

Wielowariantowa analiza termoizolacji od wewnątrz występujących na polskim rynku

Dr inż Barbara Ksit, inż Magdalena Jankowiak, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Obecnie istniejące budynki zostają poddawane termorenowacji ze względu na coraz bardziej rygorystyczne przepisy dotyczące ochrony termicznej oraz akustycznej. Celem termorenowacji jest poprawa komfortu cieplnego i mikroklimatu pomieszczeń dla użytkowników budynku oraz ochrona elementów konstrukcyjnych budowli przed obniżeniem trwałości lub zniszczeniem. Termoizolacja od wewnątrz nie tylko ogranicza straty ciepła oraz redukuje koszty energii związane z ogrzewaniem, ale także zabezpiecza przegrody przed destrukcją mykologiczną. Termoizolacja od wewnątrz jest alternatywną metodą stosowaną głównie w budynkach już istniejących, w szczególności zalecana jest dla budynków zabytkowych oraz z bogatą ornamentyką zewnętrzną. Istotną zaletą ociepleń od wewnątrz jest brak ingerencji w zewnętrzną fasadę obiektu.

2. Transport pary wodnej

Termoizolacja od strony wewnętrznej wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy ciepło-wilgotnościowej w celu wyeliminowania ryzyka popełnienia błędu podczas projektowania przegrody. Główną różnicą pomiędzy ocieplaniem budynku od strony zewnętrznej a ocieplaniem od strony wewnętrznej jest rozkład izoterm temperatury w przekroju przegrody. Mur w termoizolacji od wewnątrz znajduje się w obszarze oddziaływań temperatur ujemnych. Na skutek tego zjawiska temperatura na warstwie muru w okresach niskich temperatur jest niższa od punktu rosy. Przy projektowaniu termoizolacji od wewnątrz należy także zwrócić uwagę na zjawisko wnikania pary wodnej w przegrodę. Istotnymi właściwościami systemów izolacji od wewnątrz są właściwości paroszczelne lub paroprzepuszczalne. Ilość pary wodnej przepuszczanej przez materiał termiczny oraz warstwy konstrukcyjne i wykończeniowe przegrody budowlanej zależy od warunków panujących wokół: od temperatury i wilgotności względnej oraz od różnicy ciśnienia między warstwami powietrza rozdzielonymi przez warstwy izolacyjne. W materiałach paroszczelnych jest ograniczony ruch cząsteczek pary wodnej w mieszaninie gazów charakteryzujących się wysokim współczynnikiem oporu dyfuzyjnego. Izolowana przegroda jest zabezpieczona przed kondensacją pary

wodnej, która chroni powierzchnię przed rozwojem grzybów i pleśni. Materiały paroprzepuszczalne charakteryzują się aktywnością kapilarną, a także są otwarte dyfuzyjnie. Przegrody dyfuzyjnie otwarte są przyjazne dla organizmów żywych i pozwalają na swobodną dyfuzję pary wodnej, nie powodując przy tym strat ciepła, gdyż budynek pozostaje nadal szczelny. W rzeczywistości jest to proces wyrównywania cząstkowych ciśnień pary wodnej pomiędzy dwoma środowiskami, które rozdziela przegroda. W okresie niższych temperatur tymczasowo wchłaniają wilgoć, a następnie w wyniku wentylacji pomieszczenia lub wzrostu temperatury w okresach wiosenno-letnich nadmiar wilgoci zostaje oddany do otoczenia w wyniku wyparowania. Niewłaściwa analiza wilgotnościowa (błędy przy definiowaniu warunków brzegowych w analizie higrotermicznej) może być przyczyną wykraplania się pary wodnej na powierzchni przegrody, a w dalszych etapach powodować zawilgocenie, przemarzanie przegrody lub rozwój pleśni [1].

3. Polskie wytyczne prawne dotyczące termoizolacji

Budynki istniejące mogą być poddane remontom, przebudowie lub rozbudowie. Zgodnie z ustawą o wspieraniu termomodernizacji i remontów zabiegi mające na celu poprawę efektywności energetycznej nazwane zostały termomodernizacją budynków. Kompleksowa przebudowa budynku do standardu niemal zeroenergetycznego (nZEB) nazwana została głęboką termomodernizacją. Zgodnie z dyrektywą 2010/31/UE Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) promowana jest poprawa charakterystyki energetycznej budynków (jeśli jest to uzasadnione ekonomicznie) do poziomu niemal zeroenergetycznego. Zgodnie z dyrektywą w sprawie efektywności energetycznej EE poprawa efektywności energetycznej odbywa się poprzez wykonanie głębokiej kompleksowej termomodernizacji budynku, która pozwala na oszczędność energii na poziomie powyżej 60%. Termomodernizacje mają prowadzić do przekształcenia budynków w niemal zeroenergetyczne (ang. *nearly zero-energy building*), czyli w budynki o zerowym zużyciu energii netto i zerowej emisji dwutlenku węgla rocznie.

3.1. Polskie wymagania

Polskie wymagania termoizolacyjne określone są w ustawie [2] i [3]. Zgodnie z pkt 6. „Oszczędność energii i izolacyjność cieplna” z załącznika I podstawowe wymagania dotyczące obiektów budowlanych do rozporządzenia [4] ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. Urz. UE L 88 z 04.04.2011, str. 5. z późn. zm.) oraz zgodnie z §328, ust. 1 rozporządzenia [5], „Budynek i jego instalacje powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość ciepła, chłodu i energii elektrycznej, potrzebnych do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem, można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie”. Budynki powinny zapewniać komfort cieplny dla ludzi przy jak najmniejszym zużyciu energii. Termoizolacja obiektu musi ograniczać również straty ciepła. Wymagania są podane zarówno dla parametrów EP, jak i dla współczynnika przenikania ciepła, szczelności przegród oraz czynnika temperaturowego. W przypadku izolacji od wewnątrz przegrody powinny być dokładnie przeanalizowane higrotermicznie.

3.2. Wytyczne termomodernizacyjne na podstawie DIN 4108-2

Norma [6] dzieli nieprzezroczyste powierzchnie płaskie na dwa rodzaje i ustala dla nich odrębne wymagania dotyczące izolacji cieplnej:

- przegrody o masie powierzchniowej większej od 100 kg/m²,
- przegrody z masą powierzchniową do 100 kg/m².

Wymagania wartości maksymalnych podane są dla współczynnika oporu cieplnego dla pojedynczych i wielopowłokowych (warstwowych) przegród budowlanych, które oddzielają pomieszczenia ogrzewane od powietrza zewnętrznego, pomieszczeń nieogrzewanych i pomieszczeń o znacznie niższej temperaturze. Rozróżnione są tu także konstrukcje ze względu na parametr oporu dyfuzyjnego niejednorodnych termicznie (np. konstrukcje szkieletowe, ramowe, słupowe z drewna, fasady jako konstrukcje słupowo-ryglowe), a także dla przegród przezroczystych i częściowo przezroczystych i izolacji w obszarze mostków termicznych.

4. Systemy przeznaczone do termoizolacji budynku od wewnątrz

System do termoizolacji budynku od wewnątrz to metoda wykonywania ocieplania obiektu od strony wewnętrznej, składająca się z wielowarstwowych rozwiązań oraz ściśle wytycznych określonych przez producenta. Większość firm zajmujących się termoizolacją (występujących na rynku polskim) ma w swoim asortymencie system do ocieplania budynku od wewnątrz. W większości przypadków proponowane rozwiązania mają wszystkie produkty, które są potrzebne do wykonania powyższego ocieplenia. Zazwyczaj

w skład gotowego systemu wchodzi materiał termoizolacyjny oraz produkty konieczne do przygotowania i wykończenia powierzchni ocieplanej przegrody.

4.1. Klasyfikacja systemów

Systemy przeznaczone do izolacji termicznej budynku od wewnątrz mogą być klasyfikowane w różnych kategoriach. Pierwszym ze sposobów jest podział metod ze względu na materiał użyty do termoizolacji budynku:

- izolacje konwencjonalne i konwencjonalne udoskonalone (zmodyfikowane),
- nisko przetworzone pochodzenia naturalnego,
- wysoko zaawansowane technologicznie izolacje aerożelowe,
- izolacje próżniowe,
- izolacje refleksyjne,
- izolacje transparentne, transparentne hybrydowe i przełączalne.

Druga klasyfikacja skupia się na sposobie pracy izolacji. Według tego podziału wyróżnia się [7]:

- docieplenie materiałem powodującym wzrost oporu cieplnego ściany,
- zastosowanie materiału powodującego odbicie promieniowania cieplnego,
- zastosowanie materiału powodującego obydwa ww. efekty.

Kolejny podział zawiera wpływ na dyfuzję pary wodnej przez przegrodę [7]:

- izolacje nie wpływające na dyfuzję pary wodnej przez przegrodę – paroprzepuszczalne,
- izolacje znacząco ograniczające dyfuzję pary wodnej przez przegrodę – paroszczelne.

Czwarta klasyfikacja uwzględnia parametry cieplno-wilgotnościowe materiałów termoizolacyjnych oraz zjawiska transportu pary wodnej w przegrodzie budowlanej. Według tej klasyfikacji można wyróżnić [1]:

- metody limitowanego oporu cieplnego,
- metody jednostronnej bariery,
- metody aktywne kapilarnie,
- metody pełnej bariery dwustronnej,
- metody punktowo-kapilarnie,
- metody liniowo-kapilarnie.

5. Wybrane analizowane systemy

Analizowane systemy z rynku polskiego podzielono na dyfuzyjnie otwarte i zamknięte.

Systemy z dyfuzją otwartą charakteryzują się swobodnym przenikaniem cząsteczek pary wodnej pomiędzy zewnętrzną a wewnętrzną stroną przegrody budowlanej. Omawiany proces możliwy jest za sprawą występującej różnicy ciśnień pomiędzy dwoma środowiskami ze względu na odmienne parametry powietrza. Dyfuzja dąży do wyrównania istniejącej różnicy ciśnień między dwoma stronami

EKOLOGIA A BUDOWNICTWO

przegrody, przenikanie cząsteczek pary wodnej odbywa się w kierunku niższego ciśnienia.

Do systemów, które wykorzystują proces otwartej dyfuzji zaliczono: Bauwer Light (BAUWER), Capatect IDS Aktiv (CAPAROL), Capatect IDS Mineral (CAPAROL), iPor (KEIM), iQ-Therm (REMMERS), Isover Multimax 30 (ISOVER), Multipor (XELLA), Perlit Therm CS II (PERLIT POLSKA), Porogel Medium Spaceloft (AEROGELS), RenoTherm (ECOVARIO), SkamoWall (SKAMOL A/S), Steico Internal (STEICO), StoTherm In Aevero (STO), StoTherm In Comfort (STO), Tectem Insulation Board Indoor (KNAUF), VestaEco Internal (VESTAECO).

Systemy zamknięte dyfuzyjnie ograniczają swobodne przemieszczanie się cząsteczek pary wodnej. W ten sposób rozpatrywany proces chroni przegrodę przed zjawiskiem kondensacji pary wodnej oraz zabezpiecza przed rozwojem grzybów i pleśni.

Do systemów o zamkniętej dyfuzji zaklasyfikowano: Aero-Therm (4ECO LINE), IsoBOOSTER (ISOBOOSTER), Kooltherm K118 (KINGSPAN), Kooltherm K17 (KINGSPAN), Recticel Eurothane G (RECTICEL INSULATION), StoTherm In (STO), Superwand DS (KORFF ISOLMATIC).

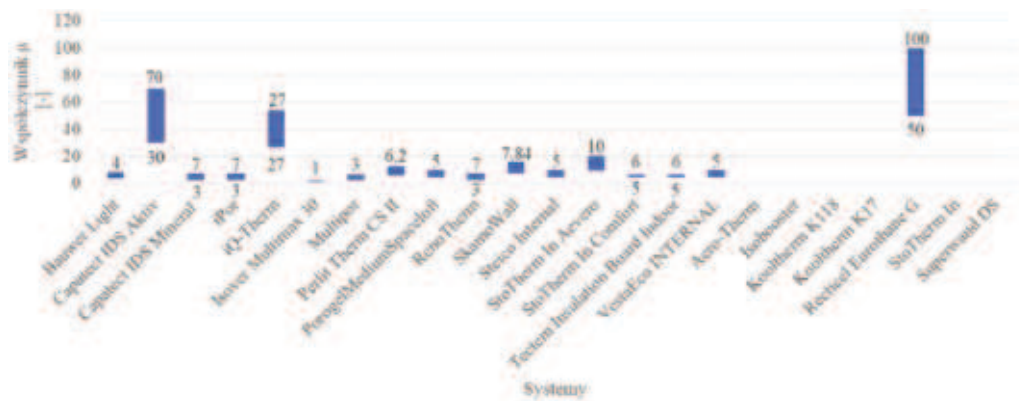
5.1. Wybrane analizowane parametry techniczne

Wybrane parametry techniczne dla analizowanych systemów przedstawiono na rysunkach 1-4.

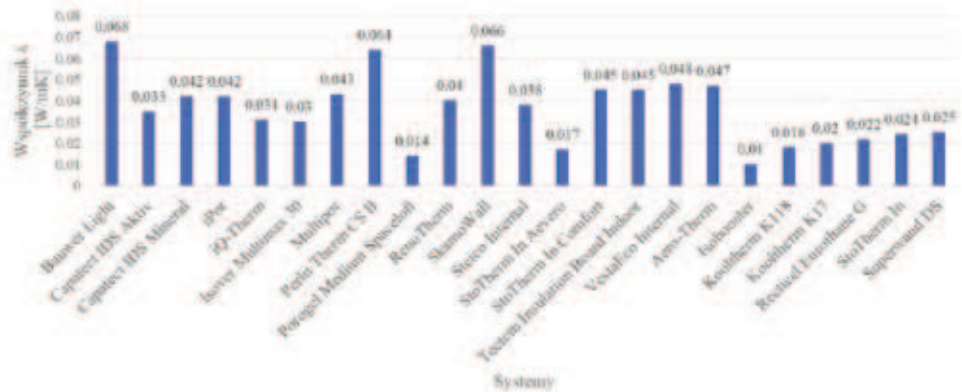
6. Porównanie systemów termoizolacyjnych od wewnątrz, które zawierają poliuretan

Z proponowanych rozwiązań wielowarstwowych technologii z rdzeniem z poliuretanu uzyskują najkorzystniejsze parametry energetyczne. Wybrane właściwości systemów zestawiono i porównano w tabeli 1.

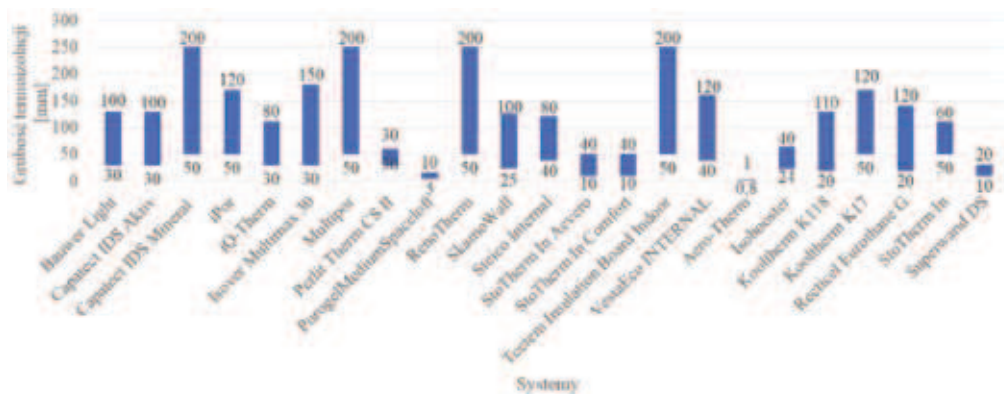
Rys. 1. Wartości współczynnika oporu dyfuzyjnego dla analizowanych systemów



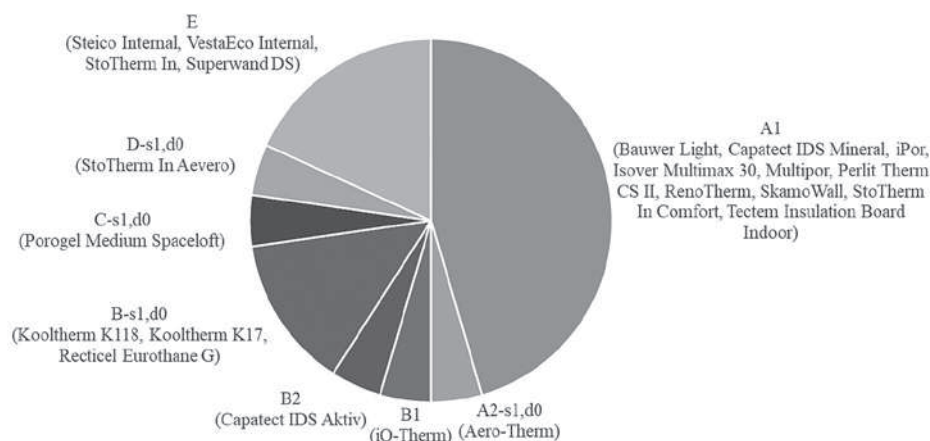
Rys. 2. Wartości współczynnika przewodzenia ciepła dla analizowanych systemów



Rys. 3. Grubość materiałów termoizolacyjnych według dostępności produktów oferowany przez producentów systemów



Rys. 4. Reakcja na ogień analizowanych systemów według EN 13501-1



7. Podsumowanie

Duża liczba omawianych producentów oferuje kompletne systemy, w których skład wchodzi wszystkie produkty potrzebne do wykonania prawidłowej termoizolacji od wewnątrz. W ofertach producentów bardzo rzadko są podawane wszystkie parametry poszczególnych materiałów tworzących system. Przykładowe zestawienie podano w tabeli 1, np. brak jest danych określających paroprzepuszczalność, dyfuzyjność, współczynnik nasiąkliwości poszczególnych materiałów zawartych w systemach. Parametry te potrzebne są do analiz termicznych i wilgotnościowych przegród budowlanych wykonywanych przez projektantów. Rozwiązania systemowe przedstawione w artykule spełniające wymagania WT2020 r. zabierają dużą część kubatury pomieszczeń, gdyż grubość warstwy materiału dociepleniowego waha się od 100 do 200 mm dla docieplenia muru o współczynniku przenikania równym 1,75 W/m²K.

Analizie poddano 23 systemy dyfuzyjnie otwarte i zamknięte, na rysunkach zestawiono przykładowe rozpatrywane parametry. Badania dowiodły, że systemy te różnią się między sobą wieloma wartościami, które w znaczący sposób wpływają na prace przegród, jak i na trwałość całej konstrukcji. Systemy z rdzeniem poliuretanowym uzyskują najniższe wartości współczynnika przenikania ciepła, w zestawieniu rozwiązanie z płytą PIR okazało się najkorzystniejsze. Budynki zabytkowe wymagają szczególnej

uwagi, jak wynika z zestawień systemów, rozwiązanie izolacji od wewnątrz powinien dobierać specjalista – fizyk budowlany, aby nie popełniono błędów projektowych z konsekwencjami degradacyjnymi dla tych historycznie bezcennych obiektów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wójcik R., Docieplanie budynków od wewnątrz, Medium, Warszawa, 2017
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (Dz.U. 1994 Nr 89, poz. 414)
- [3] Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2003 Nr 162, poz. 1568)
- [4] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późn. zm.)
- [6] Deutsche Norm DIN 4108-2:2003-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [7] Ksit B., Gaczek M., Analytical meanders of selected systems for thermorenovation of historical buildings, Solina, 2018
- [8] Praca dyplomowa inżynierska Jankowiak M.: Analiza systemów termorenowacji od wewnątrz; promotor dr inż. Ksit B., Politechnika Poznańska, 2019

Tabela 1. Zestawienie systemów termoizolacyjnych od wewnątrz, które zawierają poliuretan (NPD'No Performance Determined) [8]

Właściwość	System	STOTHERM IN STO	IQ-THERM REMMERS	RECTICEL EUROTHANE G RECTICEL INSULATION	SUPERWAND DS KORFF ISOLMATIC
Materiał termoizolacyjny		Płyta PUR	Płyta PUR	Płyta PIR	Płyta PUR
Reakcja na ogień (DIN 4102-1)		B2	B1	B1	B2
Aktywność kapilarna		Nie	Tak	NPD ¹	Nie
Otwartość dyfuzyjna		NPD ¹	Tak	NPD ¹	Nie
Paroprzepuszczalność		Nie	NPD ¹	NPD ¹	Nie
Grubość termoizolacji [mm]		50/60	30/50/80	20/30/40/50/60/ 80/100/120	10/20
Wytrzymałość na ściskanie [kPa]		≥ 120	100	≥ 120	NPD ¹
Wytrzymałość na rozciąganie [kPa]		≥ 50	115	TR80	NPD ¹
Gęstość objętościowa ρ [kg/m ³]		30–300	45	30	45
Współczynnik oporu dyfuzyjnego μ [–]		NPD ¹	27	50–100	NPD ¹
Opór przenikania ciepła R ₀ [m ² · K/W]		NPD ¹	0,94/1,56/2,50	0,90/1,35/1,80/2,25/2,70/ 3,60/4,50/5,45	NPD ¹
Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/m·K]		0,024	0,031	0,022	0,025
Współczynnik nasiąkliwości A _w [kg/m ² h ^{0.5}]		NPD ¹	0,774	NPD ¹	NPD ¹