

# Przegrody pionowe w budownictwie mieszkaniowym jednorodzinnym

Dr inż. Wojciech Drozd, Politechnika Krakowska

## 1. Wprowadzenie

Przegrody pionowe, czyli ściany, to obok dachu i fundamentów – główne elementy konstrukcyjne budynków. Występują jako ściany wewnętrzne – wydzielające pomieszczenia oraz ściany zewnętrzne – nadające budynkom architektoniczną formę, wyznaczające im granice i zabezpieczające od wpływów atmosferycznych. W budownictwie mieszkaniowym jednorodzinnym najczęściej stawia się ściany wykonywane w technologiach drewnianych bądź murowanych. W zależności od projektu korzysta się z elementów drobnowymiarowych ceramicznych, betonowych, betonu komórkowego, silikatów, czy keramzytobetonu. W artykule podjęto próbę porównania najczęściej spotykanych rozwiązań.

## 2. Drewno

Do produkcji wszelkiego rodzaju materiału drzewnego wykorzystywane jest drewno okrągłe, tzw. okrągłaki, czyli część pnia drzewa pozbawiona wierzchołów i gałęzi. Po poddaniu okrągłaków obróbce mechanicznej uzyskuje się tarcicę o przeznaczeniu ogólnym lub określonym.

### 2.1. Ściany wieńcowe

Ściany o konstrukcji wieńcowej stosowane były i są w tradycyjnym budownictwie drewnianym. Jest to jedna z prostszych konstrukcji ścian z drewna, która wiąże się szczególnie ze znacznym zużyciem materiału. Ściany wykonane są z tzw. bali z drewna litego, klejonego lub potowizn drewna litego.

**Tabela 1.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany warstwowej z bali

Boazeria, bal grub. [mm]	Folia paroizolacyjna	Izolacja cieplna [mm]	Folia wiatroizolacyjna	Bal grubość [mm]	Przegroda grubość [mm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
20	+	100	+	60	180	0,29
20	+	100	+	80	200	0,28
20	+	50	+	260	330	0,30
70	+	100	+	70	240	0,27
135	+	50	+	135	320	0,29

**Tabela 2.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany szkieletowej zewnętrznej

Lp.	Materiał	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	Masa objętościowa materiału [kg/m <sup>3</sup> ]	U przegrody [W/m <sup>2</sup> K]
1	Płyty gipsowo-kartonowe wewnętrzne	0,23	1,25	100	0,25
2	Szczelina powietrzna niewentylowana	–	2,5	–	
3	Paroizolacja z folii polietylenowej	–	0,02	–	
4	Płyta z wełny mineralnej	0,045	15	120	
5	Odeskowanie	0,2	1,9	700	
6	Wiatroizolacja z papy izolacyjnej	–	0,04	–	
7	Elewacja z desek	0,2	2,5	700	
Całkowita grubość przegrody					23,21 cm

**Tabela 3.** Zalety i wady ścian drewnianych

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Niska masa objętościowa, dająca lekkość konstrukcji i oszczędność przy budowie fundamentów</li> <li>– Szybki czas budowy</li> <li>– Korzystny współczynnik przenikania i akumulacji ciepła</li> <li>– „Sucha” technologia</li> <li>– Korzystne cechy mechaniczno-wytrzymałościowe</li> <li>– Możliwość budowy w ziemi</li> <li>– Możliwość użytkowania bezpośrednio po zakończeniu robót</li> <li>– Estetyczny wygląd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Niska odporność ogniowa</li> <li>– Uleganie korozji biologicznej, atmosferycznej i chemicznej</li> <li>– Kurczenie się podczas wysychania</li> <li>– Brak wspólnego systemu wymiarowania</li> </ul>

#### 2.1.1. Bale pełne i klejone

Aby uzyskać odpowiednią izolacyjność, bale muszą mieć odpowiednią grubość, co wiąże się ze znaczną średnicą drewna. Pomocą w takich przypadkach są bale sklejone z dwóch lub kilku cieńszych elementów. Budując ściany z bali pełnych, inwestor zazwyczaj decyduje się na prze-

godę jednorodną, której współczynnik przenikania ciepła U musi być mniejszy niż 0,50 W/m<sup>2</sup>K, co wynika z rozporządzenia ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r.

Wykorzystując wzory i współczynniki z normy, która określa współczynnik przewodzenia ciepła w poprzek włókien dla sosny  $\lambda=0,16$  W/mK,

drewno powinno posiadać grubość min. 30 cm, aby spełnić warunek  $U=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dla przegrody jednorodnej. Współczynnik  $U$  może być zróżnicowany dla jednakowej grubości ściany. Spowodowane będzie to głównie przez różnorodność gatunków drzew i ich różną wartością współczynnika  $\lambda$ .

**2.1.2. Bale izolowane**

Bale, które nie spełniają wymogów cieplnych dla przegrody jednorodnej, muszą być dodatkowo docieplone (od wewnątrz) oraz spełniać warunek współczynnika przenikania ciepła dla ściany warstwowej, który wynosi  $U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Grubość bali zazwyczaj mieści się w granicach od 50 do 200 mm.

**2.2. Ściany szkieletowe**

Najpopularniejszym systemem szkieletowym jest tzw. system żebrowy, popularnie określany budownictwem „kanadyjskim”. Szkielet wykonywany jest na placu budowy z poszczególnych elementów składowych (tab. 2).

**2.3. Zalety i wady ścian drewnianych**

Drewno po dzień dzisiejszy jest jednym z podstawowych materiałów budowlanych stosowanych w budownictwie mieszkalnym, obiektach sakralnych i mostownictwie. Nie ulega wątpliwości, że było i jest powszechnie dostępnym materiałem. Zalety i wady ścian drewnianych przedstawiono w tabeli 3.

**3. Ceramika tradycyjna**

Wyroby ceramiczne produkowane są z surowców plastycznych i nie plastycznych. Surowce plastyczne to głównie gliny, ity, kaolin, łupki ilaste itp. Surowce nieplastyczne to dodatki schudzające i topniki. Asortyment wyrobów ceramicznych jest zróżnicowany, mimo to procesy technologiczne produkcji są niemal takie same dla wszystkich.

**3.1. Ściana dwuwarstwowa**

Ściana dwuwarstwowa składa się z dwóch głównych warstw. Pierw-

**Tabela 4.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany dwuwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	Masa objętościowa materiału [kg/m³]	U przegrody [W/(m²K)]
1	Tynk wapienny wewnętrzny	0,70	1,5	1700	0,30
2	Mur z pustaków ceramicznych MAX na zaprawie cem.-wap.	0,43	29	1100	
3	Styropian	0,040	10	20	
4	Tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego	0,80	0,5	1800	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną					41,0 cm

**Tabela 5.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany trójwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	Masa objętościowa materiału [kg/m³]	U przegrody [W/(m²K)]
1	Tynk wapienny wewnętrzny	0,7	1,5	1700	0,30
2	Mur z pustaków MAX	0,40	29	1100	
3	Wełna mineralna	0,045	10	80	
4	Pustka powietrzna wentylowana	–	1,5		
5	Warstwa osłonowa cegła ceramiczna pełna	0,77	12	1800	
6	Tynk cementowo-wapienny	0,82	1,5	1700	
7	Elementy łączące (pręt cynkowy $\varnothing$ 6 mm)				
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną					55,5 cm

**Tabela 6.** Zalety i wady ścian z ceramiki tradycyjnej

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Powszechność stosowania</li> <li>– Trwałość</li> <li>– Łatwość wykonania</li> <li>– Możliwość wykonania systemem gospodarczym</li> <li>– Roboty budowlane rozkładane na etapy</li> <li>– Duża ognioodporność</li> <li>– Dobra bariera akustyczna</li> <li>– Duża akumulacyjność cieplna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– „Mokra” technologia wzniesienia</li> <li>– Pracochłonność wykonywania murów z elementów drobnowymiarowych</li> <li>– Duży ciężar elementów</li> <li>– Trudność w przebudowie</li> </ul>

sza z nich, zaczynając od wewnątrz to warstwa konstrukcyjna, w tym przypadku cegły lub pustaki ceramiczne, druga natomiast to warstwa izolacyjna, która może być wykonana z płyt styropianowych, polistyrenu ekstrudowanego, płyt z wełny mineralnej lub szklanej. Głównymi zaletami takiego rozwiązania przegrody jest dobra izolacyjność termiczna i akustyczna oraz możliwość wykonania izolacji po wzniesieniu ścian.

**3.2. Ściana trójwarstwowa**

Ściana trójwarstwowa składa się z trzech warstw połączonych z sobą specjalnymi kotwami. Podobnie jak ściana dwuwarstwowa, składa się z warstwy konstrukcyjnej, termoizolacyjnej oraz dodatkowej trzeciej

warstwy osłonowej, elewacyjnej, wykonanej z cegły klinkierowej, licowej lub kratówki o pionowych otworach pokrytych tynkiem. Główne zalety takiej ściany to trwałość, dobra izolacyjność termiczna i akustyczna, korzystny mikroklimat.

**3.3. Zalety i wady ścian z ceramiki tradycyjnej**

Ceramika należy do jednych z popularniejszych i starszych materiałów budowlanych, produkowanych przez człowieka. Już 4000 lat p.n.e. Egipcjanie wykorzystywali w swoich budowlach cegłę zwykłą. Mimo upływu lat, popularność wyrobów ceramicznych nie słabnie. Zalety i wady ścian z nich wykonanych przedstawiono w tabeli 6.

**Tabela 7.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany jednowarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cementowo-wapienny wewnętrzny	0,82	1,5	0,30
2	Mur z pustaków poryzowanych Porotherm 44 P+W	0,141	44	
3	Tynk cementowo-wapienny zewnętrzny	0,82	1,5	
Całkowita grubość ściany				47,00 cm

**Tabela 8.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany dwuwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cementowo-wapienny wewnętrzny	0,82	1,5	0,25
2	Mur z pustaków poryzowanych Porotherm 30 P+W	0,233	30	
3	Styropian	0,04	10	
4	Tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego	0,82	0,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				43,00 cm

**Tabela 9.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany trójwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cementowo-wapienny wewnętrzny	0,82	1,5	0,27
2	Mur z pustaków poryzowanych Porotherm 25 P+W	0,313	25	
3	Styropian	0,04	10	
4	Warstwa osłonowa pustak Porotherm 8 P+W	0,309	8	
5	Tynk cementowo-wapienny	0,82	1,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				46,00 cm

**Tabela 10.** Zalety i wady ścian z ceramiki poryzowanej

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Możliwość budowania przegród jednowarstwowych</li> <li>– Trwałość</li> <li>– Szybkość i łatwość wykonania</li> <li>– Łatwość obrabiania</li> <li>– Duża ognioodporność</li> <li>– Dobra bariera akustyczna</li> <li>– Duża akumulacyjność cieplna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dość duża nasiąkliwość</li> <li>– Trudność w przebudowie</li> <li>– Wysoka kruchość</li> </ul>

#### 4. Ceramika poryzowana

Wraz z rozwojem produkcji elementów ceramicznych rozpoczęto próby zwiększenia ich izolacyjności termicznej. Jedną z takich prób było zwiększenie objętości drążeń. Wiązało się to jednak z obniżeniem wytrzymałości elementów murowych, a więc z utratą jednej z głównych zalet ceramiki. Rozwiązaniem tego problemu okazała się poryzacja ceramiki, polegająca na zwiększeniu objętości wypełnionych powietrzem mikroporów w materiale ceramicznym. Można to uzyskać przez dodanie do masy ceramicznej np. mączki drzewnej,

trocin, włókien celulozowych, węgla kamiennego lub brunatnego itp., które podczas wypalania elementów ulegają spalaniu, tym samym zwiększając w ceramice objętość mikroporów.

##### 4.1. Ściana jednowarstwowa

Dzięki procesom poryzacji ceramiki, możliwe jest wznoszenie ścian jednowarstwowych. W tabeli 7 pokazano przenikalność cieplną przykładowej ściany jednowarstwowej.

##### 4.2. Ściana wielowarstwowa

Szeroki asortyment pustaków ceramicznych poryzowanych pozwala na wznoszenie przegród wielowar-

stwowych. Przykładowe rozwiązania przegród dwu- i trójwarstwowych (z wartościami przenikalności cieplnej dla tych rozwiązań), przy wykorzystaniu ceramiki poryzowanej Porotherm, przedstawiono odpowiednio w tabelach 8 i 9.

#### 4.3. Zalety i wady ścian z ceramiki poryzowanej

Wyroby ceramiki poryzowanej dostępne są pod różnymi nazwami handlowymi na rynku materiałów budowlanych, np.: Citherm, Kintherm, Kroterm, Megaterm, Poromur, Porotherm, Troterm. W tabeli 10 przedstawiono zalety i wady ścian wykonanych w tej technologii.

#### 5. Autoklawizowany beton komórkowy (Termalica)

Autoklawizowany beton komórkowy produkuje się w Polsce według kilku technologii. Nie wpływa to jednak w dużym stopniu na parametry techniczne wytwarzanych wyrobów. Jego podstawowymi składnikami są: spoiwo (mieszanka cementu i wapna lub samo wapno), kruszywo (piasek kwarcowy lub jego mieszanina z popiołem), woda, środek porotwórczy (proszek aluminiowy), środki powierzchniowo czynne (ułatwiający proces mieszania składników, mogą być to, np.: sulfapol, nekalina, budmek i inne) oraz dodatek poprawiający właściwości reologiczne masy.

##### 5.1. Ściana jednowarstwowa (Termalica)

Ściany jednowarstwowe Termalica wykonywane są z najlżejszych odmian tj. 300, 350 i 400 kg/m<sup>3</sup> oraz grubości 480, 400 i 365 mm, celem uzyskania najkorzystniejszych właściwości cieplnych. Ściany nie wymagają już dodatkowego ocieplenia.

##### 5.2. Ściana dwuwarstwowa (Termalica)

Ściany dwuwarstwowe wykonuje się z cięższych odmian 500, 600, 650 i 700 kg/m<sup>3</sup> o grubościach 240 i 200 mm. W zależności od odmiany i izolacyjności, jaką chcemy osiągnąć, dobieramy odpowiednią grubość ma-

**Tabela 11.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany jednowarstwowej Termalica

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U przegrody [W/(m <sup>2</sup> K)]
1	Tynk cienkowarstwowy wewnętrzny	0,82	0,5	0,17
2	Mur z bloczków Termalica T2/350-48/25/60 UZ	0,083	48	
3	Tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego	0,82	0,5	
Całkowita grubość ściany				49,00 cm

**Tabela 12.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany dwuwarstwowej Termalica

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U przegrody [W/(m <sup>2</sup> K)]
1	Tynk cienkowarstwowy wewnętrzny	0,82	0,5	0,23
2	Mur z bloczków Termalica T4/600-24/25/60 UZ	0,140	24	
3	Styropian	0,04	10	
4	Tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego	0,82	0,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				35,00 cm

**Tabela 13.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany trójwarstwowej Termalica

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U przegrody [W/(m <sup>2</sup> K)]
1	Tynk cienkowarstwowy wewnętrzny	0,82	0,5	0,26
2	Mur z bloczków Termalica T5/700-24/25/60 U	0,180	24	
3	Wełna mineralna	0,045	10	
4	Pustka powietrzna wentylowana	–	1,5	
5	Warstwa osłonowa cegła ceramiczna pełna	0,77	12	
6	Tynk cementowo-wapienny	0,82	1,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				49,5 cm

**Tabela 14.** Zalety i wady ścian z betonu komórkowego

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dobra izolacyjność cieplna</li> <li>– Duża mrozoodporność</li> <li>– Odporność na działanie pleśni i bakterii</li> <li>– Wytrzymałość na ściskanie wystarczająca do budowy budynków kilkukondygnacyjnych</li> <li>– Łatwość obróbki</li> <li>– Krótki czas budowy</li> <li>– Duża odporność ogniowa</li> <li>– Mały ciężar elementów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Znaczna nasiąkliwość</li> <li>– Długi okres odsychania</li> <li>– Kruchość</li> <li>– Podatność na uszkodzenia w czasie transportu i składowania</li> </ul>

teriału docieplającego, którym może być styropian lub wełna mineralna.

### 5.3. Ściana trójwarstwowa (Termalica)

Warstwa nośna ściany trójwarstwowej wykonana jest z bloczków odmiany 500, 600, 650 i 700 kg/m<sup>3</sup> o grubościach 240 i 200 mm. Warstwa izolacyjna wykonana jest ze styropianu lub wełny mineralnej. Warstwa osłonowa może być wykonana z tego samego materiału co nośna, np. bloczka odmiany 600 o grubości 12 cm lub z innego materiału, np. z ceramiki.

### 5.4. Zalety i wady ścian z betonu komórkowego

Większość producentów betonu komórkowego swoje podstawowe ele-

menty produkuje o stałej długości i wysokości, a różnej grubości. Aby uniknąć cięcia całych elementów producenci wykonują również elementy uzupełniające. Zalety i wady ścian wykonanych z betonu komórkowego przedstawiono w tabeli 14.

## 6. Silikaty

Wyroby silikatowe otrzymuje się z mieszaniny piasku kwarcowego zwykłego i mielonego (ok. 90%), wapna (ok. 7%) i wody (ok. 3%). Ze względu na składniki, elementy silikatowe można nazywać zamiennie wyrobami wapienno-piaskowymi. Należą one do grupy materiałów murowych o wysokiej wytrzymałości na ściskanie. Najczęściej produkowane są w klasach wytrzymałości 10, 15, 20, 25 MPa. Elementy o większej wytrzymałości produkuje się zazwyczaj na zamówienie. Dzięki wysokiej wytrzymałości na ściskanie, z silikatów można wznosić budynki wielokondygnacyjne bez potrzeby wzmacniania elementami żelbetowymi.

### 6.1. Ściana wielowarstwowa

Wyroby wapienno-piaskowe nie nadają się do wznoszenia ścian jednowarstwowych. Spowodowane jest to ich wysokim współczynnikiem przewodzenia ciepła. Aby został spełniony warunek przenikania ciepła dla ścian jednowarstwowych, grubość muru byłaby znaczna, ekonomiczniejszym rozwiązaniem jest docieplenie ściany. W tabelach 15 i 16 przedstawiono odpowiednio: przykładową ścianę dwuwarstwową i trójwarstwową, wraz ze współczynnikami przenikalności cieplnej.

**Tabela 15.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany dwuwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U przegrody [W/(m <sup>2</sup> K)]
1	Tynk cementowo-wapienny wewnętrzny	0,82	1,5	0,27
2	Mur z bloczków SILIKAT N25	0,46	25	
3	Styropian	0,04	12	
4	Tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego	0,82	0,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				39,00 cm

**Tabela 16.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany trójwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cienkowarstwowy wewnętrzny	0,82	0,5	0,27
2	Mur z bloczków SILIKAT N18	0,46	18	
3	Styropian	0,04	12	
4	Warstwa osłonowa cegła SILIKAT 1NF	0,81	12	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				42,5 cm

**Tabela 17.** Zalety i wady ścian silikatowych

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wysoka wytrzymałość</li> <li>- Duża dokładność wykonania</li> <li>- Odporność na pleśń i grzyby</li> <li>- Duża odporność na działanie mrozu i innych warunków atmosferycznych</li> <li>- Dobra akumulacja ciepła</li> <li>- Wysoka izolacyjność akustyczna</li> <li>- Wysoka ognioodporność</li> <li>- Niski współczynnik emisji promieniotwórczej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niska izolacyjność cieplna</li> <li>- Duży ciężar</li> <li>- Mokra technologia wznoszenia ścian</li> </ul>

**6.2. Zalety i wady ścian silikatowych**

Typowymi wyrobami silikatowymi do wznoszenia ścian są cegły, bloczki oraz kształtki ściennie, o różnych wymiarach. Zalety i wady ścian wykonanych w tej technologii przedstawiono w tabeli 17.

**7. Keramzytobeton**

W XIX wieku, w Stanach Zjednoczonych opatentowano metody wypalania glin ilastych. Dało to początek rozwojowi keramzytu. W Skandynawii od ponad 40 lat keramzyt jest jednym z najczęściej wybieranych materiałów do budowy domów jednorodzinnych. W ostatnich latach wyroby keramzytobetonowe zaczęły zyskiwać popularność w Polsce, głównie wśród inwestorów budownictwa indywidualnego. Keramzyt to gliniane kuleczki, których proces produkcji polega na mechanicznym uplastycznieniu glin ilastych pęczniejących i poddaniu ich wysokiej temperaturze, wynoszącej około 1150°C, w rurowych piecach obrotowych. Pod wpływem wysokiej temperatury rozdrobniona glina zwiększa swoją objętość tworząc porowate kuleczki ze spieczoną powłoką zewnętrzną, w których wewnętrzna struktura przypomina ciemny pumeks. Zamknięte pory stanowią bardzo dobry izolator ciepła.

ciepła, w wyniku czego posiadają bardzo dobre właściwości termoizolacyjne. Wpływ na wysoką izolacyjność mają ceramiczne keramzytowe kulki, których porowata struktura zapewnia optymalną izolacyjność. Produkowane są również pustaki zawierające wkładkę ze styropianu, obniżając tym samym współczynnik przewodzenia jeszcze bardziej. Niski współczynnik przewodzenia ciepła pozwala na wznoszenie ścian jedno-, jak i wielowarstwowych.

**7.2. Zalety i wady ścian z keramzytobetonu**

Wyroby z keramzytobetonu doskonale sprawują się w budownictwie jednorodzinny. Bez problemu konkurują z elementami murowymi wykonywanymi z innych materiałów. Dzięki swej niewysokiej gęstości oraz dobrym parametrom tłumienia dźwięku, pustaki i bloczki keramzytobetonowe można również

**7.1. Ściany jedno- i wielowarstwowe**

Produkty keramzytobetonowe mają niski współczynnik przewodzenia

**Tabela 18.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany jednowarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cementowo-wapienny wewnętrzny	0,82	1,5	0,37
2	Mur z pustaków Termo Optiroc 36,5	0,15	36,5	
3	Tynk cementowo-wapienny zewnętrzny	0,82	1,5	
Całkowita grubość ściany				39,50 cm

**Tabela 19.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany dwuwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cementowo-wapienny wewnętrzny	0,82	1,5	0,276
2	Mur z pustaków Termo Optiroc 24	0,205	24	
3	Styropian	0,04	10	
4	Tynk cienkowarstwowy na siatce z włókna szklanego	0,82	0,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				38,00 cm

**Tabela 20.** Przenikalność cieplna przykładowej ściany trójwarstwowej

Lp.	Materiał warstwy	$\lambda$ [W/m·K]	Grubość [cm]	U prze- grody [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
1	Tynk cienkowarstwowy wewnętrzny	0,82	0,5	0,24
2	Mur z pustaków Termo Optiroc 24	0,205	24	
3	Wełna mineralna	0,045	10	
4	Pustka powietrzna wentylowana	-	1,5	
5	Warstwa osłonowa z pustaków Termo Optiroc 12	0,238	12	
6	Tynk cementowo-wapienny	0,82	1,5	
Całkowita grubość ściany wraz z izolacją termiczną				49,5 cm

**Tabela 21.** Zalety i wady ścian z keramzytobetonu

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wysoka izolacyjność akustyczna</li> <li>– Bardzo dobre właściwości termoisolacyjne</li> <li>– Duża odporność na działanie mrozu i innych warunków atmosferycznych</li> <li>– Możliwość budowania przegród jednowarstwowych</li> <li>– Odporność na pleśń i grzyby</li> <li>– Dobra paroprzepuszczalność</li> <li>– Wysoka ognioodporność</li> <li>– Mały ciężar elementów</li> <li>– Łatwość w obróbce i murowaniu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Jeden z droższych materiałów</li> <li>– Dość wysoka kruchość</li> <li>– Podatność na uszkodzenia w czasie transportu i składowania</li> <li>– Mokra technologia wznoszenia ścian</li> </ul>

wykorzystać do wznoszenia ścian działowych w budynkach wielokondygnacyjnych. W tabeli 21 przedstawiono zalety i wady ścian wykonanych w tej technologii.

### 8. Porównanie kosztowe

W dalszej analizie dokonano porównania (z uwzględnieniem cen rynkowych) kosztów bezpośrednich wzniesienia 1 m<sup>2</sup> przykładowych ścian dwuwarstwowych (otynkowanych), z wyjątkiem ściany wieńcowej – jednowarstwowej. Wyniki zilustrowano na wykresach: 1, 2, 3.

Największy wpływ na koszt ściany mają robocizna i materiały. Najdroższa robocizna kształtuje się przy wykonywaniu ściany wieńcowej. Związane jest to z charakterystyczną techniką wznoszenia i wysokimi umiejętnościami wymaganymi od wykonawców. Na drugim miejscu plasuje się ściana wykonana z MAXa. Różnica kosztów robocizny dla pozostałych ścian mieści się w granicach 9 zł. Najtańszą okazała się robocizna przy wykonywaniu ściany z keramzytobetonu (wykres 1).

Porównanie kosztów materiałów okazuje się podobne, jak przy kosztach robocizny. Najdroższe są materiały do wznoszenia ściany wieńcowej, potem z betonu komórkowego i keramzytobetonu. Najmniejszy koszt materiałów generuje mur wykonany z Porothermu, który głównie za sprawą braku spoiny pionowej jest tańszy od przegrody z MAXa (wykres 2). Koszt użycia sprzętu przy wznoszeniu ścian generalnie nie jest wysoki. Większość materiałów bowiem przywożona jest na plac budowy do bezpośredniego użycia, bez dodatkowej obróbki, choć w niektórych przypadkach jest to nieuniknione i powoduje koszty (wykres 3). Biorąc pod uwagę koszt wykonania przegrody i współczynnik przenikania U (wykres 4) można stwierdzić, że najlepszym rozwiązaniem jest przegroda wykonana z Porothermu. Ściana z betonu komórko-

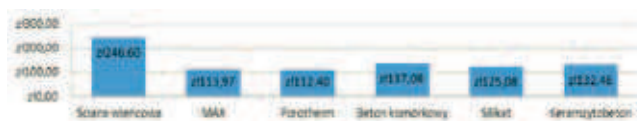
wego, mimo wysokiej ceny wykonania, zajmuje drugie miejsce dzięki bardzo niskiemu współczynnikowi U. Na trzecim miejscu plasuje się ściana wykonana z silikatu. Jej koszt i współczynnik U są na średnim poziomie. Czwarte miejsce zajmuje przegroda wykonana z MAXa. Pozycja ta wynika głównie z wysokiego kosztu budowy. Kolejne miejsce zajmuje keramzytobeton. Na ostatnim, szóstym miejscu plasuje się ściana wieńcowa, a to za sprawą zarówno wysokiego kosztu, jak i wysokiego współczynnika U. Należy jednak pamiętać o jej innych zaletach.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] „PN-EN ISO 6946 Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła
- [2] PN-EN 1996-2 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów
- [3] Byrdy Cz., Ciepłochronne konstrukcje ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych, Wydawnictwo PK, Kraków 2006
- [4] Izolacje XI/XII 2010: „Pianki poliuretanowe PUR i PIR, a inne materiały termoizolacyjne”
- [4] Szymański E., Murarstwo i tynkarstwo, Wydawnictwo WSiP, Warszawa 2010
- [5] Szymański E., Murarstwo i tynkarstwo, Wydawnictwo WSiP, Warszawa 2010
- [6] PN-EN ISO 6946 Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła
- [7] PN-EN 1996-2 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów



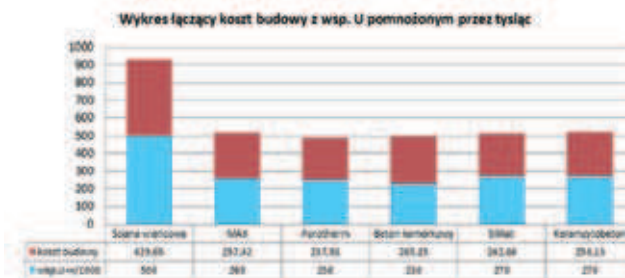
**Wykres 1.** Koszt robocizny dla wykonania 1 m<sup>2</sup> ścian (opracowanie własne)



**Wykres 2.** Koszt materiałów dla wykonania 1 m<sup>2</sup> ściany (opracowanie własne)



**Wykres 3.** Koszt sprzętu dla wykonania 1 m<sup>2</sup> ściany (opracowanie własne)



**Wykres 4.** Koszt wykonania 1 m<sup>2</sup> ściany z współczynnikiem przenikania ciepła U (opracowanie własne)