

# Analiza zastosowania materiałów poliizocyjanurowych do izolacji przegród w systemowym budownictwie szkieletowym z drewna

Mgr inż. Mateusz Walerjańczyk, dr inż. Barbara Ksit – promotor, Instytut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska

## 1. Wprowadzenie

Termoizolacja przegród zewnętrznych w budownictwie kubaturowym w obecnych czasach staje się jedną z najistotniejszych cech obiektów przeznaczonych do użytkowania przez ludzi. Spełnienie warunków związanych z izolacyjnością cieplną przegród określonych w ustawie [1] jest obowiązkiem dla wszystkich rodzajów budynków. Systemowe budownictwo szkieletowe z drewna jest w Polsce bardzo rzadko spotykane, pomimo tego, że jego specyfika pozwala z łatwością uzyskać wymagane wartości pożądanego poziomu ochrony cieplnej budowanych obiektów. Projektowane w tej technologii przegrody w myśl producenta STEICO są z reguły otwarte na dyfuzję pary wodnej, co w przypadku stropodachów pełnych niewentylowanych jest niewykonalne ze względu na wierzchnie warstwy przegrody charakteryzujące się wysokim współczynnikiem oporu dyfuzyjnego, znacznie wyższym niż ten w wewnętrznych powłokach tych przegród.

## 2. Opis metod termoizolacji przegród w systemie STEICO

W budownictwie szkieletowym w systemie STEICO charakterystyczną cechą przegród pionowych i poziomych jest termoizolacja przestrzeni pomiędzy sąsiednimi elementami konstrukcji ścian, stropów i dachów. Konstrukcję stanowią szeregi słupków oraz belek połączonych odpowiednio z podwalinami i oczepami oraz z belkami czołowymi i podciągami. Całość stężana jest płytami konstrukcyjnymi, np. OSB 3. Możliwość wypełniania przestrzeni materiałami termoizolacyjnymi stanowi duży plus w kwestii efektywności energetycznej i idącej z tym w parze mniejszej grubości przegród. Systemowe materiały termoizolacyjne wykorzystywane do zaizolowania pustek pomiędzy elementami konstrukcyjnymi są wytworzone z włókien drzewnych lub celulozy i charakteryzują się wysoką zdolnością akumulacji ciepła oraz wskaźnikami przewodzenia ciepła konkurującymi ze styropianem i z wełną mineralną. Wymiary mat są dostosowane

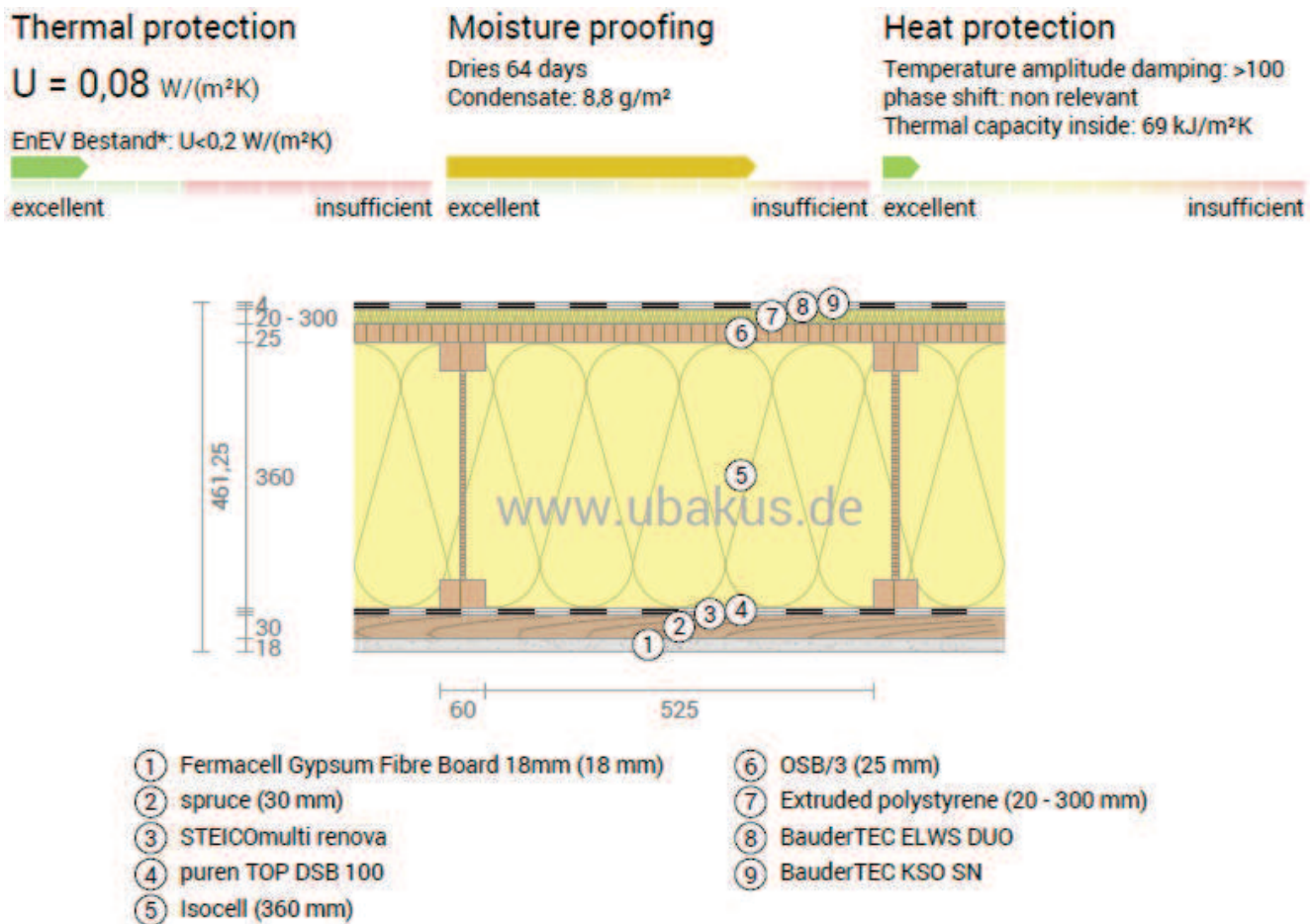
do najpopularniejszego rozstawu elementów konstrukcyjnych w niemieckiej siatce modularnej (62,5 cm pomiędzy sąsiednimi słupkami). Przykładem może być sprężysta mata z włókien drzewnych STEICOflex 036 o współczynniku przewodzenia ciepła równym  $\lambda = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  – zgodnie z danymi prezentowanymi na stronie [4].

Przestrzeń między belkami w konstrukcji stropów lub stropodachów może być wypełniona także wdmuchiwanym materiałem termoizolacyjnym aplikowanym za pośrednictwem specjalnych agregatów do wymaganego poziomu gęstości zależnego od grubości przestrzeni i kąta spadku w przegrodzie. Szczegóły są opisane w broszurach dostępnych na stronie internetowej producenta – STEICO Sp. z o.o. z zakładem w Czarnkowie w Polsce.

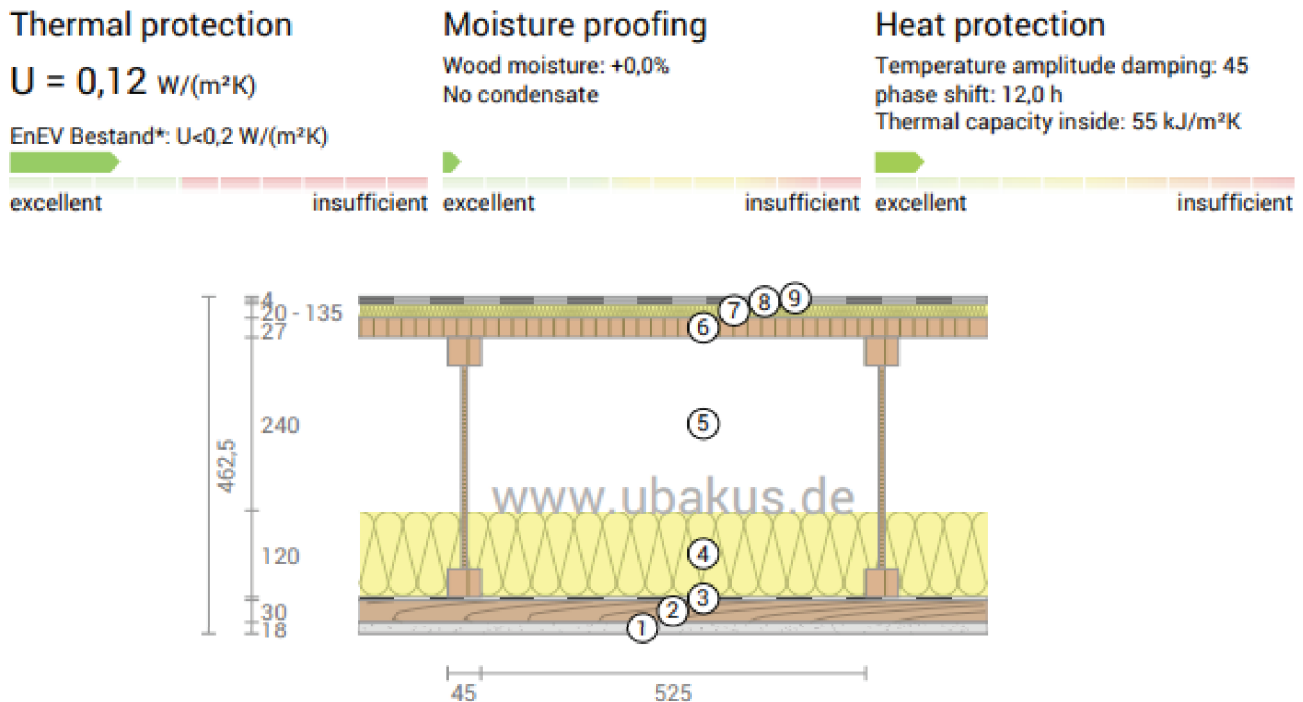
Materiały z włókien drzewnych cechują się również higroskopijnością, czyli zdolnością do pochłaniania, ale i oddawania wody. Ma to bardzo korzystny wpływ dla przegród otwartych dyfuzyjnie, ponieważ wówczas drewno konstrukcyjne nie jest narażone na zawilgocenie. Ta kwestia się nieco komplikuje w przypadku konieczności zastosowania przegrody szczelnej, np. przy dachach pełnych, płaskich niewentylowanych. Ten przypadek stał się przedmiotem analizy, w której porównano ze sobą wyniki osiągnięte przy zastosowaniu w tej samej przegrodzie materiałów termoizolacyjnych o różnych właściwościach fizycznych.

## 3. Analiza na wybranym przykładzie

Analizę przeprowadzono w stropodachu płaskim, niewentylowanym, projektowanym jako element zamknięty na dyfuzję pary wodnej. Taka charakterystyka pracy tej przegrody w zakresie transferu pary wodnej przez jej strukturę konieczna jest przez zastosowanie hydroizolacji w postaci dwóch warstw pap elastomerobitumicznych. Mają one znacznie większą wartość równoważnej dyfuzyjnie grubości warstwy powietrza niż wewnętrzna warstwa stropodachu z płyty gipsowo-włóknowej na drewnianym ruszcie z łąt. Takie rozwiązanie wiąże się z ryzykiem kondensacji migrującej



**Rys. 1.** Przekrój przez stropodach w przypadku zastosowania termoizolacji z granulatów z celulozy (Cross-section through flat roofs when using thermal insulation from cellulose granules), Źródło: [5]

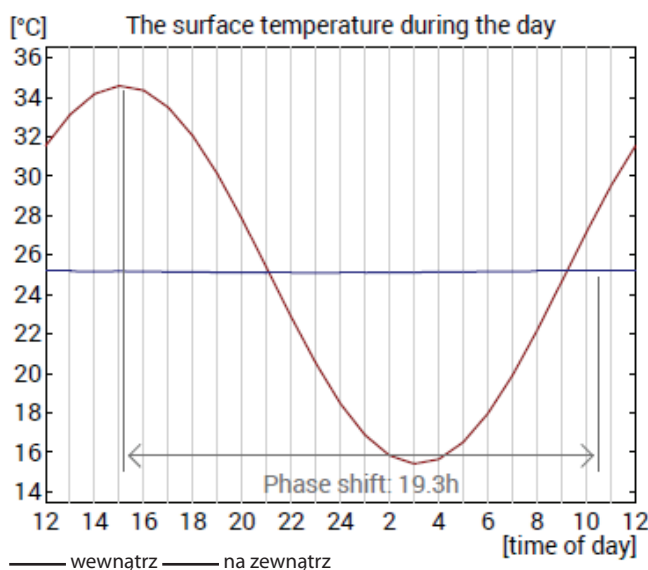


**Rys. 2.** Przekrój przez przegrodę z zastosowaniem zamiennego materiału termoizolacyjnego - pianki PIR (Cross-section through the partition using a replacement thermal insulation material - PIR foam) Źródło: [5]

**Tabela 1.** Zestawienie osiągniętych wyników analizy (A summary of the analysis results achieved)

Lp.	Parametr [jednostka]	Rozwiązanie systemowe	Rozwiązanie alternatywne
1	Współczynnik U [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	0,12
2	Przepuszczalność pary wodnej [g/m <sup>2</sup> ]	8,8	0,0
3	Przesunięcie fazowe [h]	12,0	19,3
4	Pojemność cieplna [kJ/m <sup>2</sup> K]	55,0	69,0

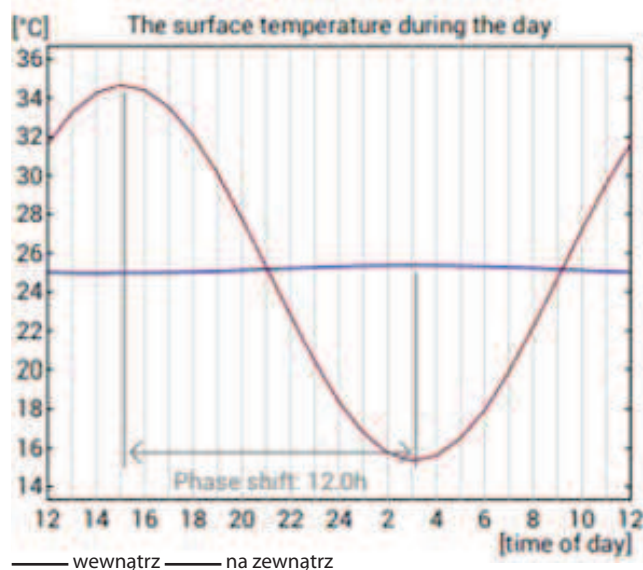
Źródło: opracowanie własne autora



**Rys. 3.** Wykres przesunięcia fazowego w rozwiązaniu systemowym (Phase shift graph in a system solution), Źródło: [5]

przez przegrodę wilgoci i zatrzymaniem jej wewnątrz przez nieprzepuszczalną warstwę hydroizolacji.

Rozwiązaniem tego problemu jest zwiększenie współczynnika  $s_d$  w wewnętrznej warstwie przegrody. Z chęcią zachowania systemowego rozwiązania termoizolacji (w rozważanym przypadku przestrzeń pomiędzy belkami zaizolowano granulatem termoizolacyjnym STEICOflor z włókien z celulozy) konieczna jest zmiana (lub dołożenie drugiej warstwy) membrany paroizolacyjnej na taką, którą charakteryzować będzie wysoka wartość współczynnika oporu dyfuzyjnego  $\mu$  dająca w efekcie równie wysoką wartość współczynnika  $s_d$ . Zdaniem autora wartość ww. współczynnika powinna być co najmniej równa łącznej wartości równoważnej dyfuzyjnie grubości warstwy powietrza hydroizolacji zewnętrznej. Takie rozwiązanie zwiększa opór przegrody i zabezpiecza ją przed nadmierną ilością przedostającej się pary wodnej, która w przypadku ewentualnej kondensacji będzie miała możliwość odparowania/wyschnięcia. Alternatywą jest zmiana głównego materiału termoizolacyjnego na taki, który sam w sobie jest barierą w zakresie transportu pary wodnej. Analizie porównawczej poddano materiał charakteryzujący się strukturą zamkniętokomórkową, która staje się barierą paroizolacyjną. Skutkuje to nieprzedostawaniem się



**Rys. 4.** Wykres przesunięcia fazowego w rozwiązaniu systemowym (Phase shift chart in an alternative solution), Źródło: [5]

wilgoci do wewnętrznych struktur przegrody. Główny materiał termoizolacyjny zastąpiono więc płytą PIR – Eurothane Powerdeck 024 o grubości 12 cm i współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  zgodnie z parametrami prezentowanymi na [3]. Efektem przyjęcia takiego rozwiązania jest praktycznie całkowite zamknięcie przegrody na dyfuzję pary, co skutkuje brakiem ryzyka pojawienia się jej w warstwach wewnętrznych.

Na rysunkach 1 i 2 widoczne są osiągnięte różnice w zakresie kilku parametrów i ich wartości uzależnionych od przyjętego rozwiązania, które przedstawiono zbiorczo w tabeli 1. Poza widoczną różnicą w zakresie przepuszczalności pary wodnej w przeprowadzonej analizie przedstawiono dodatkowo wynik uzyskanego parametru przesunięcia fazowego. Wartość ta opisywana jest w godzinach i informuje ona o różnicy w czasie, w którym w ciągu dnia osiągnięte zostaną maksymalne temperatury na zewnętrznych i na wewnętrznych częściach analizowanej przegrody. Wielkość ta informuje także pośrednio o zdolności przegrody do tłumienia amplitudy wahań temperatur. Im jest większa, tym bardziej przegroda tłumia wahania pomiędzy temperaturami zewnętrznymi a wewnętrznymi jej części.

Przegroda z zastosowaniem systemowego materiału





**Rys. 5.** Widok na pomieszczenie wewnątrz obiektu budowanego w systemie STEICO – widoczna niezamknięta jeszcze konstrukcja stropu. Obiekt – szkoła w Czarnej Wodzie. View of the room inside the building constructed in the STEICO system – the ceiling structure is still open. The facility - a school in Czarna Woda. Źródło: [5]

termoizolacyjny wykazuje większą pojemność cieplną, co za tym idzie, lepiej tłumi amplitudy wahań temperatur występujące pomiędzy powłokami zewnętrznymi i wewnętrznymi.

#### 4. Podsumowanie

Wyjściowy materiał termoizolacyjny jest rozwiązaniem systemowym, wdmuchiwanie go zgodnie z zaleceniami producenta i zagęszczenie do wymaganej wartości jest rozwiązaniem zapewniającym skuteczność w zakresie termoizolacji przestrzeni otwartych na dyfuzję pary wodnej. Spełnienie wymagań termoizolacyjności nie jest problematyczne. W sytuacji, w której lepszym rozwiązaniem jest zamknięcie przegrody na migrację wilgoci w postaci pary wodnej, sensowniejszym rozwiązaniem wydaje się być zamiana materiału termoizolacyjnego na taki, który wilgoci nie przepuści. Obydwa rozwiązania spełniają warunki termoizolacyjności

przegród dla stropodachów nad przestrzeniami ogrzewanymi z temperaturą wewnętrzną  $t_i \geq 16^\circ\text{C}$  z ograniczeniem wchodzącym w życie po 01.01.2021 r. ( $W_{\text{max}} = 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ) zgodnie z uwarunkowaniem wskazanym w załączniku nr 2 do [1]. Przy zastosowaniu termoizolacji z pianki PIR uzyskuje się dodatkową przestrzeń np. do przeprowadzenia instalacji w poziomie konstrukcji przegrody. Jednak w celu uzyskania w rzeczywistości wyników, takich jak te przedstawione w obliczeniach, należałoby opracować rozwiązania połączeń płyt termoizolacyjnych z elementami konstrukcji, którymi w zależności od przyjętego rozwiązania projektowego mogą być belki dwuteowe z grupy belek STEICOrof albo belki o przekroju prostokątnym z drewna wysoko przetworzonego z fornirów np. STEICO LVL R.

**Artykuł powstał na podstawie pracy dyplomowej [5], która brała udział w konkursie na najlepszą pracę dyplomową z wykorzystaniem poliuretanów, zorganizowanym przez Polski Związek Inżynierów i Techników Budowlanych Koło Nr 4 przy Politechnice Poznańskiej oraz Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR.**

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn. Dz.U. z 2015 r., poz 1422, zm. Dz.U. z 2017 r., poz. 2285)
- [2] Komorowski M., Podręcznik projektowania i budowania w systemie STEICO. Podstawy. Fizyka budowli. Zalecenia wykonawcze, wyd. II, Warszawa, Forester Communication, 2018
- [3] Recticel S.A., Recticel insulation FEEL GOOD INSIDE, pobrano 4 czerwca, 2019 z lokalizacji <https://www.recticelinsulation.com/pl/eurothane-bi-4a>, <https://www.recticelinsulation.com/pl/powerdeck>
- [4] STEICO CEE Sp. z o.o., STEICO naturalny system budowlany, pobrano 22 lipca, 2019 z lokalizacji <https://www.steico.com/index.php?id=31&L=3>
- [5] Walerjańczyk M., Projekt konstrukcyjny biurowca w systemie szkieletowym (Steico), praca magisterska, promotor dr inż. B. Ksit, Politechnika Poznańska, WBiIŚ, Poznań, 2019

## XVI KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA WARSZTAT PRACY RZECZOZNAWCY BUDOWLANEGO

Kielce – Cedzyna 13–15 maja 2020 r.

#### ORGANIZATORZY

- PZITB Oddział Kielce,
- Politechnika Świętokrzyska Wydział Budownictwa i Architektury

#### KOMITET NAUKOWO-PROGRAMOWY

##### Przewodniczący

Prof. dr hab. inż. Leonard RUNKIEWICZ

##### Sekretarz

Dr hab. inż. Barbara GOSZCZYŃSKA, prof. PŚk

#### ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
„Rzeczoznawstwo 2020”  
25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7  
tel. +48 41 34 24 808, fax +48 41 34 43 784  
e-mail: [rzeczoznawstwo2020@tu.kielce.pl](mailto:rzeczoznawstwo2020@tu.kielce.pl)

#### TEMATYKA WARSZTATÓW

1. Zagadnienia formalnoprawne w działalności Rzeczoznawcy i Specjalisty Budowlanego.
2. Systemy monitoringu i nieniszczące metody badawcze stosowane w ocenie stanu technicznego obiektów budowlanych z analizą wyników i przykładami zastosowań.
3. Oceny stanów technicznych i trwałości konstrukcji z uwzględnieniem wpływu środowiska i innych oddziaływań zewnętrznych.
4. Zagadnienia obejmujące stosowanie nowoczesnych materiałów i technologii budowlanych.
5. Metody oceny właściwości cieplnych obiektów budowlanych.
6. Ocena bezpieczeństwa obiektów po pożarze.

[www.rzeczoznawstwo2020.tu.kielce.pl](http://www.rzeczoznawstwo2020.tu.kielce.pl)

\* Uczestnicy Konferencji otrzymają zaświadczenie o odbyciu szkolenia zawodowego, wydane przez organizatorów.