

# BUDYNKI O NISKIM ZUŻYCIU ENERGII (NZE) W ASPEKCIE ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANYM

DOI: 10.37660/integr.2020.6.2.6

**W**edług krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii<sup>1</sup> budynek o niskim zużyciu energii (NZE) to taki, który spełnia wymagania związane z oszczędnością energii i izolacyjnością, zawarte w przepisach techniczno-użytkowych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy Prawo budowlane<sup>2</sup>, tj. w szczególności dział X oraz załącznik 2 do rozporządzenia, obowiązujące od 31 grudnia 2020 roku (w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością od 1.01.2019 r.)<sup>3</sup>.

Zasadniczą zmianą rozporządzenia<sup>4</sup> w zakresie ochrony cieplnej budynków jest zmiana wartości maksymalnych współczynników przenikania ciepła  $U_{c(max)}/U_{(max)}$ . Zaostrezeniu uległy wymagania cząstkowe w zakresie izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych, dachów, podłóg oraz okien i drzwi. Ponadto nie ma już znaczenia typ przegrody (wielo- czy jednowarstwowa) oraz przeznaczenie obiektu (mieszkalny, użyteczności publicznej, magazynowy, gospodarczy itp.). Wprowadzone zmiany w rozporządzeniu<sup>5</sup> w zakresie oszczędności energii i ochrony cieplnej dotyczą jednoczesnego spełnienia dwóch wymagań w zakresie: współczynnika przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] – ( $U_c/U \leq U_{c(max)}/U_{(max)}$ ) dla pojedynczych przegród budynku oraz wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną  $EP$  [ $kWh/(m^2 \cdot rok)$ ] – ( $EP \leq EP_{(max)}$ ) dla całego budynku. Wymagania minimalne, o których mowa w ust. 1 rozporządzenia<sup>6</sup>, uznaje się za spełnione dla budynku podlegającego przebudowie, jeżeli przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku podlegające przebudowie odpowiadają przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w załączniku nr 2 do rozporządzenia<sup>7</sup>:  $U_c/U \leq U_{c(max)}/U_{(max)}$ .

W pracy przedstawiono charakterystykę budynków o niskim zużyciu energii (NZE) w aspekcie wymagań prawnych dotyczących oszczędności energii oraz ochrony ciepłotnościowej. W części obliczeniowej pracy zestawiono wyniki

dr inż. Krzysztof Pawłowski, prof. uczelni, <https://orcid.org/0000-0002-6738-5764>, mgr inż. arch. Łukasz Lewandowski, <https://orcid.org/0000-0003-1771-3456>, Katedra Budownictwa Zrównoważonego, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

<sup>1</sup> Uchwała Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”.

<sup>2</sup> Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2013 r. poz. 1409, z późn.zm.).

<sup>3</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2017 r. poz. 2285).

<sup>4</sup> Ibidem.

<sup>5</sup> Ibidem.

<sup>6</sup> Ibidem.

<sup>7</sup> Ibidem.

analizy numerycznej połączenia ściany zewnętrznej z oknem, ocieplonej od strony zewnętrznej i wewnętrznej, oraz zaproponowano rozwiązania materiałowe przegród przeźroczystych, dachów zielonych, słonecznych dachów zielonych oraz fasad wentylowanych.

## CHARAKTERYSTYKA BUDYNKÓW O NISKIM ŻUŻYCIU ENERGII

Budownictwo zrównoważone to budownictwo przyjazne środowisku naturalnemu i człowiekowi, które realizuje zasady zrównoważonego rozwoju w wyniku oddziaływania uwzględniającego metody oszczędzania zasobów naturalnych oraz przeciwdziałania zanieczyszczeń środowiska. Na podstawie prowadzonych analiz i obliczeń określono podstawowe grupy czynników w zakresie klasyfikacji budynków o niskim zużyciu energii (NZEB):

- architektura budynku: usytuowanie budynku względem stron świata, zróżnicowana roślinność na działce budowlanej, zwarta bryła budynku (minimalny współczynnik kształtu  $A/V$ ), wielkość i usytuowanie przegród przeźroczystych, rozmieszczenie pomieszczeń wewnątrz budynku, geometria dachu;
- rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe przegród zewnętrznych i ich złączy (elementów obudowy budynku): stosowanie materiałów wysokiej jakości i innowacyjnych materiałów termoizolacyjnych (np. płyty z pianek poliuretanowych PIR, PUR, aerozele, izolacje próżniowe, izolacje transparentne), stosowanie nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych przegród zewnętrznych (np. dachy zielone, słoneczne dachy zielone, ściany zielone, fasady wentylowane, przegrody przeźroczyste z zastosowaniem przesłon przeciwsłonecznych w zakresie ochrony pomieszczeń przed przegrzewaniem w okresie letnim), szkoła projektowania złączy budowlanych w aspekcie cieplno-wilgotnościowym przy zastosowaniu programów numerycznych; minimalizacja strat ciepła przez przegrody w polu jednowymiarowym (1D) i dwuwymiarowym (2D) oraz ryzyka występowania krytycznej wilgotności powierzchniowej oraz kondensacji międzywarstwowej;
- rodzaj i sprawność systemu wentylacji: wentylacja hybrydowa lub mechaniczna z odzyskiem ciepła, wentylacja mechaniczna z gruntownym wymiennikiem ciepła, wspomaganie istniejących systemów wentylacji naturalnej – stosowanie kominów słonecznych, wysoka sprawność systemów powyżej 70%;
- rodzaj i sprawność systemów instalacji c.o. i c.w.u.: wysoka sprawność systemów powyżej 70%, wspomaganie systemów c.o. i c.w.u. odnawialnymi źródłami energii (energia słoneczna, energia wiatrowa, energia geotermalna);
- integralne zarządzanie budynkiem w zakresie produkcji energii oraz systemowe zarządzanie energią w budynku – BMS.

Od kilkunastu lat przepisy prawne związane z procesami projektowania, wznoszenia i eksploatacji budynków o niskim zużyciu energii (NZEB) wymuszają takie rozwiązania technologiczne i organizacyjne, w wyniku których nowo wznoszone budynki zużywają w trakcie eksploatacji coraz mniej energii na ogrzewanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Zmiany maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_{max}$  (dawniej  $k_{max}$ ) wpływają na wielkość zużycia energii w trakcie eksploatacji budynków. Niestety przepisy prawne w tym zakresie nie regulują wymagań dotyczących ograniczenia strat ciepła przez złącza budowlane – mostki cieplne, ponieważ nie określono wartości granicznych

np. w zakresie maksymalnych wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_{\max}$  [W/(m·K)].

Zasadne staje się przywrócenie obliczania obiektywnych wartości współczynników  $U_c/U$  poszczególnych przegród budynku z uwzględnieniem przepływów dwuwymiarowych (2D), a dla przegród w kontakcie z gruntem – trójwymiarowych (3D). Obniżanie wartości granicznych współczynników przenikania ciepła  $U_{c(\max)}/U_{(\max)}$  bez uwzględniania przepływów ciepła w polu (2D) i (3D) (czyli mostków cieplnych) powoduje rzeczywiste dopuszczenie większych strat ciepła przez przegrody budowlane i ich złącza.

Zastosowanie odpowiedniego materiału termoizolacyjnego pozwala na osiągnięcie niskich wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] pełnej przegrody i liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  [W/(m·K)] oraz minimalizację ryzyka występowania krytycznej wilgotności powierzchniowej (kondensacji powierzchniowej) i kondensacji międzywarstwowej. Przed wyborem odpowiedniego materiału do izolacji cieplnej, w aspekcie projektowania nowych obiektów lub modernizacji budynków istniejących, należy zwrócić uwagę na następujące ich właściwości: współczynnik przewodzenia ciepła ( $\lambda$  [W/(m·K)]), gęstość objętościowa, izolacyjność akustyczna, przepuszczalność pary wodnej, współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu$  [-], wrażliwość na czynniki biologiczne i chemiczne oraz ochronę przeciwpożarową<sup>8</sup>.

Określenie jakości energetycznej danego budynku można uzyskać poprzez obliczenie trzech wyznaczników oraz ich korelacji: wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową EU [kWh/(m<sup>2</sup>·K)], wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową EK [kWh/(m<sup>2</sup>·K)] i wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh/(m<sup>2</sup>·K)]. Na podstawie ich wartości analizowany budynek jest przypisywany do klasy energetycznej (A-G).

Określając energochłonność budynku o niskim zużyciu energii (NZEB), należy uwzględnić także sprawności systemów instalacyjnych budynku wynikające z: regulacji i wykorzystania ciepła w przestrzeni ogrzewanej ( $\eta_{H,e}$ ), przesytu ciepła ze źródła ciepła do przestrzeni ogrzewanej ( $\eta_{H,d}$ ), akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu ogrzewania ( $\eta_{H,s}$ ), wytwarzania ciepła z nośnika energii lub energii dostarczanych do źródła ciepła ( $\eta_{H,g}$ ). Instalacja grzewcza w budynku musi spełniać wymagania przepisów techniczno-budowlanych, a także powinna uwzględniać wiedzę techniczną z zakresu rozwiązań energooszczędnych. Projektowany system powinien być systemem wysokosprawnym. Należy zaplanować wysokosprawne źródła ciepła, dołożyć wszelkich starań w celu obniżenia strat na przesyle czynnika grzewczego oraz jeśli występuje zbiornik akumulacyjny, straty na akumulacji powinny być minimalne, a także optymalnie dobrać elementy odpowiedzialne za regulację i wykorzystanie ciepła. Maksymalne możliwe sprawności można uzyskać m.in. poprzez: stosowanie kotłów kondensacyjnych, pomp ciepła o wysokim współczynniku efektywności (COP), odpowiednie prowadzenie przewodów rozprowadzających czynnik grzejny (zwarta instalacja) oraz ich właściwą izolację cieplną, odpowiednią izolację zbiorników buforowych oraz dobrane do specyfiki ich pracy

<sup>8</sup> M. Wesołowska, K. Pawłowski, 2016. Aspekty związane z dostosowaniem obiektów istniejących do standardu budownictwa energooszczędnego. Agencja Reklamowa TOP, Wrocław.

i użytkowania sterowanie ładowaniem i rozładowaniem, niskotemperaturowe systemy grzejne płaszczyznowe, grzejnikowe lub mieszane, stosowanie wysokosprawnych pomp pomocniczych charakteryzujących się niskim poborem mocy (skutkujące małym zużyciem energii pomocniczej).

Wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP) określa w wielu przypadkach efektywność całkowitą budynku. Dotyczy energii zawartej w źródłach, w tym paliwach i nośnikach, niezbędnej do pokrycia zapotrzebowania na energię końcową, z uwzględnieniem dodatkowych nakładów na dostarczenie tej energii do granicy budynku. Wartość współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych  $w_1$  przyjmuje się na podstawie danych udostępnionych przez dostawcę tego nośnika energii lub energii. Uzyskanie niskich wartości wskaźnika EP wskazuje na nieznaczne zapotrzebowanie i tym samym wysoką efektywność energetyczną budynku. Na stronach internetowych niektórzy dostawcy ciepła zamieszczają wartości wskaźnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej  $w_1$ . Jednak w przypadku braku takich danych przyjmuje się wartości współczynnika  $w_1$  na podstawie danych w rozporządzeniu<sup>9</sup>.

## **KSZTAŁTOWANIE UKŁADU WARSTW MATERIAŁOWYCH ELEMENTÓW OBUDOWY BUDYNKÓW O NISKIM ZUŻYCIU ENERGII**

Budynek stanowi zbiór przegród budowlanych i ich złączy o indywidualnym charakterze fizycznym i poddany jest oddziaływaniu środowiska zewnętrznego i wewnętrznego. W wielu przypadkach analiza przegród i złączy budowlanych w aspekcie konstrukcyjno-materiałowym i technologii wykonania nie budzi zastrzeżeń na etapie projektowania. Natomiast znajomość ich parametrów fizycznych, związanych z wymianą ciepła i wilgoci, pozwala na uniknięcie wielu wad korozyjnych i fizycznych.

Efektywne zastosowanie materiału termoizolacyjnego (odpowiednia grubość i usytuowanie) umożliwia uzyskanie następujących istotnie ważnych parametrów fizycznych przegród zewnętrznych i złączy budynku o niskim zużyciu energii (NZE):

- współczynnik przenikania ciepła  $U$  ( $U_{1D}$ ) [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] dotyczący strat ciepła przez płaską przegrodę na poziomie niższym od wartości maksymalnych  $U_{c(max)}/U_{(max)}$  podanych w przepisach prawnych,
- liniowy współczynnik przenikania ciepła  $\Psi$  [ $W/(m \cdot K)$ ] dotyczący strat ciepła wynikających z występowania liniowych mostków cieplnych,
- temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody  $t_{si,min}$  [ $^{\circ}C$ ] w miejscu występowania mostków cieplnych (2D) i (3D),
- czynnik temperaturowy  $f_{Rsi,(2D)}$  i  $f_{Rsi,(3D)}$  określony na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody  $t_{si,min}$  [ $^{\circ}C$ ] w miejscu występowania mostków cieplnych (2D) i (3D) na poziomie wyższym niż war-

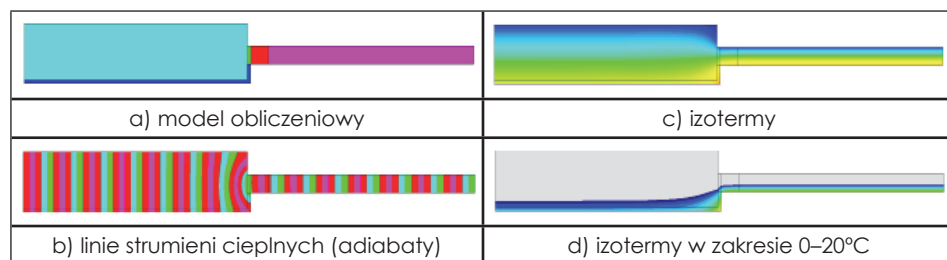
<sup>9</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 2015 r., poz. 376).

tość krytyczna przy określonych parametrach powietrza zewnętrznego i wewnętrznego.

W celu poszukiwania poprawnego rozwiązania układu materiałowego spełniającego obowiązujące wymagania dla budynku o niskim zużyciu energii (NZEB) należy wykonać szczegółowe obliczenia parametrów fizykalnych złączy przegród zewnętrznych w kilku wariantach obliczeniowych. W pracy rozpatrywano połączenie ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę przy zróżnicowanym usytuowaniu ocieplenia w następujących wariantach:

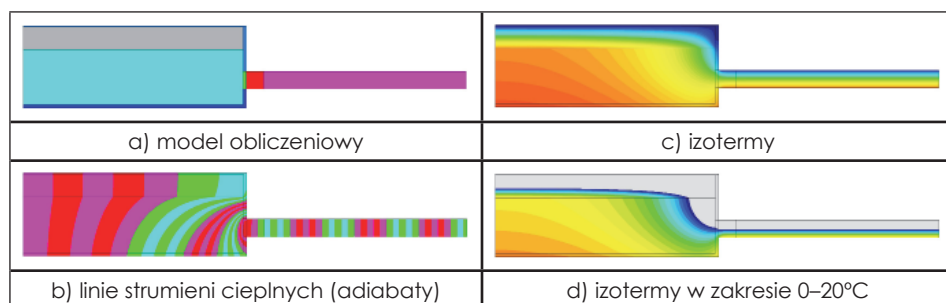
- wariant I (rys. 1): ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 25 cm ( $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); tynk gipsowy gr. 1,5 cm ( $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); stolarka okienna: przypadek A – o współczynniku przenikania ciepła okna  $U_w = 1,75 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , przypadek B –  $U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ;
- wariant II (rys. 1): ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 25 cm ( $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); tynk gipsowy gr. 1,5 cm ( $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); izolacja termiczna od zewnątrz: płyty rezolowe gr. 10 i 15 cm ( $\lambda = 0,021 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); stolarka okienna  $U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ; bez węgarka;
- wariant III (rys. 3): ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 25 cm ( $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); tynk gipsowy gr. 1,5 cm ( $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); izolacja termiczna od zewnątrz: płyty rezolowe gr. 10 i 15 cm ( $\lambda = 0,021 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); stolarka okienna  $U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ; z węgarkiem (ocieplenie zachodzi na ościeżnicę – 4 cm);
- wariant IV (rys. 4): ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 25 cm ( $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); tynk gipsowy gr. 1,5 cm ( $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); izolacja termiczna od wewnątrz: płyty rezolowe gr. 10 i 15 cm ( $\lambda = 0,021 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); stolarka okienna  $U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ; bez węgarka;
- wariant V (rys. 5): ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 25 cm ( $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); tynk gipsowy gr. 1,5 cm ( $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); izolacja termiczna od wewnątrz: płyty rezolowe gr. 10 i 15 cm ( $\lambda = 0,021 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ); stolarka okienna  $U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ; z węgarkiem (ocieplenie zachodzi na ościeżnicę – 4 cm).

Na rysunkach 1-5 przedstawiono graficzne wyniki symulacji komputerowej analizowanych złączy przy zastosowaniu programu komputerowego TRISCO, a w tabeli 1 zestawiono wyniki przeprowadzonych obliczeń.



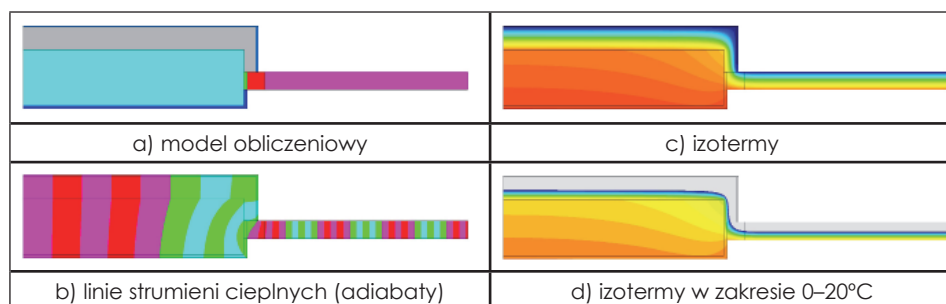
Rys. 1. Przykładowe graficzne przedstawienie wyników symulacji komputerowej dla połączenia ściany zewnętrznej (bez ocieplenia) z oknem w przekroju przez ościeżnicę (opracowanie własne)

Fig. 1. Exemplary graphics of computer simulation results for external wall joint (without insulation) with a window in section through the casing (own study)



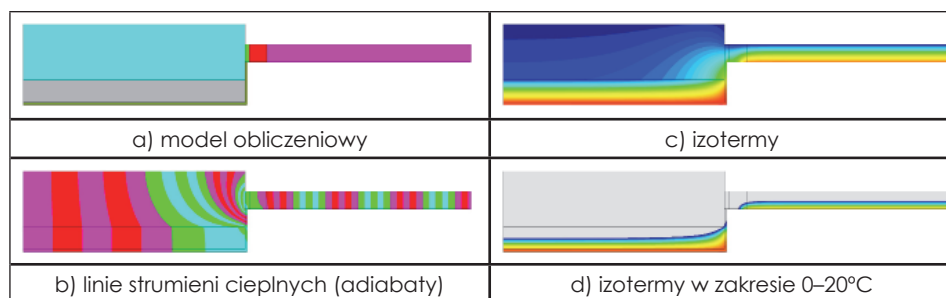
Rys. 2. Przykładowe graficzne przedstawienie wyników symulacji komputerowej dla połączenia ściany zewnętrznej (z ociepleniem od zewnątrz) z oknem w przekroju przez ościeżnicę bez węgarka (opracowanie własne)

Fig. 2. Exemplary graphics of computer simulation results for external wall joint (with outside insulation) with a window in section through the casing without nib (own study)



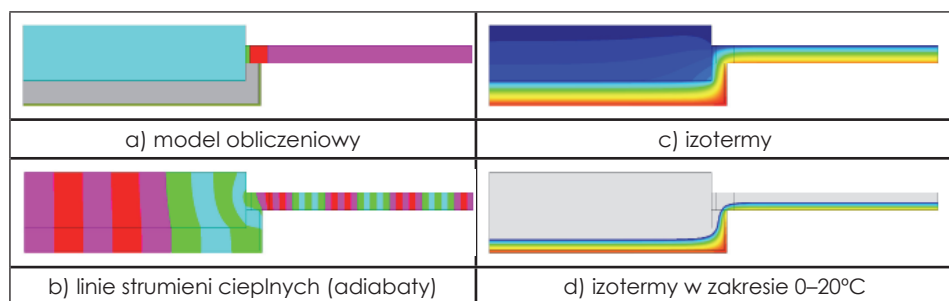
Rys. 3. Przykładowe graficzne przedstawienie wyników symulacji komputerowej dla połączenia ściany zewnętrznej (z ociepleniem od zewnątrz) z oknem w przekroju przez ościeżnicę z węgarkiem (opracowanie własne)

Fig. 3. Exemplary graphics of computer simulation for external wall joint (with outside insulation) with a window in section through the casing with a nib (own study)



Rys. 4. Przykładowe graficzne przedstawienie wyników symulacji komputerowej dla połączenia ściany zewnętrznej (z ociepleniem od wewnątrz) z oknem w przekroju przez ościeżnicę bez węgarka (opracowanie własne)

Fig. 4. Exemplary graphics of computer simulation results for external wall joint (with inside insulation) with a window in section through the casing without nib (own study)



Rys. 5. Przykładowe graficzne przedstawienie wyników symulacji komputerowej dla połączenia ściany zewnętrznej (z ogrzaniem od wewnątrz) z oknem w przekroju przez ościeżnicę z węgarkiem (opracowanie własne)

Fig. 5. Exemplary graphics of computer simulation results for external wall joint (with inside insulation) with a window in section through the casing with nib (own study)

Dla ww. wariantów określono parametry fizyczne przy zastosowaniu programu komputerowego TRISCO, przyjmując następujące założenia:

- modelowanie złączy wykonano zgodnie z zasadami przedstawionymi w PN-EN ISO 10211:2008<sup>10</sup>,
- opory przejmowania ciepła ( $R_{si}$ ,  $R_{se}$ ) przyjęto zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008<sup>11</sup> przy obliczeniach strumieni ciepłych oraz wg PN-EN ISO 13788:2003<sup>12</sup> przy obliczeniach rozkładu temperatur i czynnika temperaturowego  $f_{Rsi(2D)}$ ,
- temperatura powietrza wewnętrznego  $t_i = 20^\circ\text{C}$  (pokój dzienny), temperatura powietrza zewnętrznego  $t_e = -20^\circ\text{C}$  (III strefa),
- wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiałów budowlanych  $\lambda$  [W/(m·K)] przyjęto na podstawie tabel w pracy<sup>13</sup>.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń (tabela 1) można stwierdzić, że analizowane złącza generują dodatkowe straty ciepła określone m.in. w postaci liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_i$  [W/(m·K)] oraz obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody  $t_{si,min}$  [ $^\circ\text{C}$ ]. Parametry fizyczne złączy ścian zewnętrznych budynku zależą od usytuowania i grubości materiału termoizolacyjnego. Należy zwrócić uwagę, że ogrzanie połączenia ściany zewnętrznej z oknem bez węgarka powoduje znacznie wyższe dodatkowe straty ciepła ( $\Phi$ ,  $\Psi_i$ ) oraz obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody ( $t_{si,min}$ ,  $f_{Rsi(2D)}$ ) – tabela 1. Takie rozwiązanie powoduje ryzyko występowania krytycznej wilgotności powierzchniowej (rozwój pleśni i grzybów pleśniowych), kondensacji międzywarstwowej oraz zwiększenie ilości energii koniecznej do ogrzania pomieszczeń o żądaną temperaturę.

<sup>10</sup> PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumień ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.

<sup>11</sup> PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.

<sup>12</sup> PN-EN ISO 13788:2003 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji. Metody obliczania.

<sup>13</sup> K. Pawłowski, 2016. Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy. Grupa Wydawnicza Medium, Warszawa.



Tabela 1. Wyniki obliczeń parametrów fizycznych analizowanych złączy ścian zewnętrznych (opracowanie własne)

Table 1. Calculation results of physical parameters for the analyzed joints of external walls (own study)

Wariant obliczeniowy	$U_{c(\dot{s}c.)}/U_w$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\Phi$ [W]	$\Psi$ [W/m·K]	$t_{si,min.}$ [°C]	$f_{Rs(2D)}$ [-]
wariant I – ściana z cegły gr. 25 cm bez ocieplenia					
I A	1,88 / 1,75	149,80	0,09	5,17	0,629
I B	1,88 / 0,86	113,90	0,10	5,57	0,639
wariant II – ściana z cegły gr. 25 cm ocieplona od zewnątrz bez węgarka					
II <sub>(10)</sub>	0,19 / 0,86	57,47	0,38	10,01	0,750
II <sub>(15)</sub>	0,13 / 0,86	55,78	0,40	10,13	0,753
wariant III – ściana z cegły gr. 25 cm ocieplona od zewnątrz z węgarkiem					
III <sub>(10)</sub>	0,19 / 0,86	43,27	0,08	16,66	0,917
III <sub>(15)</sub>	0,13 / 0,86	41,10	0,08	16,98	0,925
wariant IV – ściana z cegły gr. 25 cm ocieplona od wewnątrz bez węgarka					
IV <sub>(10)</sub>	0,19 / 0,86	52,43	0,25	-2,49	0,438
IV <sub>(15)</sub>	0,13 / 0,86	50,48	0,26	-2,66	0,434
wariant V – ściana z cegły gr. 25 cm ocieplona od wewnątrz z węgarkiem					
V <sub>(10)</sub>	0,19 / 0,86	42,81	0,06	10,84	0,771
V <sub>(15)</sub>	0,13 / 0,86	40,58	0,07	10,79	0,770
$U_{c(\dot{s}c.)}$ – współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej $U_w$ – współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej $\Phi$ – strumień ciepła przepływający przez złącze $\Psi$ – liniowy współczynnik przenikania ciepła, określony po wymiarach wewnętrznych $t_{si,min.}$ – temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu występowania mostka cieplnego (2D) $f_{Rs(2D)}$ – czynnik temperaturowy, określany na podstawie temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody					

Złącza ściany zewnętrznej z oknem, ocieplone od zewnątrz, generują większe straty niż ocieplone od wewnątrz. Wykonanie szczegółowych obliczeń, przy zastosowaniu programu komputerowego, pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników parametrów cieplno-wilgotnościowych. Ich wartości zależą od zastosowanego materiału budowlanego (konstrukcyjnego), rodzaju i grubości izolacji cieplnej oraz ukształtowania struktury materiałowej analizowanego złącza. Postulowanie się wartościami przybliżonymi i orientacyjnymi, np. w oparciu o PN-EN ISO 14683:2008<sup>14</sup>, staje się nieuzasadnione, ponieważ nie uwzględniają zmiany układów materiałowych oraz rodzaju i grubości izolacji cieplnej.

W rozpatrywanych wariantach obliczeniowych: I, II, IV i V (tabela 1) występuje obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu połą-

<sup>14</sup> PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.



czenia ściany zewnętrznej z oknem. Warunek w zakresie kondensacji powierzchniowej (ryzyka występowania krytycznej wilgotności powierzchniowej):  $f_{Rsi,(2D)} \geq f_{Rsi,(kryt.)}$  nie został spełniony w związku z tym istnieje ryzyko powstawania pleśni i grzybów pleśniowych. Wartość maksymalna z 12 miesięcy w odniesieniu do lokalizacji (Bydgoszcz)  $f_{Rsi,(max)} = f_{Rsi,(kryt.)} = 0,785$  (luty)<sup>15</sup>. Oznacza to, że w każdym miesiącu roku i dla każdych innych wartości temperatur brzegowych dla uniknięcia kondensacji powierzchniowej  $f_{Rsi,(2D)}$  powinien być większy od 0,785.

Spełnienie kryterium w zakresie uniknięcia występowania ryzyka kondensacji powierzchniowej (rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych):  $f_{Rsi,(2D)} \geq f_{Rsi,(kryt.)}$  wymaga określenia wartości  $f_{Rsi,(2D)}$  na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego (2D)  $t_{si,min.}$  [°C] oraz wartości  $f_{Rsi,(kryt.)}$  uwzględniającej parametry powietrza wewnętrznego i zewnętrznego (wilgotność i temperatura powietrza). Według normy PN-EN ISO 13788:2003<sup>16</sup> czynnik temperaturowy  $f_{Rsi,(kryt.)}$  oblicza się lub przyjmuje w zależności od zastosowanego w budynku rodzaju wentylacji (wentylacja grawitacyjna – dominująca w budownictwie mieszkaniowym lub wentylacja mechaniczna, będąca często składnikiem systemów klimatyzacyjnych, pozwalających w prawie dowolny sposób kształtować właściwości mikroklimatu wnętrza).

Dobór odpowiednich parametrów stolarki okiennej (przenikanie energii słonecznej i ochrona przed utratą ciepła), wpływających na mikroklimat wnętrza, powinien następować po przeanalizowaniu warunków klimatycznych, jak i wzajemnego położenia budynków względem stron świata.

Według załącznika 2 rozporządzenia<sup>17</sup> we wszystkich rodzajach budynków współczynnik przepuszczalności energii całkowitej promieniowania słonecznego okien oraz przegród szklanych i przezroczystych  $g$  liczony według wzoru:

$$g = f_c \cdot g_n$$

gdzie:

$g_n$  – współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia,

$f_c$  – współczynnik redukcji promieniowania ze względu na zastosowanie urządzenia przeciwśłoneczne,

w okresie letnim nie może być większy niż 0,35.

Wartości współczynnika całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia  $g_n$  oraz wartości współczynnika redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwśłoneczne  $f_c$  należy przyjmować na podstawie deklaracji właściwości użytkowej okna lub przyjmować na podstawie tabeli w załączniku 2 rozporządzenia<sup>18</sup>.

Przegrody przezroczyste pełnią wiele złożonych i znaczących funkcji. Stanowią bardzo ważny element budynku w aspekcie architektonicznym, jak i technicznym. Analizując wiele projektów i realizacji budynków jednorodzinnych, można zauważyć, że stolarka okienna stanowi ok. 20% powierzchni ściany zewnętrznej, co powoduje, że izolacyjność cieplna budynku jest ok. 5 razy niższa (wartości gra-

<sup>15</sup> K. Pawłowski, op. cit.

<sup>16</sup> Ibidem.

<sup>17</sup> Ibidem.

<sup>18</sup> Ibidem.

niczne współczynników przenikania ciepła wg rozporządzenia<sup>19</sup> od 31.12.2020 r.  $U_{\text{ściany}} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $U_{\text{okna}} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ). Tego typu przegrody, szczególnie w budynku o niskim zużyciu energii (NZEB), stanowią integralną część bilansu energetycznego (bilansu zysków i strat ciepła). Dokonanie optymalnego wyboru rozwiązania materiałowego przegród przeźroczystych jest niezwykle ważne i istotne zarówno na etapie planowania, projektowania, jak i budowy – dotyczy wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego.

Dachy zielone jako rozwiązanie architektoniczne było już znane w starożytnym Rzymie, Grecji oraz Babilonii. Przykładem takiego dachu są Wiszące ogrody Semiramidy (uznawane jako jeden z cudów świata). Kolejne zastosowanie dachów zielonych można zauważyć w XVII-wiecznej Francji, gdzie ogród zielony został zbudowany na stropie oranżerii w południowym skrzydle pałacu wersalskiego. Pełnił on funkcję zwiększenia szczelności pokrycia dachowego oraz poprawiał kompozycję założenia pałacowo-ogrodowego. XIX-wieczne Prusy wykorzystywały dachy zielone do poprawy parametrów przeciwpożarowych budynków<sup>2021</sup>.

Od drugiej połowy XX wieku zainteresowanie dachami zielonymi wzrasta zarówno w Europie, jak i w Polsce, co wynika z rosnącej świadomości ekologicznej człowieka. Wzrost zastosowania dachów zielonych wiąże się z chęcią poprawy jakości środowiska miejskiego.

Dach zielony to stropodach w systemie odwróconym, stosowany najczęściej na terenach zurbanizowanych. Jego wierzchnia warstwa pozwala na komponowanie na powierzchni dachu zróżnicowanej roślinności. Pełni on wszystkie funkcje dachu konwencjonalnego. Różni się od niego układem warstw, które dają możliwość zastosowania na jego powierzchni różnorodnej roślinności. Ogród taki można zakładać na dachach o pochyleniu połaci od 5% do 35%. Należy jednak pamiętać, że przy nachyleniu większym niż 20° dach taki trzeba zabezpieczać przed osuwaniem się powierzchni gruntowej z połaci. Dach zielony chroni budynek przed czynnikami zewnętrznymi, tj. opadami atmosferycznymi, zmianami temperatur, wiatrem<sup>2223</sup>. Jest przykładem przegrody zewnętrznej wpływającej na obniżenie wskaźników zapotrzebowania na energię w budynku.

Są trzy rodzaje zazielenienia dachu: ekstensywne, intensywnie niskie, intensywnie wysokie. Ich zastosowanie zależy od grubości warstwy wegetacyjnej i zastosowanej na niej roślinności.

Przy powierzchni dachu zielonego min. 10 m<sup>2</sup> 50% tej wartości uwzględnia się jako teren biologicznie czynny. Bierze on udział w obliczeniu wskaźnika terenów zielonych<sup>24</sup>. Porowata struktura układu dachu zielonego i zastosowana roślinność pochłania i odbija fale dźwiękowe, co korzystnie wpływa na parametry użytkowe

<sup>19</sup> Ibidem.

<sup>20</sup> B. Sokołowska, 2007. Dachy zielone w aspekcie ekologiczno-technicznym. [W:] Budownictwo ogólne, zagospodarowanie konstrukcyjne, materiałowe i ciepło-wilgotnościowe w budownictwie, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz.

<sup>21</sup> J. Ślusarek, 2010. Rozwiązania strukturalno-materiałowe balkonów, tarasów i dachów zielonych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

<sup>22</sup> L. Lichałai, 2008. Elementy budynków, podstawy projektowania, Budownictwo ogólne tom 3. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.

<sup>23</sup> J. Mikoś, 1969. Budownictwo ekologiczne. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

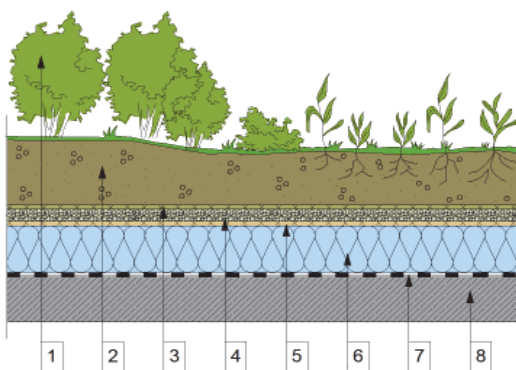
<sup>24</sup> S. Rutkowski, 1975. Planowanie przestrzenne obszarów wypoczynkowych w strefie dużych miast. PWN, Warszawa.

pomieszczenia ostatniej kondygnacji (zmniejszenie poziomu hałasu)<sup>25</sup>. Na rysunku 6 przedstawiono przykładowe rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe dachu zielonego.

Zastosowanie paneli fotowoltaicznych na dachu zielonym podnosi efektywność działania instalacji solarnych<sup>26</sup>. Jest to korzystne ze względu na efekt synergii przy wytwarzaniu prądu – stosunkowo niska temperatura powierzchni zazielenionej (w porównaniu z dachami tradycyjnymi) prowadzi do mniejszego nagrzewania modułów fotowoltaicznych, co poprawia sprawność modułów. Zastosowanie paneli fotowoltaicznych na dachach zielonych ma też zalety techniczne, system warstw dachu zielonego pełni rolę kotwiącą – stabilizuje panele fotowoltaiczne nawet w przypadku silnego wiatru i burz. Konstrukcje wsporcze pod panele można więc montować bez konieczności przebijania warstwy izolacji wodochronnej<sup>27</sup>. Na rysunku 7 przedstawiono przykładowe rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe słonecznego (solarnego) dachu zielonego.

Słoneczne dachy zielone mają pomagać obszarom, które potrzebują więcej energii. Okazuje się, że zainstalowanie paneli solarnych na dachach zielonych, porośniętych roślinnością, podnosi efektywność instalacji fotowoltaicznej, a tym samym całego budynku.

Współczesne konstrukcje ścian zewnętrznych mogą być projektowane jako fasady wentylowane,



Rys. 6. Elementy struktury dachu zielonego założonego na bazie stropodachu o odwróconej kolejności warstw: 1 – warstwa wegetacyjna, 2 – mata filtrująco-drenująca, 3 – warstwa drenażowa, 4 – warstwa ochronna, 5 – warstwa termoizolacji, 6 – warstwa hydroizolacyjna, 7 – warstwa konstrukcyjna, strop nad ostatnią kondygnacją (opracowanie własne)

Fig. 6. Green roof system laid onto the flat roof the invited sequence of layers 1 – vegetation layer, 2 – filtering-draining mat, 3 – drainage layer, 4 – protective layer, 5 – insulation layer, 6 – waterproof layer, 7 – construction layer, ceiling above last tier (own study)



Rys. 7. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe słonecznego dachu zielonego z zastosowaniem paneli fotowoltaicznych (źródło: Optigrüen International AG)

Fig. 7. An example of structural and material solution of a green roof with solar panels (source: Optigrüen International AG)

<sup>25</sup> Ibidem.

<sup>26</sup> FLL, DAFA, „Wytyczne dla dachów zielonych. Wytyczne do projektowania, wykonywania i utrzymania dachów zielonych”, 2020.

<sup>27</sup> P. Wolański, K. Wolańska, 2020. Słoneczne dachy zielone. Czasopismo Izolacje. 4, s. 60–63.

w których występują wewnątrz szczeliny powietrzne, odprowadzające nadmierną wilgoć poza przegrodę. Fasady wentylowane mogą być wykonane w dwóch technologiach:

- technologia lekka – sucha (montaż elewacji z sidingu, płyt włókno-cementowych, płyt cementowych, laminatów, elementów drewnianych, blachy aluminiowej itp.),
- technologia ciężka – sucha (ciężkie płyty kamienne lub płyty z kruszywa kamiennego spojenego żywicą).

Obie technologie mogą spełniać kryterium rozwiązania energooszczędnego – zarówno przy realizacji nowych budynków, jak i przy termorenowacji budynków już istniejących. Stosowanie tych technologii nie ma praktycznie ograniczeń temperaturowych dotyczących procesu technologicznego, ponieważ nie wykonuje się prac mokrych na budowie. Szczegółową charakterystykę rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych fasad wentylowanych przedstawiono w pracy K. Schabowicza<sup>28</sup>.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Projektowanie, wykonywanie i eksploatacja budynków o niskim zużyciu energii (NZEB) to proces złożony, wymagający znajomości wielu zagadnień w zakresie materiałów budowlanych, budownictwa ogólnego, fizyki budowli, instalacji budowlanych, systemów odnawialnych źródeł energii oraz projektowania architektonicznego. W pracy przedstawiono tylko wybrane aspekty w tym zakresie. Na podstawie przeprowadzonych analiz można sformułować następujące wnioski końcowe.

Projektowanie cieplne przegród zewnętrznych i złączy budynków o niskim zużyciu energii (NZEB) wymaga indywidualnego podejścia z uwzględnieniem wytycznych i przepisów prawnych. Osiągnięcie wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_c/U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] poniżej wartości granicznej polega na poprawnym usytuowaniu materiału termoizolacyjnego oraz określeniu jego odpowiedniej grubości.

Wszystkie kryteria oceny stolarki okiennej powinny być uwzględniane na etapie planowania i projektowania budynków w aspekcie architektoniczno-technicznym, ponieważ wpływają one na mikroklimat wnętrza i komfort użytkowy budynku, a tym samym na koszty eksploatacyjne. Znaczne powierzchnie przeszklone należy usytuować na elewacjach południowych lub południowo-wschodnich. Jednak należy pamiętać o zabezpieczeniach w zakresie przegrzewania pomieszczeń w okresie letnim, stosując powłoki na zewnętrznej powierzchni szyb zespolonych, a także rolet lub żaluzji wewnątrz pomieszczenia czy markiz, łamaczy światła, okiennic na zewnątrz budynku. Bardzo istotnym aspektem projektowym i wykonawczym jest poprawne osadzenie stolarki okiennej w ścianie zewnętrznej (poprawne zaprojektowanie i wykonanie złącza dwóch przegród: ściana – okno). Np. w ścianie dwuwarstwowej przedłużenie warstwy izolacji cieplnej na ościeżnicę powoduje zmniejszenie strat ciepła oraz minimalizowanie ryzyka występowania krytycznej wilgotności powierzchniowej (rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych na wewnętrznej powierzchni przegrody) na styku okno – ściana zewnętrzna.

Zastosowanie w budynkach nowoczesnych rozwiązań materiałowych dachów zielonych, słonecznych dachów zielonych, ścian zielonych czy też fasad

<sup>28</sup> K. Schabowicz, 2018. Elewacje wentylowane. Technologia produkcji i metody badania płyt włókniasto-cementowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

wentylowanych pozwala na ograniczenie strat ciepła przez przenikanie, ale także na obniżenie energochłonności budynku. W efekcie końcowym można uzyskać niskie wartości wskaźników: zapotrzebowania na energię użytkową EU [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)], zapotrzebowania na energię końcową EK [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)] i zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)] i gwarantuje spełnienie wymagań dla budynku o niskim zużyciu energii (NZEB).

## LITERATURA

- [1] FLL, DAFA, Wytyczne dla dachów zielonych. Wytyczne do projektowania, wykonywania i utrzymania dachów zielonych, 2020.
- [2] Lichatai L., 2008. Elementy budynków, podstawy projektowania. Budownictwo ogólne. Tom 3, Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- [3] Mikoś J., 1969. Budownictwo ekologiczne. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [4] Pawłowski K., 2016. Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepło-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy. Grupa Wydawnicza Medium, Warszawa.
- [5] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [6] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [7] PN-EN ISO 13788:2003 Ciepło-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji. Metody obliczania.
- [8] PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2017 r. poz. 2285).
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju 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 (Dz.U. z 2015 r., poz. 376).
- [11] Rućkowski S., 1975. Planowanie przestrzenne obszarów wypoczynkowych w strefie dużych miast. PWN, Warszawa.
- [12] Schabowicz K., 2018. Elewacje wentylowane. Technologia produkcji i metody badania płyt włóknisto-cementowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- [13] Sokołowska B., 2007. Dachy zielone w aspekcie ekologiczno-technicznym. [W:] Budownictwo ogólne, zagospodarowanie konstrukcyjne, materiałowe i ciepło-wilgotnościowe w budownictwie, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Techniczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz.
- [14] Ślusarek J., 2010. Rozwiązania strukturalno-materiałowe balkonów, tarasów i dachów zielonych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

- [15] Uchwała Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”.
- [16] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2013 r. poz. 1409, z późn. zm.).
- [17] Wesołowska M., Pawłowski K., 2016. Aspekty związane z dostosowaniem obiektów istniejących do standardu budownictwa energooszczędnego. Agencja Reklamowa TOP, Włocławek.
- [18] Wolański P., Wolańska K., 2020. Słoneczne dachy zielone. Czasopismo Izolacje 4, s. 60–63.

## **BUDYNKI O NISKIM ZUŻYCIU ENERGII (NZEB) W ASPEKTCIE ARCHITEKTONICZNO-BUDOWALNYM**

**STRESZCZENIE.** Projektowanie, wykonanie i eksploatacja budynków o niskim zużyciu energii (NZEB) jest procesem złożonym, wymagającym znajomości interdyscyplinarnych zagadnień w zakresie: projektowania architektonicznego, materiałów budowlanych, budownictwa ogólnego, fizyki budowli oraz instalacji budowlanych z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii (OZE). W pracy przedstawiono podstawy prawne oraz charakterystykę budynków o niskim zużyciu energii (NZEB) w aspekcie architektoniczno-budowlanym. Realizacja obowiązujących wymagań prawnych polega na sprawdzeniu wielu parametrów całego budynku, a w szczególności jego przegród zewnętrznych i ich złączy oraz instalacji budowlanych. Dlatego w pracy zaprezentowano obliczenia w zakresie kształtowania układów materiałowych przegród zewnętrznych i złączy budowlanych przy zastosowaniu profesjonalnych programów komputerowych. Integralną częścią artykułu jest identyfikacja czynników wpływających na energochłonność budynku o niskim zużyciu energii (NZEB) w aspekcie architektoniczno-budowlanym.

**Słowa kluczowe:** przegrody zewnętrzne, energochłonność budynku, budynek o niskim zużyciu energii

## **BUILDINGS WITH LOW ENERGY CONSUMPTION IN THE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION ASPECT**

**SUMMARY.** The design, erection and operation of buildings with low energy consumption is a complex process that requires knowledge of multidisciplinary issues in the field of: architectural design, building materials, general construction, building physics and building systems using renewable energy sources (RES).

The paper presents legal bases and characteristics of buildings with low energy consumption in the architectural and construction aspect. The implementation of applicable legal requirements involves checking a number of factors relating to a building, in particular external walls, wall joints as well as building systems. Therefore this article presents calculations regarding different material arrangements for external walls and building joints with the use of professional computer software. An integral part of the article is the identification of factors affecting the energy consumption of a building with low energy consumption in the architectural and construction aspect.

**Key words:** external partitions, building energy consumption, building with low energy consumption