

DOBÓR SYSTEMU ZASILANIA W ENERGIĘ BUDYNKU MIESZKALNEGO TERMOMODERNIZOWANEGO DO STANDARDU NZEB

Adrian TRZĄSKI*, Joanna RUCIŃSKA, Andrzej WISZNIEWSKI

Wydział Instalacji Budowlanych Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653,
e-mail: adrian.trzaski@is.pw.edu.pl; joanna.rucinska@is.pw.edu.pl; andrzej.wiszniowski@is.pw.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki analizy dotyczącej wyboru systemu zasilania w energię Domu Studenckiego „Muszelka”, przygotowywanego do standardu nZEB. Ze względu na objęcie obiektu ochroną konserwatorską, przy opracowywaniu koncepcji jego termomodernizacji do standardu nZEB napotkano na szereg ograniczeń, zarówno w zakresie poprawy ochrony cieplnej, jak i wykorzystania alternatywnych źródeł energii. Ostatecznie na podstawie przeprowadzonych analiz zaproponowano zastosowanie jedynie dwóch rozwiązań: paneli fotowoltaicznych oraz pompy ciepła wykorzystującej ciepło z powietrza usuwanego z pomieszczeń do wstępnego podgrzewu wody użytkowej. Przeprowadzona analiza wykazała, że pomimo wykorzystywania przez budynek, bardzo korzystnego źródła ciepła (ciepło sieciowe o $w_i=0,68$), osiągnięcie standardu nZEB, jedynie za pomocą rozwiązań konwencjonalnych może nie być możliwe a efektywne wykorzystanie alternatywnych źródeł energii wymaga odpowiedniego sposobu bilansowania produkcji i zużycia energii.

Słowa kluczowe: charakterystyka energetyczna, alternatywne źródła energii, nZEB, budynki niemal zeroenergetyczne

1. WSTĘP

Zgodnie z ustawodawstwem unijnym [1] „budynek o niemal zerowym zużyciu energii” oznacza budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej określonej zgodnie z załącznikiem I. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu.”

Według projektu „Krajowego Planu...” [2], budynek nZEB w polskim porządku prawnym to budynek spełniający wymagania techniczne [3], jakie będą obowiązywały od 1 stycznia 2021 r., a w przypadku budynków zajmowanych

przez władze publiczne oraz będące ich własnością od 1 stycznia 2019 r.

Zgodnie z tymi zapisami maksymalna wartość zapotrzebowania na energię pierwotną na potrzeby ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia wbudowanego dla budynku zamieszkania zbiorowego wynosi:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_L + \Delta EP_C = 75 + 50 + 25 \cdot A_{f,C} / A_f, \quad \text{kWh/m}^2/\text{rok}, \quad (1)$$

gdzie:

EP_{H+W} - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

ΔEP_C - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia,

ΔEP_L - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia

Z kolei według studium BPIE [4], proponowane wartości zapotrzebowania na energię pierwotną dla budownictwa o niemal zerowym zużyciu energii w Polsce, opisane jako „ambitne, ale wciąż realistyczne pod względem kosztowym”, wynoszą dla budynków mieszkalnych 60-75 kWh/m²/rok.

Jako jeden z sposobów na znaczące zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną, „Krajowy plan...” wskazuje, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Brakuje jednak informacji w jaki sposób energię z odnawialnych źródeł energii należałoby uwzględniać przy obliczaniu charakterystyki energetycznej budynku. Jedną z największych wątpliwości budzi kwestia sposobu bilansowania produkcji i zużycia energii. Kluczowe jest tutaj pytanie czy można odjąć całą energię elektryczną

* Autor korespondencyjny, e-mail: adrian.trzaski@is.pw.edu.pl

wyprodukowaną np. przez panele PV znajdujące się na budynku lub w bezpośrednim sąsiedztwie od energii elektrycznej obliczonej na potrzeby charakterystyki energetycznej budynku, nawet wówczas, gdy produkcja energii elektrycznej przewyższa zapotrzebowanie budynku. Jak pokazują przeprowadzone analizy [5,6,7,8,9], po wyczerpaniu możliwości usprawnień w zakresie ochrony cieplnej budynków, zastosowanie OZE może w znacznym stopniu ograniczyć zapotrzebowanie na energię pierwotną i to właśnie sposób bilansowania może zadecydować o możliwym do wykorzystania potencjale jej produkcji. Ponieważ „Krajowy plan...” jest dokumentem o charakterze strategicznym i nie jest wiążący prawnie, w ramach projektu KODnZEB określono nowy, ambitniejszy poziom wymagań, wg. których za spełnienie warunku budynku niemal zero-energetycznego (nZEB) uważane będzie osiągnięcie wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną:

$$EP = 20 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}. \quad (2)$$

Przy czym zgodnie z obowiązującą w Polsce metodyką określania charakterystyki energetycznej budynków [10] z obliczeń wyłączone jest zapotrzebowanie na energię procesów technologicznych w pomieszczeniach laboratoryjnych budynków.

2. ANALIZA OBLICZENIOWA

W ramach projektu KODnZEB przeanalizowano możliwość adaptacji dwóch istniejących budynków do standardu nZEB. Jednym z analizowanych budynków jest Dom Studencki „Muszelka” Politechniki Warszawskiej. W chwili obecnej budynek ten charakteryzuje się wskaźnikiem zapotrzebowania na energię pierwotną na poziomie $EP = 298,5 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$.

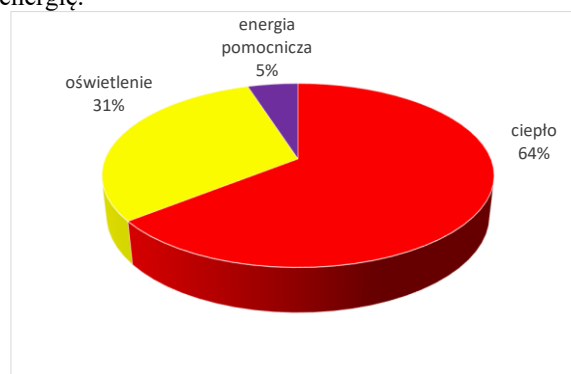
Tabela 1. Zapotrzebowanie energetyczne dla budynku po wprowadzeniu usprawnień ograniczających zużycie energii
Table 1. Energy demand of the building after the modernisation measures regarding the consumption of energy

Wielkość	Nośnik energii	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/rok]	EP [kWh/(m ² rok)]
Ogrzewanie i wentylacja	Ciepło sieciowe	70 578	19,7
Ciepła woda uż.	Ciepło sieciowe	124 653	34,8
Urządzenia pomocnicze	Energia elektryczna	6 447	4,2
Oświetlenie	Energia elektryczna	94 967	26,5
Suma			86,2

Po wprowadzeniu szeregu zmian dotyczących zarówno przegród zewnętrznych budynku, instalacji technicznych, oświetlenia jak i systemów stymulujących zachowania użytkowników, osiągnięty poziom EP (Tab. 2) nadal znacznie przekraczał przyjętą dla budynków nZEB wartość graniczną $EP = 20 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$.

Jak widać, w przypadku analizowanego budynku, znaczącą większość zapotrzebowania na energię pierwotną stanowi zapotrzebowanie wynikające bezpośrednio z zużycia energii cieplnej (łącznie zapotrzebowanie na poziomie 64% - rys. 2).

Aby osiągnąć założony cel, przeanalizowano możliwość zastosowania alternatywnych systemów zasilania budynku w energię.



Rys. 1. Struktura zapotrzebowania na energię pierwotną w analizowanym budynku

Fig. 1. Primary Energy demand structure for the analysed building

Ponieważ obecnie wykorzystywane źródło ciepła (sieć ciepłownicza) charakteryzuje się stosunkowo niskim współczynnikiem nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej ($w_i = 0,68$), wybór źródeł pozwalających na uzyskanie korzystniejszego wskaźnika w_i jest bardzo ograniczony. Sytuację dodatkowo komplikuje położenie obiektu (gęsta zabudowa miejska) oraz objęcie budynku ochroną przez konserwatora zabytków, co uniemożliwia zastosowanie odnawialnych źródeł energii takich jak biomasa, energia wiatru czy gruntowa pompa ciepła oraz w znacznym stopniu ogranicza możliwości wykorzystania energii słonecznej.

W przypadku energii słońca porównano możliwość ograniczenia zużycia energii pierwotnej przy wykorzystaniu konwersji fototermicznej (kolektory słoneczne) oraz fotowoltaicznej (panele fotowoltaiczne).

Wymogi konserwatorskie wymusiły montaż elementów instalacji w taki sposób, aby nie były one widoczne z poziomu terenu w okolicy budynku. Zgodnie z wynikami analizy przy ułożeniu paneli lub kolektorów płasko na dachu produktywność spada o około 7-10%, podczas gdy możliwa do wykorzystania powierzchnia wzrasta niemal dwukrotnie. Z tego względu zdecydowano się na ich montaż płasko na dachu. W warunkach tych instalacja PV

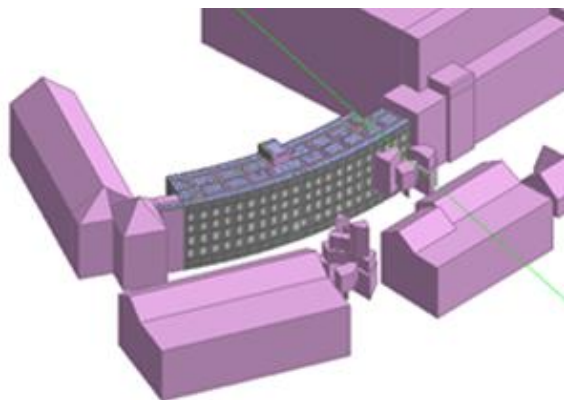
powinna charakteryzować się produktywnością na poziomie 162 kWh/m²/rok, natomiast przypadku instalacji wykorzystującej kolektory słoneczne do przygotowania c.w.u. możliwy uzysk wynosi 487 kWh/m²/rok. Biorąc jednak pod uwagę wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla energii elektrycznej ($w_i = 3,0$) oraz ciepła ($w_i=0,68$) możliwa do osiągnięcia redukcja zapotrzebowania na energię pierwotną przypadająca na jednostkę powierzchni przeznaczoną na instalację jest znacznie wyższa w przypadku paneli PV niż w przypadku kolektorów słonecznych (Tab 2).

Tabela 2. Możliwy do osiągnięcia jednostkowy uzysk energii końcowej (E_K) oraz odpowiadające mu zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną (E_P) w przypadku zastosowania paneli fotowoltaicznych oraz kolektorów cieczowych

Table 2. Possible final energy gains (E_K) and primary energy reduction (E_P) in case of PV panels and solar collectors

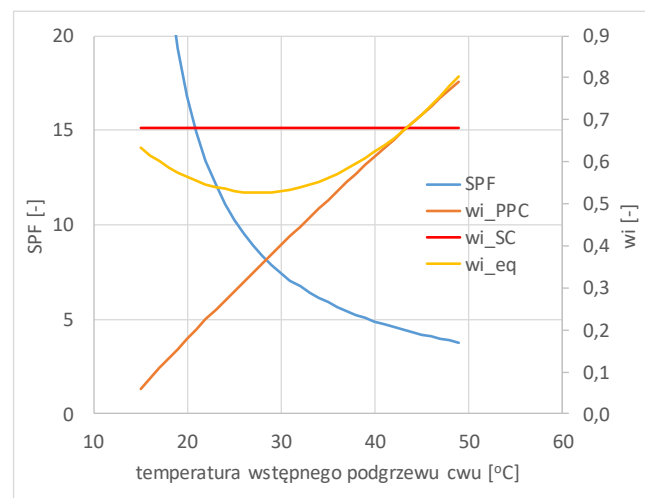
Nachylenie	PV		Kolektory	
	ΔE_K	ΔE_P	ΔE_K	ΔE_P
°	kWh/m ² /rok	kWh/m ² /rok	kWh/m ² /rok	kWh/m ² /rok
5	162	487	405	275
10	166	498	416	283
15	169	507	426	290
20	171	514	435	296
25	173	519	442	301
30	174	521	443	301

W związku z bardzo ograniczoną powierzchnią dachu zrezygnowano z zastosowania kolektorów słonecznych na rzecz paneli fotowoltaicznych. Dostępna powierzchnia dachu pozwoliła na zainstalowanie 374,8 m² paneli o łącznej mocy 79,35 kWp, dostarczając rocznie 69 953 kWh energii elektrycznej.



Rys. 2 Model otoczenia budynku
Fig. 2 Model of the building surroundings

Ze względu na ograniczenia lokalizacyjne (ochrona konserwatorska) oraz konstrukcyjne (brak możliwości zastosowania pełnej instalacji nawiewno wywiewnej z odzyskiem ciepła), w przypadku źródła ciepła zaproponowano zastosowanie pompy ciepła wykorzystującej, jako dolne źródło powietrze usuwane z budynku. Zadanie pompy ciepła w zaproponowanym układzie polega na wstępnym podgrzaniu wody wodociągowej od temperatury 10°C do temperatury pozwalającej na uzyskanie najkorzystniejszej wartości wypadkowej wskaźnika w_i dla całego systemu przygotowania c.w.u., uwzględniającego zarówno wartość współczynnika efektywności grzewczej PC jak i jej udział w pokryciu zapotrzebowania na ciepło (Rys 3).



Rys. 3 Zależność SPF oraz współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej od temperatury wstępnego podgrzewu ciepłej wody użytkowej
Fig. 3 The impact on the SPF and primary energy demand factor of the setpoint temperature for domestic hot water pre-heating

Zgodnie z wynikami analizy w przypadku współpracy pompy ciepła z węzłem wymiennikowym zasilanym z MSC optymalną wartość współczynnika w_i dla systemu c.w.u. można uzyskać przy wstępnym podgrzewaniu wody do temperatury 30°C. W takich warunkach wartość współczynnika sezonowej efektywności grzewczej (SPF) pompy ciepła powinna osiągnąć wartość rzędu SPF=7,4, pokrywając 57% zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u. Po uwzględnieniu zastosowania alternatywnych źródeł ciepła i energii elektrycznej wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną spadł do poziomu 17,9 kWh/m²/rok (Tab 3).

Tabela 3. Zapotrzebowanie energetyczne dla budynku po zastosowaniu alternatywnych źródeł energii

Table 3. Energy demand of the building after the use of alternative energy sources

Wielkość	Nośnik energii	Zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/rok]	EP [kWh/(m ² rok)]
Ogrzewanie i wentylacja	Ciepło sieciowe	70 578	19,7
Ciepła woda uż.	Ciepło sieciowe	124 653	26,0
Urządzenia pomocnicze	Energia elektryczna	6 447	4,2
Oświetlenie	Energia elektryczna	94 967	26,5
PV	Energia elektryczna	-69 953	-58,6
Suma			17,9

3. WNIOSKI

Zgodnie z wynikami przeprowadzonej analizy zastosowanie alternatywnych źródeł energii, po wyczerpaniu możliwości rozwiązań konwencjonalnych, pozwoliło na niemal 5-krotne obniżenie wartości wskaźnika EP, tj. poniżej jego wymaganej wartości 20 kWh/m²/rok. Mimo ograniczonej przestrzeni, oszczędności energii pierwotnej wynikające z zastosowania paneli fotowoltaicznych, znacznie przewyższają wykazane zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynku. Oznacza to, że osiągnięcie założonej wartości wskaźnika EP nie byłoby możliwe bez wykorzystania alternatywnych źródeł energii oraz możliwości odpowiedniego bilansowania produkcji i zużycia energii w budynku.

ENERGY SOURCE SELECTION FOR A RESIDENTIAL BUILDING MODERNIZED FOR MEETING THE NZEB STANDARD REQUIREMENTS

Summary: The paper presents results of an analysis of the energy source selection for the “Muszelka” Student House, prepared for the nZEB standard. As the building is located in an area under the supervision of the conservator the nZEB adaptation has been subjected to a number of constraints, both in terms of improving thermal protection and the use of alternative energy sources. Finally, on the basis of the analyzes, only two solutions were proposed: photovoltaic panels and heat pumps utilizing heat from the air removed ventilation air to preheat the domestic water. The analysis showed that, despite the use of a very favorable heat source by the building (net heat of $w_i = 0.68$), the achievement of the nZEB standard by conventional means may not be possible and the efficient use of alternative energy sources requires appropriate balancing of production and energy consumption.

Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona)
- [2] Krajowy Plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii, projekt z dnia 14-10-2014r. Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 2014
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2013, poz. 926)
- [4] Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe, factsheet, BPIE (Building Performance Institute Europe), 2015
- [5] Jadwiszczak P., Nowe wymagania, jakim powinny odpowiadać budynki. Możliwość spełnienia wymagań EP. „Rynek Instalacyjny” nr 4/2014.
- [6] Kubski P., O możliwości poprawy wskaźnika EP budynku przez zastosowanie pompy ciepła. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo, Wentylacja nr 10/2011
- [7] Pitry R., Czy nadal możliwa jest w Polsce budowa domu jednorodzinnego ogrzewanego kotłem na paliwo węglowe bez zastosowania dodatkowych rozwiązań? Ciepłownictwo Ogrzewnictwo, Wentylacja nr 6/2014
- [8] Trząski A., Wymagania dla budynków po 2020 roku a rozwiązania konwencjonalne i OZE cz.1. Rynek Instalacyjny 7-8, 2015
- [9] Trząski A., Wymagania dla budynków po 2020 roku a rozwiązania konwencjonalne i OZE cz.2. Rynek Instalacyjny 10, 2015
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 18 marca 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).

Niniejszy artykuł powstał w ramach projektu KODnZEB pt: „Koncepcja dostosowania dwóch wybranych budynków do standardu niemal zero-energetycznego” dofinansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego EOG 2009-2014 w ramach w ramach Funduszu Współpracy Dwustronnej na poziomie Programu Operacyjnego PL04 „Oszczędzanie energii i promowanie odnawialnych źródeł energii”. Projekt realizowany we współpracy z Norweskim Uniwersytetem Nauki i Technologii.

This paper was performed with the financial support of EEA Financial Mechanism 2009-2014 in the framework of the Bilateral Cooperation Fund at the level of the Operational Program PL04 “Saving energy and promoting renewable energy source” within the framework of the project KODnZEB: “Thermo-modernization of two chosen Public Buildings according to nZEB Standards”. The project is realized in cooperation with Norwegian University of Science and Technology.