

Analiza wpływu wybranej metodologii oceny mostków cieplnych na bilans energetyczny budynku

Abdrahman Alsabry, Kamil Łaskawiec, Krzysztof Szymański,
Łukasz Rojek

aalsabry@uz.zgora.pl, laskawiec.kamil@gmail.com, k.szymanski@wp.pl, lukaszrojo@poczta.onet.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiona została analiza wpływu wybranej metodologii oceny mostków cieplnych na bilans energetyczny na przykładzie projektu typowego budynku jednorodzinnego.

Obliczenia analityczne jednoznacznie pokazują, że przyjęta metodyka wyznaczenia wartości współczynnika liniowego przenikania ciepła mostka cieplnego, znacząco wpływa na charakterystykę energetyczną budynku. Przedstawione w katalogach mostków cieplnych wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła dla konkretnych przegród, najczęściej rozwiązań systemowych różnych firm, dają bardziej precyzyjne wartości aniżeli przyjęte na podstawie uproszczonej metodyki zgodnie z normą PN-EN ISO 14683:2008. Przy użyciu obliczeń komputerowych zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2008 wartości współczynnika liniowego przenikania ciepła są odzwierciedleniem rzeczywistych detali konstrukcyjnych. Można zatem jednoznacznie stwierdzić, że obliczenia te są najdokładniejsze. Jednak w porównaniu do katalogów metoda ta wymaga dużo większych nakładów pracy.

Zmiana sposobu uwzględnienia wartości mostka termicznego może zmienić wartość wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej nawet o 20 [kWh/m²rok]. Szczególną uwagę do precyzyjnych analiz strat ciepła przez mostki cieplne powinno się uwzględniać przy projektowaniu budynków pasywnych oraz zero-energetycznych, w których wpływ mostków termicznych stanowić może ponad 20% łącznego zapotrzebowania na ciepło.

Słowa kluczowe: Mostki termiczne, bilans energetyczny, budownictwo niskoenergetyczne, charakterystyka energetyczna, świadectwa charakterystyki energetycznej.

1. Wprowadzenie

Wzrost efektywności energetycznej budownictwa jest podstawowym działaniem mającym na celu osiągnięcie deklarowanego poziomu redukcji emisji CO₂ o 20%, zwiększenia efektywności energetycznej budynków o 20% oraz osiągnięcie udziału odnawialnych źródeł ciepła na poziomie 20%. Polityka Unii Europejskiej zmierza do poprawy efektywności energetycznej oraz redukcję emisji CO₂ o 90% w stosunku do 1990 roku, a jednym z jej elementów jest program budowy budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków nakazuje ograniczenie zużycia energii pierwotnej w budynkach w krajach Unii Europejskiej [1]. Według ww. Dyrektywy do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki powinny być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii, a po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki zajmowane przez władze publiczne oraz będące ich własnością powinny być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii. Przyjęta w Polsce *Polityka energetyczna do*

2030 roku, zakłada m.in. zwiększenie do 2020. Zgodnie z założeniami do 2020 roku udział biopaliw w rynku paliwa ma osiągnąć poziom 10%. Sektor komunalno-bytowy zużywa około 35–40% łącznego zapotrzebowania na pierwotne nośniki energii w krajach Unii Europejskiej [10]. Zwiększenie efektywności energetycznej w budownictwie jest jednym z podstawowych kroków do osiągnięcia ograniczenia zużycia energii oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych. W celu wdrożenia w Polsce Dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej [1], wprowadzono zmiany w rozporządzeniu dotyczącym *warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [2], które określają maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych oraz maksymalne wskaźniki nieodnawialnej energii pierwotnej dla nowoprojektowanych budynków.

Zgodnie z obowiązującymi *warunkami technicznymi, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [2] od 1 stycznia 2017 roku maksymalny wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej dla budynków jednorodzinnych wynosi 95 kWh/m²rok, a od 1 stycznia 2021 wskaźnik ten będzie wynosił 70 kWh/m²rok. Warto zaznaczyć, że dla budynków wybudowanych przed 1980 rokiem wskaźnik ten oscylował w granicach 300–400 kWh/m²rok. Zastosowanie w budynkach jednorodzinnych do celów grzewczych, wysokoefektywnych oraz odnawialnych źródeł ciepła jest niewystarczająca, aby spełnić aktualnie obowiązujące przepisy techniczno-budowlane. Konieczne jest przede wszystkim zwiększenie izolacyjności przegród budowlanych. Zgodnie z warunkami technicznymi [2] od 2021 roku dla ścian zewnętrznych maksymalny współczynnik przenikania ciepła U_C wynosić będzie 0,20 W/(m²·K). Warto przypomnieć, że dla budynków wznoszonych kilkanaście lat temu z cegły pełnej wynosił on średnio dziesięciokrotnie więcej. Widać zatem, jaką wagę przyłożono wzrostem izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych przy zwiększaniu efektywności energetycznej. Zwiększanie izolacyjności przegród jest jednak opłacalne tylko do pewnego momentu. Współczynnik przenikania ciepła maleje wykładniczo wraz ze wzrostem grubości izolacji termicznej, stąd w pewnym momencie zwiększanie grubości izolacji termicznej nie przynosi efektów energetycznych oraz ekonomicznych. Dla ściany zewnętrznej wartością graniczną opłacalności zmniejszania współczynnika przenikania ciepła U_C jest około 0,1 W/(m²·K). Zejście poniżej tej wartości jest zazwyczaj ekonomicznie nieuzasadnione, gdyż koszty przewyższają potencjalne oszczędności nawet w okresie 50 lat. Przy tak wysokiej izolacyjności termicznej przegród, coraz większą rolę odgrywają poprawnie wykonane detale architektoniczne. W przypadku błędów projektowych oraz wykonawczych możemy zaobserwować zjawisko „mostków cieplnych”. Zjawisko mostków cieplnych nie jest zjawiskiem nowym, jednak ich wpływ na charakterystykę energetyczną budynków jest coraz większy. Udział strat ciepła przez mostki w całkowitych stratach ciepła przez przegrody rośnie razem ze zwiększeniem izolacyjności termicznej przegród. Udział mostków cieplnych może sięgać nawet 25% wartości strat ciepła przez przenikanie, a więc wpływ ten jest wyraźnie zauważalny. Istotne jest zatem prawidłowe uwzględnienie mostków w bilansach energetycznych budynków.

2. Metody uwzględniania mostków termicznych w bilansie energetycznym

W Polsce projektowaną charakterystykę energetyczną budynków sporządza się w oparciu o *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) [3]. Na podstawie przedstawionej

w rozporządzeniu metodyki wyznaczania rocznego zapotrzebowania na energię można założyć, że rozporządzenie to nie podaje jednoznacznego sposobu wyznaczania współczynnika przenoszenia ciepła ze strefy ogrzewanej (i) bezpośrednio do środowiska zewnętrznego (e) – $H_{T,ie}$, a jedynie odsyła do Polskiej Normy PN-EN 12831:2006 – *Instalacje grzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego* [4], w celu obliczenia składowych współczynników. W pkt. 5.2.3.1.2 rozporządzenia [3] dotyczącym metodyki wyznaczenia współczynnika – $H_{T,ie}$ można przeczytać, że w przypadku zastosowania elementów specjalnych, należy dodatkowo korzystać z Polskiej Normy dotyczącej energetycznych właściwości użytkowych budynków – obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia – PN-EN ISO 13790:2009 [5]. Dodatkowo w normie [4] w stosunku do rozporządzenia [3] następuje zmiana oznaczenia współczynnika strat ciepła $H_{T,ie}$ [4] \equiv [3] $H_{T,ie}$.

Norma [4] przewiduje dwie metodyki uwzględniania mostków cieplnych, a co za tym idzie również wyznaczenia współczynnika przenoszenia ciepła ze strefy ogrzewanej do środowiska zewnętrznego – $H_{T,ie}$ tj.:

- z użyciem współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego ψ_l (zwana dalej „metodą ogólną”)
- metodę uproszczoną polegającą na przyjęciu skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła U_{kc} .

Norma nie narzuca żadnej z metod oraz nie uzależnia jej wyboru od żadnych parametrów, wybór pozostawia projektantowi.

2.1. Metoda ogólna uwzględniania mostków cieplnych

W przypadku metody ogólnej z uwzględnieniem współczynnika ψ_l współczynnik $H_{T,ie}$ oblicza się na podstawie równania:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad \text{W/K} \quad (1)$$

gdzie: A_k – powierzchnia elementu budynku (k), m^2 , U_k – współczynnik przenoszenia ciepła przegrody (k), $W/(m^2K)$, ψ_l – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego (l), W/mK , l_l – długość liniowego mostka cieplnego (l) między przestrzenią wewnętrzną a zewnętrzną, m , e_k , e_l – współczynniki korekcyjne.

Orientacyjne wartości współczynników korekcyjnych e_k , e_l zależne od orientacji oraz uwzględniające wpływ klimatu przedstawione zostały w załączniku krajowym do normy [3], gdzie $e_k = 1.0$ oraz $e_l = 1.0$.

Równanie (1) przybiera wówczas postać:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \quad \text{W/K} \quad (2)$$

W przypadku współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego ψ_l możemy wyróżnić różne sposoby jego wyznaczania. Dokładna metoda została określona w normie PN-EN ISO 10211:2008 – *Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe* [6]. Ze względu na zawile i skomplikowane obliczenia, analizy wykonuje się najczęściej za pomocą wspomagających modelowanie matematyczne programów komputerowych. Dopuszczalne jest również wykorzystanie wartości tabelaryzowanych przedstawionych w normie PN-EN ISO 14683:2008 – *Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości*

orientacyjne [7]. Metoda ta powinna znaleźć zastosowanie jedynie w obliczeniach ogólnych, szacunkowych dla całego budynku jednak jest najczęściej wykorzystywana przy wykonywaniu charakterystyki energetycznej budynków, a nawet świadectw energetycznych budynków i lokali. Na rynku dostępne są liczne katalogi mostków cieplnych (np. [8], [9]), które w przeciwieństwie do normy [7] przedstawiają bardziej precyzyjne wartości współczynników przenikania ciepła liniowego dla konkretnych przegród, najczęściej rozwiązań systemowych różnych firm.

Norma [7] przedstawia oczekiwaną dokładność wyników przy zastosowaniu różnych metod obliczenia liniowego współczynnika przenikania ciepła, co przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Oczekiwana niepewność liniowego współczynnika przenikania ciepła [7]

Metoda	Oczekiwana niepewność Ψ
Obliczenia komputerowe	$\pm 5\%$
Katalogi mostków cieplnych	$\pm 20\%$
Obliczenia ręczne	$\pm 20\%$
Wartości orientacyjne	0% do +50%

2.2. Metoda uproszczona uwzględniania mostków cieplnych

Zgodnie z normą [4] straty ciepła przez przenikanie można wyznaczyć z pominięciem współczynników ψ_l , jednak z uwzględnieniem mostków cieplnych wliczonych w skorygowany współczynnik przenikania ciepła. Opisuje to równanie (3).

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad \text{W/(m}^2\text{K)} \quad (3)$$

gdzie: gdzie: U_{kc} – skorygowany współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k), z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych, W/(m²K), U_k – współczynnik przenikania ciepła elementu budynku (k), W/(m²K), ΔU_{tb} – współczynnik korekcyjny w zależności od typu elementu budynku, W/(m²K).

Wartości ΔU_{tb} podane zostały w załączniku krajowym do normy [4].

Po wyznaczeniu wartości ΔU_{tb} , a następnie U_{kc} równanie (3) przybiera postać:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \quad \text{W/K} \quad (4)$$

Ze względu na brak narzucanej metody większość projektantów podczas analiz energetycznych korzysta jedynie z wartości szacunkowych współczynników ψ_l podanych w normie PN-EN 14683 [7]. Spowodowane jest to przede wszystkim dostępnością na rynku oprogramowania do sporządzania bilansów cieplnych z wbudowanymi wartościami tych mostków oraz skomplikowanymi obliczeniami numerycznymi lub koniecznością używania dodatkowego oprogramowania wspomagającego obliczenia współczynników ψ_l .

3. Wpływ sposobu uwzględniania mostków na bilans energetyczny budynku

3.1. Analizowany obiekt

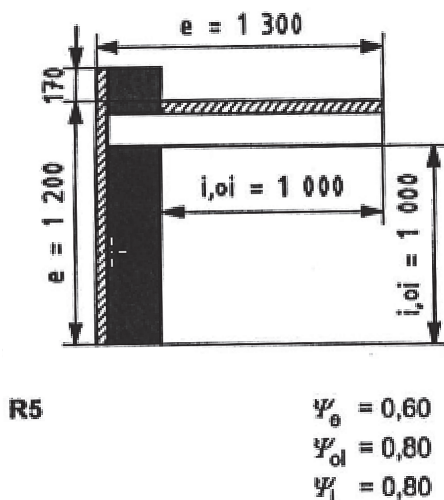
Do analizy przyjęto typowy projekt budynku mieszkalnego jednorodzinnego. Projektowany dom mieszkalny jest wolnostojący, dwukondygnacyjny – parter i piwnica, z dobudowanym garażem, wznoszony w technologii tradycyjnej. Przykrycie stanowi dach płaski, zielony. Zasadniczą konstrukcją budynku stanowi układ ścian nośnych zewnętrznych wraz ze ścianami nośnymi wewnętrznymi. Ściany nośne wykonane z pustaków ceramicznych poryzowanych.

W obliczeniach wzięto pod uwagę typowe detale budowlane najczęściej występujące w budownictwie. W celu przeprowadzenia analiz oraz wykazania różnic w metodach uwzględniania mostków, zdecydowano się na przyjęcie często spotykanych rozwiązań, niekoniecznie zaprojektowanych poprawnie pod względem fizyki budowli.

3.2. Analizowane metody uwzględniania mostków cieplnych

W analizach przebadano wpływ wyboru liniowych mostków cieplnych na charakterystykę energetyczną budynku. Wykonano bilanse cieplne budynku:

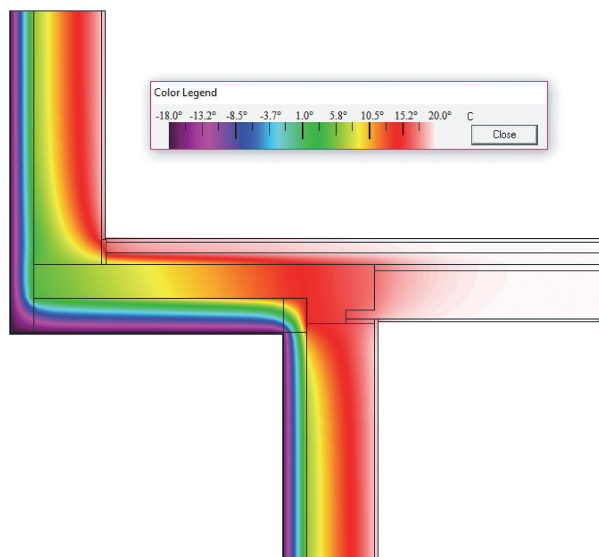
1. Bez uwzględnienia mostków cieplnych.
Bilans cieplny został sporządzony bez uwzględnienia mostków cieplnych jako wartość odniesienia.
2. Z uwzględnieniem mostków cieplnych przyjętych według katalogu normy PN-EN 14683. [7]
Z katalogu [7] przyjęto wartości dla detali najbardziej zbliżonych do występujących w projekcie.



Rys. 1. Przykład detalu z Normy PN-EN 14683 [7]

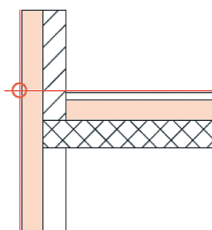
3. Z uwzględnieniem mostków cieplnych wyznaczonych na podstawie analiz modeli matematycznych przeprowadzonych w programie numerycznym – Therm zgodnie z normą PN-EN ISO 10211 [6].

Wszystkie detale zamodelowane zostały w programie komputerowym Therm 7.4, pozwalającym na wyznaczenie współczynnika liniowego przenikania ciepła detalu 2D. Program pozwala również na graficzną symulację izoterm.



Rys. 2. Przykład obliczeń w programie Therm

4. Z uwzględnieniem mostków cieplnych odczytanych z katalogów mostków cieplnych. Zdecydowano się na korzystanie tylko z dwóch katalogów mostków cieplnych – *Wärmebrückenatlas – Bundesamt für Energie BFE* [8] ze względu na największą bazę detali oraz katalogu ITB [9] w ramach uzupełnienia brakujących detali. Brakujące szczegóły wyznaczono poprzez analogię do innych stosowanych rozwiązań.



U-Wert Wand in W/(m² · K)	U-Wert Dach in W/(m² · K)				ψ-Wert in W/(m · K)	
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.06	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
0.20	0.06	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08
0.25	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08
0.30	0.04	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
0.35	0.03	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08
0.40	0.02	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07

Einschränkungen

Zuschläge

Rys. 3. Współczynnik ψ dla S003 wg katalogu [8]

5. Z uwzględnieniem metody uproszczonej na podstawie normy PN-EN 12831 [4]. Zgodnie z tabelami przedstawionymi w normie PN-EN 12831 [4], dla każdej z przegród odczytano człon korekcyjny ΔU_{ib} .

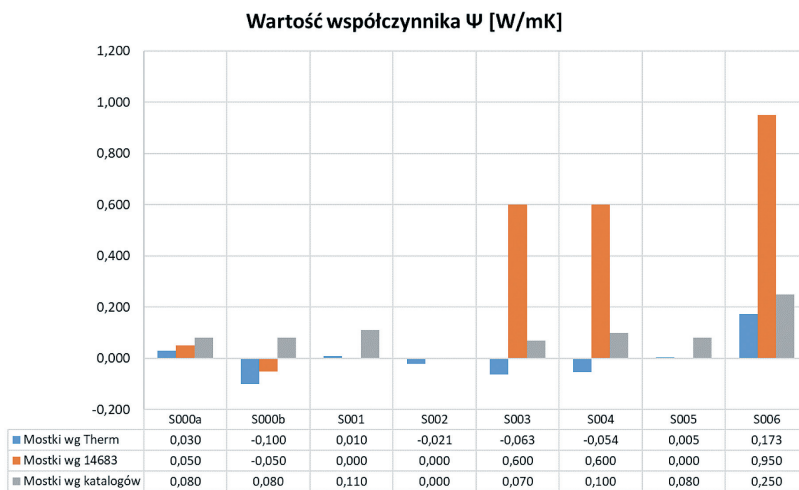
Tabela 2. Przykład stosowania członów korekcyjnych wg normy PN-EN 12831 [4]

Korekta	Korekta elementów pionowych			Korekta elementów poziomych			Korekta otworów		
	U_{pion}	ΔU_{rb}	$U_{zion,c}$	U_{poziom}	ΔU_{rb}	$U_{poziom,c}$	$U_{otwór}$	ΔU_{rb}	$U_{otwór,c}$
Pomieszczenie 0.1									
Ściana zewnętrzna	0,220	0,15	0,370						
Podłoga na gruncie				0,247	0,1	0,347			
Drzwi zewnętrzne							1,7	0,4	2,1

Metoda ta nie daje jednak wartości współczynnika Ψ , a więc nie można jej wprost porównać do pozostałych. Widoczne różnice w porównaniu z innymi metodami, można zaobserwować po wyznaczeniu bilansu energetycznego budynku.

3.3. Porównanie wartości mostków cieplnych

Na podstawie założeń przedstawionych w poprzednim punkcie, wykonano obliczenia analityczne wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła dla analizowanych detali architektonicznych.



Rys. 4. Zestawienie wartości współczynnika Ψ

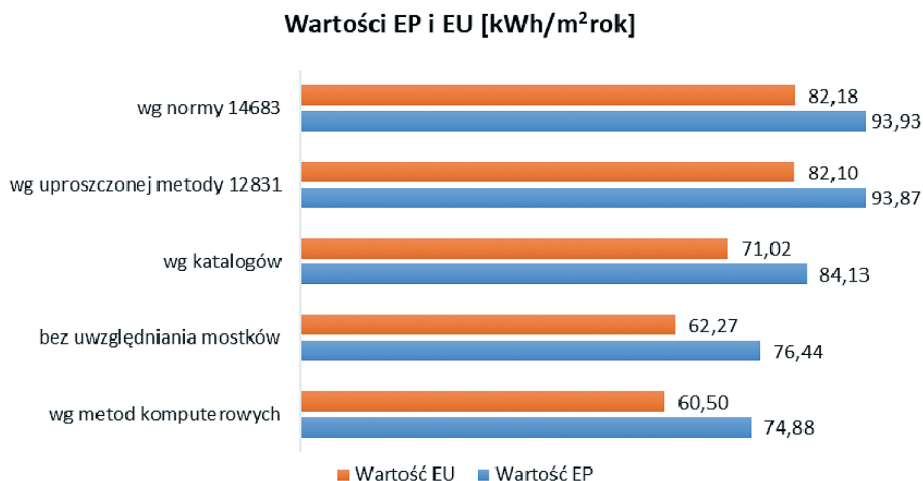
Analizując powyższe wyniki można jednoznacznie stwierdzić, że poszczególne wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła, wyznaczone różnymi metodami odbiegają od siebie w zauważalnym stopniu.

Już na tym etapie widzimy niedoskonałość normy PN-EN 14683 [7], która daje wartości mostków nieuwzględniających parametrów materiałowych i wymiarów detali konstrukcyjnych. Korzystanie z katalogów [8,9] wbrew pozorom nie są najlepszym rozwiązaniem, jednak wartości Ψ odbiegają od obliczeń numerycznych w mniejszym stopniu niż z normy PN-EN 14683 [7]. Już podczas przeglądania rozwiązań detali, można natrafić na problemy ze znalezieniem podobnych rozwiązań, do zastosowanych w projekcie. Praktycznie niemożliwe jest znalezienie wszystkich poszukiwanych szczegółów tylko w jednym katalogu, wymaga to zatem dość obszernych i długotrwałych poszukiwań lub stosowanie analogii do

istniejących, co z kolei prowadzi do sporych błędów. Rozwiązaniem może być korzystanie przy projektowaniu z katalogów i rozwiązań systemowych danego producenta, o ile są dostępne. Konieczne jest zatem zwrócenie na to uwagi już na wstępnym etapie projektowania konstrukcji, gdyż podczas analizy zaprojektowanych już przegród znalezienie gotowych szczegółów może okazać się niemożliwe. Wbrew pozorom znalezienie gotowego schematu może trwać tyle samo co zamodelowanie go w programie komputerowym, a otrzymany wynik będzie na pewno bliższy realnej wartości. W przypadku obliczeń komputerowych należy zwrócić uwagę na dokładne zamodelowanie szczegółu i prawidłowe obliczenia z uwzględnieniem wybranego sposobu wymiarowania, gdyż błędy na tym etapie mogą prowadzić do sporych rozbieżności w wartościach współczynnika Ψ .

3.4. Wpływ mostków na bilans energetyczny budynków

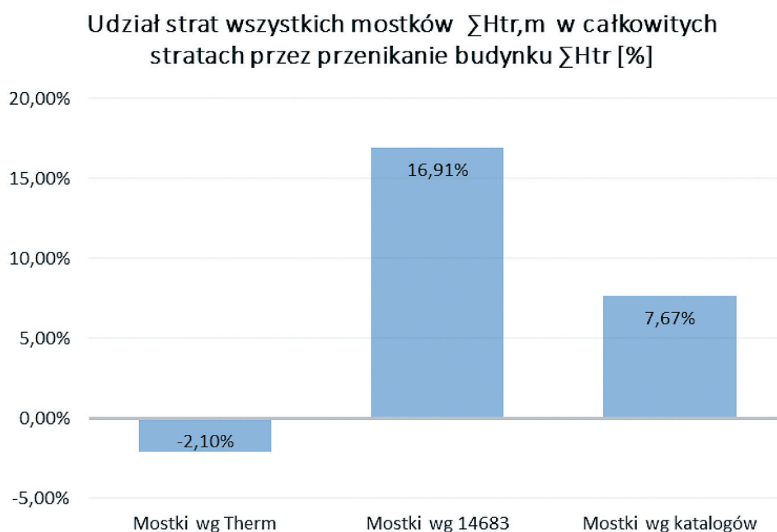
Jednym z podstawowych parametrów, które analizowane są w pierwszej kolejności podczas oceny energetycznej budynków, są wskaźniki energii użytkowej, końcowej oraz pierwotnej. Wartości wskaźników energii użytkowej oraz energii pierwotnej dla rozpatrywanych metod uwzględniania mostków cieplnych zostały przedstawione na Rys. 5.



Rys. 5. Zestawienie wartości wskaźnika energii użytkowej (EU) oraz energii pierwotnej (EP)

W analizowanym budynku najkorzystniejsze wartości wskaźników energii użytkowej oraz energii pierwotnej uzyskano poprzez zamodelowanie detali architektonicznych oraz wyznaczeniu wartości współczynników liniowych przenikania ciepła w programie komputerowym do analiz mostków cieplnych. Uzyskanie wartości współczynników mostków cieplnych w sposób bezpośredni odzwierciedlają analizowane detale. Najbardziej niekorzystne wartości wskaźników energii uzyskano w przypadku zastosowania do obliczeń analitycznych, wartości mostków cieplnych zgodnie z normą PN-EN 14683 [7], ze względu na ograniczenia w doborze detali. Metoda uproszczona zgodnie z normą PN-EN 12831 [4] dała wynik zbliżony z normą [7]. Ten zaskakujący wynik analiz można jednak uznać za przypadek i należałoby potwierdzić tą zbieżność poprzez wykonanie obliczeń analitycznych na większej ilości obiektów. Czas pracy zastosowaniu metody uproszczonej jest jednak znacznie

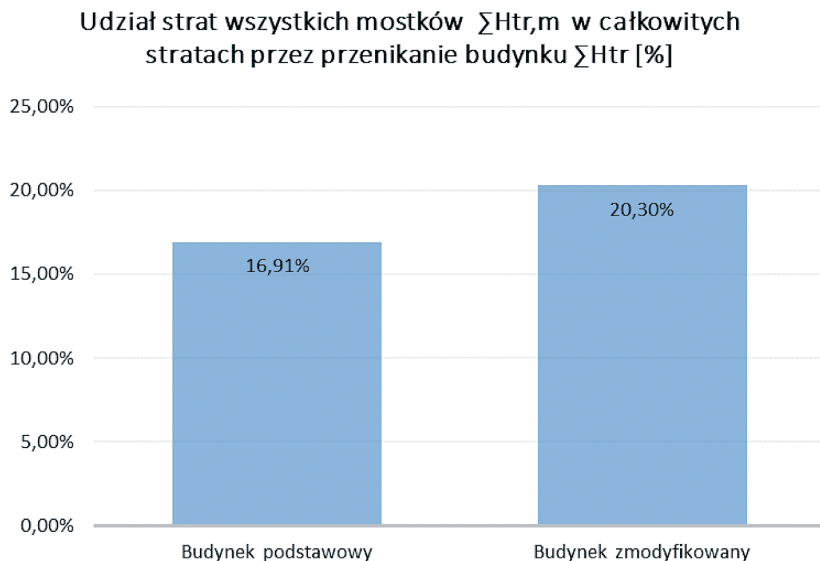
dłuższy, niż w przypadku użycia wartości mostka liniowego Ψ , które są dostępne w programach komputerowych do sporządzania bilansu cieplnego. Przyjęcie wartości mostków liniowych na podstawie katalogów mostków typowych, dały wartości wskaźników energii użytkowej oraz pierwotnej pośrednie pomiędzy pozostałymi metodami, co było wynikiem spodziewanym. Różnica w wartościach wskaźników energii użytkowej oraz pierwotnej wyznaczonych różnymi metodami jest znacząca, sięga wartości 20 kWh/(m²·K). Udział strat mostków w całkowitych stratach przez przenikanie waha się od -2,1% w przypadku obliczeń mostków w Therm do 16,91% wyznaczonych na podstawie wartości przyjętych zgodnie z normą PN-EN 14683 [7]. Ujemny udział oznacza w tym wypadku, obniżenie wartości całkowitych strat ciepła przegród.



Rys. 6. Udział strat ciepła przez mostki w całkowitych stratach ciepła

Poprawne zaprojektowanie detali architektonicznych przegród oraz uwzględnienie wpływu mostków obliczonych numerycznie zgodnie z normą PN-EN 10211 [6], pozwala obniżyć całkowite straty ciepła przez przenikanie budynku, co jest ciekawym wynikiem pod względem energetycznym. Po wcześniejszej dokładnej analizie Rys. 4 można było już zauważyć różnice w wynikach obliczeń wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła w programie komputerowym wg normy PN-EN 10211 [6] w stosunku do pozostałych metod. Wyniki obliczeń mają często przeciwny znak do pozostałych metod, co może budzić pewne wątpliwości. Należy pamiętać, że „mostki cieplne” to nie tylko zwiększone straty ciepła, jak się je najczęściej opisuje. Zgodnie z metodologią obliczeń mostków cieplnych są to również wartości korygujące obliczenia jednowymiarowe. Ich wartość zależy również od przyjętego sposobu wymiarowania, powinny zatem bezpośrednio uzupełniać obliczenia jednowymiarowe bilansu cieplnego zgodnie z metodologią. Przy tak rozumianej definicji „mostka cieplnego” nie powinna dziwić ich ujemna wartość, a ich suma może „polepszać” wynik charakterystyki energetycznej. Ujemna wartość całkowitych strat przez przenikanie w tej metodzie może być oczywiście kwestią przypadku ze względu na specyfikę detali, ich rozwiązań oraz długości całkowitych mostków cieplnych, jednak biorąc pod uwagę dokładne odzwierciedlenie wszystkich detali w obliczeniach komputerowych, wartości te są uzasadnione.

Rozwiązania projektowe budynku poddano również modyfikacji, tak aby spełnić wymagania na rok 2021. W tym celu zwiększono izolacyjność przegród. Pozostawiono te same wartości mostków z normy 14683, ponieważ nie ma w niej określonych parametrów materiałowych przegrody i wartość jest stała. Jest to typowe działanie projektantów, korzystających tylko z tej normy. Poniżej przedstawiono wpływ tych mostków na bilans energetyczny.



Rys. 7. Udział strat ciepła przez mostki w całkowitych stratach ciepła w zależności od izolacyjności budynku

Można zatem zauważyć, że wraz ze wzrostem efektywności energetycznej całego budynku zjawisko mostków cieplnych odgrywa większą rolę. Precyzyjne analizy strat ciepła przez mostki cieplne powinno się uwzględniać przy projektowaniu budynków pasywnych oraz zero-energetycznych, w których wpływ mostków termicznych stanowić może ponad 20% w łącznym zapotrzebowaniu na ciepło.

4. Wnioski

Obliczenia jednoznacznie pokazują, że nie bez znaczenia pozostaje przyjęta wartość współczynnika liniowego przenikania ciepła mostka cieplnego na bilans energetyczny budynku. Zamiana przyjętej metodyki wyznaczenia współczynników mostków cieplnych liniowych, może wpłynąć na wartości wskaźników energii użytkowej i pierwotnej nawet o 20 [kWh/(m²·rok)]. Ma to znaczny wpływ na charakterystykę energetyczną i często wymaga przeprowadzenia sporych zmian w projekcie. Analizując obliczenia przedstawione w niniejszej publikacji, trudno stwierdzić, która z metod jest jednoznacznie „najlepsza”. Metodyką odzwierciedlającą najbliższą rzeczywiste wartości współczynników liniowego przenikania ciepła, można uznać obliczenia wykonane w programie komputerowym na podstawie detali architektonicznych, które dokładnie odzwierciedlają analizowany schemat rozwiązania konstrukcyjnego. Pozostałe przypadki wartości mostków cieplnych są jedynie przybliżone i nie w pełni odzwierciedlają rzeczywisty schemat rozwiązań.

Do podobnych wniosków doszedł również K. Pawłowski, który na podstawie badań własnych stwierdził, że metodyka uwzględniania mostków cieplnych w obliczeniach strat ciepła według rozporządzenia jest dyskusyjna, a jej stosowanie może spowodować otrzymanie wyników obliczeń dla danego budynku o znacznej rozbieżności – w zależności od podejścia projektanta (certyfikatora), a szczegółowe obliczenia mostków cieplnych są niezbędne do poprawnego projektowania przegród zewnętrznych i ich złączy w zakresie fizyki budowli oraz wykonywania charakterystyki energetycznej budynków i lokali [11].

Aktualne normy pozostawiają dużą dowolność projektantowi w tym zakresie, pozwalając na uwzględnianie mostków na różne metody – nawet bez ich obliczeń. Prowadzi to do sporych rozbieżności w wynikach strat ciepła przy wykorzystaniu różnych metod. Problem ten zauważyła również agencja ASIEPI (Assessment and Improvement of the EPBD Impact), opisująca sytuacje mostków termicznych w państwach europejskich [12]. Na podstawie własnych obserwacji można stwierdzić, że opisana w raporcie sytuacja w Polsce niewiele się zmieniła. Najważniejsze wnioski dla Polski to m.in. brak regulacji prawnych określających maksymalny wpływ mostków termicznych na parametry przegród budowlanych oraz bilans energetyczny budynków.

Podsumowując niniejsze rozważania, autorzy niniejszej publikacji zalecają stosownie szczegółowych obliczeń analitycznych przy projektowaniu budynków niskoenergetycznych oraz niemal zero-energetycznych. Jak wspomniano, każda metoda posiada swoje wady i zalety, a jej wybór pozostaje projektantowi, należy sobie jednak zdawać sprawę z konsekwencji przyjętej metodyki wyznaczania współczynników liniowych mostków cieplnych.

Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Recast dyrektywy EPBD).
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690, z późniejszymi zmianami).
- [3] 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).
- [4] PN-EN 12831:2006 – *Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*.
- [5] PN-EN ISO 13790:2009 – *Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia*.
- [6] PN-EN ISO 10211:2008 – *Mostki cieplne w budynkach – Strumienie ciepła temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe*.
- [7] PN-EN ISO 14683:2008 – *Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne*.
- [8] *Wärmebrückenkatalog*, Bundesamt für Energie BFE, 2002.
- [9] *Katalog mostków cieplnych. Budownictwo tradycyjne. Instrukcje, Wytyczne, Poradniki 389/2003*, ITB, Warszawa, 2003.
- [10] Norwicz J. *Termomodernizacja budynków dla poprawy jakości środowiska*, Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Gliwice 2004.
- [11] Pawłowski K. *Procedury uwzględniania mostków termicznych w ocenie charakterystyki energetycznej budynków*. Izolacje 14(7-8) (2009) 76–81.
- [12] Erhorn H., Erhorn-Kluttig H. i in. *An effective handling of thermal bridges in the EPBD context, final report of the IEE ASIEPI Work Thermal Bridges*, ASIEPI Report, WP4, 2010.

Analysis of the impact of the selected methodology for thermal bridges assessment on the energy balance of a building

**Abdrahman Alsabry, Kamil Łaskawiec, Krzysztof Szymański,
Łukasz Rojek**

aalsabry@uz.zgora.pl, laskawiec.kamil@gmail.com, k.szymanski@wp.pl, lukaszrojo@poczta.onet.pl

Abstract: The article presents an analysis of the impact of the selected methodology for thermal bridges assessment on the energy balance on the example of a typical single-family building project.

Analytical calculations clearly show that the adopted methodology for determining the value of the coefficient of linear heat transfer of thermal bridge, significantly affects the energy performance of the building. The values of linear heat transfer coefficient presented in thermal bridge catalogues for specific partitions, most often system solutions of various companies, give more precise values than those adopted on the basis of a simplified methodology in accordance with the PN-EN ISO 14683: 2008 standard. Using computer calculations in accordance with the PN-EN ISO 10211: 2008 standard, the values of the linear heat transfer coefficient are a reflection of the actual construction details. It can therefore be clearly stated that these calculations are the most accurate. However, compared to catalogues, this method requires much more work.

The change in the method of taking into account the value of the thermal bridge may change the value of the non-renewable primary energy index by up to 20 [kWh/m²a]. Particular attention to precise analyzes of heat losses by thermal bridges should be taken into account when designing passive and zero-energy buildings in which the influence of thermal bridges may constitute more than 20% of the total heat demand.

Keywords: Thermal bridges, energy balance, low energy construction.