

WSPÓLCZYNNIK DYFUZJI CEGŁY SILIKATOWEJ – PORÓWNANIE WYBRANYCH TECHNIK POMIAROWYCH

Bartłomiej MAJKOWSKI, Halina GARBALIŃSKA*

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Budownictwa i Architektury,
Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych

Al. Piastów 50, 70-310 Szczecin, e-mail: Bartlomiej.Majkowski@zut.edu.pl, Halina.Garbalinska@zut.edu.pl

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań niestacjonarnych procesów sorpcji (cykl I) oraz desorpcji (cykl II), przeprowadzonych na próbkach cegły silikatowej. Eksperyment realizowany był w trzech temperaturach: $T = 5, 20, 35^{\circ}\text{C}$ i odnosił się do tego samego przedziału wilgotności względnej powietrza $\Delta\varphi$. W cyklu I przebieg procesu sorpcji rejestrowany był w następujących zakresach wilgotności: $\Delta\varphi_s \approx 88 \rightarrow 98\%$ (5°C), $\Delta\varphi_s \approx 85 \rightarrow 98\%$ (20°C), $\Delta\varphi_s \approx 83 \rightarrow 97\%$ (35°C). W cyklu II przebieg procesu desorpcji rejestrowany był według schematu: $\Delta\varphi_d \approx 98 \rightarrow 88\%$ (5°C), $\Delta\varphi_d \approx 98 \rightarrow 85\%$ (20°C), $\Delta\varphi_s \approx 97 \rightarrow 83\%$ (35°C). Dane zebrane w trakcie cyklu I oraz II wykorzystano na rzecz wyznaczenia współczynników dyfuzji wilgoci D_m , odpowiadających odpowiednio procesowi sorpcji oraz desorpcji. W obliczeniach posłużono się procedurą typu \sqrt{t} oraz procedurą logarytmiczną. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę kompatybilności obu metod obliczeniowych, jak również na oszacowanie skali zróżnicowania parametru D_m z uwagi na temperaturę oraz zmienną wilgotność w obrębie przykładowego przedziału $\Delta\varphi$, wybranego w artykule do szczegółowej analizy.

Słowa kluczowe: współczynnik dyfuzji wilgoci, sorpcja, desorpcja, metoda typu \sqrt{t} , metoda logarytmiczna

1. WPROWADZENIE

Zjawisko transportu wilgoci zachodzące w porowatych materiałach budowlanych stanowi bardzo skomplikowany proces. W typowych materiałach ściennych, takich jak cegła ceramiczna, beton komórkowy czy cegła silikatowa, jest to związane ze złożoną strukturą kapilarno-porowatą, jak również z występowaniem rozmaitych mechanizmów migracji wilgoci, takich jak: dyfuzja objętościowa i powierzchniowa, przepływ laminarny, molekularny transport Knudsen, przepływ konwekcyjny, przepływ kapilarny i in. (patrz np. [1-5]). Współdziałanie tych mechanizmów w transporcie wilgoci

zmienia się znacząco w trakcie trwania procesów zawilgacania lub wysychania materiału. W ujęciu fenomenologicznym proces transportu wilgoci w materiale porowatym w zakresie wilgotności higroskopijnej opisany jest przez efektywny współczynnik dyfuzji wilgoci D_m . Przeprowadzony w pracy [6] przegląd literatury dowodzi zależności współczynnika dyfuzji od koncentracji wilgoci w materiale. Natomiast do obliczeń często przyjmowana jest stała wartość tego parametru. Takie uproszczenie ułatwia obliczenia, jednak uzyskiwane rozkłady wilgotności wewnątrz materiału zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym odbiegają od ustalonych doświadczalnie (patrz np. [7]).

Modele transportu masy w ośrodkach kapilarno-porowatych podlegają stale rozwojowi i są przedmiotem wielu analiz m.in. [2-11]. Natomiast próby oceny wpływu mikrostruktury materiału na zachodzące w nim procesy przepływu wilgoci publikowane są rzadko. Wynika to z trudności w określeniu udziału poszczególnych rodzajów transportu w globalnym strumieniu wilgoci oraz w modelowym przedstawieniu mikrostruktury materiału. Badania procesów sorpcji lub desorpcji, zachodzących w porowatych materiałach budowlanych, należą do pomiarów niestacjonarnych mogących posłużyć do wyznaczenia ich współczynników dyfuzji, np. [6, 7, 12, 13].

W artykule przedstawiono wyniki tego typu badań. Są one częścią szerszego eksperymentu, który obejmuje grupę sześciu materiałów porowatych: trzech zapraw różnego rodzaju i trzech najbardziej popularnych materiałów ściennych (beton komórkowy, cegła ceramiczna, oraz silikatowa). Na materiałach tych prowadzone są pomiary sorpcyjne i desorpcyjne, w których wyznaczany jest ich współczynnik dyfuzji. Badania realizowane są w trzech temperaturach ($T = 5, 20, 35^{\circ}\text{C}$), przy czym w każdej z nich badanych jest po kilka wąskich przedziałów wilgotności $\Delta\varphi$, wydzielonych w ramach całego zakresu

* Autor korespondencyjny, e-mail: Halina.Garbalinska@zut.edu.pl

zawilgocenia higroskopijnego. Na podstawie uzyskiwanych wyników wyznacza się wartości współczynnika dyfuzji wilgoci każdego z badanych materiałów, odpowiadające różnym temperaturom i różnym poziomom zawilgocenia higroskopijnego. W tym celu korzysta się z zadania odwrotnego, opisanego szczegółowo w [6].

W niniejszym artykule do wyznaczenia współczynnika D_m przyjęto dwie różne procedury obliczeniowe: metodę typu \sqrt{t} [12] oraz metodę logarytmiczną [13]. Celem była ocena przydatności oraz kompatybilności obydwu technik, zastosowanych niezależnie w odniesieniu do procesu sorpcji (cykl I), jak również procesu desorpcji (cykl II).

W ramach niniejszego artykułu zaprezentowano wyniki dotyczące cegły silikatowej (CS), uzyskane w każdym z cykli (I – sorpcja, II – desorpcja), w trzech testowanych temperaturach, w jednym przykładowo wybranym zakresie wilgotności względnej powietrza $\Delta\phi$. Powyższe założenia eksperymentalne ujęto w Tabeli 1.

Tabela 1. Schemat badań
Table 1. Research scheme

	Temperatura		
	5°C	20°C	35°C
	Zakres wilgotności		
Cykl I – sorpcja	$\Delta\phi_s \approx 88 \rightarrow 98 \%$	$\Delta\phi_s \approx 85 \rightarrow 98 \%$	$\Delta\phi_s \approx 83 \rightarrow 97 \%$
Cykl II – desorpcja	$\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 88 \%$	$\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 85 \%$	$\Delta\phi_d \approx 97 \rightarrow 83 \%$

2. OPIS BADAŃ

Badaniami objęto różne materiały budowlane, przy czym w artykule poddano analizie jeden z nich – cegłę wapienno-piaskową. Kompletny eksperyment prowadzono w trzech temperaturach ($T = 5, 20, 35 \text{ }^\circ\text{C}$), z jakimi możemy mieć do czynienia w typowych warunkach budowlanych. Przygotowanie próbek polegało na pocięciu gotowych materiałów na elementy o grubości 1 cm i wymiarach 12 x 6,5 cm. Następnie próbki zostały zinwentaryzowane, zaizolowane na powierzchniach bocznych i wysuszone do stałej masy w temperaturze 105°C. Izolacja próbek na powierzchniach bocznych miała na celu odtworzenie warunków jednokierunkowego przepływu, zachodzącego każdorazowo przez dwie powierzchnie czołowe. Przed rozpoczęciem badań próbki materiałów umieszczono na okres sześciu miesięcy w szczelnych pojemnikach o stałej, ściśle ustalonej wilgotności względnej powietrza ϕ , a te z kolei w komorach klimatycznych, nastawionych na określoną temperaturę. Dla utrzymania stałej wilgotności względnej powietrza, umieszczono próbki w atmosferze nad nasyconymi roztworami odpowiednich soli: KCl i K_2SO_4 . Dla poszczególnych temperatur wartości wilgotności względnej nad roztworami nasyconymi w stanie równowagi wynoszą [14]:

Tabela 2. Wartości wilgotności względnej nad roztworami nasyconymi soli w trzech temperaturach
Table 2 Values of relative humidity over saturated salt solutions at three temperatures

5°C		20°C		35°C	
Sól	ϕ [%]	Sól	ϕ [%]	Sól	ϕ [%]
KCl	87,67±0,45	KCl	85,11±0,29	KCl	82,95±0,25
K_2SO_4	98,48±0,91	K_2SO_4	97,59±0,53	K_2SO_4	96,71±0,38

2.1. Sorpcja wilgoci – cykl I

W pierwszym etapie badań proces sorpcji wymuszony był zmianą warunków wilgotnościowych, tj. przełożeniem próbek do pojemników o zwiększonym o jeden poziomie wilgotności. Próbki umieszczono w szczelnych pojemnikach o znanej, nieziennej wilgotności względnej powietrza oraz komorach klimatycznych ze stałą temperaturą. Pomiary zmieniającej się masy próbki wykonywane były za pomocą wagi laboratoryjnej o dokładności 1 mg. Odstępy między badaniami wynosiły początkowo 6, 8, 12 godzin. Z czasem wydłużono je stopniowo, aż do 7 dni. Na początku, bowiem przyrosty masy były wyraźne, a w miarę zbliżania się do równowagi sorpcyjnej stawały się coraz wolniejsze. Przyjęto, że stan równowagi został osiągnięty, gdy przyrosty masy zbierane w regularnych odstępach czasu nie wykazywały zmian lub wykazywały zbliżone wartości. Badania prowadzono dla wszystkich testowanych materiałów (w tym cegły silikatowej) przez okres sześciu i pół miesiąca w przypadku temperatur 5 i 20 °C oraz pięciu miesięcy przy temperaturze 35 °C.

2.2. Desorpcja wilgoci – cykl II

Zakończenie pierwszego cyklu badań było momentem rozpoczęcia pomiarów desorpcyjnych. Proces desorpcji wymuszony był skokową zmianą warunków wilgotnościowych – przełożeniem próbek do atmosfery o wilgotności niższej o jeden poziom. Sposób rejestracji wyników był podobny jak w przypadku sorpcji, a badania prowadzono również przez okres sześciu i pół miesiąca w przypadku temperatur 5 i 20 °C oraz pięciu miesięcy przy temperaturze 35 °C.

3. WSPÓŁCZYNNIK DYFUZJI

Współczynnik dyfuzji wilgoci wyznaczono na podstawie [6], według zaproponowanej tam reguły typu \sqrt{t} oraz reguły logarytmicznej, które zastosowano w odniesieniu dwóch cykli badawczych – sorpcji i desorpcji. Pozwoliło to na odzworowanie faktycznej zmienności współczynnika dyfuzji w danej temperaturze i danym zakresie wilgotności.

Do obliczenia współczynnika D_m metodą typu \sqrt{t} skorzystano ze wzorów:

$$D_m = a_{\sqrt{t}}^2 \frac{\pi d^2}{16 \Delta m_{max}^2} \quad (1)$$

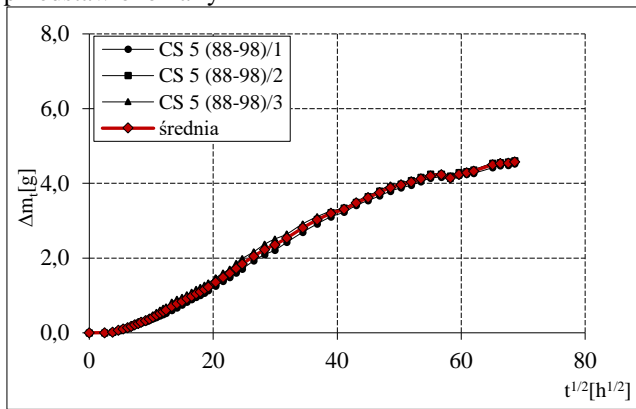
$$a_{\sqrt{t}} = \frac{\Delta m_t}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

W metodzie logarymicznej posłużono się wzorami:

$$D_m = -a_{ln} \frac{d^2}{\pi^2} \quad (3)$$

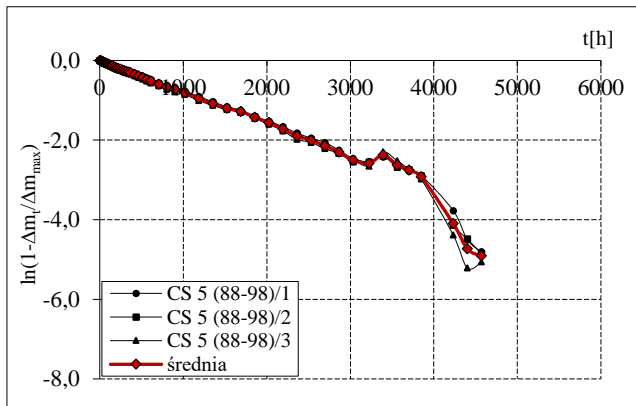
$$a_{ln} = \frac{\ln\left(1 - \frac{\Delta m_t}{\Delta m_{max}}\right) + 0,21}{t} \quad (4)$$

Po przeprowadzonych pomiarach zmian masy Δm_t (przyrostów – w procesach sorpcji oraz ubytków – w procesach desorpcji), sporządzono wykresy przedstawiające zależności $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ oraz $\ln(1 - \Delta m_t/\Delta m_{max}) = f(t)$, które przedstawiono na rysunkach 1÷12.



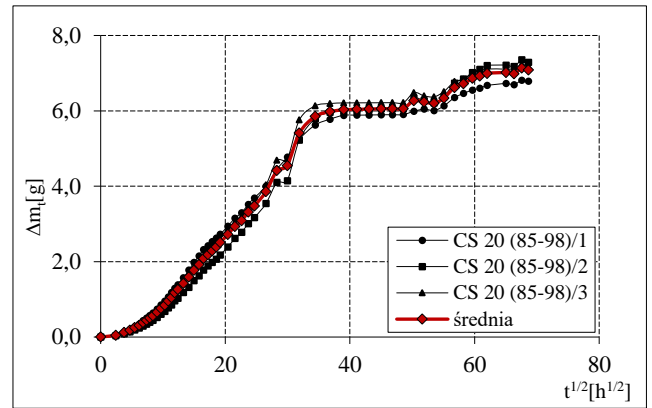
Rys. 1. Funkcja $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ cegły silikatowej w cyklu I
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 88 \rightarrow 98 \%$)

Fig. 1. Graph of function $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ of silica brick in cycle I
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 88 \rightarrow 98 \%$)



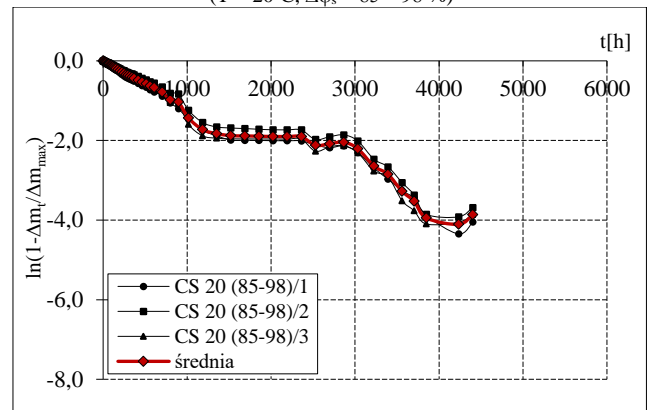
Rys. 2. Funkcja $\ln(1 - \Delta m_t/\Delta m_{max}) = f(t)$ cegły silikatowej w cyklu I
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 88 \rightarrow 98 \%$)

Fig. 2. Graph of function $\ln(1 - \Delta m_t/\Delta m_{max}) = f(t)$ of silica brick in cycle I
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 88 \rightarrow 98 \%$)



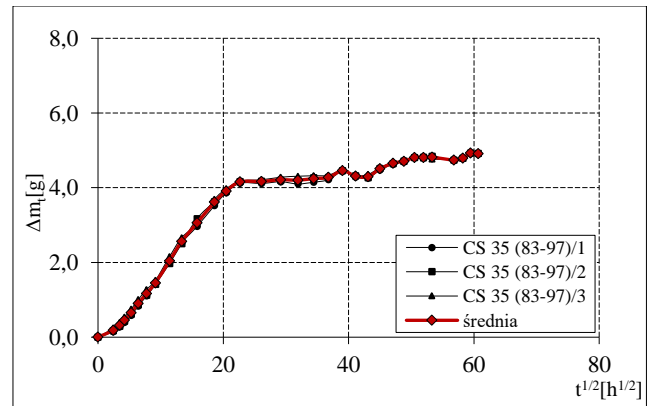
Rys. 3. Funkcja $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ cegły silikatowej w cyklu I
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 85 \rightarrow 98 \%$)

Fig. 3. Graph of function $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ of silica brick in cycle I
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 85 \rightarrow 98 \%$)



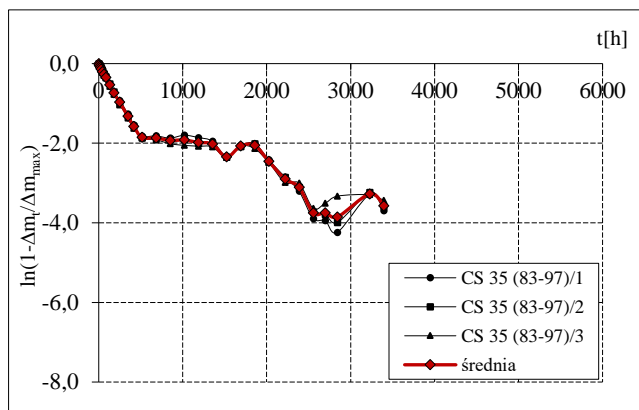
Rys. 4. Funkcja $\ln(1 - \Delta m_t/\Delta m_{max}) = f(t)$ cegły silikatowej w cyklu I
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 85 \rightarrow 98 \%$)

Fig. 4. Graph of function $\ln(1 - \Delta m_t/\Delta m_{max}) = f(t)$ of silica brick in cycle I
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 85 \rightarrow 98 \%$)



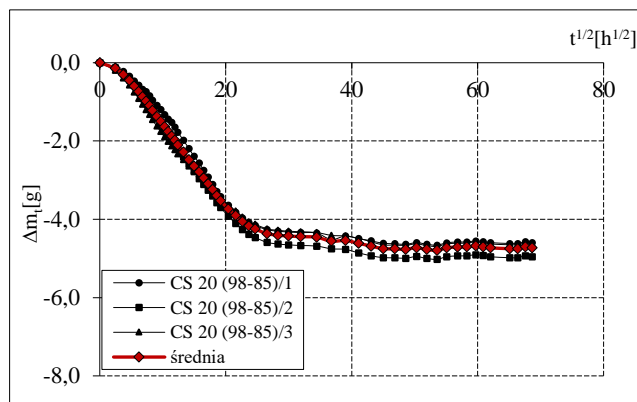
Rys. 5. Funkcja $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ cegły silikatowej w cyklu I
($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 83 \rightarrow 97 \%$)

Fig. 5. Graph of function $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ of silica brick in cycle I
($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 83 \rightarrow 97 \%$)



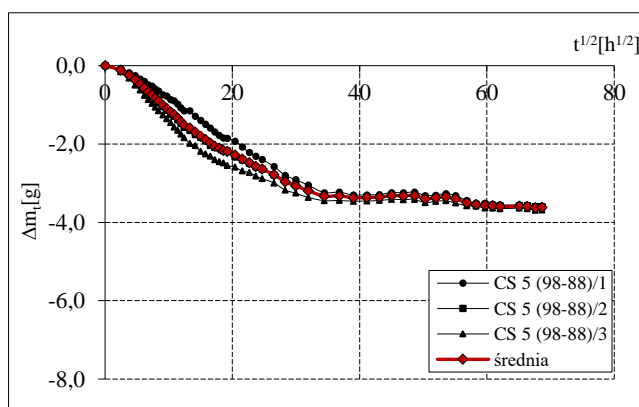
Rys. 6. Funkcja $\ln(1 - \Delta m_i/\Delta m_{\max}) = f(t)$ cegły silikatowej w cyklu I
($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 83 \rightarrow 97\%$)

Fig. 6. Graph of function $\ln(1 - \Delta m_i/\Delta m_{\max}) = f(t)$ of silica brick in cycle I
($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_s \approx 83 \rightarrow 97\%$)



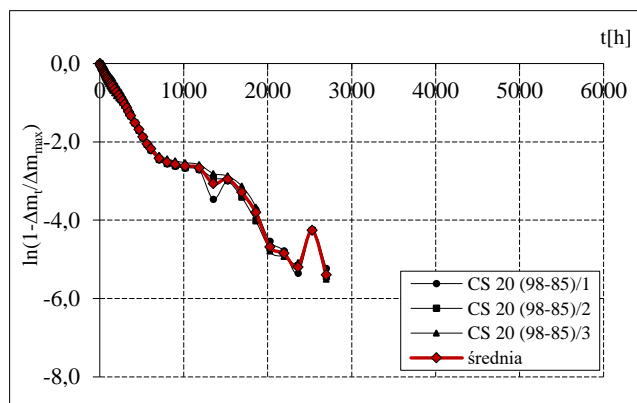
Rys. 9. Funkcja $\Delta m_i = f(\sqrt{t})$ cegły silikatowej w cyklu II
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 85\%$)

Fig. 9. Graph $\Delta m_i = f(\sqrt{t})$ of silica brick in cycle II
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 85\%$)



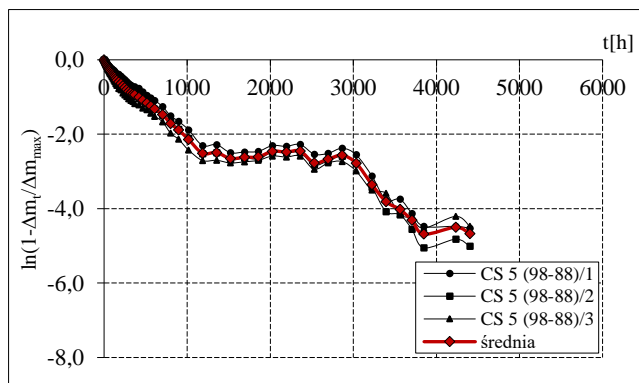
Rys. 7. Funkcja $\Delta m_i = f(\sqrt{t})$ cegły silikatowej w cyklu II
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 88\%$)

Fig. 7. Graph of function $\Delta m_i = f(\sqrt{t})$ of silica brick in cycle II
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 88\%$)



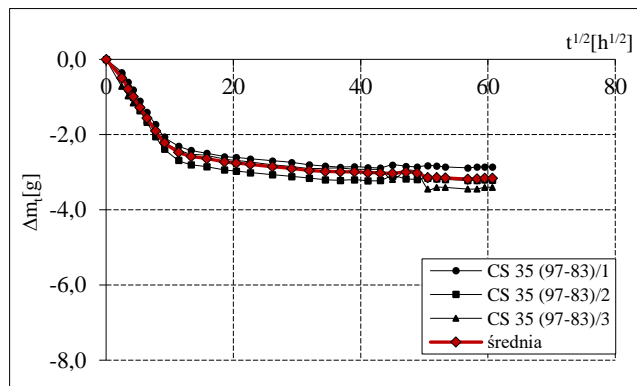
Rys. 10. Funkcja $\ln(1 - \Delta m_i/\Delta m_{\max}) = f(t)$ cegły silikatowej w cyklu II
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 85\%$)

Fig. 10. Graph of function $\ln(1 - \Delta m_i/\Delta m_{\max}) = f(t)$ of silica brick in cycle II
($T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 85\%$)



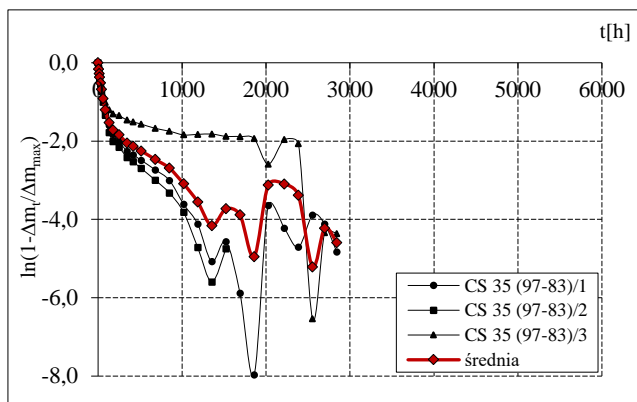
Rys. 8. Funkcja $\ln(1 - \Delta m_i/\Delta m_{\max}) = f(t)$ cegły silikatowej w cyklu II
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 88\%$)

Fig. 8. Graph of function $\ln(1 - \Delta m_i/\Delta m_{\max}) = f(t)$ of silica brick in cycle II
($T = 5^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 88\%$)



Rys. 11. Funkcja $\Delta m_i = f(\sqrt{t})$ cegły silikatowej w cyklu II
($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 97 \rightarrow 83\%$)

Fig. 11. Graph of function $\Delta m_i = f(\sqrt{t})$ of silica brick in cycle II
($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 97 \rightarrow 83\%$)



Rys. 12. Funkcja $\ln(1 - \Delta m_t / \Delta m_{\max}) = f(t)$ cegły silikatowej w cyklu II ($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 97 \rightarrow 83\%$)

Fig. 12. Graph of function $\ln(1 - \Delta m_t / \Delta m_{\max}) = f(t)$ of silica brick in cycle II ($T = 35^\circ\text{C}$, $\Delta\phi_d \approx 97 \rightarrow 83\%$)

Uzyskane dane obliczeniowe oraz odwzorowania graficzne posłużyły do wyznaczenia współczynników kierunkowych $a_{\sqrt{t}}$ i a_{\ln} . Na wykresach odwzorowujących przebieg funkcji $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ ustalano odcinek (przypisany fazie początkowej procesu), cechujący się prostoliniowym przebiegiem i wyznaczano odpowiadający mu współczynnik kierunkowy. Natomiast z wykresów przedstawiających przebieg funkcji logarytmicznej $\ln(1 - \Delta m_t / \Delta m_{\max}) = f(t)$ szczytyowano odcinek (przypisany fazie zaawansowanej badanego procesu) cechujący się prostoliniowym przebiegiem i wyznaczano odpowiadający mu współczynnik kierunkowy. Następnie dla każdej próbki obliczano współczynnik dyfuzji, korzystając niezależnie z każdej z reguł, czyli ustalano wartości $D_m(\sqrt{t})$ oraz $D_m(\ln)$.

Na rysunkach 1÷12 i we wzorach (1)÷(4) zastosowano następujące symbole:

D_m – współczynnik dyfuzji wilgoci [m^2/h],

$a_{\sqrt{t}}$ – współczynnik kierunkowy dotyczący funkcji $\Delta m_t = f(\sqrt{t})$ [$\text{g}/\text{h}^{0.5}$],

a_{\ln} – współczynnik kierunkowy dotyczący funkcji $\ln(1 - \Delta m_t / \Delta m_{\max}) = f(t)$ [$1/\text{h}$],

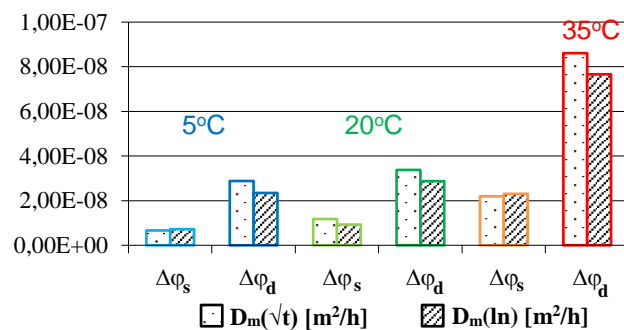
d – grubość próbki [m],

Δm_t – zmiana masy po czasie t [g],

Δm_{\max} – całkowita zmiana masy, przy przejściu od jednego do drugiego stanu równowagowego [g],

t – czas [h].

Graficzne zestawienie porównawcze wypadkowych wartości współczynników D_m wyznaczonych w pomiarach sorpcji i desorpcji przeprowadzonych w trzech temperaturach ($T = 5, 20$ i 35°C) w badanych przedziałach wilgotności $\Delta\phi_s$ oraz $\Delta\phi_d$ zamieszczono na rysunku 13.



Rys. 13. Zestawienie średnich wartości D_m , wyznaczonych dla cegły silikatowej w dwóch cyklach badawczych i dla trzech temperatur, z pomocą procedury typu \sqrt{t} i procedury logarytmicznej

Fig. 13. Compilation of D_m mean values calculated for silica brick using \sqrt{t} and logarithmic procedures, in two measurement cycles and at three temperatures

4. PODSUMOWANIE

Uzyskane w badaniach niestacjonarnych procesów sorpcji i desorpcji dane, zebrane w trzech temperaturach i przy dwóch zakresach wilgotności ($\Delta\phi_s$, $\Delta\phi_d$), posłużyły do wyznaczenia współczynnika dyfuzji wilgoci każdego z testowanych materiałów, w tym cegły silikatowej. Współczynnik D_m wyznaczono na podstawie [6, 12, 13], według zaproponowanej tam reguły typu \sqrt{t} oraz reguły logarytmicznej. Pozwoliło to na odwzorowanie w każdej z temperatur faktycznej zmienności współczynnika dyfuzji w obrębie testowanego zakresu wilgotności $\Delta\phi$.

Zrealizowane badania dowodzą, że obydwie testowane metody typu \sqrt{t} oraz logarytmiczna dostarczały zbliżonych wartości współczynnika D_m w danych warunkach pomiarowych. Wyniki uzyskiwane z zastosowaniem obydwu procedur wykazują dobrą zgodność – przy rozpatrywaniu rozdzielnie każdego z cykli sorpcyjnych i desorpcyjnych.

W poszczególnych cyklach sorpcyjnych różnice są następujące: przy $T = 5^\circ\text{C}$ wynoszą ok. 8%, przy $T = 20^\circ\text{C}$ sięgają 27%, natomiast dla $T = 35^\circ\text{C}$ wynoszą jedynie 5%. W przypadku cykli desorpcyjnych skala zróżnicowania wyników uzyskanych obydwoma metodami to odpowiednio 23% (przy $T = 5^\circ\text{C}$), ok. 17% (przy 20°C) i 12% (przy 35°C). Jak na badania wilgotnościowe tego rodzaju jest to stosunkowo dobra zgodność obydwu procedur obliczeniowych, wskazująca na możliwość zamiennego ich stosowania – jako, że dostarczają one porównywalnych danych ze średnią dokładnością rzędu $10 \div 20\%$.

Analizując szczegółowo uzyskane wyniki, zauważa się, że w większości składowych cykli badawczych współczynnik D_m wyznaczany metodą typu \sqrt{t} wykazywał większe wartości, aniżeli ten wyznaczany metodą logarytmiczną.

Prawidłowość ta dotyczyła wszystkich bez wyjątku cykli desorpcyjnych oraz cyklu sorpcyjnego realizowanego w $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. W pomiarach sorpcyjnych prowadzonych przy temperaturze $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ uzyskano nieznacznie wyższą wartość współczynnika D_m wyznaczonego procedurą logarytmiczną.

Ciekawe wnioski płyną z przeprowadzonych badań i konfrontacyjnego zestawienia ze sobą wyników pomiarów sorpcyjnych i desorpcyjnych. W każdej bez wyjątku temperaturze zdecydowanie wyższe wartości $D_m(\sqrt{t})$ i $D_m(\ln)$ wyznaczone były w cyklu II, aniżeli w cyklu I. Ujawniał się tu wyraźnie wpływ wyższej wilgotności wyjściowej na przebieg procesu wymiany masy z otoczeniem, co przekładało się na wyższą wartość wyznaczonego desorpcyjnie współczynnika D_m , w stosunku do tego wyznaczonego sorpcyjnie przy niższym poziomie wilgotności startowej.

Przeprowadzone badania pozwalają zatem ocenić, nie tylko zgodność obydwu procedur obliczeniowych, ale także to jak zmienia się wartość współczynnika dyfuzji wraz z temperaturą w obrębie testowanych zakresów wilgotności $\Delta\phi$. Uznać należy, że wartością reprezentatywną D_m dla danego przedziału zmienności $\Delta\phi$ jest średnia z dwóch wartości brzegowych, wyznaczanych w procesie sorpcji oraz desorpcji w danej temperaturze, nota bene również przekładającej się na wielkość wyznaczonego parametru.

DIFFUSION COEFFICIENT OF SILICA BRICK – COMPARISON OF SELECTED MEASUREMENT TECHNIQUES

Summary: This paper presents results of test of non-stationary sorption (cycle I) and desorption (cycle II) processes performed on silica brick samples. The experiment was carried out at three temperatures: $T = 5, 20, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and referred to the same humidity range $\Delta\phi$. In cycle I, the course of the sorption process was registered for the following humidity ranges: $\Delta\phi_s \approx 88 \rightarrow 98\%$ ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$), $\Delta\phi_s \approx 85 \rightarrow 98\%$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), $\Delta\phi_s \approx 83 \rightarrow 97\%$ ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$). In cycle II, the course of the desorption process was registered according to the scheme: $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 88\%$ ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$), $\Delta\phi_d \approx 98 \rightarrow 85\%$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), $\Delta\phi_s \approx 97 \rightarrow 83\%$ ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$). Data collected during cycles I and II were used to determine diffusion coefficients D_m , connected with sorption and desorption processes. The calculation were made with the application of the \sqrt{t} type procedure and the logarithmic procedure. The results allowed to assess compatibility of both calculation methods, as well as to estimate a scale of D_m differentiation, with regard to temperature and varying humidity within the exemplary $\Delta\phi$ range, chosen for detailed analysis in this paper.

Literatura

[1] Gertis K., Werner H. *Die Problematik der Porenanalyse von Baustoffen – Kritische Ansätze zur hygrischen*

Interpretation des Porengefüges. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton H. 258 (1976) 5-35

[2] Johannesson B. *Transport and sorption phenomena in concrete and other porous media*. Doctoral thesis, Lund 2000

[3] Kubik J. *Przeptywy wilgoci w materiałach budowlanych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2000

[4] Wyrwał J. *Ruch wilgoci w porowatych materiałach i przegrodach budowlanych*. Studia i Monografie, z. 31, Opole 1989

[5] Gawin D. *Modelowanie sprzężonych zjawisk cieplno-wilgotnościowych w materiałach i elementach budowlanych*, Zeszyty Naukowe Nr 853, Rozprawy Naukowe, Z. 279, Politechnika Łódzka, Łódź 2000

[6] Garbalińska H. *Izotermiczne współczynniki transportu wilgoci porowatego materiału budowlanego*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej – Katedra Konstrukcji Żelbetowych i Technologii Betonu Nr 571. Szczecin 2002

[7] Garbalińska H., Kowalski S.J., Staszak M. *Linear and non-linear analysis of desorption processes in cement mortar*. Cement and Concrete Research 40 (2010) 752-762

[8] Kohonen, R. *Modeling and calculating moisture transfer in building materials*, Proceedings of the International Centre for Heat and Mass Transfer, 1991

[9] Künzel H. M. *Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters*. IRB Stuttgart 1995

[10] Lü X. *Modelling of heat and moisture transfer in buildings. I. Model program*. Energy and Building 34 (2002) 1033-1043

[11] Świrska-Perkowska J. *Adsorpcja i ruch wilgoci w porowatych materiałach budowlanych w warunkach izotermicznych*. KILiW PAN, Studia z Zakresu Inżynierii Nr 77, Warszawa 2012

[12] Garbalińska H. *Measurement of the mass diffusivity in cement mortar: use of initial rates of water absorption*. International Journal of Heat and Mass Transfer 24 (2002) 1353-1357

[13] Garbalińska H. *Application of the logarithmic procedure to absorption measurements of mass diffusivity for cement mortars*. Research Journal Heat and Mass Transfer 40 (2004) 963-972

[14] PN EN ISO 12571:2013 *Cieplno-wilgotnościowe właściwości użytkowe materiałów i wyrobów budowlanych – określanie właściwości sorpcyjnych*