

## **Charakterystyka kompozytu wapienno-konopnego i jego zastosowanie w budownictwie**

**Przemysław Brzyski, Stanisław Fic**

*Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,  
e-mail: p.brzyski@pollub.pl, s.fic@pollub.pl*

**Streszczenie:** Jednym z rozwiązań zmniejszenia zużycia energii oraz emisji dwutlenku węgla w sektorze budownictwa jest wykorzystywanie materiałów budowlanych o korzystnym wpływie środowiskowym. Jest to możliwe do osiągnięcia wykorzystując materiały pochodzenia roślinnego, np. konopie przemysłowe, które w czasie wzrostu pochłaniają duże ilości dwutlenku węgla. Jako spoiwo zamiast cementu alternatywnie wykorzystywana jest glina lub wapno modyfikowane odpadami przemysłowymi w postaci pucolan. W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania konopi przemysłowych w produkcji kompozytu opartego na modyfikowanym wapień hydratyzowanym. Na podstawie przeglądu literatury scharakteryzowane zostały podstawowe właściwości przykładowych kompozytów takie jak wytrzymałość na ściskanie oraz przewodnictwo cieplne. Materiał jest przeznaczony głównie jako wypełnienie drewnianej konstrukcji szkieletowej ścian, ale również jako izolacja cieplna dachu i podłogi na gruncie. W artykule opisano możliwości zastosowania kompozytu przy budowie ścian w różnych technikach a także opisano sposób przygotowywania mieszanki.

**Słowa kluczowe:** paździerz konopne, wapno, wytrzymałość, przewodnictwo cieplne

### **1. Wprowadzenie**

Zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju, pożądane jest zmniejszenie zużycia energii w sektorze budownictwa. Istotne jest zminimalizowanie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, rozpowszechnianie wykorzystywania odnawialnych źródeł energii oraz zagospodarowanie odpadów poprodukcyjnych. Dąży się do zmniejszenia wpływu środowiskowego materiałów budowlanych np. poprzez wykorzystanie półproduktów lub odpadów z rolnictwa – materiałów roślinnych takich jak słoma zbożowa, lniana, konopna. Alternatywą dla spoiwa cementowego natomiast może być glina, wapno hydrauliczne lub wapno hydratyzowane modyfikowane pucolanami, będącymi odpadami przemysłowymi lub materiałami naturalnymi. Prowadzone badania własne dowodzą, że łącząc słomę lnianą ze spoiwem wapiennym, otrzymać można kompozyt o dobrych parametrach termoizolacyjnych [1,2,3] Rośliny, które wykorzystuje się w materiałach budowlanych w trakcie wzrostu pochłaniają duże ilości dwutlenku węgla z atmosfery. Otrzymane materiały z reguły charakteryzują się dobrymi parametrami termoizolacyjnymi, a więc przyczyniają się również do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w fazie użytkowania, zmniejszając zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynku, w którym np. ściany zewnętrzne zostały wykonane z takiego materiału na bazie wypełniaczy roślinnych.

Na przełomie lat 80-tych i 90-tych, we Francji zaczęto wykorzystywać do renowacji starych budynków opartych na konstrukcji drewnianej, lokalnych konopi przemysłowych (włókniстых) w postaci paździerzy oraz spoiwa wapiennego, tworząc mieszankę do wypełniania ścian w miejsce ubytków. W kolejnych latach, po wielu modyfikacjach materiału

ten był stosowany przy wznoszeniu nowych budynków.

W artykule przedstawiono charakterystykę kompozytu wapienno-konopnego – sposób jego przygotowania, dokonano przeglądu podstawowych właściwości a także opisano możliwości wykorzystania kompozytu do budowy ścian różnymi technikami.

## 2. Charakterystyka konopi włóknistych

Uprawa konopi regulowana jest w Polsce ustawą o przeciwdziałaniu narkomanii, która weszła w życie 24 kwietnia 1997 roku. W myśl ustawy, uprawa konopi zawierających więcej niż 0,2% substancji wykazującej działanie narkotyczne – tetrahydrokanabinolu (THC) została zabroniona. Rośliny z gatunku konopie siewne (*Cannabis sativa* L.) zawierające mniej niż 0,2% THC w kwiatowych lub owocujących wierzchołkach roślin, z których nie usunięto żywicy, w przeliczeniu na suchą masę określone zostały w ustawie jako włókniste (wykorzystywane jest również określenie-przemysłowe) i są dopuszczone do uprawy po uzyskaniu pozwolenia z urzędu danej jednostki samorządu terytorialnego.



Rys. 1. Konopie włókniste – odmiana Białobrzezkie [archiwum autorów]



Rys. 2. Paździerz konopne [archiwum autorów]

W wyniku obróbki mechanicznej (dekortykacji) słomy konopnej możliwe jest do uzyskania średnio ok. 25÷30% włókna i ok. 70÷75% paździerzy objętościowo. Przy wydajności zbioru słomy konopnej w ilości ok. 10t/ha można więc uzyskać ok. 7 ton paździerzy.

Najbardziej popularną odmianą konopi przemysłowej w Polsce jest odmiana konopi Białobrzezskich (rys. 1). Została ona wyhodowana przez Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu w roku 1968 specjalnie dla polskich warunków klimatyczno-glebowych. Rośliny te są stosunkowo mało wymagające, odporne na choroby i szkodniki.

Półproduktem z upraw konopi, wykorzystywanym w budownictwie jest zarówno włókno konopne – do produkcji wełny konopnej, stosowanej jako termoizolacja, ale również półprodukt, uważany do niedawna jako odpad – zdrewniała część słomy konopnej, pocięta na kawałki zwane paździerzami (rys. 2.).

## 3. Paździerz konopne jako wypełniacz kompozytu na bazie wapna

Paździerz konopne jako wypełniacz kompozytu, stosowane są w zróżnicowanych frakcjach pod względem długości i grubości. Najbardziej odpowiednie są paździerz o długościach mieszczących się w przedziale 10-30 mm [3]. Chociaż nieunikniona jest obecność frakcji spoza podanego przedziału z przyczyn technologicznych – nie jest możliwe, a na pewno jest bardzo trudne, uzyskanie w procesie dekortykacji paździerzy o kon-

kretniej długości. Istotne jest ograniczenie do minimum frakcji pylastej, gdyż przyczyni się ona do zwiększenia zapotrzebowania mieszanki kompozytu na wodę. Należy również oczyścić mieszanke paździerzy z włókien konopnych. Duża zawartość włókien może wydłużyć czas wysychania kompozytu.

Paździerze charakteryzują się wysoką porowatością – około 60% ich objętości stanowi powietrze, co odpowiada za ich dobre parametry termoizolacyjne. Współczynnik przewodności cieplnej paździerzy jest porównywalny do tych, którymi cechują się konwencjonalne materiały termoizolacyjne. Wynosi około 0,04-0,06 W/mK [4].

Spoiwem kompozytu jest w przeważającej części wapno hydratyzowane. Proces wiązania i twardnienia spoiwa wapiennego jest długotrwały (proces karbonatyzacji). Z tego powodu przeważnie spoiwo jest modyfikowane dodatkami hydraulicznymi lub pucolanowymi. Materiały pucolanowe, których przeważającymi składnikami są reaktywne tlenki krzemu lub glinu, reagują w obecności wody z wodorotlenkiem wapnia obecnym w wapnie hydratyzowanym, tworząc związki o właściwościach hydraulicznych, analogiczne do tych będących produktami procesu hydratacji cementu.

#### **4. Technologia wykonywania mieszanki wapienno-konopnej**

Kolejność mieszania wszystkich składników nie jest ściśle określona. Mieszanie powinno trwać dotąd aż wypełniacz zostanie pokryty spoiwem wapiennym a mieszanka uzyska jednorodną konsystencję. Istotna jest ilość wody zarobowej. Powinna być ona wystarczająca aby spoiwo mogło w pełni związać. Należy mieć na uwadze wysoką nasiąkliwość paździerzy. Są one w stanie wchłonąć wodę w ilości trzykrotnej ich suchej masy. Zbyt duża ilość wody wprowadzonej do mieszanki spowoduje zwiększenie jej ciężaru co skutkować może zwiększeniem stopnia zagęszczeniem lub rozsegregowaniem składników (płynne spoiwo może wypłynąć przez szczeliny w deskowaniu, lub zgromadzić się na spodzie przegrody). Zwiększenie ilości wody przyczyni się również do opóźnień technologicznych związanych z wydłużonym czasem wysychania materiału.

Proporcje spoiwa do paździerzy stosowane są różne w zależności od przewidywanego zastosowania, miejsca aplikacji kompozytu. Chcąc otrzymać kompozyt o większej gęstości stosuje się większy stosunek wapna do wypełniacza. Ilość spoiwa jednak zawsze powinna zapewnić dokładne pokrycie paździerzy.

#### **5. Zastosowania kompozytu wapienno-konopnego w ścianach zewnętrznych**

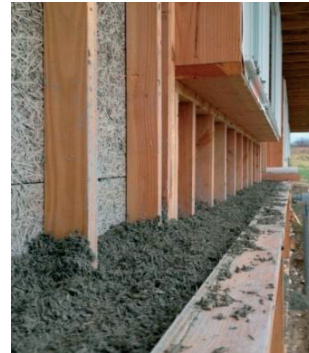
Mieszanka może być stosowana do wykonywania przegród zewnętrznych jak i wewnętrznych. Możliwość modyfikowania proporcji paździerzy do spoiwa wapiennego daje możliwości uzyskania różnych parametrów fizyko-mechanicznych materiału. W zależności od przeznaczenia, miejsca aplikacji stosuje się różne receptury, różniące się przede wszystkim gęstością. W rozdziale omówione zostaną techniki wykonywania ścian.

Jedną z technik konstruowania ścian w technologii kompozytu wapienno-konopnego jest centralne ustawienie słupów względem grubości ściany (rys. 3). Do słupów mocowane jest deskowanie tymczasowe za pomocą wkręcanych stalowych łączników. Celem zachowania jednakowej grubości przegrody stosuje się dystanse z rurek z tworzywa sztucznego, które po zdjęciu płyt deskowania wyjmują się a pozostałe przestrzenie wypełniają się mieszanką. Mieszanke kompozytu układa się warstwowo w warstwach około 50-60 cm. Istotne jest dokładne rozprowadzenie mieszanki w deskowaniu oraz staranne wypełnienie trudno dostępnych miejsc. Ułożonego materiału nie należy zbyt mocno zagęszczać, gdyż skutkiem

tego będzie obniżenie izolacyjności termicznej przegrody. Ważne jest zagęszczenie stref przypowierzchniowych, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie zwartej, jednolitej faktury pod położenie warstw wykończeniowych. Po osiągnięciu stanu wstępnego związania płyty deskowania przesuwają się w górę i układają kolejne warstwy – wczesne wiązanie spoiwa odgrywa tutaj istotną rolę. Mieszanki nie należy zbyt mocno ubijać gdyż wpłynie to na obniżenie parametrów termoizolacyjnych. Wykonując ścianę w ten sposób - słup jest izolowany od środowiska zewnętrznego mieszanką wapienno-konopną a także obciążenie ze ściany jest rozłożone symetrycznie i równomiernie względem słupa. W technice tej nie jest konieczne stosowanie ukośnych wzmocnień (zastrzałów, wiatrownic) mających na celu usztywnienie konstrukcji w kierunku podłużnym ściany, gdyż zagęszczony i stwardniały kompozyt odpowiada również za usztywnienie konstrukcji.



Rys. 3. Mieszanka ułożona w tymczasowym deskowaniu ściennym [6]



Rys. 4. Technika wykonania ściany z jednostronnym traconym deskowaniem [6]

Kolejną metodą konstruowania ściany zewnętrznej jest lokalizacja ramy drewnianej od strony wewnętrznej z przymocowanym do niej deskowaniem traconym, stanowiącym okładzinę wewnętrzną (rys. 4). Mogą to być płyty z włókna drzewnego, płyty MgO ale również maty z wikliny będące podłożem pod tynk wewnętrzny. Płyta deskowania traconego powinna być odporna na uszkodzenia spowodowane długotrwałym oddziaływaniem wody, gdyż będzie ona miała bezpośredni kontakt z mokrym kompozytem wapienno-konopnym, którego wysychanie jest długotrwałe (w zależności od warunków otoczenia, ściana o grubości 300 mm może wysychać 2 miesiące). Płyty te powinny mieć zdolność do dyfuzji pary wodnej zbliżoną do kompozytu, aby nie stwarzały bariery dla swobodnego wysychania ściany. Materiały o niskiej zdolności przepuszczania pary wodnej mogą przyczynić się do pojawienia się pleśni od wewnętrznej strony ściany. To rozwiązanie jest odpowiednie dla natryskowej metody aplikacji mieszanki w deskowanie (rys. 5). W tej metodzie, przy użyciu sprężonego powietrza podawane są oddzielnie wszystkie składniki, osobnymi przewodami: paździerz, suche spoiwo oraz woda. Przy samym wylocie przewodów agregatu, mieszane są ze sobą, przez co kontakt mieszanki z wodą jest minimalny. W związku z tym proces wysychania jest krótszy niż w przypadku metody tradycyjnej. Podając mieszankę pod ciśnieniem na deskowanie ścienne, jest ona zagęszczana. W przypadku tego rodzaju konstrukcji, rozmieszczenia słupów od wewnątrz przegrody, obciążenie z kompozytu nie rozkłada się równomiernie względem słupa, dlatego istnieje ryzyko, że kompozyt odspoi się od słupa, ze względu na przesunięcie środka ciężkości kompozytu względem słupa na zewnątrz, zwłaszcza przy zastosowaniu ciężkiej warstwy tynku zewnętrznego. W tym celu stosuje się wzmocnienia w postaci łat przybitych poziomo, prostopadle do słupów, w pionowym rozstawie około 60 cm [4].





Rys. 5. Mechaniczny natrysk mieszanki wapienno-konopnej [archiwum autorów]



Rys. 6. Bloczek ścienny wykonany z kompozytu wapienno-konopnego [archiwum autorów]

Możliwe jest również wykonywanie ścian z bloczków uformowanych z kompozytu wapienno-konopnego (rys. 6). Zaletą wykorzystania suchych prefabrykatów jest wyeliminowanie przerw technologicznych przed położeniem tynku lub innych warstw wykończeniowych, które konieczne są w monolitycznej technologii wykonywania ścian z kompozytu. Bloczki z reguły charakteryzują się większym stopniem zagęszczenia niż kompozyt w postaci monolitycznej. W celu zwiększenia sztywności możliwe jest dodanie piasku do mieszanki, z której formowany jest bloczek. Z kolei w celu zmniejszenia ciężaru oraz zwiększenia izolacyjności termicznej, możliwe jest wykonanie w bloczkach drążeń, otworów, dzięki którym prefabrykat również szybciej wysycha. Wg literatury [7] receptura mieszanki przeznaczona na produkcję bloczków często zawiera dodatek piasku w celu zwiększenia sztywności oraz pojemności cieplnej produktu.

Spotykane są również panele ścienne wykonane jako prefabrykat stanowiący segment ściany. Panele zawierają drewniany szkielet, który stanowi docelową konstrukcję, ale również na etapie produkcji panelu służy jako tracone deskowanie. W segmentach mogą być zawarte również otwory okienne oraz drzwiowe. Zaletą takiego rozwiązania jest szybki montaż, szybkie wykonanie budynku – brak przerw technologicznych, które są normą w monolitycznym układaniu mieszanki wapienno-konopnej.

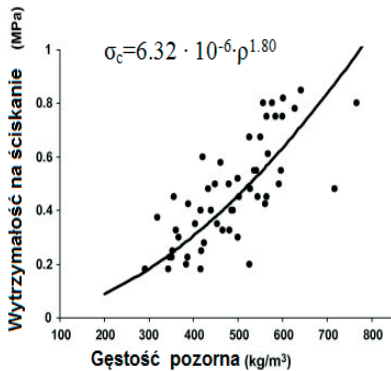
## 6. Wybrane właściwości kompozytów

### 6.1. Właściwości mechaniczne

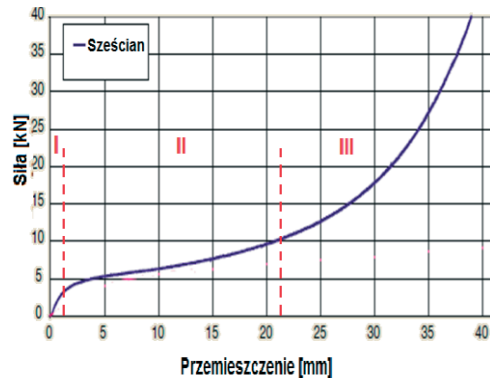
Podstawowym parametrem mechanicznym materiałów budowlanych jest jego wytrzymałość na ściskanie. Kompozyt wapienno-konopny przeznaczony jest jako wypełnienie drewnianej konstrukcji szkieletowej przenoszącej obciążenia działające ze stropów i dachu. Wobec tego materiał ten nie jest projektowany pod kątem osiągnięcia wysokich wytrzymałości, natomiast dąży się do uzyskania niskiej gęstości oraz przewodności cieplnej kompozytu. Wytrzymałość związana jest z gęstością. Wysoka zawartość wypełniacza a niska zawartość spoiwa przyczyniają się do otrzymania materiału ściennego o niskiej gęstości i wytrzymałości. O gęstości materiału może decydować również sposób zagęszczania mieszanki w deskowaniu.

Na rysunku 7 przedstawiono zależność wytrzymałości na ściskanie kompozytu od gęstości pozornej ( $\sigma_c$  – wytrzymałość na ściskanie [MPa],  $\rho$  – gęstość pozorna [ $\text{kg/m}^3$ ]). Analizowany w literaturze [8] kompozyt posiadał następującą recepturę: 34% wagowych - spoiwo na bazie wapna (70% wagowych wapna hydratyzowanego, 15% wagowych materiału

pucolanowego i 15% wagowych spoiwa hydraulicznego), 16% wagowych - paździerze konopne i 50% wagowych – wody. Kompozyt formowano poprzez mechaniczny natrysk z różnych odległości, a próbki do badań pobrano poprzez wycięcie kostek z bloczka, stąd zróżnicowanie w gęstościach. Materiał osiągnął wytrzymałość w zakresie 0,18 do 0,85 MPa, przy gęstościach od 290 do 610 kg/m<sup>3</sup>. Sposób wykonania przy jednakowym składzie znacząco wpływa na możliwość uzyskania różnej charakterystyki stwardniałego kompozytu.

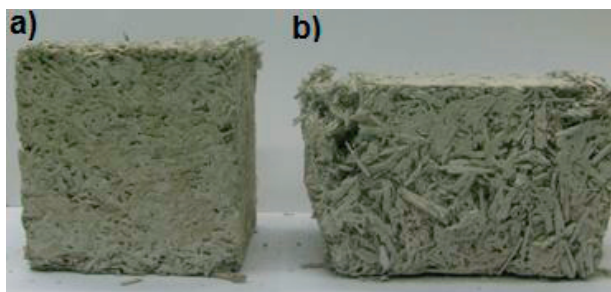


Rys. 7. Zależność wytrzymałości na ściskanie od gęstości objętościowej kompozytu [8]



Rys. 8. Przykładowe zachowanie próbki kompozytu o wymiarach 100 x 100 x 100 mm pod wzrastającym obciążeniem [7]

Zachowanie próbek kompozytu pod wzrastającym obciążeniem jest charakterystyczne dla materiałów budowlanych zawierających wypełniacz celulozowy. Krzywa obciążenie-przemieszczenie może być scharakteryzowana poprzez jej podział na 3 obszary (rys. 8 – I, II, III). W początkowej fazie obciążania wykres stanowi linia prosta, co oznacza, że zachowanie materiału jest sprężyste. W drugiej fazie próbka przestaje wykazywać zachowanie liniowe, wykres, przyrost siły jest niewielki natomiast poziom odkształcenia znaczny. Materiał ulega deformacji i przestaje stawiać opór obciążeniu. Podczas badania zaobserwować można pęknięcie paździerzy konopnych oraz ich odspajanie, odpadanie. Paździerze deformują się by stopniowo dopasować się do spękań spoiwa. Kolejnym etapem jest ustabilizowanie odkształceń, ze względu na nieodwracalne zagęszczenie materiału porowatego w badanej próbce. W tym etapie następuje szybki wzrost naprężeń prowadzący do całkowitego zniszczenia próbki. Na rys. 9 przedstawiono próbkę o wymiarach 150x150x150 mm przed i po badaniu wytrzymałości na ściskanie (badania własne).



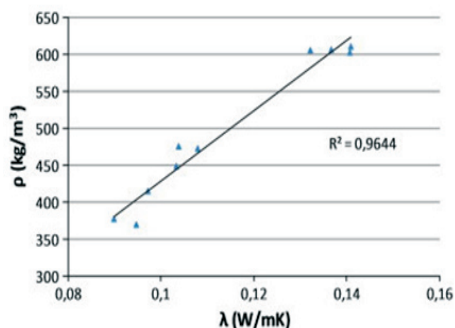
Rys. 9. Próbką poddana badaniu wytrzymałości na ściskanie: a) przed badaniem, b) po badaniu. Różnica wysokości 30 mm [archiwum autorów]

## 6.2. Właściwości cieplne

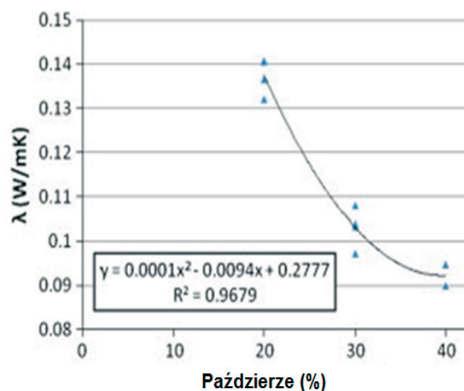
Wartość współczynnika przewodności cieplnej  $\lambda$  kompozytu wapienno-konopnego zależy od gęstości materiału, która z kolei związana jest ze sposobem układania i zagęszczenia mieszanki oraz z proporcją spoiwa do wypełniacza.

Dobre właściwości termozolacyjne materiału umożliwiają wykonanie przegród bez konieczności stosowania dodatkowych materiałów termozolacyjnych, przy zachowaniu rozsądnych grubości ścian (300–400 mm). O niskiej wartości współczynnika przewodności cieplnej decyduje wysoka porowatość kompozytu, rzędu 80% [9].

Zwiększenie przewodności cieplnej wraz ze zwiększeniem jego gęstości stwierdził na podstawie wyników swoich badań Benfratello [5] (rys. 10). Badał on kompozyty zawierające konopie o frakcji 2 mm lub 4 mm, a ich procentowy udział mieścił się w przedziale 20–40% w odniesieniu do masy mieszanki. Spoiwem było wapno hydratyzowane CL-70s oraz hydrauliczne NHL 5. Najniższą przewodność cieplną ( $\lambda = 0,0899$  W/mK) wykazał kompozyt o gęstości 377 kg/m<sup>3</sup>, zawierający frakcje konopi o długości 2 mm, przy 40% udziale wagowym mieszanki, natomiast najwyższą przewodność cieplną ( $\lambda = 0,1406$  W/mK) wykazał kompozyt o gęstości pozornej 603 kg/m<sup>3</sup> – zawierał on frakcje paździerzy o długości 4 mm, w ilości 20% wagowo w odniesieniu do wszystkich składników mieszanki.



Rys 10. Wykres zależności wartości współczynnika przewodności cieplnej od gęstości pozornej kompozytu [5]



Rys 11. Wykres zależności wartości współczynnika przewodności cieplnej od zawartości paździerzy w kompozycie [5]

Benfratello potwierdził w badaniach również wpływ zawartości paździerzy w mieszance na wartość współczynnika przewodzenia ciepła (rys. 11). Wraz ze wzrostem zawartości paździerzy – z 20% do 40% objętości mieszanki wartość  $\lambda$  kompozytu spadła z około 0,135 W/mK do około 0,09 W/mK.

W badaniach własnych [3] zastosowano mieszankę paździerzy konopnych, szkła piankowego oraz wapna hydratyzowanego modyfikowanego cementem portlandzkim oraz pucolaną w postaci metakaolinitu. Proporcje objętościowe mieszanki wynosiły: spoiwo 24%, paździerze 36%, szkło piankowe 18%, woda 22%. Przy gęstości objętościowej równej 530 kg/m<sup>3</sup>, materiał charakteryzował się przewodnością cieplną równą 0,112 W/mK oraz 0,116 W/mK w zależności od zadanej temperatury po dwóch stronach próbki. Współczynnik przewodności cieplnej badano aparatem płytowym FOX300 na próbkach 250x250x50 mm, zadając średnią temperaturę pomiędzy płytami 12,5°C oraz 22,5°C. Wytrzymałość na ściskanie kompozytu wyniosła 1,18 MPa. Badania wykonano na próbkach 100x100x100 mm.

## 7. Podsumowanie

W chwili pisania artykułu, w warunkach polskich technologia ta nie była jeszcze rozpowszechniona. Główną przyczyną jest utrudniony dostęp do surowca w postaci paździerzki konopnych o jakości umożliwiającej wykorzystanie go w budownictwie. Trudności w dostępie wynikają z małych powierzchni upraw w skali kraju a także z deficytu linii technologicznych do obróbki słomy konopnej, wynikającego z ponad dwudziestoletniego przestoju w masowych uprawach konopi przemysłowych w Polsce.

Kompozyt wapienno-konopny jest alternatywą dla powszechniej stosowanych w Europie kostek słomy. Jego właściwości termoizolacyjne zapewniają spełnienie obecnych wymagań cieplnych stawianych ścianom zewnętrznym, przy zachowaniu odpowiedniej receptury i grubości ściany, jednak z reguły nie większej niż 400 mm. Właściwości kompozytu mogą być modyfikowane na etapie projektowania składu mieszanki oraz jej przygotowywania. Stosując jedną proporcję spoiwa do paździerzki można uzyskać również parametry za pomocą sposobu zagęszczania. Stosując różne proporcje spoiwa do wypełniacza możliwe jest również osiągnięcie pożądanej izolacyjności termicznej, odpowiedniej dla ścian, dachów oraz podłóg na gruncie. Istotny jest również fakt, iż przygotowanie mieszanki jak i również jej aplikacja w przegrodę są łatwe do wykonania samodzielnie, dzięki czemu możliwe jest obniżenie kosztów wykonawstwa budynku.

W Katedrze Budownictwa Ogólnego WBiA rozpoczęto szerokie badania mające na celu wykorzystanie odpadowych paździerzki do wykonywania ścian zewnętrznych i wewnętrznych w budownictwie, jako materiału kompozytowego spełniającego funkcję izolacji cieplnej wypełniającej drewniany szkielet.

## Literatura

- 1 Fic S., Brzyski P., Szelaż M. *Composite based on foam lime mortar with flax fibers for use in the building industry*. Ecological and Chemistry Engineering A 7-8 (2013) 899-907.
- 2 Fic S., Brzyski P. *Badanie kompozytu opartego na lekkich wypełniaczach (len i perlit) do zastosowań w budownictwie jako materiał ścienny*. Przegląd Budowlany 2 (2015) 30-35.
- 3 Fic S., Brzyski P., Szewczak A., Hadam-Jarosz M. *Wybrane właściwości lekkich kompozytów na bazie wypełniaczy celulozowych do zastosowania w budownictwie ekologicznym*. Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury JCEEA 62, 2/15 (2015) 61-70.
- 4 Stanwix W., Sparrow A. *The Hempcrete Book – Designing and building with hemp-lime*. Green Books, England, 2014.
- 5 Benfratello S., Capitano C., Peri G., Rizzo G., Scaccianocce G., Sorrentino G. *Thermal and structural properties of a hemp-lime biocomposite*. Construction and Building Materials 48 (2013) 745–754.
- 6 <http://limecrete.co.uk>
- 7 Bevan R., Woolley T. *Hemp Lime Construction: A Guide to Building with Hemp Lime Composites*, Bracknell, 2010.
- 8 Elfordy S., Lucas F., Tancret F., Scudeller Y., Goudet L. *Mechanical and thermal properties of lime and hemp concrete (“hempcrete”) manufactured by a projection process*. Construction and Building Materials 22/10 (2008) 2025-2152.
- 9 Collet F., Pretot S. *Thermal conductivity of hemp concretes: Variation with formulation, density and water content*. Construction and Building Materials 65 (2014) 612–619



## **Characteristics of lime-hemp composite and its use in construction industry**

**Przemysław Brzyski, Stanisław Fic**

*Department of General Building Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, e-mail: p.brzyski@pollub.pl, s.fic@pollub.pl*

**Abstract:** One of the solutions for reducing energy consumption and carbon dioxide emissions in the construction sector is the use of building materials which have a favorable environmental impact. This is possible to achieve by using plant material, e.g., industrial hemp, which absorb large amounts of carbon dioxide during the growth. Instead of cement as a binder there are used alternatively clay or lime modified with industrial waste in the form of pozzolans. The paper presents the possibility of using industrial hemp in the production of composite based on modified hydrated lime. It describes the basic properties of the sample composites such as compressive strength and thermal conductivity based on literature review. The article describes the way of preparing the mixture and the possibility of using the composite for the construction of walls using different techniques.

**Keywords:** hemp shives, lime, strength, thermal conductivity

