

ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA BUDYNKU A ZAWILGOCENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Robert STACHNIEWICZ*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W artykule przeprowadzono analizę wpływu zawilgocenia ścian zewnętrznych jednorodzinnego budynku mieszkalnego na energię końcową. Do analiz przyjęto dwa warianty zawilgocenia ścian: bezpośrednio po wybudowaniu i po pięciu latach eksploatacji budynku.

Słowa kluczowe: fizyka budowli, diagnostyka cieplna, zawilgocenie przegród.

1. Wprowadzenie

Przy obliczeniach zapotrzebowania na ciepło budynku uwzględnia się współczynniki przewodzenia ciepła materiałów użytych w konstrukcji jego przegród najczęściej dla środowiska średnio-wilgotnego. Z takim środowiskiem mamy do czynienia podczas normalnej eksploatacji budynku. Jednakże na skutek zawilgocenia materiałów ściennych przez niezwiązaną wodę używaną przy ich produkcji, jak i wykorzystaną w trakcie budowy oraz prac wykończeniowych, wkrótce po wybudowaniu budynku instalacja centralnego ogrzewania zużywa więcej energii aby zrekompensować obniżenie izolacyjności cieplnej przegród.

W artykule przeanalizowano czy i w jakim stopniu zwiększa się zużycie energii do ogrzewania podczas odsychania z wilgoci technologicznej i budowlanej, na przykładzie jednorodzinnego budynku mieszkalnego.

2. Źródła zawilgocenia przegród w budynkach

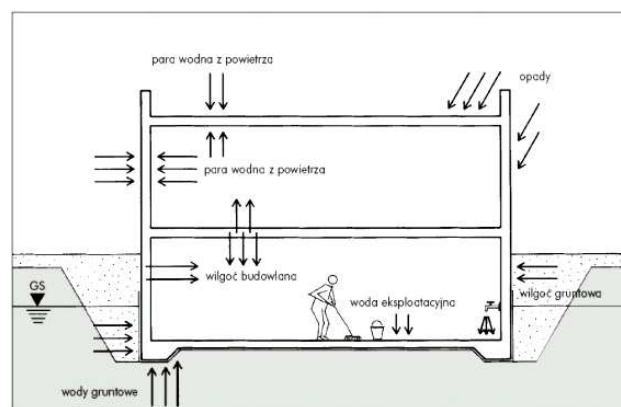
Stan wilgotnościowy przegród budowlanych obejmuje procesy związane z zawilgoceniem i wysychaniem zastosowanych materiałów. Zawilgocenie materiałów budowlanych (Klemm i in., 2009) związane jest z:

- początkową wilgotnością materiałów, związaną z ich wytwarzaniem i nazywaną często wilgocią technologiczną,
- przyrostem wilgotności w wyniku procesów wykonawstwa, składowania i transportu, wiązania

komponentów na budowie, ten rodzaj wilgoci nazywany jest wilgocią budowlaną,

- zawilgoceniem od opadów atmosferycznych,
- wchłanianiem wilgoci na skutek zjawiska sorpcji i dyfuzji pary wodnej,
- przyrostem wilgotności na skutek kondensacji pary wodnej wewnątrz przegrody lub na jej powierzchni wewnętrznej,
- przyrostem wilgotności w wyniku podciągania kapilarnego wilgoci z gruntu (woda gruntowa).

Formy działania wilgoci na budynek możemy podzielić na zewnętrzne i wewnętrzne (rys. 1).



Rys. 1. Formy działania wilgoci na budynek
(www.muratorpuls.pl)

Do zewnętrznych działania wilgoci należą:

- opady atmosferyczne,
- para wodna w powietrzu,

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: r.stachniewicz@pb.edu.pl

- woda pochodząca od wsiąkających w grunt opadów oraz podciągana kapilarnie z głębi gruntu,
 - wody gruntowe, woda w gruncie budowlanym na warstwie nieprzepuszczalnej,
- Wewnętrzne formy działania wilgoci to:
- wilgoć budowlana, pochodząca z tak zwanych mokrych procesów technologicznych,
 - para wodna w powietrzu, pochodząca od mieszkańców i wyposażenia obiektu,
 - wilgoć eksploatacyjna, pochodząca na przykład od gotowania, z łazienki i innych pomieszczeń mokrych.

Zawilgocenie zależy od sposobu wykonywania robót budowlanych, rodzaju konstrukcji i zastosowanych materiałów, a także od warunków atmosferycznych. Wilgoć technologiczna związana jest z wytwarzaniem materiałów konstrukcyjnych, natomiast wilgoć budowlana powstaje w procesie budowy (na przykład podczas transportu, składowania oraz łączenia elementów). Najwięcej wody używa się przy pracach wykończeniowych, takich jak: tynkowanie, wylewki, kładzenie gładzi szpachlowych. Okres wysychania ścian z wilgoci początkowej trwa zwykle od 1 roku w przypadku ceramiki czerwonej, gipsu i gipsobetonów do 2-3 lat w przypadku betonu komórkowego. Utrudniać wysychanie mogą materiały o wysokim oporze dyfuzyjnym, na przykład warstwy betonu, szkło, elewacje z płytkami glazurowanymi (Klemm i in., 2009)

Wilgotne przegrody budowlane odsychając powodują wzrost wilgotności powietrza wewnętrznego. Sprzyja to zjawisku kondensacji powierzchniowej, tworzeniu się pleśni oraz pogarsza warunki użytkowe pomieszczeń (mikroklimat). Wpływ wilgoci powoduje, iż większość materiałów zmienia swoje właściwości (Kaczmarek i in., 2010; Ślusarek i Orlik-Koźdoń, 2010). Do negatywnych skutków zawilgocenia materiałów i przegród budowlanych z nich wykonanych, należą:

- wzrost przewodzenia ciepła przez ich strukturę i w efekcie zwiększenie strat ciepła przez przenikanie,

- przemarzanie i niszczący wpływ na strukturę materiału powtarzających się cykli zamarzania i odmarzania wody,
- spadek wytrzymałości,
- malejąca trwałość,
- zniszczenia wywołane skurczem i pęcznieniem,
- krystalizacja soli na powierzchniach przegród i w ich porach,
- degradacja materiałów na skutek korozji chemicznej, biologicznej i mechanicznej.

3. Wpływ zawilgocenia ścian zewnętrznych na zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania

3.1. Opis budynku

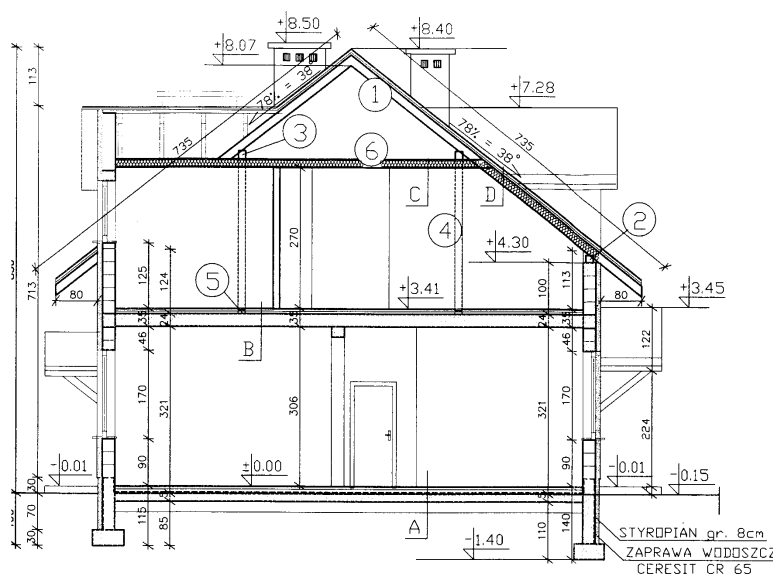
Do analizy wybrano wolnostojący, jednorodzinny budynek mieszkalny, użytkowany przez trzyosobową rodzinę. Budynek jest niepodpiwniczony z poddaszem użytkowym. Bryłę budynku tworzą dwa prostopadłościowe przekryte dachami dwuspadowymi (rys. 2 i 3).

Parametry geometryczne budynku:

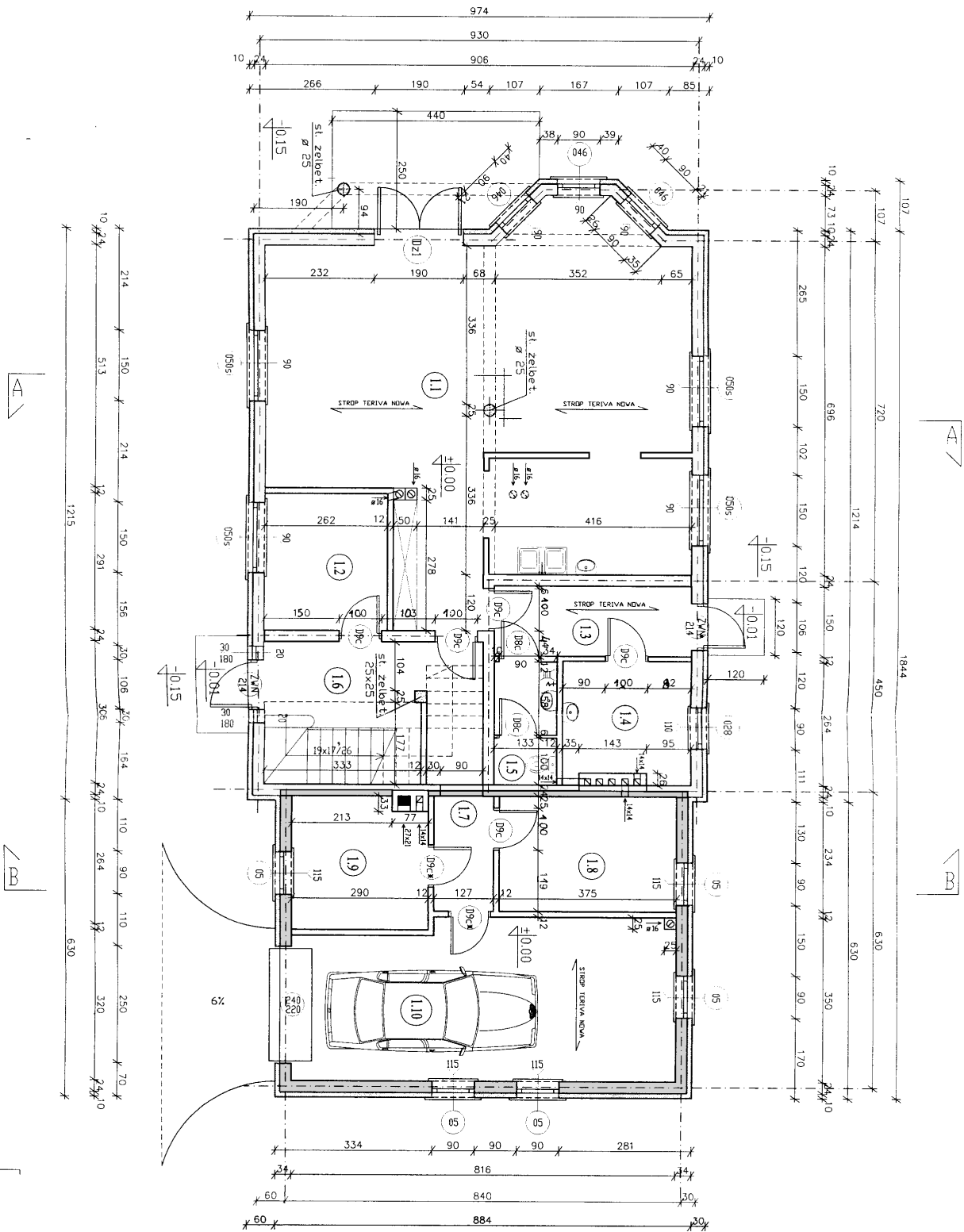
- długość – 19,51 m,
- szerokość – 9,74 m,
- powierzchnia zabudowy – 176,80 m²,
- kubatura – 977,00 m³,
- powierzchnia o regulowanej temperaturze A_f – 256,7 m²,

oraz wartości współczynników przenikania ciepła U :

- ściany zewnętrzne $U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- dach $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- okna/drzwi $U = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- podłoga na gruncie $U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- $U_{equiv,bf} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Rys. 2. Przekrój pionowy A-A budynku



Rys. 3. Rzut poziomy budynku

Izolacje przeciwwilgociowe:

- pozioma – w podłodze przyziemia oraz na ścianach fundamentowych,
- pionowa – na ścianach fundamentowych do wysokości 30 cm nad poziomem terenu.

Budynek ma wodną instalację centralnego ogrzewania wyposażoną w grzejniki, a źródłem ciepła jest piec kondensacyjny o mocy 25 kW zasilany gazem i zasobnik c.w.

3.2. Obliczenia zawartości wilgoci w ścianach zewnętrznych

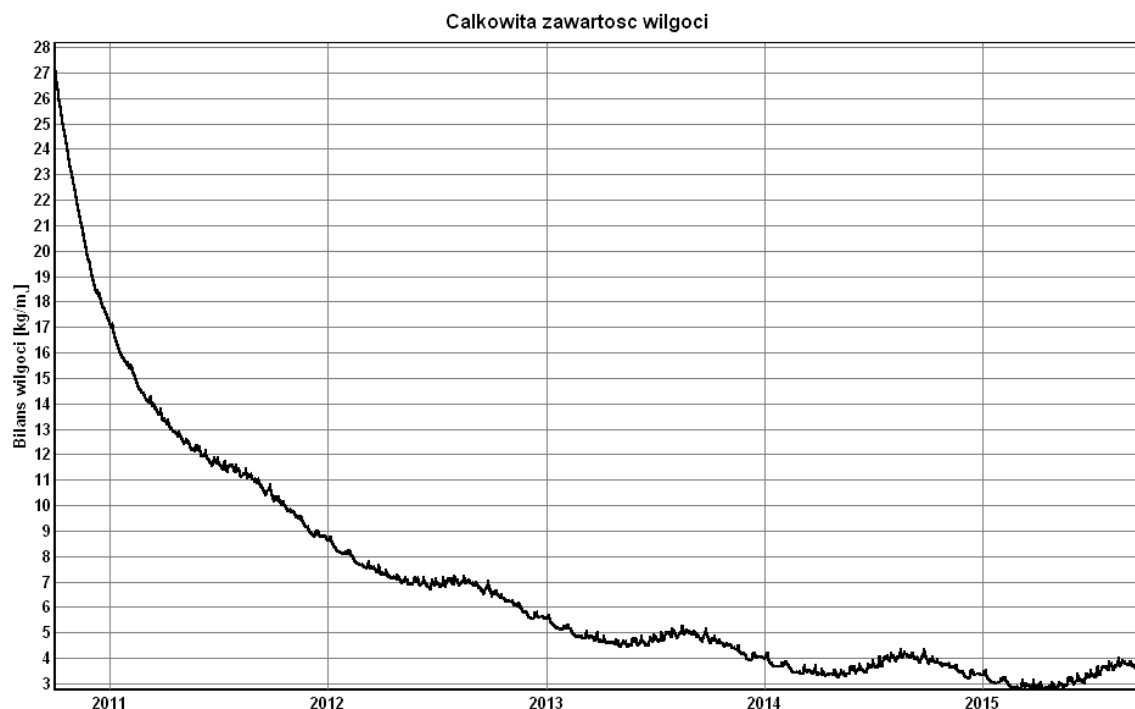
Do obliczeń zawartości wilgoci w ścianach zewnętrznych wykorzystano program WUFI stworzony przez Fraunhofer Institut für Bauphysik z Holzkirchen. Za jego pomocą można oszacować: czas wysychania lekkich i ciężkich konstrukcji przegród z początkowej wilgoci technologicznej i budowlanej oraz powstającej w wyniku

eksploatacji, ocenić niebezpieczeństwo wystąpienia kondensacji wilgoci wewnątrz przegrody oraz badać wpływ zacinającego deszczu (Künzel, 1995). Program może być również pomocny przy wyborze odpowiedniego rozwiązania modernizacyjnego istniejących przegród, narażonych na wpływ czynników klimatu zewnętrznego.

W celu przeprowadzenia obliczeń zawilgocenia ścian zewnętrznych została wykonana symulacja komputerowa za pomocą programu WUFI. Obliczenia przeprowadzono dla 5 lat począwszy od dnia 1 października (budynek po wybudowaniu), obserwując proces wysychania przegrody z wilgoci początkowej (przyjęto wilgoć technologiczną w każdej warstwie). Obliczenia zawartości wilgoci (tab. 1) oraz jej spadku w poszczególnych latach eksploatacji budynku (rys. 4) wykonano dla ściany zewnętrznej, przyjmując dane klimatyczne dla Białegostoku. Przyjęto współczynnik absorpcji deszczu zgodnie z nachyleniem i typem przegrody, pomijając absorpcję promieni słonecznych krótko i długo falowych.

Tab. 1. Zawartość wilgoci w poszczególnych warstwach w kg/m³ analizowanej przegrody oraz zawartość wilgoci w całej przegrodzie w kg/m² powierzchni zewnętrznej, podczas pięcioletniego okresu symulowanej eksploatacji

Warstwa/materiał	grubość m	Zawartość wilgoci			
		po wybudowaniu		po 5 latach	
		kg/m ³	kg/m ²	kg/m ³	kg/m ²
Mineralny tynk zewnętrzny	0,005	210,00	1,05	48,31	0,24
Styropian	0,100	0,00	0,00	1,51	0,15
Mur z bloczków betonu komórkowego	0,240	100,00	24,00	10,96	2,63
Tynk cementowo-wapienny	0,015	210,00	3,15	38,33	0,58
Całkowita zawartość wilgoci w przegrodzie			28,20		3,60



Rys. 4. Przebieg zmian całkowitej zawartości wilgoci w przegrodzie w ciągu pięcioletniego okresu symulowanej eksploatacji

Początkowa zawartość wilgoci (rys. 4) w przegrodzie wynosząca 28,20 kg/m², licząc na powierzchnię zewnętrzną ścian netto, spadała intensywnie do trzeciego roku eksploatacji budynku. W pięcioletnim okresie wilgotność spadła do 3,6 kg/m² co łącznie dało spadek o 87%. Na wykresie bilansu wilgoci w ścianie można zauważyć cykliczne zmiany (falowanie) wynikające z pór roku. Zgodnie z obliczeniami, spadek zawilgocenia przegrody jest największy w ciągu pierwszego roku eksploatacji, a następnie stopniowo się zmniejsza. Zawartość całkowitej wilgoci w odniesieniu do lat wcześniejszych spadła o 63,4% w pierwszym roku, w drugim licząc do roku poprzedniego o 36,6% a po ośmiu latach zmiany z roku na rok zmniejszyły się praktycznie do zera.

3.3. Obliczenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku oraz wynikające z tego wnioski

Do przeprowadzenia obliczeń zapotrzebowania na ciepło budynku wykorzystano program Arcadia-termo firmy Intersoft.

W obliczeniach przyjęto dwa warianty: budynek bezpośrednio po wybudowaniu (I wariant) i budynek po pięciu latach od wybudowania (II wariant). Różnicą w obu wariantach był stopień zawilgocenia ścian zewnętrznych (wilgoć technologiczna i budowlana), obliczony w programie WUFI.

W celu uwzględnienia powyższej różnicy do obliczeń przyjęto współczynnik przewodzenia ciepła λ zależnie od zawartości wilgoci w poszczególnych materiałach ściany zewnętrznej według obliczeń przeprowadzonych w programie WUFI (tab. 2).

Tab. 2. Współczynnik przewodzenia ciepła zależny od wilgoci, przyjęty z obliczeń wykonanych w programie WUFI

Warstwy przegrody	Współczynnik przewodzenia ciepła		Procentowy spadek wartości λ [%]
	budynek po wybudowaniu λ [W/m·K]	budynek po 5 latach eksploatacji λ [W/m·K]	
Mineralny tynk zewnętrzny	1,507	0,963	36,1
Styropian	0,040	0,040	0
Mur z bloczków betonu komórkowego	0,330	0,152	54,0
Tynk cementowo wapienny	1,507	0,929	38,4

Wartość współczynnika przewodzenia ciepła zależała od struktury materiału, jego składu chemicznego i stopnia zawilgocenia. W miarę wzrostu zawilgocenia materiału wartość współczynnika λ zwiększała się, a tym samym pogarszała się izolacyjność cieplna przegrody w następstwie czego wzrastały straty ciepła.

W obydwu wyżej wymienionych przypadkach przegroda spełniała wymagania odnośnie uniknięcia kondensacji na powierzchni wewnętrznej ściany według PN-EN ISO 13788:2003 *Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania*. Czynnikiem temperaturowym f_{Rsi} dla badanej ściany zewnętrznej był w obydwu wariantach jej zawilgocenia większy niż w miesiącu krytycznym $f_{Rsi,max}$ (tab. 3).

Tab. 3. Współczynniki temperaturowe dla kolejnych miesięcy i obliczone dla ściany zewnętrznej po wybudowaniu i po pięciu latach eksploatacji budynku

Miesiąc	$f_{Rsi,min}$ W/(m ² ·K)	f_{Rsi} W/(m ² ·K)	
		Po wybudowaniu	Po 5 latach eksploatacji
Styczeń	0,741		
Luty	0,756		
Marzec	0,722		
Kwiecień	0,574		
Maj	0,291		
Czerwiec	0,305		
Lipiec	0,129	0,868	0,943
Sierpień	0,473		
Wrzesień	0,577		
Październik	0,662		
Listopad	0,767		
Grudzień (miesiąc krytyczny)	0,772		

Obliczone zostały zapotrzebowania na energię użytkową, końcową i pierwotną do ogrzewania i wentylacji przedmiotowego budynku zgodnie z rozporządzeniami Ministra Infrastruktury (Dz.U. Nr 201 z 2008r., poz. 1238, 1240). Dla I wariantu zapotrzebowanie na ciepło wynosiło 20 534,16 kWh/rok, natomiast po pięciu latach od wybudowania (II wariant) wyniosło 19 669,42 kWh/rok (tab. 4). Różnica w zapotrzebowaniu na ciepło nastąpiła tylko ze względu na zmianę zawartości wilgoci w ścianie zewnętrznej w procesie odsychania.

Tab. 4. Zestawienie wyników zapotrzebowanie na energię użytkową, końcową i pierwotną oraz pierwotną (Dz. U. nr 201 z 2008 r., poz. 1238)

Objaśnienie	Zapotrzebowanie na energię dla obydwu wariantów	
	wariant I	wariant II
Zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{H,nd}$, kWh/rok	20 534,16	19 669,42
Zapotrzebowanie na energię końcową $Q_{H,K}$, kWh/rok	21 383,07	20 482,58
Zapotrzebowanie na energię pierwotną $Q_{H,P}$, kWh/rok	23 873,14	22 882,60
Wskaźnik EK, kWh/(m ² ·rok)*	97,68	94,18
Wskaźnik EP, kWh/(m ² ·rok)*	108,32	104,46
Energia pierwotna według WT2008, kWh/(m ² ·rok)*	119,0	119,0

* wskaźniki zapotrzebowania na energię końcową, pierwotną uwzględniają ciepłą wodę użytkową na potrzeby 3 osobowej rodziny.

4. Podsumowanie

Niewielki wpływ wilgoci technologicznej na zapotrzebowanie na ciepło budynku oraz wskaźnik energii końcowej spowodowany jest tym, że straty na przenikanie przez ściany stanowiły tylko pewien udział w całym bilansie energetycznym budynku. Do tego bilansu należy zaliczyć również straty ciepła przez inne przegrody, na przykład dach, okna, podłogę na gruncie, oraz wentylację.

Zawarta w ścianach zewnętrznych wilgoć powoduje zwiększenie opłat za energię. W analizowanym budynku wzrost ten wynosi od 189 zł/sezon przy kotle na gaz ziemny, 346 zł/sezon przy stosowaniu oleju opałowego, do 451 zł/sezon przy ogrzewaniu prądem elektrycznym.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wpływu zawilgocenia ścian zewnętrznych na zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania można zauważyć, że zawilgocenie ma około 4,2% wpływu na jego zwiększenie w pierwszym roku, w porównaniu z budynkiem po pięciu latach odsychania z wilgoci. Przy tak niewielkiej różnicy należy pamiętać, że zawilgocenie przegród zewnętrznych ma niekorzystny wpływ na izolacyjność cieplną co może doprowadzić do zjawiska przemarzania i kondensacji pary wodnej na ich powierzchniach wewnętrznych. Przy niedostatecznej wentylacji w budynku może to wówczas doprowadzić do powstawania ognisk pleśni na ścianach.

Silne zawilgocenie powstałe z zakumulowania wilgoci technologicznej, budowlanej i z podciągania wody ze źle zaizolowanego fundamentu może spowodować, że podwyższone zapotrzebowanie na ciepło nie będzie spadać. Dlatego podczas budowy należy zadbać o dobre wykonanie izolacji przeciwwilgociowych fundamentów.

Literatura

- Kaczmarek A., Wesółowska M., Pawłowski K. (2010). Niszczący wpływ wody i wilgoci na wybrane materiały budowlane. *Izolacje*, 7/8, 48-50.
- Klemm P. i. in. (2009). Budownictwo ogólne. Fizyka budowlanej, tom 2. *Arkady*, Warszawa.
- Künzel H. M. (1995). Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters. *IRB Verlag*, http://www.wufi.de/index_e.html.
- Ślusarek J., Orlik-Koźdoń B. (2010). Procesy transportu ciepła i wilgoci w przegrodach budowlanych o złożonej strukturze. *Wydawnictwo Politechniki Śląskiej*, Gliwice

HEAT DEMAND FOR BUILDING HEATING AND OUTSIDE WALLS DAMPNES

Abstract: This paper analyses the influence of external walls dampness for single-family house on the final energy. For the analysis two variants of damp walls were assumed: immediately after construction and after five years of exploitation of the building.