

# OCENA WILGOTNOŚCIOWEJ ZMIENNOŚCI PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ BLOCzków SILIKATOWYCH POCHODZĄCYCH Z RÓŻNYCH WYTWÓRNI

H. Garbalińska, A. Głowacka

Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

## STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono badania diagnostyczne zrealizowane w odniesieniu do trzech grup silikatów, a służące ocenie skali wilgotnościowej zmienności ich przewodności cieplnej. Pomiary parametrów cieplnych wykonano przy zastosowaniu aparatu Isomet. Badania przeprowadzono na bloczkach silikatowych, o różnym stopniu zawilgocenia, pochodzących z trzech wytwórni. Stwierdzono, że w całym zakresie zawilgocenia, zależność współczynnika przewodności cieplnej od wilgotności wagowej można opisać funkcją liniową. Zdiagnozowano, że wszystkie silikaty, w przypadku pełnego ich zawilgocenia, wykazały stuprocentowy, bądź wyższy wzrost współczynnika  $\lambda$  w stosunku do stanu suchego. Świadczy to o znaczącym i długotrwałe utrzymującym się pogorszeniu termoizolacyjności tego materiału, po dopuszczeniu do wcześniejszego silnego jego zawilgocenia.

## WPROWADZENIE

W Polsce większość domów jednorodzinnych posiada ściany zewnętrzne murowane. Jest to technologia powszechnie znana i stosunkowo prosta w zastosowaniu. Ściany pełnią przede wszystkim funkcję nośną, ale również mają zabezpieczać użytkowników budynku przed niekorzystnymi czynnikami atmosferycznymi. Powszechnie znanym i cenionym budulcem jest cegła wapienno-piaskowa, czyli silikatowa, produkowana na masową skalę od ponad 130 lat. Do budowy ścian zewnętrznych stosuje się głównie bloczki pełne, które skutecznie izolują wnętrze przed hałasem, zapewniają odpowiednią akumulacyjność cieplną i właściwe parametry wytrzymałościowe. Współcześnie, ze względu na szereg walorów technicznych, zdrowotnych i ekologicznych, cegła wapienno-piaskowa staje się materiałem coraz bardziej cenionym. Walory ekologiczne wiążą się z faktem, że produkcja odbywa się na bazie surowców łatwo dostępnych i w pełni naturalnych. Z uwagi na to, że wykonywane są jedynie na bazie piasku, wapna oraz wody, nie emitują szkodliwych substancji i wykazują najniższą promieniotwórczość w grupie materiałów ściennych. Cechują się także wysoką odpornością na korozję chemiczną oraz biologiczną. Ponadto cegły wapienno-piaskowe są materiałem niepalnym, dzięki czemu podczas pożaru nie wydzielają się do otoczenia związki szkodliwe dla zdrowia. Należy podkreślić również to,

że wyroby silikatowe należą do najtańszych materiałów budowlanych.

Obok tych bardzo licznych zalet silikatów, pojawiają się także mankamenty związane przede wszystkim z cieplnymi właściwościami przegród zewnętrznych. Silikaty wprawdzie dobrze akumulują ciepło i oddają je stopniowo do otoczenia przy spadku temperatury, jednak nie odznaczają się zbyt dobrymi parametrami termoizolacyjnymi. Z tego względu ściany zewnętrzne z silikatów projektowane są współcześnie jako wielowarstwowe, z dodatkową warstwą materiału izolacyjnego.

Producenci wprawdzie zabiegają o obniżenie współczynnika przewodzenia ciepła, jednak z uwagi na specyfikę tego materiału jest on dość wysoki i wynosi zazwyczaj nie mniej niż 0,75 W/(mK). Należy zaznaczyć, że producenci z reguły podają parametry techniczne materiału budowlanego w odniesieniu do stanu suchego. Tymczasem w rzeczywistości ściany zewnętrzne cechuje zawsze pewien stopień zawilgocenia, zmieniający się w dość szerokich granicach. Silikaty, jak większość materiałów ściennych, charakteryzują się strukturą porowatą. Materiały takie mają zdolność do wchłaniania i transportowania wody w swoim wnętrzu. Szczególnie niepożądana jest obecność wody w fazie ciekłej, która rozprzestrzenia się bardzo intensywnie systemem porów, doprowadzając do znacznego zawilgocenia materiału, trudnego do usunięcia.

W niniejszym artykule przedstawiono badania diagnostyczne, które przeprowadzono w celu oceny skali oddziaływania wilgoci na przewodność cieplną wyrobów silikatowych. Powszechnie wiadomo, że wraz z rosnącym zawilgoceniem parametr ten ulega pogorszeniu, np. (Garbalińska, Siwińska 2011). Na ile znaczącemu? Na to pytanie miały odpowiedzieć badania, zrealizowane w ramach pracy (Głowacka 2016). Aby diagnoza był obszerniejsza i obejmowała szersze spectrum silikatów dostępnych na rynku, podjęto się realizacji badań w odniesieniu do trzech grup silikatów, pochodzących od trzech różnych producentów.

Obszerne i wielokierunkowe badania zrealizowane w ramach pracy (Głowacka 2016) służyły ocenie skali zmienności podstawowych parametrów cieplno-wilgotnościowych, a także wytrzymałościowych w wyniku zawilgocenia. Dotyczyły podstawowych parametrów materiałowych (gęstość w stanie suchym i nasyconym wodą), wilgotnościowych (współczynnik

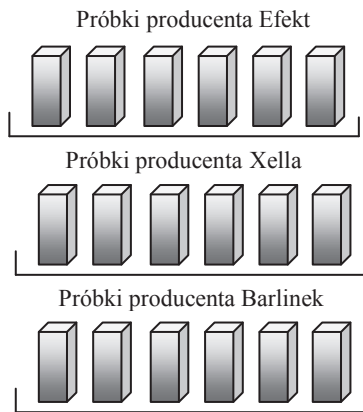
sorpcji kapilarnej i nasiąkliwość), termicznych (przewodność cieplna i objętościowa pojemność cieplna) oraz mechanicznych (wytrzymałość na ściskanie).

Poniżej przedstawiono opis realizacji pomiarów cieplnych, a w dalszej kolejności zaprezentowano uzyskane wyniki dotyczące współczynnika  $\lambda$  oraz ich analizę.

**PRZEBIEG BADAŃ WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODZENIA CIEPŁA**

Wodę do wnętrza bloczków silikatowych wprowadzano mechanizmem podciągania kapilarnego, doprowadzając do jej zróżnicowanego rozkładu po wysokości testowanych próbek prostopadłościennych.

Szczegółowy opis tych badań oraz wyniki pochodzące z pomiarów kapilarnych zamieszczono w artykule



Rys. 1. Badanie kapilarności – schemat

(Garbalińska, Głowacka 2016). Ten etap badań zrealizowano według schematu pokazanego na rys. 1.

Po sześciotygodniowym okresie kapilarnego wnikania wody, każdy bloczek silikatowy przecięto w środku wysokości na dwie części. Uzyskane próbki podzielono na dwie serie:

- 1) połówki górne, nie mające kontaktu bezpośredniego z wodą podczas badania podciągania kapilarnego, oznaczono dodatkową cyfrą 1,
- 2) połówki dolne, które w doświadczeniu podciągania kapilarnego były w bezpośrednim kontakcie z wodą destylowaną, oznaczono dodatkową cyfrą 2.

W pierwszej kolejności przeprowadzono pomiary parametrów cieplnych na górnych połówkach. W badaniach wykorzystano przyrząd Isomet model 2104 (rys. 2) o szerokim zakresie pomiarowym. Urządzenie wyposażone jest w różne sondy przyłgowe przeznaczone do diagnostyki materiałów twardych. Zakres pomiarowy zależy od rodzaju sondy. W pomiarach zastosowano dwie sondy przeznaczone do materiałów o przewodności cieplnej z zakresu od 0,30 W/(mK) do 2,0 W/(mK) oraz od 2,0 W/(mK) do 6,0 W/(mK). Pomiar dla każdej próbki wykonano minimum dwukrotnie. Gdy wyniki pomiarów były na

granicy podzakresu użytej sondy zamieniano sondę i pomiar powtarzano. Wyniki były automatycznie rejestrowane przez urządzenie.



Rys. 2. Badanie parametrów cieplnych na połówkowych próbkach cegły silikatowej

Każda próbka przed pomiarem była ważona, a następnie mierzono jej gabaryty w celu późniejszego ustalenia objętości poszczególnych próbek oraz wyznaczenia gęstości objętościowej. Średnie wymiary przeciętych próbek podano w tabeli 1.

Tabela 1. Uśrednione wymiary próbek połówkowych

| Nazwa    | Długość [cm] | Szerokość [cm] | Wysokość [cm] |
|----------|--------------|----------------|---------------|
| Efekt    | 11,9         | 11,5           | 7,1           |
| Xella    | 12,4         | 12,0           | 6,4           |
| Barlinek | 11,9         | 12,0           | 7,9           |

Po zakończeniu pierwszych pomiarów, górne próbki umieszczono w suszarce w celu wysuszenia ich do stałej masy. Temperaturę w trakcie suszenia podnoszono stopniowo: 40°C→70°C→105°C.

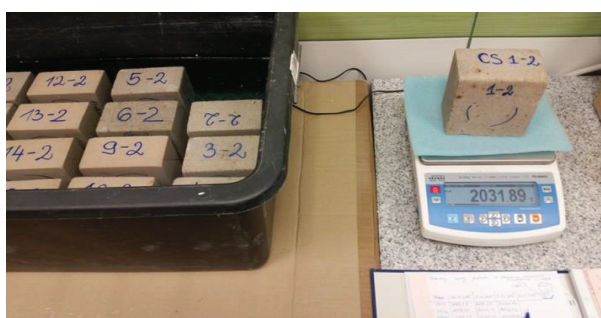


Rys. 3. Suszenie górnych połówek silikatów

W trakcie suszenia sprawdzano masę próbek co 1÷2 dni aż do jej stabilizacji. Zastosowany schemat

suszenia miał na celu zniwelować ewentualne porysowanie struktury wewnętrznej próbek w wyniku zbyt szybkiego ogrzania oraz dosuszyć je w rdzeniu. Przy pierwszym pomiarze na próbkach górnych zaznaczono flamastrem umiejscowienie sondy, aby badanie na wysuszonych próbkach przeprowadzić dokładnie w tym samym miejscu. Wysuszone próbki zostały zapakowane w szczelne woreczki i po ustabilizowaniu ich temperatury przeprowadzono na nich powtórnie pomiary parametrów cieplnych.

Połówki dolne zaraz po przecięciu bloczków również włożono do szczelnie zamykanych woreczków. Ze względu na czasochłonność pomiarów, parametry cieplne dolnych połówek wyznaczono kolejnego dnia, na tych samych zasadach. Następnie umieszczono wszystkie dolne połówki w kąpeli wodnej stopniowo dolewając wodę, aż do całkowitego zakrycia próbek.



Rys. 4. Ważenie próbek w okresie nasycania wodą dolnych części bloczków silikatowych

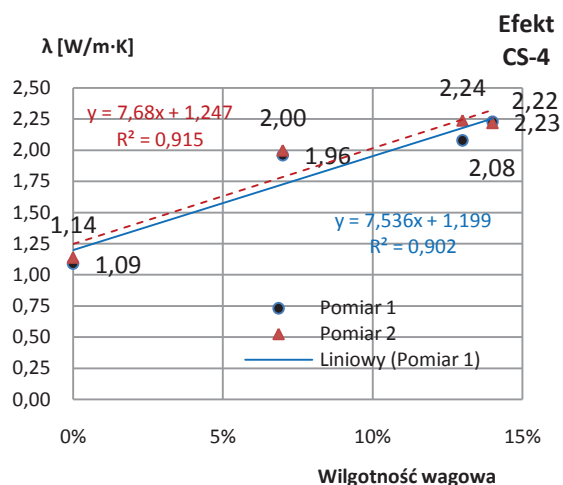
Dwa razy w tygodniu kontrolowano masę wszystkich próbek, aż do jej stabilizacji. Następnie powtórnie przeprowadzono pomiary aparatem Isomet na całkowicie nasączonych wodą połówkach pochodzących z dolnej części cegieł silikatowych.

Wyniki pomiarów, przeprowadzonych w sumie na 72 próbkach, zostały zebrane i opracowane w arkuszach kalkulacyjnych (Głowacka 2016), a na podstawie zestawionych danych sporządzono wykresy zależności parametrów cieplnych od wilgotności.

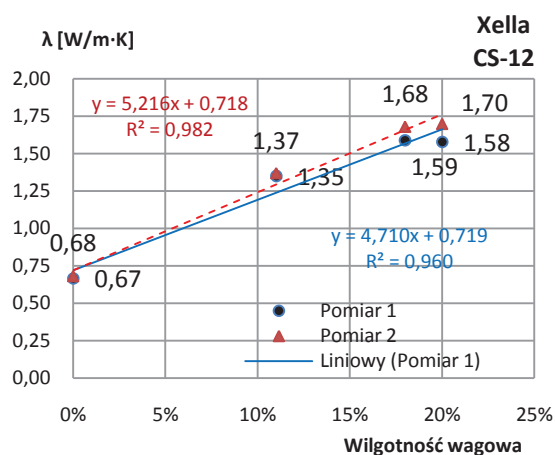
## WYNIKI BADAŃ WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODZENIA CIEPŁA

Wyniki pomiarów wykonanych za pomocą Isometu potwierdziły wpływ wilgoci kapilarnej, prowadzącej do istotnego wzrostu wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  w obrębie wszystkich badanych grup silikatów.

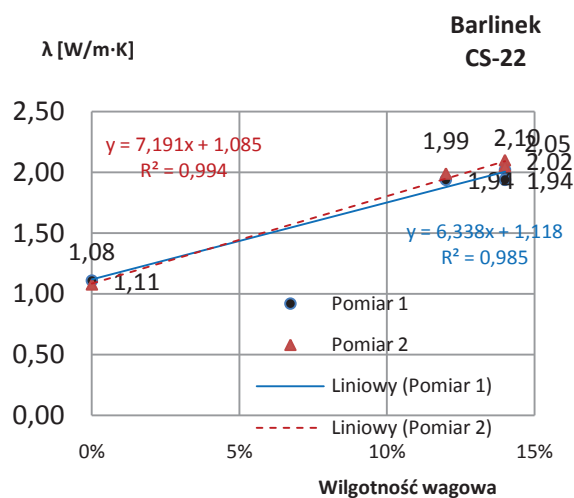
W pracy (Głowacka 2016) zamieszczono komplet 18 wykresów zbiorczych przedstawiających zmianę tego parametru w zależności od stopnia zawilgocenia, w odniesieniu do każdej testowanej grupy silikatów. Korelacja ta dla wybranych próbek, pochodzących z trzech różnych wytwórni, została przedstawiona poniżej, na przykładowo przytoczonych rysunkach 5÷7.



Rys. 5. Wykres zależności współczynnika przewodzenia ciepła od wilgotności wagowej dla przykładowej próbki cegły silikatowej z serii Efekt



Rys. 6. Wykres zależności współczynnika przewodzenia ciepła od wilgotności wagowej dla przykładowej próbki cegły silikatowej z serii Xella



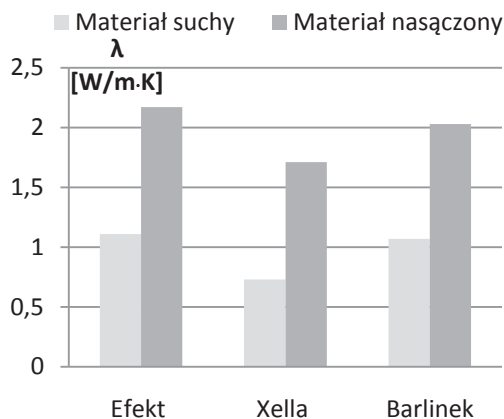
Rys. 7. Wykres zależności współczynnika przewodzenia ciepła od wilgotności wagowej dla przykładowej próbki cegły silikatowej z serii Barlinek

Wypadkowe skrajne wartości współczynników  $\lambda$ , wyznaczone w odniesieniu do stanu suchego i nasyconego, zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Porównanie współczynników przewodzenia ciepła w stanie suchym i nasyconym

| Producent | $\rho_p = m/V$<br>[kg/m <sup>3</sup> ]<br>próbka<br>wysuszona | Wartość<br>średnia $\lambda_{1sr}$<br>[W/(m·K)]<br>próbka<br>wysuszona | Wartość<br>średnia $\lambda_{2sr}$<br>[W/(m·K)]<br>próbka<br>nasycona | Relacja<br>$\lambda_{2sr}/\lambda_{1sr}$ |
|-----------|---|--|---|--|
| Efekt     | 1840,49   | 1,10   | 2,17  | 1,97                                     |
| Xella     | 1637,76   | 0,73   | 1,71  | 2,34                                     |
| Barlinek  | 1830,06   | 1,07   | 2,03  | 1,90                                     |

Powyższe dane dotyczące poszczególnych współczynników przewodzenia ciepła zaprezentowano graficznie na rysunku 8, obrazującym skalę ich zmienności.



Rys. 8. Porównanie średnich wartości współczynników przewodzenia ciepła  $\lambda$  trzech grup silikatów, badanych w stanie suchym i nasyconym wodą

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania cieplno-wilgotnościowe potwierdziły znaczącą zależność parametrów cieplnych wszystkich testowanych silikatów od stopnia ich zawilgocenia. Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  wraz ze wzrostem zawilgocenia wykazuje silną tendencję wzrostową, co przekłada się na istotne obniżenie termoizolacji każdego z badanych materiałów. W przypadku wszystkich testowanych

grup silikatów zależność  $\lambda = f(w)$  może być z bardzo dobrą dokładnością opisana funkcją liniową.

Wyniki pokazują, że wszystkie silikaty w stanie nasyconym przewodzą około dwa razy więcej ciepła, niż w stanie suchym. Należy stwierdzić, że próbki po przeprowadzonej próbie podciągania kapilarnego w znacznym stopniu uległy zawilgoceniu, co przełożyło się negatywnie na wartość współczynnika  $\lambda$ .

Zebrane wyniki dowodzą, że stan zawilgocenia sięgający wagowo 15÷20% powoduje bardzo istotny wzrost współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  – i to w przypadku silikatów pochodzących z każdej z trzech wytwórni. W szczególności silikaty Barlinek wykazały wzrost wartości  $\lambda$  o 90%, silikaty Efekt wzrost o 97%, a silikaty Xella o 134%. W tym ostatnim przypadku, mimo największego wzrostu parametru  $\lambda$ , i tak silikaty Xella charakteryzowały się wyraźnie najniższą przewodnością cieplną w każdym stanie zawilgocenia.

Powyższe relacje mają niewątpliwie związek ze specyficzną strukturą porowatości, wyrażającą się w odmiennej gęstości silikatów poszczególnych grup. Porównywalne gęstości wykazały silikaty Barlinek i Efekt (w stanie suchym odpowiednio  $\approx 1830$  kg/m<sup>3</sup> oraz  $\approx 1840$  kg/m<sup>3</sup>). Wyraźnie niższą gęstością  $\approx 1640$  kg/m<sup>3</sup> charakteryzowały się silikaty Xella.

Podsumowując, można zatem stwierdzić, że badane materiały tego samego rodzaju, ale pochodzące od różnych producentów, pod względem jakościowym podobnie reagowały na zawilgocenie, wykazując jednak pod względem ilościowym różną skalę zmian, mającą związek ich specyficzną mikrostrukturą.

## LITERATURA

- Garbalińska H., Siwińska A., 2011, *Badania wpływu zawilgocenia materiałów ściennych na ich współczynnik przewodzenia ciepła*, Inżynieria i Budownictwo, nr 11/2011
- Garbalińska H., Głowacka A., 2015, *Symulacyjne badania dotyczące rozprzestrzeniania się zawilgocenia kapilarnego w ścianach z bloczków silikatowych*, Polska Energetyka Słoneczna
- Głowacka A., 2016, *Badanie i analiza podstawowych parametrów technicznych cegły silikatowej narażonej na oddziaływanie wody kapilarnej*, praca dyplomowa inżynierska, zrealizowana pod kierunkiem H. Garbalińskiej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie