

# Analiza porównawcza parametrów materiałów termoizolacyjnych mających zastosowanie jako izolacja ścian zewnętrznych

Dr inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina, Politechnika Krakowska

## 1. Obowiązujące normy i możliwości zastosowania do izolacji ścian

### Styropian (EPS)

Norma PN-EN 13163:2004 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z polistyrenu ekspandowanego (EPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja wraz z uzupełnieniem PN-EN 13163:2004/AC:2006 wyróżnia następujące odmiany płyt styropianowych: EPS 30, EPS 50, EPS 60, EPS 70, EPS 80, EPS 90, EPS 100, EPS 120, EPS 150, EPS 200, EPS 250, EPS 300, EPS 350, EPS 400, EPS 500, gdzie liczby 30–350 oznaczają wartość w kPa naprężenia ściskającego przy dziesięcioprocentowym odkształceniu względnym lub wytrzymałości na ściskanie.

Do ocieplania ścian metodą BSO (Bezspoinowy System Ocieplania) stosuje się płyty EPS 70, natomiast w murach szczelinowych dopuszczalne jest stosowanie niższych odmian.

### Polistyren ekstrudowany (XPS)

Norma PN-EN 13164:2003 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja wraz z uzupełnieniem PN-EN 13164:2003/A1:2005 oraz PN-EN 13164:2003/AC:2006 wyróżniają płyty o wytrzy-

małości 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800 i 1000 kPa.

Polistyren ekstrudowany stosuje się do ocieplania ścian od zewnątrz głównie jako izolację miejsc narażonych na uszkodzenia mechaniczne np. przyziemie i występowanie mostków termicznych np. nadproża oraz jako izolacja wewnątrz ścian warstwowych. Ze względu na małą nasiąkliwość XPS stosuje się do izolacji od zewnątrz ścian piwnicznych i fundamentowych.

### Wełna mineralna (MW)

Norma PN-EN 13162:2002 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z wełny mineralnej (MW) produkowane fabrycznie – Specyfikacja wraz z uzupełnieniem PN-EN 13162:2002/AC:2006 wyróżnia następujące wyroby z wełny mineralnej: płyty miękkie, rulony i płyty.

Wełnę mineralną stosuje się do ocieplania ścian System Bezspoinowego Ocieplania, ocieplania ścian metodą lekką-suchą, ocieplania ścian szczelinowych oraz ścian o konstrukcji szkieletowej.

### Sztywna pianka poliuretanowa (PUR)

Norma PN-EN 13165:2003 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PUR) produkowane fabrycznie – Specyfikacja

wraz z uzupełnieniem PN-EN 13165:2003/A2:2005 oraz PN-EN 13165:2003/AC:2006 określa wymagania dotyczące wyrobów z PUR w postaci płyt z okładzinami, powłokami i zbrojeniem, a ponadto płyt ze spienionego poliizocyanuranu PIR.

Piankę poliuretanową stosuje się do ocieplania ścian szczelinowych. Płyty z twardej pianki poliuretanowej i ostionętej np. płytkami klinkierowymi stosuje się do ocieplania ścian od zewnątrz.

### Włókna celulozowe

Aprobata techniczna ETA-05/0186 stwierdza przydatność włókien celulozowych do zastosowania w budownictwie jako materiału termoizolacyjnego. Określa przeznaczenie, zakres stosowania oraz właściwości materiału i sposoby jego badania.

Materiał izolacyjny z włókna celulozowego stosuje się często jako izolację ścian o konstrukcjach z ram drewnianych. Nawilżone kłaczki celulozowe nanosi się przez natrysk do wnętrza przestrzeni międzyskieletowej lub na powierzchnię ścian zewnętrznej i osłania wówczas np. płytkami.

## 2. Parametry materiałów termoizolacyjnych

Zastosowanie materiałów termoizolacyjnych jest bardzo szerokie,

**Tabela 1.** Porównanie parametrów fizycznych materiałów mających zastosowanie do ocieplania ścian

PARAMETR	POLISTYREN EKSTRU- DOWANY	STYROPIAN	WEŁNA MINERALNA	PIANKA POLIURETANOWA	WŁÓKNA CELULOZOWE
przewodność cieplna	wartość $\lambda$ deklарowana przez producentów: 0,030–0,04 W/mK	wartość $\lambda$ deklарowana przez producentów: 0,031–0,042 W/mK	wartość $\lambda$ deklарowana przez producentów: 0,036–0,045 W/mK	wartość $\lambda$ deklарowana przez producentów: 0,023–0,035 W/mK	0,040–0,043 W/mK
gęstość objętościowa (pozorna)	deklарowana wartość gęstości objętościowej wynosi: 28–32 kg/m <sup>3</sup>	deklарowana wartość gęstości objętościowej wynosi: 14–19 kg/m <sup>3</sup>	deklарowana wartość gęstości objętościowej wynosi: 135–170 kg/m <sup>3</sup>	deklарowana wartość gęstości objętościowej wynosi: 30–35 kg/m <sup>3</sup>	deklарowana wartość gęstości objętościowej wynosi: 32–65 kg/m <sup>3</sup>
porowatość całkowita	puste przestrzenie (pory wypełnione powietrzem) zajmują około 95% objętości całkowitej materiału	puste przestrzenie (pory wypełnione powietrzem) zajmują około 98% objętości całkowitej materiału	puste przestrzenie (pory wypełnione powietrzem) zajmują około 98% objętości całkowitej materiału	puste przestrzenie (pory wypełnione powietrzem) zajmują około 93% objętości całkowitej materiału	puste przestrzenie (pory wypełnione powietrzem) zajmują 70–85% objętości całkowitej materiału
nasiąkliwość (chłonność wody)	normowo nasiąkliwość objętościowa po długotrwałym całkowitym zanurzeniu – nie więcej niż 3,0%	normowo nasiąkliwość objętościowa po długotrwałym całkowitym zanurzeniu – nie więcej niż 5,0%	nasiąkliwość objętościowa po długotrwałym częściowym zanurzeniu – nie więcej niż 3,0%	nasiąkliwość objętościowa po długotrwałym całkowitym zanurzeniu – nie więcej niż 5,0%	nasiąkliwość objętościowa po długotrwałym całkowitym zanurzeniu – nie więcej niż 5,0%
odporność ogniowa	klasa reakcji na ogień E samogasnący, gaśnie po usunięciu źródła ognia, zastosowanie w przedziale temperatur –50°C do +75°C, pod wpływem wyższej temperatury płyty miękną, zmieniają wymiary, topią się i tracą swoje właściwości mechaniczne	klasa reakcji na ogień E samogasnący, gaśnie po usunięciu źródła ognia, powyżej temperatury 80 °C może już ulec odkształceniu, powyżej 100°C ulega odkształceniu, topi się	klasa reakcji na ogień A1, materiał niepalny, włókna mineralne wytrzymują temperaturę nawet 600°C, powyżej 1000°C topią się, odporność termiczna lepiszcza nie mniej niż 250°C	klasa reakcji na ogień E odporność termiczna od –100°C do + 120°C, powyżej 150°C następuje rozkład wiązań chemicznych, powyżej 200°C pianka ulega spaleni	klasa reakcji na ogień B2, materiał trudnopalny, nierozprzestrzeniający ognia, w kontakcie z ogniem nie płonie, w temperaturze 100°C włókna ulegają powoli zwęgleni
rozszerzalność cieplna	odkształcenie w określonych warunkach temperatury i wilgotności nie powinno przekroczyć 5%	odkształcenie w określonych warunkach temperatury i wilgotności nie powinno przekroczyć 5%	odkształcenie w określonych warunkach temperatury i wilgotności nie powinno przekroczyć 1%	odkształcenie w określonych warunkach temperatury i wilgotności nie powinno przekroczyć 5%	odkształcenie w określonych warunkach temperatury i wilgotności nie powinno przekroczyć 1%

dlatego aby porównać ich parametry skupiono się w artykule tylko na ich zastosowaniu do ocieplenia ścian zewnętrznych. Obecnie najczęściej do ocieplania od zewnątrz ścian budynków stosuje się styropian i wełnę mineralną. Do ocieplania ścian metodą lekką-mokłą (Bezspoinowy System Ocieplania) stosuje się fasadowe płyty styropiano-

we samogasnące odmiany EPS 70 lub płyty fasadowe z twardej wełny mineralnej. W przypadku ocieplenia styropianem można czasami zaobserwować uszkodzenia mechaniczne elewacji dolnych części budynku. Wykonawcy najczęściej zabezpieczają się od tego w ten sposób, że stosują podwójną siatkę w celu zwiększenia sztywności i wytrzy-

małości ocieplenia ścian w dolnych częściach budynku. Zamiast tego zabiegu można zastosować przynajmniej do wysokości parteru płyty XPS o wytrzymałości na ściskanie 0,25 MPa. Ocieplenie całych ścian zewnętrznych za pomocą XPS systemem BSO jest również możliwe, jednak nie jest obecnie popularne ze względu na znacznie wyższą cenę takiego

**Tabela 2.** Porównanie parametrów mechanicznych materiałów mających zastosowanie do ocieplania ścian

PARAMETR	POLISTYREN EKSTRUDOWANY	STYROPIAN	WEŁNA MINERALNA	PIANKA POLIURETANOWA
wytrzymałość na ściskanie	0,250 MPa	0,070 MPa	0,015 MPa	0,150 MPa
wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do powierzchni czołowych	nie mniej niż 0,100 MPa	nie mniej niż 0,020 MPa	nie mniej niż 0,010 MPa	nie mniej niż 0,040 MPa
odkształcenie materiału pod obciążeniem zewnętrznym	deklarowane odkształcenie liniowe (skrócenie) przy obciążeniu 0,3 MPa wynosi nie więcej niż 10%	deklarowane odkształcenie liniowe (skrócenie) przy obciążeniu 0,15 MPa wynosi nie więcej niż 10%	deklarowane odkształcenie liniowe (skrócenie) 0,04 MPa wynosi nie więcej niż 15%	deklarowane odkształcenie liniowe (skrócenie) przy obciążeniu 0,08 MPa wynosi nie więcej niż 3,0%

rozwiązania w stosunku do rozwiązań ze styropianem.

Od około ośmiu lat są dostępne na polskim rynku płyty lamelowe z wełny mineralnej, które można również stosować w metodzie lekkiej-mokrej ocieplania ścian. Mają one układ włókien prostopadły do powierzchni płyty, gęstość pozorną 95–105 kg/m<sup>3</sup> (są lżejsze od zwykłych płyt fasadowych z wełny mineralnej) a wytrzymałość na rozciąganie siłą prostopadłą do powierzchni płyty 0,08 MPa (są bardziej wytrzymałe). Pozostałe parametry płyty lamelowe mają podobne jak omawiane w tabelach 1–5 płyty fasadowe z twardej wełny mineralnej.

Celuloza do izolacji ścian jest stosowana dopiero od kilku lat, ale z powodzeniem.

Zarówno piankę poliuretanową, jak i włókna celulozowe stosuje się do ocieplania ścian zewnętrznych od zewnątrz stosunkowo niedawno.

Poniżej zestawiono i porównano na podstawie odpowiednich norm branżowych, instrukcji, raportów z badań, artykułów i danych od producentów, parametry techniczne i technologiczne podstawowych materiałów termoizolacyjnych mających zastosowanie jako termoizolacja ścian zewnętrznych. Wszystkie omawiane materiały mają bardzo dobre właściwości termoizolacyjne uzyskane dzięki zawartemu powietrzu w licznych porach materiału.

Polistyren ekstrudowany, styropian, pianka poliuretanowa oraz włókna celulozowe mają mniejszą gęstość pozorną niż wełna mineralna (np. styropian około dziewięciokrotnie), dzięki czemu jako materiały lżejsze mają lepsze parametry technologiczne – łatwiejszy transport, przechowywanie oraz wykonawstwo (docinanie i montaż płyt).

Polistyren ekstrudowany, styropian, pianka poliuretanowa są bardziej niż wełna mineralna i celuloza odporne na działanie wody i wilgoci.

Paroprzepuszczalność styropianu jest ponad 20 razy mniejsza niż wełny mineralnej. Pomimo tego, iż ociepla się ścianę od zewnątrz styropianem czyli materiałem o stosunkowo małej paroprzepuszczalności nie występuje kondensacja pary wodnej w przegrodzie. Ponadto należy zwrócić uwagę, że ważniejsza od „oddychania ścian” jest sprawna wentylacja, która wpływa na samopoczucie osób przebywających w pomieszczeniu. Dyfuzja gazów przez ściany wynosi tylko 2% objętości zużytego powietrza.

Wełna mineralna wytrzymuje działanie znacznie wyższych temperatur niż pozostałe materiały (np. ponad trzykrotnie wyższych temperatur niż styropian) i ma większą odporność ogniową co jest istotne przy docieplaniu budynków wysokich, powyżej 11 kondygnacji oraz takich gdzie występuje zagrożenie pożarowe.

Pianka poliuretanowa ma najniższy współczynnik przenikania ciepła, a więc jest najlepszym termoizolatorem spośród omawianych materiałów. Jednak różnica w stosunku do pozostałych materiałów nie jest duża. Polistyren ekstrudowany i pianka poliuretanowa są cięższe od styropianu, ale znacznie lżejsze od wełny mineralnej. Włókna celulozowe są cięższe od polistyrenu ekstrudowanego, styropianu i pianki poliuretanowej ale lżejsze od wełny mineralnej. Polistyren ekstrudowany i pianka poliuretanowa pod względem nasiąkliwości mają lepsze parametry niż pozostałe materiały. Polistyren ekstrudowany jest najbardziej z omawianych materiałów odporny na działanie wody i wilgoci.

Polistyren ekstrudowany ma najlepsze właściwości mechaniczne spośród omawianych materiałów. Ma dużą, jak na materiał termoizolacyjny, wytrzymałość na ściskanie. Większa wytrzymałość materiału jest ważna ze względu na wykonawstwo ocieplenia (np. nakładanie warstwy tynku) oraz ze względu na większą trwałość eksploatacyjną wykonanego ocieplenia w metodzie BSO. Polistyren ekstrudowany i pianka poliuretanowa mają lepsze parametry mechaniczne niż wełna mineralna i styropian.

Polistyren ekstrudowany i styropian mają większą wytrzymałość na ściskanie niż wełna mineralna i ulegają mniejszym niż wełna mineralna odkształceniom spręż-

**Tabela 3.** Porównanie parametrów chemicznych materiałów mających zastosowanie do ocieplania ścian

PARAMETR	POLISTYREN EKSTRUDOWANY	STYROPIAN	WEŁNA MINERALNA	PIANKA POLIURETANOWA	WŁÓKNA CELULOZOWE
pochodzenie i skład materiału	produkowany z granulak polistyrenowych poddawanych działaniu wysokiej temperatury i ciśnienia, w trakcie procesu dodawany jest gaz powodujący spienienie, masa polistyrenowa powiększa objętość i powstaje struktura komórkowa	materiał syntetyczny, sztuczny, produkowany z granulak polistyrenowych, które pod wpływem pary wodnej (proces spienienia) powiększają swoją objętość ponad czterdziestokrotnie	materiał nieorganiczny, włóknisty, produkowany z mieszaniny surowców naturalnych (bazałty, margle) i odpadowych (żużel wielkopiecowy)	tworzywo sztuczne składające się z komórek lekkiego poliuretanu otaczającego pęcherzyki gazu, najczęściej dwutlenku węgla, w procesie produkcji dwutlenek węgla jest dodatkową substancją wspomagającą spienianie	materiał sypki, włóknisty, uzyskuje się go z materiałów roślinnych: drzewa, słomy, sitowia, bambusa, jest produkowany z surowca wtórnego makulatury – papier przeciera się maszynowo i impregnuje
odporność na czynniki biologiczne	odporny	odporny	odporna	odporna	odporne
odporność na związki chemiczne	nieodporny na działanie rozpuszczalników organicznych (tolenu, ksylenu, benzenu, acetonu, octanu etylu i amylu), pęcznieje pod wpływem benzyny i ropy naftowej	nieodporny na działanie rozpuszczalników organicznych (tolenu, ksylenu, benzenu, acetonu, octanu etylu i amylu), pęcznieje pod wpływem benzyny i ropy naftowej	odporna	nieodporna na działanie kwasów o dużych stężeniach HCL, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub> i rozpuszczalników organicznych (aceton, octan etylu, trójchloroetylen, butylen)	mało odporne na działanie kwasów, alkaliów i związków utleniających, nieodporne np. na stężony kwas siarkowy i chlorowodorek niektórych soli

**Tabela 4.** Porównanie parametrów ekologicznych (oddziaływanie na środowisko naturalne) materiałów mających zastosowanie do ocieplania ścian

PARAMETR	POLISTYREN EKSTRUDOWANY	STYROPIAN	WEŁNA MINERALNA	PIANKA POLIURETANOWA	WŁÓKNA CELULOZOWE
wpływ na zdrowie ludzi	nieszkodliwy dla wykonawców i użytkowników	nieszkodliwy dla wykonawców i użytkowników	może podrażniać skórę i drogi oddechowe wykonawców ociepleń, (konieczne odpowiednie ubrania i maski), nieszkodliwy dla użytkowników ocieplonych budynków	nieszkodliwy dla wykonawców i użytkowników	ze względu na zawartość boranów w powietrzu, jak również na włóknkach papieru, konieczne są zabezpieczenia pracowników produkcyjnych, nieszkodliwe dla końcowych użytkowników
sposób zniszczenia	spalanie lub powtórne wykorzystanie do produkcji nowych produktów	spalanie lub powtórne wykorzystanie do produkcji nowych produktów	powtórne wykorzystanie do produkcji nowych produktów	spalanie lub powtórne wykorzystanie do produkcji nowych produktów	powtórne wykorzystanie do produkcji nowych produktów

zystym pod wpływem działania danego obciążenia zewnętrznego. W tym przypadku można podać argument przemawiający na korzyść wełny mineralnej. Ulega ona większym odkształceniom sprężystym (zanikającym po odjęciu obciążenia) dzięki czemu ma większe możliwości w ocieplaniu elementów złożonych architektonicznie (zakola, rotundy).

Dla materiału sypkiego jakim są włókna celulozowe nie podaje się parametrów wytrzymałościowych. Pochodzenie styropianu i wełny mineralnej, skalnej jest odmienne. Polistyren ekstrudowany i styropian są materiałami syntetycznymi, produkowanymi z tworzywa sztucznego polistyrenu, przy zastosowaniu różnych technologii produkcji, natomiast wełna mineralna jest materiałem nieorganicznym pro-

dukowanym ze stopionych skał mineralnych. Pianka poliuretanowa (podobnie jak styropian i polistyren ekstrudowany) jest produkowana z tworzywa sztucznego. Włókna celulozowe są materiałem naturalnym. Zasadniczym surowcem do produkcji włókna celulozowego jest rozdrobniona makulatura, przecierana maszynowo i impregnowana solami boru, co nadaje mu odporność na rozkład biologiczny i ogień.



**Tabela 5.** Porównanie przykładowych systemów ocieplenia ścian

System ze styropianem np. BOLIX	System z wełną mineralną np. ECOROCK– L	System z włóknami celulozowymi np. THERMOFLOCK (na mokro)	System z pianką poliuretanową np. LAF
<b>ZALETY</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– niska cena systemu</li> <li>– łatwość obróbki materiału</li> <li>– duża kolorystyka i faktura tynków</li> <li>– brak konieczności stosowania dodatkowych środków ochrony wykonawców</li> <li>– mały ciężar elewacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wysoka odporność ogniowa</li> <li>– łatwość ocieplania skomplikowanych detali architektonicznych</li> <li>– duża kolorystyka i faktura tynków</li> <li>– odporność materiału izolacyjnego na czynniki chemiczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– łatwość i niska pracochłonność wykonania</li> <li>– brak konieczności kołkowania materiału termoizolacyjnego</li> <li>– możliwość izolowania miejsc trudnodostępnych,</li> <li>– niskie koszty związane z utrzymaniem elewacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– szybki montaż prefabrykowanych płyt</li> <li>– brak konieczności klejenia płyt do przegrody</li> <li>– niskie koszty związane z utrzymaniem elewacji</li> <li>– duży wybór płytek elewacyjnych</li> <li>– duża odporność na uszkodzenia mechaniczne</li> </ul>
<b>WADY</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– mała odporność na uszkodzenia mechaniczne</li> <li>– wysokie koszty eksploatacji związane z malowaniem i tynkowaniem</li> <li>– konieczność kontrolowania warstwy tynku i napraw</li> <li>– system nie jest niepalny i ma ograniczenia co do stosowania tylko do 11 kondygnacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mała odporność na uszkodzenia mechaniczne</li> <li>– wysokie koszty eksploatacji związane z malowaniem i tynkowaniem</li> <li>– konieczność kontrolowania warstwy tynku i napraw</li> <li>– duży ciężar płyt fasadowych,</li> <li>– konieczność stosowania masek i rękawic ochronnych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– trudność wykonania skomplikowanych detali architektonicznych</li> <li>– potrzeba stosowania specjalnych maszyn do nadmuchu oraz masek</li> <li>– w przypadku wykonania ściany elewacyjnej z cegły klinkierowej wysoki koszt i wkład pracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wysoki koszt elementów prefabrykowanych</li> <li>– konieczność przyklejania dodatkowych płytek w miejscu łączenia płyt i wykonania fug pomiędzy płytkami elewacyjnymi</li> <li>– konieczność doszczelniania prefabrykowanych płyt w miejscach połączeń z balkonem i drzwiami za pomocą silikonu</li> </ul>
<b>NAJCZĘŚCIEJ POPEŁNIANE BŁĘDY WYKONAWCZE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– mocowanie płyt na nieoczyszczonym podłożu</li> <li>– nakładanie zbyt małej ilości kleju</li> <li>– nieodpowiednia ilość kołków mocujących</li> <li>– brak stosowania zakładów siatki z włókna szklanego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mocowanie płyt na nieoczyszczonym podłożu</li> <li>– nakładanie zbyt małej ilości kleju</li> <li>– nieodpowiednia ilość kołków mocujących</li> <li>– brak stosowania zakładów siatki z włókna szklanego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– słabe zagęszczenie włókien celulozowych</li> <li>– niezabezpieczenie otworów przez które może wydostać się materiał w czasie wdmuchiwania</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak poziomego przymocowania szyny startowej</li> <li>– nieodpowiednia ilość kołków</li> <li>– nie zerwanie specjalnej powłoki w miejscach przeznaczonych na doklejenie płytek</li> <li>– niestaranne wykonanie fug</li> <li>– brak zabezpieczenia miejsc łączenia płyt np. z balkonem</li> </ul>
<b>UTRZYMANIE</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– malowanie co 5 lat elewacji</li> <li>– tynkowanie co 15 lat elewacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– malowanie co 5 lat elewacji</li> <li>– tynkowanie co 15 lat elewacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mycie co 15 lat elewacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mycie co 15 lat elewacji</li> </ul>

Polistyren ekstrudowany, styropian i pianka poliuretanowa są nieodporne na działanie niektórych związków chemicznych, co powoduje ograniczenia w zastosowaniu. Wymienione materiały nie mogą bezpośrednio stykać się z materiałami zawierającymi związki chemiczne mające na nie destrukcyjny wpływ. Wełna mineralna jest obojętna chemicznie. Omawiane materiały są odporne na czynniki biologiczne (grzyby, mikroorganizmy). Wszystkie omawiane materiały są nieszkodliwe dla końcowych użyt-

kowników budynków oraz mogą być powtórnie wykorzystane.

### 3. Przykładowe systemy ocieplania ścian oparte na opisywanych materiałach termoizolacyjnych

System ze styropianem np. BOLIX polega na przymocowaniu do ściany styropianu za pomocą zaprawy klejącej i łączników, wzmocnienie go siatką z włókna szklanego zatopioną w zaprawie klejącej i wykończenie całości tynkiem akrylowym lub mineralnym

(Bezspoinowy System Ociepleń). System z polistyrenem ekstrudowanym polega na przymocowaniu do ściany płyty np. STYROFOAM za pomocą zaprawy klejącej i łączników, wzmocnienie go siatką z włókna szklanego zatopioną w zaprawie klejącej i wykończenie całości tynkiem akrylowym lub mineralnym (Bezspoinowy System Ociepleń). System z wełną mineralną np. ECOROCK-L polega na przyklejeniu do ściany fasadowych płyt z wełny mineralnej, wzmocnieniu połączenia poprzez zastosowanie

łączników, nałożeniu zaprawy klejowej z zatopioną siatką zbrojącą, stanowiącą podkład pod tynk mineralny (Bezspoinowy System Ociepleń).

System z włóknami celulozowymi np. THERMOFLOCK polega na:

– pneumatycznym wdmuchiwanym, za pomocą agregatu do nadmuchu oraz przesyle elastycznymi węzłami, włókien celulozy w przestrzeni między elementami konstrukcji np. pustaki w ścianach (metoda na sucho) albo

– przy wykorzystaniu dodatkowo pompy wodnej i specjalnej dyszy natryskowej, zwilżaniu wodą lub odpowiednim klejem i naniesieniu na powierzchnię ściany oraz przykryciu suchym tynkiem, sidingiem lub płytami elewacyjnymi (metoda na mokro).

System z pianką poliuretanową np. LAF polega na przymocowaniu prefabrykowanych płyt klinkieru izolowanego (płyty z twardej pianki poliuretanowej osłonięte

klinkierową warstwą wykończeniową) za pomocą kołków rozporowych, przyklejeniu płytek uzupełniających w miejscu łączenia płyt oraz zafugowaniu płytek klinkierowych.

W tabeli zestawiono i porównano zalety, wady, najczęściej popełniane błędy oraz warunki utrzymania dla wymienionych systemów ocieplenia ścian. System z polistyrenem ekstrudowanym w porównaniu do systemu ze styropianem ma znacznie większą wytrzymałość mechaniczną i odporność na działanie wody oraz znacznie wyższą cenę. Pozostałe parametry są podobne jak dla systemu ze styropianem, dlatego w tabeli 5 został pominięty.

W artykule zestawiono i porównano parametry pięciu najpopularniejszych materiałów mających zastosowanie jako izolacja ścian zewnętrznych. Wszystkie omówione materiały są dobrymi termoizolatorami ale pozostałe ich parametry

mogą się różnić. Wybór materiału zależy głównie od konstrukcji ściany i preferencji klienta.

#### WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] ETA-05/0186 Aprobata techniczna stwierdzająca przydatność włókien celulozowych do zastosowania w budownictwie jako materiał termoizolacyjny
- [2] PN-EN 13162:2002 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z wełny mineralnej (MW) produkowane fabrycznie – Specyfikacja
- [3] PN-EN 13163:2004 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z polistyrenu ekspandowanego (EPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja
- [4] PN-EN 13164:2003 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja
- [5] PN-EN 13165:2003 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PUR) produkowane fabrycznie – Specyfikacja
- [6] Radziszewska-Zielina E., Metody wykonania ciepłochronnych ścian zewnętrznych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2003
- [7] Materiały informacyjne producentów materiałów termoizolacyjnych

**Kryzys? U nas możesz TANIO go PRZESPAĆ!**

Noclegi pracownicze w Warszawie  
już od **30 zł/osobę\***

Do Państwa dyspozycji:

- Hostel Służewiec
- Hostel To-Tu
- Hotel Atos
- Hotel Aramis

Rezerwuj: **(022) 463 62 88, [www.puhit.pl](http://www.puhit.pl)**

\*w zależności od standardu noclegu, liczby osób i długości pobytu