązują” do cząstkowych maksymalnych wartości wskaźnika EP_{H+W} , określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej. Obowiązujące w Polsce od stycznia 2021 roku dla budynków mieszkalnych wartości EP_{H+W} określono (na tym samym poziomie co ww. wartości E_{KH}) w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [9].

2. ZASOBY I CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

W 2011 roku istniało w Polsce 6 047 100 budynków z co najmniej jednym mieszkaniem, w tym 5 542 600 to budynki mieszkalne [4]. Główną uwagę skupiono na budynkach mieszkalnych zamieszkałych i ogrzewanych, których było 5 182 330 [5].

Tabela 1. Budynki i mieszkania zamieszkałe i ogrzewane wybudowane w Polsce w różnych okresach

Okres wzniesienia budynku	Budynki zamieszkałe, ogrzewane [4]		Mieszkania zamieszkałe w budynkach mieszkalnych zamieszkałych, ogrzewanych [5]		Powierzchnia użytkowa A_U mieszkań zamieszkałych w budynkach mieszkalnych zamieszkałych, ogrzewanych [5]		E_{KH+W} [6] [kWh/(m ² rok)]	E_{KCH} [oprac. własne na podstawie 5, 10] [kWh/(m ² rok)]
	[tys.]	[%]	[mln]	[%]	[tys. m ²]	[%]		
przed 1918	404,61	7,81	1,12	9,25	68 346,09	7,87	>300	321,89
1918-1944	809,22	15,61	1,39	11,54	94 086,82	10,84	260÷300	255,08
1945-1970	1363,48	26,31	3,02	25,05	182 847,98	21,06	220÷260	224,23
1971-1978	654,03	12,62	2,03	16,84	127 816,06	14,72	190÷220	197,59
1979-1988	753,79	14,55	2,12	17,57	160 657,69	18,51	140÷190	
1989-2002	670,65	12,94	1,47	12,16	134 916,96	15,54	125÷160	157,90
2003-2007	321,47	6,20	0,55	4,57	59 469,97	6,85	90÷120	
2008-2011	205,08	3,96	0,36	3,01	39 942,52	4,60		
razem	5182,33	100,00	12,06	100,00	868 084,10	100,00	–	–

Wybudowane w różnych okresach budynki mają różną charakterystykę energetyczną, na którą dominujący wpływ ma zapotrzebowanie na energię do ogrzewania pomieszczeń, stanowiące około 70% całkowitego zużycia energii w budynku. Stan ten wraz z przeciętną dla wszystkich budynków niską termoizolacyjnością jest bezpośrednią przyczyną stosunkowo wysokiej energochłonności eksploatacyjnej tych obiektów. Charakterystykę ilościową budynków i mieszkań tam zlokalizowanych przedstawiono w tabelach 1 i 2, a charakterystykę energetyczną w tabeli 3.

Tabela 2. Zamieszkane i ogrzewane budynki i mieszkania wybudowane w Polsce w różnych okresach (opracowanie własne na podstawie [5])

Okres wzniesienia budynku	Liczba mieszkań zamieszkałych i ogrzewanych		Całkowita liczba mieszkań zamieszkałych i ogrzewanych [mln]	Powierzchnia użytkowa A_U mieszkań zamieszkałych i ogrzewanych		Całkowita powierzchnia użytkowa A_U mieszkań zamieszkałych i ogrzewanych [mln m^2]
	w budynkach jednorodz. [mln]	w budynkach wielorodz. [mln]		w budynkach jednorodz. [mln m^2]	w budynkach wielorodz. [mln m^2]	
przed 1918	0,45	0,67	1,12	38	30	68
1918-1944	0,56	0,84	1,39	52	42	94
1945-1970	1,20	1,82	3,02	102	81	183
1971-1988	1,66	2,49	4,15	161	128	288
1989-2011	0,95	1,43	2,38	131	103	234
razem	4,81	7,25	12,06	483,73	384,35	868,08

Tabela 3. Zużycie energii do ogrzewania budynków i mieszkań zamieszkałych i ogrzewanych wybudowanych w Polsce w różnych okresach (opracowanie własne na podstawie [5, 10])

Okres wzniesienia budynku	Jednostkowe zużycie energii do ogrzewania (obliczenia własne na podstawie [5, 10])		Jednostkowe zużycie energii do ogrzewania budynków (obliczenia własne na podstawie [5, 10]) [kWh/(m^2 rok)]	Całkowite zużycie energii do ogrzewania [10]		Całkowite zużycie energii do ogrzewania budynków [TWh]
	w budynkach jednorodz. [kWh/(m^2 rok)]	w budynkach wielorodz. [kWh/(m^2 rok)]		w budynkach jednorodz. [TWh]	w budynkach wielorodz. [TWh]	
przed 1918	367,66	264,31	321,89	14	8	22
1918-1944	306,10	191,31	255,08	16	8	24
1945-1970	265,22	172,74	224,23	27	14	41
1971-1988	230,25	156,52	197,59	37	20	57
1989-2011	183,36	125,67	157,90	24	13	37
razem	–	–	–	118,0	63,0	181,00

3. EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Potencjał efektywności energetycznej w przypadku budynków istniejących jest bardzo wysoki. Około 85% budynków mieszkalnych charakteryzuje się wysokim zużyciem energii, zwłaszcza wykorzystywanej do ogrzewania pomieszczeń, nawet przy utrzymywaniu tylko wymaganych parametrów powietrza wentylacyjnego [2, 4].

Przeprowadzono analizę potencjału redukcji zużycia energii do ogrzewania budynków mieszkalnych, które były eksploatowane w 2011 r. w Polsce przy obniżeniu wartości jednostkowego rocznego zużycia energii do ogrzewania do poziomu 70 kWh/(m²rok) w przypadku budynków wielorodzinnych oraz 65 kWh/(m²rok) dla budynków jednorodzinnych. Z punktu widzenia zużycia energii w tych obiektach uwagę skupiono na budynkach mieszkalnych zamieszkałych i ogrzewanych, których było 5 182 330 [4]. Powierzchnia użytkowa mieszkań zlokalizowanych w tych budynkach wyniosła łącznie 868 084,1 tys. m² [5]. Możliwe do uzyskania oszczędności energii do ogrzewania przy jej redukcji do ww. poziomów przedstawiono w tabeli 4. W obliczeniach zastosowano uproszczoną metodykę i bazowano na danych przedstawionych w tabelach 2 i 3, a dotyczących całkowitego zużycia energii do ogrzewania w budynkach wybudowanych w analizowanych przedziałach czasowych i powierzchni użytkowych znajdujących się w nich mieszkań. Na tej podstawie obliczono średnie wartości jednostkowego rocznego zużycia energii do ogrzewania 1 m² powierzchni mieszkań w poszczególnych grupach „wiekowych” budynków. Podział na okresy wzniesienia analizowanych budynków, a tym samym na ich grupy „wiekowe”, przedstawiony w tabelach 2, 3 i 4, wynika z uporządkowania w analogiczny sposób danych GUS, z których korzystali autorzy.

Tabela 4. **Zmniejszenie jednostkowego zużycia energii do ogrzewania budynków i mieszkań zamieszkałych i ogrzewanych wybudowanych w Polsce w różnych okresach w wyniku zmniejszenia jednostkowego zapotrzebowania na energię do ogrzewania do poziomu: 70 kWh/(m²rok) dla budynków jednorodzinnych i 65 kWh/(m²rok) dla budynków wielorodzinnych**

Okres wzniesienia budynku	Zmniejszenie całkowitego zużycia energii do ogrzewania		Zmniejszenie całkowitego zużycia energii do ogrzewania budynków [TWh]	Zmniejszenie całkowitego zużycia energii do ogrzewania		Zmniejszenie całkowitego zużycia energii do ogrzewania budynków [%]
	w budynkach jednorodz. [TWh]	w budynkach wielorodz. [TWh]		w budynkach jednorodz. [%]	w budynkach wielorodz. [%]	
przed 1918	11,34	6,03	17,37	81,0	75,4	78,94
1918-1944	12,34	5,28	17,62	77,1	66,0	73,43
1945-1970	19,88	8,73	28,61	73,6	62,4	69,77
1971-1988	25,76	11,69	37,45	69,6	58,5	65,69
1989-2011	14,83	6,28	21,11	61,8	48,3	57,07
dla całego okresu	84,14	38,02	122,16	71,3	60,3	67,49

Różnice pomiędzy wspomnianymi, obliczonymi wartościami jednostkowego rocznego zużycia energii a przyjętymi wcześniej poziomami ich redukcji do 65 i 70 kWh/(m²rok) stanowiły podstawę do oszacowania potencjału oszczędności energii w tym zakresie zaprezentowanego w tabeli 5.

Tabela 5. Potencjał oszczędności energii do ogrzewania budynków mieszkalnych

Redukcja zużycia energii do ogrzewania				Całkowita redukcja zużycia energii do ogrzewania	
budynki jednorodzinne		budynki wielorodzinne			
[TWh]	[%]	[TWh]	[%]	[TWh]	[%]
84,2	71,3	38,0	60,3	122,2	67,5

PODSUMOWANIE

W metodyce przeprowadzonych obliczeń można oczywiście znaleźć wiele uproszczeń wpływających na dokładność uzyskanych wyników, jednak z uwagi na postawiony cel nie wnoszą one istotnych zniekształceń.

Oszacowania potencjału oszczędności energii dokonano, zakładając obniżenie zużycia energii do ogrzewania budynków mieszkalnych, ogrzewanych i eksploatowanych w Polsce w 2011 r. do poziomu 70 kWh/(m²rok) w przypadku budynków jednorodzinnych oraz 65 kWh/(m²rok) dla wielorodzinnych. Redukując zużycie energii do ogrzewania tych budynków do wskazanych wartości, otrzymano oszczędności energii na przeciętnym poziomie 67,5% w stosunku do stanu wyjściowego, przy czym dla budynków jednorodzinnych wyniosły one 71,3%, a dla wielorodzinnych 60,3%. Potencjał rocznych oszczędności energii w zakresie analizowanego ograniczenia jej zużycia do ogrzewania budynków wyniósł 122,2 TWh/rok. Mając na uwadze, że w 2014 roku całkowite zużycie końcowe energii w Polsce wyniosło 531,4 TWh, to oszacowana oszczędność energii stanowi 23% wspomnianego zużycia. Tak duże możliwości w przedmiotowym zakresie mogą zostać jeszcze zwiększone poprzez modernizacje systemów ogrzewania i wentylacji w analizowanych obiektach. Dodatkowo osiągnięciu opisywanych efektów energetycznych będzie towarzyszyć znaczne ograniczenie emisji substancji szkodliwych do atmosfery, które przyczyniają się do powstawania zjawiska smogu, tak dokuczliwego w ostatnich sezonach grzewczych.

LITERATURA

- [1] Peryt S., Asztemborski B., Efektywność wykorzystania energii w latach 2004-2014, GUS, Departament Produkcji, Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Warszawa 2016.
- [2] Lis P., Cechy budynków edukacyjnych a zużycie ciepła do ogrzewania, Seria Monografie nr 263, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013.

- [3] Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2015 r., GUS, Warszawa 2017.
- [4] Zamieszkanane budynki. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS, Warszawa 2013.
- [5] Mieszkania. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS, Warszawa 2013.
- [6] Warunki mieszkaniowe gospodarstw domowych i rodzin, Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS, Warszawa 2014.
- [7] Zasady metodyczne sprawozdawczości statystycznej z zakresu gospodarki paliwami i energią oraz definicje stosowanych pojęć, GUS, Warszawa 2006.
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz.U. 2015, poz. 376 (z późniejszymi zmianami).
- [9] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2015, poz. 1422 (z późniejszymi zmianami).
- [10] Üрге-Vorsatz D., Wójcik-Gront E., Tirado Herrero S., Labzina E., Foley P., Impact on the labour market of the deep energy modernization program of buildings in Poland, The Center for Climate Change and Sustainable Energy Policy, European Climate Foundation, Central European University, Budapest 2012.

LIMITATION OF ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Further civilization and economic development of mankind will be associated with an increase in energy consumption. Due to the constant growth in demand for energy, it is believed that one of its important sources will be the saving and efficient use of energy. The paper presents the predicted energy effects of activities which reduce energy demand for heating of residential buildings to a level of 65÷70 kWh (m²·year). According to the calculations, it is possible to reduce the energy demand for heating in residential buildings by about 67% compared to 2011. Energy efficient activities will reduce the overall air pollutant emissions too.

Keywords: buildings heating, energy consumption, residential buildings, energy efficiency