

dr inż. Konrad Witczak¹⁾

Sposoby określania efektywności energetycznej na przykładzie budynku wielorodzinnego

DOI: 10.15199/33.2015.01.04

W artykule przedstawiono wpływ rodzaju nośników energii końcowej na spełnienie warunku dotyczącego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na przykładzie budynku wielorodzinnego wznoszonego w kilku różnych lokalizacjach w Polsce.

Rodzaje wymagań dotyczących efektywności energetycznej

Zmiany dotyczące wymagań efektywności energetycznej budynków, które wprowadziło Rozporządzenie o *Warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [1] na początku 2014 r., polegają m.in. na obowiązku spełnienia zarówno tzw. wymagań cząstkowych, np. współczynnika przenikania ciepła przegród (okien, ścian, dachów itd.) – U_{max} , jak i całkowitego współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego – g_c oraz tzw. wymagań ogólnych w postaci współczynnika nakładu na nieodnawialną energię pierwotną – EP. Należy jednak zwrócić uwagę na charakter tych obu wymagań oraz to, w jakim stopniu dotyczą one samego budynku, jego użytkowników, wpływu na komfort użytkownika budynku, a w jakim aspektów znacznie wykraczających poza wpływ projektanta danego obiektu. Moim zdaniem dobre wymagania powinny z jednej strony zapewniać odpowiednią efektywność energetyczną budynków, rozpatrywaną z punktu widzenia użytkowników, wyrażającą się np. niskimi kosztami eksploatacji, a z drugiej strony ukierunkowywać efektywność energetyczną całego budownictwa w taki sposób, aby optymalnie wykorzystywać zasoby energetyczne kraju z uwzględnieniem przyszłych zmian tych zasobów. Spełnienie wymienionych dwóch założeń nie może odby-

¹⁾ Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska; e-mail: konrad.witczak@p.lodz.pl

wać się kosztem zapewnienia odpowiedniej jakości środowiska wewnętrznego, na którą składają się m.in. komfort cieplny, komfort akustyczny, jakość powietrza wewnętrznego, dostęp światła naturalnego.

Pierwszy typ wymagań, tzn. przegrrody o niskim współczynniku przenikania ciepła przyczyniają się do poprawy efektywności energetycznej budynku widzianej od strony użytkownika, np. zmniejszając koszty jego eksploatacji, ale także rozpatrywanej w skali makro, przyczyniając się do mniejszego zużycia zasobów energetycznych. Poprawiają także komfort cieplny użytkowników. W warunkach technicznych [1] jest oczywiście więcej tzw. wymagań cząstkowych związanych z efektywnością energetyczną budynków, jak np. maksymalne wartości współczynnika przepuszczalności promieniowania cieplnego g_c , zakres (minimalna i maksymalna) powierzchni przeszkleń ze względu na doświetlenie pomieszczeń światłem naturalnym. Nie należy zapominać, że spełnienie (nawet ze sporym zapasem) wymagań cząstkowych nie daje gwarancji zaprojektowania i wykonania budynku o dobrej jakości środowiska wewnętrznego. Z drugiej strony zastosowanie parametrów bardziej naturalnych dla odczucia komfortu użytkownika wymaga najczęściej zaangażowania skomplikowanych obliczeń oraz programów symulacyjnych, np. w celu obliczenia odczuwalnego komfortu cieplnego najczęściej stosuje się wskaźniki przewidywanej oceny średniej (PMV, ang. predicted mean vote) i odsetek osób niezadowolonych (PPD, ang. predicted percentage dissatisfied). Dodatkowo, w ramach oceny komfortu cieplnego, za niekomfortowe pomieszczenia uznaje się takie, które mają zbyt dużą asymetrię temperatury promieniowania przegród, czyli występują przegrrody o dużej różnicy temperatur na powierzchni wewnętrznej [2, 3]. Ocenę

doświetlenia pomieszczeń światłem naturalnym wykonuje się na podstawie obliczeń współczynnika DF (ang. daylight factor), którego zwiększeniu sprzyja większa powierzchnia okien. Z drugiej strony, większa powierzchnia okien może oznaczać znaczne przegrzewanie pomieszczeń w okresie letnim, a w okresie zimowym powstawanie efektu chłodnych powierzchni przegród (wzrost asymetrii temperatury promieniowania) oraz efektu olśnienia zarówno dla użytkowników pomieszczeń, jak i użytkowników otoczenia budynku. Lista tych kilku parametrów wskazuje m.in. na to, że poprawa jednego z nich może wpływać na pogorszenie pozostałych. Zdaniem autora wymagałoby to podjęcia bardzo szerokiej analizy.

Wymaganiem tzw. ogólnym, odnoszącym się do efektywności energetycznej budynków, jest **wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP)**, który tylko w niewielkim stopniu dotyczy efektywności energetycznej budynków oraz parametrów związanych z komfortem ich użytkowania, w tym komfortu cieplnego. W tabeli 1 przedstawiono dopuszczalne wartości wskaźnika EP w przypadku budynków wielorodzinnych, uwzględniając ich zapotrzebowanie na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Krótka analiza dostępnych w Internecie wskaźników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej deklarowanych przez dostawców tzw. ciepła sieciowego pokazuje, jak bardzo skrajne mogą to być wartości [4 – 7].

Tabela 1. Dopuszczalne wartości wskaźnika EP w przypadku wielorodzinnego budynku mieszkalnego

Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{h+w} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² ·r.)]		
od 01.01.2014 r.	od 01.01.2017 r.	od 01.01.2021 r.
105	85	65

W tabeli 2 zaprezentowano kilka wybranych przykładów wskaźników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej deklarowanych w ostatnich kilku latach przez różnych dostawców ciepła sieciowego.

Tabela 2. Przykłady wskaźnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w_i deklarowanego przez różnych dostawców energii

Miasto	Zakład	Rok	Wartość wskaźnik w_i
Warszawa	PGNiG Termika s.a.	2012	0,79
Poznań	Dalkia	2013	0,71
Łódź	Dalkia	2013	0,36
Suwałki	PEC sp. z o.o.	2013	0,97
Lublin	LPEC sp. z o.o.	2012	0 (słownie: zero)
Lublin	LPEC sp. z o.o.	2013	0,82
Kraków	MPEC s.a.	2012	0,21
Kraków	MPEC s.a.	2013	0,62
Wrocław	ZEC Kogeneracja s.a.	2013	0,82

Obliczanie zapotrzebowania na energię użytkową

Zapotrzebowanie na energię użytkową końcową oraz pierwotną nieodnawialną analizowanego budynku wielorodzinnego [8] obliczono wg obecnie obowiązującej metodyki. Budynek usytuowano w różnych lokalizacjach: Lublin; Łódź; Kraków i Suwałki, przyjmując wskaźniki w_i z tabeli 2. W przypadku Krakowa oraz Lublina wykonano obliczenia, wykorzystując wskaźniki w_i opublikowane za lata 2012 i 2013. Budynek składa się z 20 lokali mieszkalnych o łącznej powierzchni użytkowej 1361 m². Mieszkania znajdują się na 4 kondygnacjach (od pierwszego do czwartego piętra), parter zaś zajmują garaże.

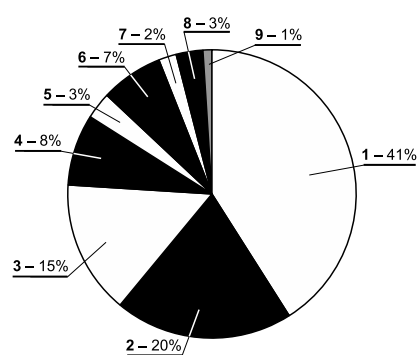
W pierwszej serii obliczeń założono, że przegrody zewnętrzne budynku spełniają wymagania dotycząca maksymalnego współczynnika przenikania ciepła U , który będzie obowiązywał w 2021 r. W przypadku ścian zewnętrznych wyniósł on więc 0,19 W/(m²K), stropodachu 0,14 W/(m²K), a okien 0,9 ($g_c = 0,5$). Zgodnie z aktualną metodyką obliczania charakterystyki energetycznej budynków, poziom jednostkowych, wewnętrznych zysków ciepła przyjęto jako 7,1 W/m² [8]. W inny sposób niż dotychczas oblicza się także średni strumień powietrza wentylacyjnego [8]. Obecnie, dla części mieszkalnej analizowanego budynku, pod-

stawowy strumień powietrza wentylacyjnego przy wentylacji grawitacyjnej (V_o) wyniósł 1568 m³/h, zaś dodatkowy strumień powietrza infiltrującego przez nieszczelności (V_{inf}) – 760 m³/h. Zatem łączny, średni strumień powietrza wentylacyjnego na jedno mieszkanie w analizowanym budynku wyniósł 116 m³/h. Na podstawie opisanych wcześniej założeń udział strat ciepła przez przegrody zewnętrzne wyniósł 45% (współczynnik strat ciepła przez przenikanie $H_{tr} = 690$ W/K), a udział strat ciepła przez wentylację 55% (współczynnik strat ciepła przez wentylację $H_{ve} = 861$ W/K). Źródłem ciepła dla systemu ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej był węzeł dwufunkcyjny. Sprawność całkowita systemu ogrzewania budynku wyniosła 0,8, a systemu c.w.u. – 0,7. W obliczeniach uwzględniono także energię przeznaczoną na działanie urządzeń pomocniczych w systemach c.o. i c.w.u., w których nośnikiem energii była energia elektryczna ($w_i = 3,0$).

W tabeli 3 przedstawiono wyniki obliczeń EP , EK , EU_{co} w przypadku kilku wybranych lokalizacji budynku. Najkorzystniej, co nie budzi zaskoczenia, pod względem zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną wypadają budynki zasilane ciepłem z sieci o najniższych wskaźnikach w_i , czyli Lublin – 2012, Kraków – 2012 oraz Łódź – 2013. Gdyby wprowadzić klasyfikację energetyczną budynków wg wskaźnika EP , to zapewne te trzy warianty plasowałyby się w klasie najwyższej. Pozostałe dwa z przedstawionych wskaźników, czyli EK (zapotrzebowania na energię końcową, wliczając c.o., c.w.u. i urządzenia pomocnicze) oraz EU_{co} (energia użytkowa na cele ogrzewania), są do siebie zbliżone we wszystkich analizowanych przypad-

Tabela 3. Wyniki obliczeń efektywności energetycznej budynku wielorodzinnego w różnych lokalizacjach

Lokalizacja	Deklarowany wskaźnik w_i dla ciepła sieciowego	EP	EK	EU_{co}
[kWh/(m ² .r.)]				
Łódź	0,36 (2013 r.)	31	72	30
Kraków	0,21 (2012 r.)	20	73	31
Kraków	0,62 (2013 r.)	50	73	31
Lublin	0 (słownie: zero) (2012 r.)	5	78	34
Lublin	0,82 (2013 r.)	68	78	34
Suwałki	0,97 (2013 r.)	90	89	43



Techniki ogrzewania pomieszczeń w gospodarstwach domowych w Polsce w 2012 r., wg danych GUS [9]: 1 – ciepło sieciowe 41%; 2 – kocioł dwufunkcyjny – paliwo stałe 20%; 3 – kocioł jednofunkcyjny – paliwo stałe 15%; 4 – piece w pomieszczeniach – paliwo stałe 8%; 5 – kominek – paliwo stałe 3%; 6 – kocioł dwufunkcyjny – gaz ziemny 7%; 7 – kocioł jednofunkcyjny – gaz ziemny 2%; 8 – grzejniki stałe i ruchome, ogrzewanie podłogowe – energia elektryczna 3%; 9 – inne techniki 1%

kach, choć najbardziej odbiega dom w Suwałkach. Ciekawy jest przypadek Lublina, gdzie na podstawie wskaźnika w_i , opublikowanego za 2013 r., pomimo spełnienia wymagań cząstkowych (współczynniki U) budynek nie spełniłby wymagań WT na EP za 2021 r. ($EP_{max} = 65$). Natomiast w przypadku wymagań obowiązujących w 2012 r. ($w_i = 0$!) ten sam budynek najprawdopodobniej byłby najbardziej efektywnym energetycznie budynkiem w Polsce, biorąc pod uwagę tylko wskaźnik EP . Przedstawione przykłady pokazują również, w jaki sposób można na masową skalę poprawić lub pogorszyć, w zależności od wartości wskaźników w_i oraz roku ich publikacji, efektywność energetyczną budynków, jeśli jej miarą byłoby tylko zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną. Zgodnie z danymi GUS ciepło sieciowe ma największy udział wśród nośników do ogrzewania pomieszczeń w Polsce. W 2012 r. wynosił on 41,5% wszystkich gospodarstw domowych. W tej grupie 65% stanowiły gospodarstwa, które wykorzystywały ciepło sieciowe także do podgrzania ciepłej wody użytkowej.

Wykonano ponadto obliczenia dla Łodzi ($w_i = 0,36$) wskaźników EP , EK , EU_{co} dla tego samego budynku wielorodzinnego ze zmienionymi współczynnikami przenikania ciepła przegród zewnętrznych. W przypadku ścian zewnętrznych zwiększono U do wartości 0,63 W/(m²K), stropodachu – 0,65, stro-

pu nad garażami nieogrzewanymi do wartości 1,0 oraz przyjęto okna o współczynniku $U = 2,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ($g = 0,75$). Resztę parametrów, jak m.in. strumienie powietrza wentylacyjnego, sprawność systemów c.o. i c.w.u. pozostawiono jak w przypadku wariantów analizowanych wcześniej. Tym razem udział strat ciepła przez przegrody zewnętrzne wyniósł 73% (współczynnik strat ciepła przez przenikanie $H_{tr} = 2300 \text{ W/K}$), a udział strat ciepła przez wentylację 27% (współczynnik strat ciepła przez wentylację $H_{ve} = 861 \text{ W/K}$). Wartości wskaźników EP , EK i EU_{co} uzyskane w omawianym przypadku przedstawiono w tabeli 4. Okazuje się, że w analizowanym przypadku, pomimo bardzo wysokiej wartości wskaźników EK i EU_{co} , budynek spełniałby wymagania dotyczące maksymalnego wskaźnika EP na 2021 r. ($EP_{max} = 65$). Oznacza to, że gdyby nie brać po uwagę obowiązku spełnienia tzw. wymagań cząstkowych, a jedynie na wskaźnik EP , budynek taki mógłby być zakwalifikowany do standardu nZEB (budynek o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię). Natomiast biorąc pod uwagę wartość wskaźnika EK budynek ten, zgodnie z danymi Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju, odpowiada standardom budynków mieszkalnych budowanych w latach 1979 – 1988 [10]. Wskaźnik EK jest tym wskaźnikiem, który jest najbliższej skorelowany z szacunkowymi kosztami eksploatacji budynków. Natomiast niskie zapotrzebowanie na energię użytkową (niskie wartości wskaźnika EU) świadczą o zaprojektowaniu budynku w taki sposób, aby optymalnie wykorzystał techniki pasywne ograniczające zapotrzebowanie budynku na ogrzewanie, chłodzenie oraz c.w.u.

Kierunek zmian wprowadzonych w Warunkach Technicznych moim zdaniem należy uznać za prawidłowy (np. łączne spełnienie wymagań cząstkowych (np. U , g) oraz ogólnych (EP)),

Tabela 4. Efektywność energetyczna budynku wielorodzinnego w Łodzi ze zmienionymi współczynnikami przenikania ciepła przegród zewnętrznych

Lokalizacja	Deklarowany wskaźnik w , dla ciepła sieciowego	EP	EK	EU_{co}
Łódź (zmodyfikowane przegrody zewnętrzne)	0,36 (2013 r.)	62	164	95

ale jednak wciąż brakuje zapisów odnoszących się do parametrów bliższych komfortowi użytkownika pomieszczeń. Nadal najbardziej eksponowanym parametrem mającym świadczyć o efektywności energetycznej budynku jest wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Może normy przygotowywane przez Komitet Techniczny 371 ds. Energetycznych Właściwości Użytkowych Budynków Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego przybliżyć nieco ideę projektowania oraz oceniania budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię. Jedną z takich norm ma być nowa wersja normy EN 15603 *Energetyczne właściwości użytkowe budynków*, której projekt precyzyjnie wyjaśnia, że budynek w standardzie nZEB nie może być zdefiniowany tylko na podstawie jednego wskaźnika, np. zapotrzebowania na całkowitą lub nieodnawialną energię pierwotną. Ponadto projekt normy mówi, że dany budynek może być zakwalifikowany jako tzw. budynek nZEB, jeśli spełnia następujące kolejno po sobie trzy rodzaje wymagań:

1) **małe zapotrzebowanie na energię użytkową** przy zachowaniu odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego. W tym celu wykorzystuje się techniki pasywne zapobiegające nadmiernym stratom ciepła w okresie grzewczym, ale także ograniczające ryzyko przegrzewania w okresie letnim;

2) **małe zapotrzebowanie na całkowitą energię pierwotną**, która jest sumą energii pierwotnej zawartej w paliwach odnawialnych i nieodnawialnych. Spełnienie tego warunku wymaga więc zastosowania wysoko sprawnych systemów ogrzewania, chłodzenia i c.w.u. bez względu na rodzaj zastosowanych nośników energii. Jest to więc wymaganie odnoszące się także do niskiego zapotrzebowania na energię końcową;

3) **małe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną**. Dopiero w tym wymaganiu kładzie się nacisk na promowanie i zastosowanie odnawialnych źródeł energii, gdyż tylko przy takim podejściu mogą one pokryć znaczne potrzeby zaopatrzenia budynku w energię.

Inną normą, patrzącą szerzej na ogólne wskaźniki określające efektywność energetyczną budynków, jest norma PN-EN 15978:2012 *Zrównoważone obiekty budowlane – Ocena środowiskowych właściwości użytkowych bu-*

dynków – Metoda obliczania przygotowana przez KT 307 ds. Zrównoważonego Budownictwa. Zgodnie z tą normą w ocenie budynku uwzględnia się m.in. zapotrzebowanie na odnawialną oraz nieodnawialną energię pierwotną. W ślad za tak rozumianym podejściem do koncepcji budynków efektywnych energetycznie podążają także stosowane dobrowolnie oraz coraz bardziej popularne w Polsce systemy wielokryterialnej oceny budynków. Jednym z takich systemów jest wywodzący się z Niemiec system DGNB, określany jako system oceny II generacji [11]. Za systemy oceny I generacji uznaje się m.in. LEED i BREEAM. Ocenie efektywności energetycznej budynków w systemie DGNB podlega wielkość ich zapotrzebowania na całkowitą i nieodnawialną energię pierwotną oraz wiele parametrów określających kryteria środowiska wewnętrznego [11].

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690).
- [2] PN-EN ISO 7730 Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego.
- [3] PN-EN 15251:2012 Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę.
- [4] <http://termika.pgnig.pl/csr/ekologia/wspolczynnik-nakladu-energii-nieodnawialnej/>.
- [5] <http://energialodz.pl/o-firmie/dane-kluczowe/dane-techniczne/>.
- [6] http://www.lpec.pl/downloads/4_Wspolczynnik_wH_strona_www.pdf.
- [7] <http://www.cieplodlakrakowa.pl/pl/c,70,efektywnosc-energetyczna-zrodel-ciepła-a-charakterystyka-energetyczna-budynkow.html>.
- [8] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej.
- [9] GUS, *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2012 r.*
- [10] Projekt „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”.
- [11] DGNB Manual – New office and administrative buildings, Version 2012.