



ANALIZA TECHNICZNO – EKONOMICZNA MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH STOSOWANYCH W BUDOWNICTWIE

Dorota Ambroziak

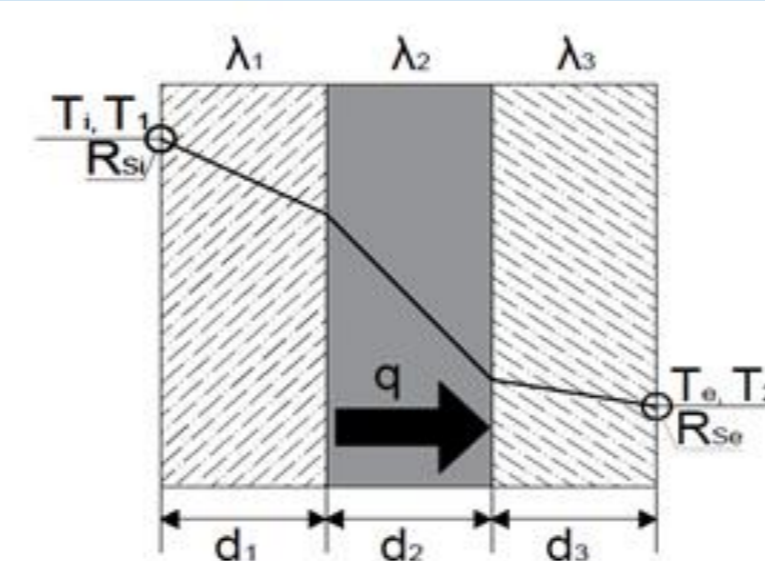
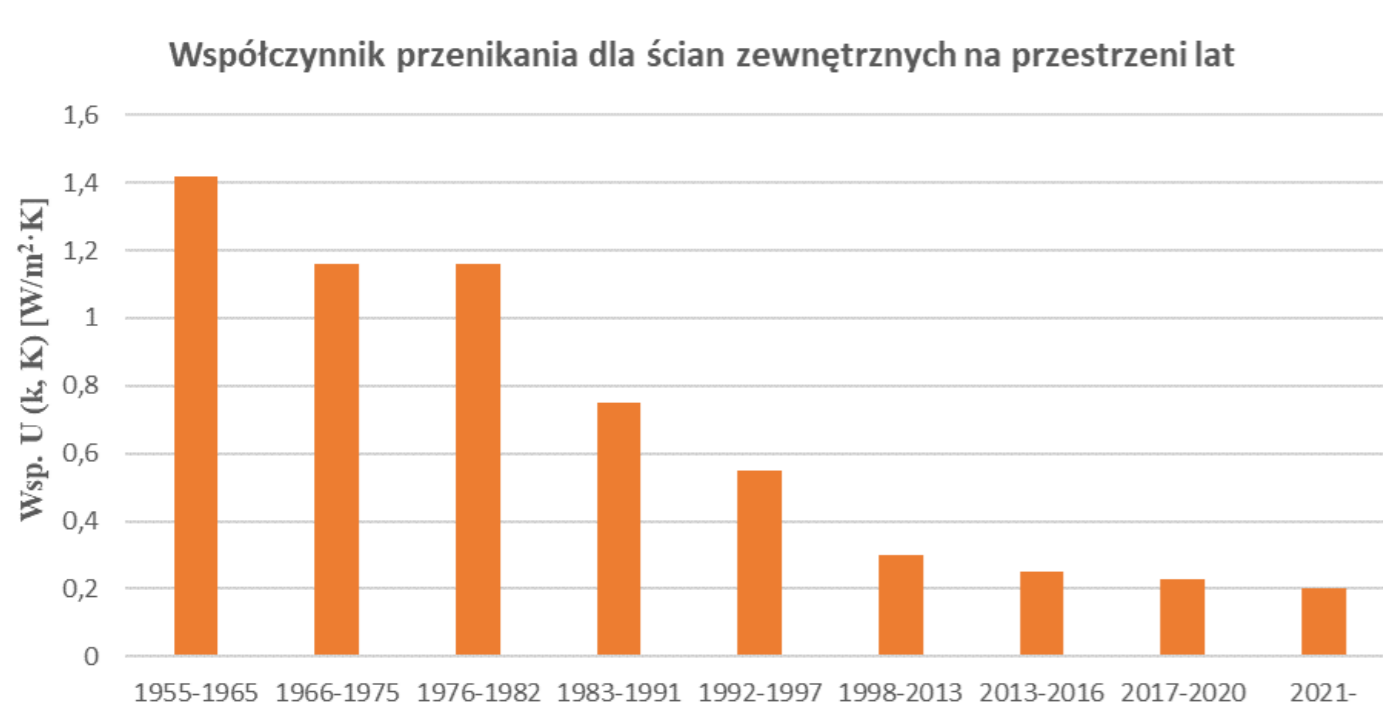
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Na przestrzeni ostatnich kilku lat zauważalny jest trend efektywnego i rozsądnego wykorzystywania wszelkich surowców. Dąży się do zmniejszania kosztów związanych z eksploatacją budynków poprzez odpowiednią minimalizację strat ciepła i optymalizację zysków ciepła. Branża budowlana reprezentuje coraz więcej możliwości w zakresie materiałów izolacyjnych sprzyjających budowie budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię pierwotną.

Współczynnik charakteryzujący przenikanie ciepła przez przegrodę.

$$U = \frac{1}{R}$$

gdzie:
U - współczynnik przenikania ciepła przegrody [(W/m²·K)],
R - opór cieplny przegrody [(m²·K)/W].



Przenikanie ciepła przez przegrodę wielowarstwową

Każdy nowopowstały budynek zgodnie z „Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” wraz z początkiem roku 2021 powinien spełniać zależność:

$$U_{\text{ścian zewnętrznych}} \leq 0,2 \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$$

W tym celu niezbędne jest odpowiednie zaizolowanie przegród poprzez materiały termoizolacyjne.

Pożądane cechy charakteryzujące materiał termoizolacyjny:

- korzystny współczynnik przewodzenia ciepła
- bezpieczny dla życia i zdrowia ludzi oraz zwierząt
- koherentność z innymi materiałami użytymi do wykonania pełnego ocieplenia
- niewielki ciężar
- duża wytrzymałość mechaniczna
- odporność na oddziaływanie chemiczne
- odporność na oddziaływanie biologiczne
- wysoka klasa odporności ogniowej
- paroprzepuszczalność
- słaba nasiąkliwość
- łatwość montażu
- korzystna cena



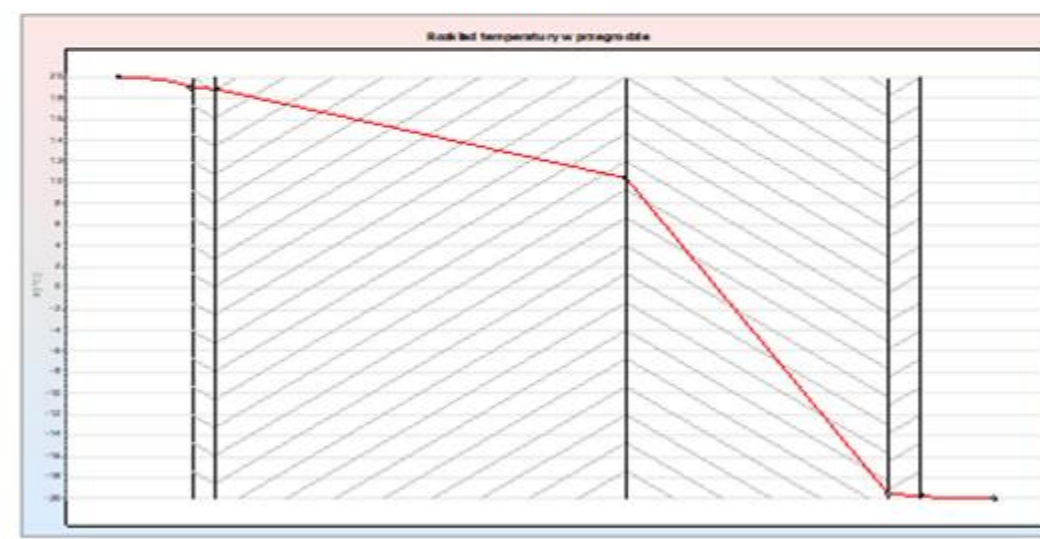
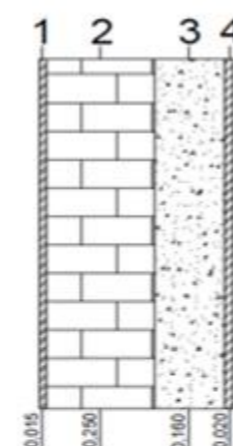
Porównanie wymaganej grubości danego materiału izolacyjnego przy zachowaniu tego samego oporu cieplnego

Przy termoizolacji ścian zewnętrznych najczęściej wykorzystywane są materiały o budowie komórkowej i włóknistej w formie różnego rodzaju płyt i mat. Analizie poddano najczęściej wybierane rodzaje materiałów termoizolacyjnych oraz najciekawsze propozycje pod względem pochodzenia i walorów technicznych:

- płyty z polistyrenu ekspandowanego EPS
- płyty z polistyrenu ekstrudowanego XPS
- płyty z pianki fenolowo – formaldehydowej
- płyty z wełny szklanej i skalnej
- płyty z pianki poliuretanowej PUR
- maty aerożelowe
- płyty z włókna konopnego

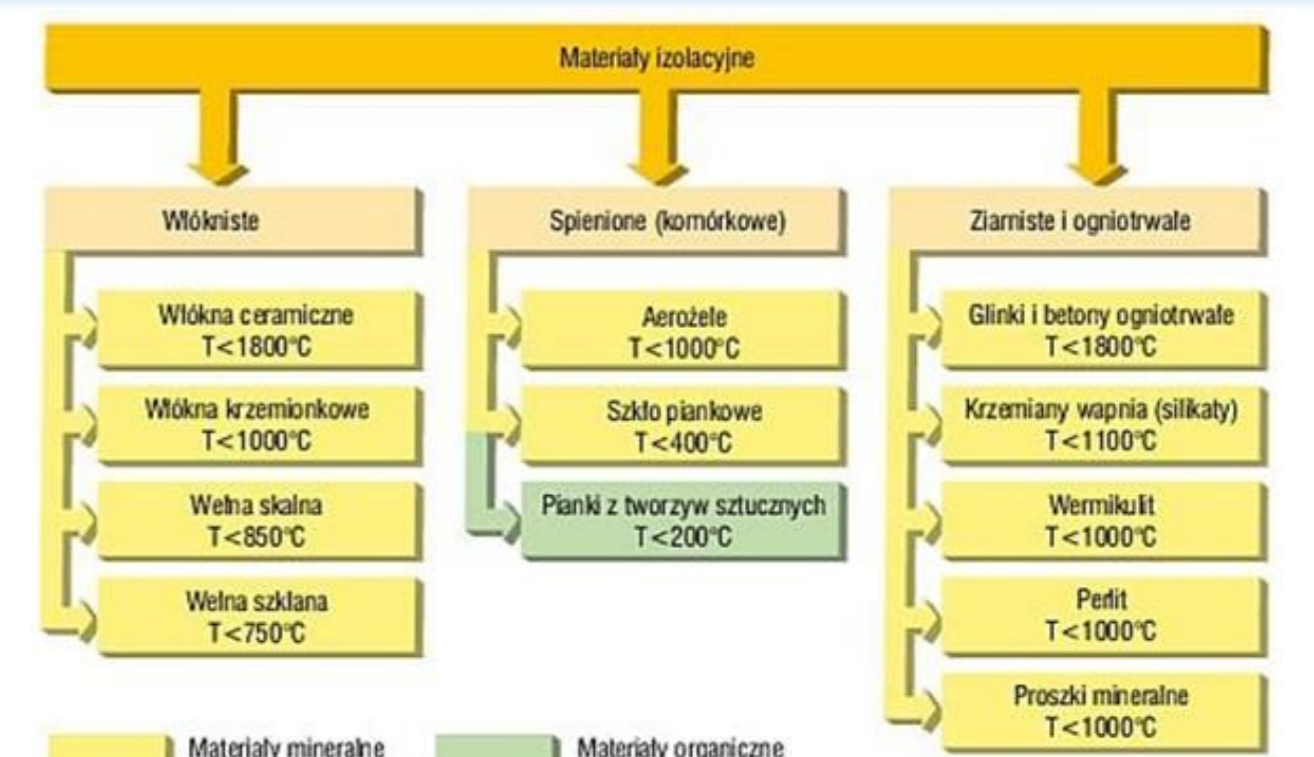
Model ściany ze styropianem

a) Austrotherm – płyta styropianowa EPS 042 Faada [61]
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,042 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Minimalna grubość płyty:
 $d_1 \geq 3,742 + 0,042 [m]$
 $d_1 \geq 0,157 \text{ m}$
Dostępna grubość: 0,16 m
Współczynnik przenikania ciepła przegrody:
 $U = \frac{1}{1,276 + R_1} = \frac{1}{1,276 + \frac{0,16}{0,042}} = 0,197 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$
Koszt za m²: 55,10 zł



Rys. 21. Rozkład temperatury i układ warstw w przegrodzie z warstwą styropianu $\lambda=0,042 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Zobrazowanie przykładowych obliczeń dla wybranego wariantu i rozkładu temperatur w przegrodzie



Maksymalne wartości temperatur stosowania przykładowych materiałów o budowie włóknistej, komórkowej i ziarnistej

Zestawienie podstawowych parametrów i cen analizowanych materiałów

	Styropian EPS 042	Styropian EPS 040	Styropian EPS 038	Styropian EPS 031	Styropian XPS	Wełna skalna 040	Wełna skalna 035	Płyta PIR	Płyta fenolowa	Maty aerożelowe	Płyta z wełny konopnej
λ [W/(m·K)]	0,042	0,040	0,038	0,031	0,034	0,040	0,035	0,025	0,020	0,016	0,040
Minimalna grubość materiału [m]	0,157	0,150	0,142	0,116	0,127	0,150	0,131	0,094	0,075	0,060	0,150
Przyjeta dostępna grubość materiału [m]	0,160	0,150	0,150	0,120	0,140	0,150	0,140	0,100	0,080	0,060	0,160
Grubość przegrody [m]	0,445	0,435	0,435	0,405	0,425	0,435	0,425	0,385	0,365	0,345	0,445
Gęstość materiału [kg/m ³]	11,0	12,5	13,5	13,5	30,0	85,0	90,0	30,0	35,0	150,0	38,0
Klasa odporności ogniowej	E	E	E	E	E	A1	A1	E	B-s2	D-s1	B-s2
Wytrzymałość na ściskanie przy 10% odkształcenia [kPa]	-	-	≥70	-	≥210	50	30	≥150	≥100	-	-
Koszt materiału za 1m ² [zł]	55,1	56,3	61,8	61,3	114,9	115,1	99,2	124,7	250,6	245,4	112,1
Przybliżony koszt materiału potrzebnego do zaizolowania ścian zewnętrznych budynku o powierzchni ok. 100 m ² [zł]	6832	6981	7663	7595	14218	14272	12301	15463	31074	30430	13900

Koszty związane ze zakupem zwiększonej grubości materiału oraz przybliżone oszczędności wynikające z minimalizacji strat ciepła na przykładzie styropianu EPS grafitowego

Grubość materiału [m]	Współczynnik U przegrody [W/(m ² ·K)]	Straty ciepła [kWh/rok]	Koszty ogrzewania wynikające ze strat przez przenikanie przez ściany zewnętrzne [zł/rok]		Przybliżone koszty materiału dla analizowanego budynku [zł]	
			Punkt odniesienia	Strata	Punkt odniesienia	Strata
0,12	0,194	8444,57	1857,81	-	7595,00	-
0,14	0,173	7504,07	1650,90	-206,91	8861,04	+1266,04
0,15	0,164	7108,24	1563,81	-294,00	9494,68	+1899,68
0,16	0,155	6752,08	1485,46	-372,35	10127,08	+2532,08
0,18	0,141	6137,07	1350,15	-507,66	11393,12	+3798,12
0,20	0,129	5624,74	1237,44	-620,37	12659,16	+5064,12



Rzut rozpatrywanego budynku

Układ warstw w rozpatrywanej przegrodzie

Lp.	Warstwa	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]	Grubość warstwy [m]	Opór cieplny R [(m ² ·K)/W]
1	Opór przegrodzenia od wewnątrz R _i	-	-	0,130
2	Tynk cementowo-wapenny	0,082	0,015	0,018
3	Warstwa cegły Porotherm 25 E3	0,234	0,250	1,068
4	Materiał izolacyjny	Zależnie od wariantu	-	-
5	Tynk cementowy lub okładzina	1,000	0,020	0,020
6	Opór przegrodzenia od zewnątrz R _e	-	-	0,040

Podsumowanie:

- Wśród analizowanych materiałów izolacyjnych dla przeciętnego domu jednorodzinnej najlepszym wyborem jest styropian ekspandowany z domieszką grafitu.
- Styropian jest materiałem lekkim, dogodnym w montażu.
- Materiał termoizolacyjny zawsze należy dokładnie dobierać pod specyfikację inwestycji, ze szczególnym uwzględnieniem jego parametrów i właściwości.
- Materiały izolacyjne nowej technologii typu pianki PIR, maty aerożelowe są przykładem jak duży postęp zrobiono w branży materiałów termoizolacyjnych na przestrzeni ostatnich lat.
- Analizując koszty ogrzewania wynikające ze strat ciepła na przestrzeni 25 lat wynika, że zainwestowanie w niewiele większą grubość materiału izolacyjnego może mieć pozytywne skutki w potencjalnych oszczędnościach.

Bibliografia:

- [1] Pogorzelski J. A., „Zagadnienia cieplno-wilgotnościowe przegród budowlanych”, rozdz. 4, „Budownictwo Ogólne”, tom 2, „Fizyka Budowli”, praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr hab. inż. P. Klemma, Arkady, Warszawa 2005.
- [2] Kaczowska A., „Podstawowe izolacje budowlane”, Wydawnictwo „KaBe”, Krosno 2013
- [3] Szaflik W., „Materiały i wyroby instalacyjne oraz termoizolacyjne”, rozdz. 14, „Budownictwo Ogólne”, tom 1, „Materiały i wyroby budowlane”, praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr hab. inż. B. Stefańczyk, Arkady, Warszawa 2005.
- [4] Wysocki K., „Docieplenia budynków metodą ETICS”, Wydawnictwo „KaBe”, Krosno 2018
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- [6] Frössel F., Oberhaus H., Riedel W., „Ochrona cieplna budynków systemy izolacji ETICS”, POLcen, Warszawa 2011.
- [7] <https://platformaizolacji.pl/fasady-elewacje/212-styropian-austrotherm-eps-040-fasada.html>
- [8] <https://www.isover.pl/porady/welna-mineralna-szkalna-i-skalna-co-je-rozni-co-laczy-dostep>
- [9] <https://bokka.pl/>
- [10] <https://z500.pl/projekt/67/z69.wygodny-parterowy-dom-z-3-sypialniami-przestronnym-salonem-i-zadaszonym-tarasem.html>

Powyższe zestawienie powtórzone dla czterech wcześniej wymienionych materiałów. Wynikowo z niego, że zwrot kosztów materiału izolacyjnego o większej grubości przy uwzględnieniu minimalizacji strat ciepła przez ściany zewnętrzne nastąpi po:

Styropian EPS (0,038 W/(m·K))				
Grubość [m]	-	-	0,15	0,16
Ilość miesięcy	-	-	70	77
Styropian EPS grafitowy (0,031 W/(m·K))				
Grubość [m]	-	0,12	0,14	0,15
Ilość miesięcy	-	74	78	82
Wełna mineralna (0,035 W/(m·K))				
Grubość [m]	-	-	0,14	0,15
Ilość miesięcy	-	-	113	118
Płyta z pianki PIR (0,025 W/(m·K))				
Grubość [m]	0,10	0,12	0,14	0,15
Ilość miesięcy	143	135	127	149

Rozważaniu zostały również poddane koszty ogrzewania wynikające ze strat ciepła przez ściany zewnętrzne budynku na przestrzeni 25 lat z uwzględnieniem kosztów zakupu materiału termoizolacyjnego dla różnych wariantów.

Koszty ogrzewania wynikające ze strat ciepła przez ściany zewnętrzne na przestrzeni 25 lat z uwzględnieniem kosztów materiału izolacyjnego [zł]				
Grubość materiału [m]	Styropian EPS 0,038 W/(m·K)	Styropian EPS grafitowy 0,031 W/(m·K)	Wełna skalna 0,035 W/(m·K)	Płyta izolacyjna PIR 0,025 W/(m·K)
0,10	-	-	-	60772,30
0,12	-	54040,25	-	57621,85
0,14	-	50133,54	57609,06	54966,85
0,15	53430,44	48589,93	56159,48	53588,80
0,16	51746,32	47263,58	54938,89	53612,80
0,18	48954,58	45146,87	53056,72	52186,35
0,20	46776,84	43595,16	51769,55	53002,90