

Projekt pt.: „*Opracowanie receptur materiałów chemii budowlanej z wykorzystaniem włókien technicznych oraz technologii produkcji tych włókien*”, Umowa nr RPMA.01.02.00-14-5610/16-02

---

# **INSTYTUT CERAMIKI I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH ODDZIAŁ SZKŁA I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH**

## **Sprawozdanie z przebiegu badań**

w ramach realizacji projektu Nr RPMA.01.02.00-14-5610/16, pt. „Opracowanie receptury materiałów chemii budowlanej z wykorzystaniem celulozowych włókien technicznych oraz technologii produkcji tych włókien”,

zadania Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych pt.:

Opracowanie ramowych receptur zapraw na bazie spoiwa gipsowego, polimerowego i cementowego z określonym udziałem włókna celulozowego.

Ocena jakości włókien celulozowych w przemyśle materiałów budowlanych.

Ocena wpływu zawartości dostarczonych włókien celulozowych szarych i białych na reakcję na ogień w wybranych materiałach budowlanych.

Badania „typu” opracowanych mieszanek na spoiwie gipsowym, cementowym oraz polimerowym.

3.07.2017 – 31.08.2018.

kierownik tematu w części ICIMB: mgr inż. Michał Wieczorek

autorzy sprawozdania: mgr inż. Michał Wieczorek  
dr inż. Marzena Najduchowska.

---

Kraków, wrzesień 2018

## Spis treści

1.	Planowany zakres badań .....	3
1.1	Opracowanie ramowych receptur zapraw na bazie spoiwa gipsowego, polimerowego i cementowego z określonym udziałem włókna celulozowego.....	3
1.2	Ocena jakości włókien celulozowych w przemyśle materiałów budowlanych.....	3
1.3	Ocena wpływu zawartości dostarczonych włókien celulozowych szarych i białych na reakcję na ogień w wybranych materiałach budowlanych.....	4
1.4	Badania „typu” opracowanych mieszanek na spoiwie gipsowym, cementowym oraz polimerowym.....	4
1.5	Opracowanie wyników badań.....	5
2.	Materiały użyte do badań. ....	5
3.	Zespół realizujący pracę .....	5
4.	Wykonane prace.....	6
4.1	Opracowanie ramowych składów recepturowych.....	6
4.2	Badania właściwości zapraw i mas z zastosowaniem włókien celulozowych .....	8
4.2.1	Badania właściwości świeżych zapraw .....	9
4.2.2	Badania właściwości zapraw klejowych do płytek .....	20
4.2.3	Badania właściwości zapraw klejowych do systemów ociepleń.....	27
4.2.4	Badania właściwości stwardniałych cementowych zapraw tynkarskich.....	33
4.2.5	Badania właściwości materiałów na podkłady podłogowe .....	41
4.2.6	Badania właściwości tynków na spoiwie organicznym .....	45
4.2.7	Badania właściwości tynków gipsowych .....	46
4.2.8	Badania właściwości szpachli gipsowych.....	50
4.2.9	Badania właściwości najdrobniejszej frakcji włókien .....	52
4.3	Ocena wpływu zawartości dostarczonych włókien celulozowych szarych i białych na reakcję na ogień w wybranych materiałach budowlanych .....	55
4.3.1	Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania niepalności.....	55
4.3.2	Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania ciepła spalania .....	61
4.3.3	Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania pojedynczym płonącym przedmiotem (SBI).....	62
4.3.4	Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania właściwości ogniowych metodą płyty promieniującej.....	64
4.4	Badania „typu” opracowanych mieszanek na spoiwie gipsowym, cementowym oraz polimerowym.....	65
5.	Wnioski.....	65

Podstawą wykonania prac przez Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie jest Umowa Konsorcjum z dnia 2.06.2016 r z późniejszymi zmianami, podpisana pomiędzy następującymi podmiotami:

Eugeniusz Hentosz PROAGRO, numer REGON 012142334, NIP 1250187247, z siedzibą przy ul. Szkolnej 64, Zagościniec, 05-200 Wołomin

a

Instytutem Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, z siedzibą ul. Postępu 9, 02-676 Warszawa, instytutem badawczym, zarejestrowanym w Sądzie Rejonowym dla m. st. Warszawy, XIII Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego, nr KRS 0000050974, REGON 000056377, NIP 525-000-76-26, zwanym dalej Partnerem,

Badania zostały wykonane zgodnie z harmonogramem i późniejszymi ustaleniami. Prace rozpoczęto 3.07.2017 roku a zakończono 31.08.2018. Niniejsze sprawozdanie dotyczy całości prac.

## **1. Planowany zakres badań**

Zgodnie z wnioskiem na konkurs zaplanowano następujący zakres prac do realizacji:

### **1.1 Opracowanie ramowych receptur zapraw na bazie spoiwa gipsowego, polimerowego i cementowego z określonym udziałem włókna celulozowego.**

Prace obejmowały opracowanie ramowych receptur zapraw na bazie spoiwa gipsowego, polimerowego i cementowego z określonym udziałem włókna celulozowego.

Celem było wytypowanie surowców składników do poszczególnych rodzajów wyrobów budowlanych oraz określenie zakresu ilości dodatku włókien do poszczególnych zapraw. Opracowano następujące receptury z wykorzystaniem włókien szarych oraz włókien białych:

- zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS),
- zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS),
- zaprawa klejowa do płytek,
- tynk wapienno-cementowy,
- tynk cementowo-wapienny,
- tynk gipsowy,
- szpachla gipsowa,
- gładź cementowa biała
- polimerowa masa szpachlowa (tynk na spoiwie organicznym),
- materiał na podkład podłogowy

### **1.2 Ocena jakości włókien celulozowych w przemyśle materiałów budowlanych.**

W celu oceny wpływu rodzaju włókien celulozowych oraz ich rodzaju na właściwości zapraw oraz mas budowlanych na bazie opracowanych receptur poszczególnych wyrobów z uwzględnieniem zastosowania włókien celulozowych białych i szarych wykonano badania właściwości fizycznych. Obejmowały one parametry normowe w odniesieniu do poszczególnych materiałów jako badania dodatkowe pozywające na ocenę określonego parametru. Poprawna ocena wpływu poszczególnych włókien na właściwości fizyczne, w tym mechaniczne, zapraw klejowych możliwa była dla badań wyrobów o podwyższonych parametrach wytrzymałościowych, a także charakteryzującymi się wymaganiami dodatkowymi jak m.in. obniżony spływ czy wysoka elastyczność.

Wyniki badań próbek wyrobów budowlanych z zastosowaniem włókien celulozowych ProAgro zostały porównane z wynikami badań próbek wyrobów budowlanych z zastosowaniem włókien celulozowych innych producentów. Porównanie zostało przeprowadzone pod kątem określenia przydatności ocenianego dodatku do praktycznych zastosowań w przemyśle materiałów budowlanych.

### **1.3 Ocena wpływu zawartości dostarczonych włókien celulozowych szarych i białych na reakcję na ogień w wybranych materiałach budowlanych.**

W celu określenia charakterystyki reakcji na ogień wyrobów z zastosowanymi włóknami przeprowadzono badania zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm badawczych, określonych w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-1+A1:2010. Reakcja na ogień określa w jaki sposób materiał przyczynia się do rozwoju pożaru, tzn. jak szybko się pali, ile energii przy tym wydziela, jak łatwo ulega zapaleniu oraz jak wpływa na rozprzestrzenianie się płomienia.

Wykonano badania w oparciu o normę PN-EN 13501-1+A1:2010 obejmującej wymagania w odniesieniu do reakcji na ogień pozwalające na określenie potencjalnego wpływu dodatku poszczególnych włókien. W odniesieniu do poszczególnych rodzajów wyrobów budowlanych wytypowano badania obejmujące:

- ciepło spalania wg: PN-EN ISO 1716:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych – Określanie ciepła spalania,
- niepalność wg: PN-EN ISO 1182:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych – Badania niepalności,
- badanie pojedynczym płonącym przedmiotem (SBI) wg: PN-EN 13823:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - Wyroby budowlane, z wyłączeniem podłogowych, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu,
- badanie metodą płyty promieniującej wg: PN-EN ISO 9239-1:2010 Badania reakcji na ogień posadzek. Część 1: Określanie właściwości ogniowych metodą płyty promieniującej.

Aktualnie obowiązujące normy dla wyrobów budowlanych, będących przedmiotem badań, takie jak: PN-EN 13279-1 i PN-EN 13963 (wyroby gipsowe), PN-EN 12004 (kleje do płytek), PN-EN 13454 (materiały na podkłady podłogowe) PN-EN 1542 (gładzie polimerowe), PN-EN 998-1 (gładzie i tynki cementowe), stanowią m.in., że wyroby, których dotyczą podlegają wymaganiom reakcji na ogień i nakładają na producenta takich wyrobów obowiązek wystawienia deklaracji dotyczącej ich klasyfikacji w tym zakresie.

### **1.4 Badania „typu” opracowanych mieszanek na spoiwie gipsowym, cementowym oraz polimerowym.**

Na podstawie receptur z dodatkiem wytypowanych włókien ProAgro wykonano badania typu zgodnie z normami przedmiotowymi dla danego rodzaju wyrobu. Pozwoliło to na potwierdzenie spełnienia wymagań dla poszczególnych wyrobów.

- badanie zaprawy klejowej do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) na zgodność z ETAG 004:2013
- badanie zaprawy klejowej do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) na zgodność z ETAG 004:2013
- badanie zaprawy klejowej do płytek wg PN-EN 12004+A1:2012
- badanie tynku wapienno-cementowego na zgodność z PN-EN 998-1:2016,
- badanie tynku cementowo-wapiennego na zgodność z PN-EN 998-1:2016,
- badanie tynku gipsowego na zgodność z PN-EN 13278-1:2014,
- badanie szpachli gipsowej na zgodność z PN-EN 13963:2014,
- badanie gładzi cementowej białej na zgodność z PN-EN 998-1:2016,

- badania polimerowej masy szpachlowej na zgodność z PN-EN 15824:2017,
- badanie materiału na podkład podłogowy na zgodność z PN-EN 13813:2003.

### **1.5 Opracowanie wyników badań**

Sprawozdanie zawiera: zestawienie wyników badań właściwości fizycznych wytypowanych wyrobów budowlanych z dodatkiem materiału celulozowego oraz analizę porównawczą wyników,.

## **2. Materiały użyte do badań.**

Do badań dostarczono następujące próbki:

włókna ProAgro:

- Tech MC 400 (włókno szare),
- Tech MC 400B (włókno białe),
- Tech MC 800 (włókno szare),
- Tech MC 800B (włókno białe),

oraz włókna innych producentów:

- B400 (włókno białe),
- ZZC 500 (włókno szare),
- BC 1000 (włókno białe),
- ZZC 700 (włókno szare).

Ponadto w marcu 2018 dostarczono kolejną próbkę oznaczoną jako:

- ProAgro 100

Stanowiła ona najdrobniejszą frakcję uzyskaną w procesie technologicznym.

Ponadto do badań zastosowano następujące surowce:

- Cement CWM I 42,5R
- Gips budowlany
- Anhydryt
- Dyspersja styrenowo-akrylowa
- Mączka wapienna
- Perlit
- Piasek kwarcowy 0,1-0,5 mm
- Piasek kwarcowy 0,8-1,2 mm
- Metyloceluloza Tylose MH 15002 P6
- Proszek dyspersyjny Elotex FX2320
- Mrówczan wapnia
- Uplynniciarz Cimsilla 55
- Uplynniciarz Berolan 801
- Środek hydrofobizujący Canastol
- Opóźniacz wiązania
- Domieszka FORFLOW
- Odpieniacz

## **3. Zespół realizujący pracę**

dr inż. Paweł Pichniarczyk

dr inż. Henryk Szelaąg

mgr inż. Michał Wieczorek

dr inż. Marzena Najduchowska

mgr inż. Małgorzata Nizurska

mgr inż. Krzysztof Nosal

mgr inż. Piotr Fudalej

st. tech. Tadeusz Kaciczak  
st. tech. Adam Wiśniewski  
st. tech. Marek Chytróś

#### 4. Wykonane prace

##### 4.1 Opracowanie ramowych składów recepturowych.

Działania obejmowały opracowanie ramowych receptur zapraw na bazie spoiwa gipsowego, polimerowego i cementowego z określonym udziałem włókna celulozowego. Celem było wytypowanie surowców składników do poszczególnych rodzajów wyrobów budowlanych oraz określenie zakresu ilości dodatku włókien do poszczególnych zapraw. Poniżej, w tablicach 1-10, przedstawiono opracowane receptury ramowe.

zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) Tablica 1

Składnik	Udział [%]
Cement portlandzki	25
Mączka kwarcowa	5
Piasek kwarcowy	do 100
Metyloceluloza	0,4
Proszek dyspersyjny	1,0
Mrówczan wapnia	0,5
Włókna celulozowe	0,5

zaprawa klejowa do zatapiaania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) Tablica 2

Składnik	Udział [%]
Cement portlandzki	30
Mączka kwarcowa	5
Piasek kwarcowy	do 100
Metyloceluloza	0,4
Proszek dyspersyjny	2,5
Mrówczan wapnia	0,5
Włókna celulozowe	0,5

zaprawa klejowa do płytek Tablica 3

Składnik	Udział [%]
Cement portlandzki	33
Mączka kwarcowa	5
Piasek kwarcowy	do 100
Metyloceluloza	0,5
Proszek dyspersyjny	4,0
Mrówczan wapnia	0,5
Włókna celulozowe	0,5

Tynk wapienno-cementowy

Tablica 4

Składnik	Udział [%]
Cement portlandzki CEM I 52,5	5
Wapno hydratyzowane	10
Mączka wapienna	4
Mączka dolomitowa	3,57
Piasek kwarcowy 0,1/0,5	30
Piasek kwarcowy 0,8/1,2	46
Metyloceluloza	0,12
Mrówczan wapnia	0,08
Proszek dyspersyjny	0,5
Włókna celulozowe	0,5
Uplynnierz I	0,07
Środek hydrofobizujący	0,13
Uplynnierz II	0,03

Tynk cementowo-wapienny

Tablica 5

Składnik	Udział [%]
Cement portlandzki CEM I 42,5	18,00
Wapno hydratyzowane	3,00
Piasek kwarcowy 0,1/0,5	39,33
Piasek kwarcowy 0,8/1,2	39,33
Metyloceluloza	0,03
Uplynnierz	0,01
Włókna celulozowe	0,30

Tynk gipsowy

Tablica 6

Składnik	Udział [%]
Gips budowlany	60
Anhydryt	10
Wapno budowlane	4
Mączka wapienna	do 100
Perlit	3
Metyloceluloza	0,3
Opóźniacz wiązania	0,1
Włókna celulozowe	1,0

Szpachla gipsowa

Tablica 7

Składnik	Udział [%]
Gips budowlany	70
Mączka wapienna	do 100
Metyloceluloza	0,3
Opóźniacz wiązania	0,01
Proszek dyspersyjny	0,5

Włókna celulozowe	0,8
-------------------	-----

Gładź cementowa biała

Tablica 8

Składnik	Udział [%]
Cement biały 42,5	17,5
Wapno hydrat.	7,9
Biel tytanowa	1,7
Piasek kwarcowy 0,1/0,5	61,2
Mączka dolomitowa	10,5
Metyloceluloza	0,2
Upłynnierz	0,1
Włókna celulozowe	0,2
Mrówczan wapnia	0,15
Środek hydrofobizujący	0,15
Proszek dyspersyjny	0,4

Polimerowa masa szpachlowa

Tablica 9

Składnik	Udział [%]
Mączka dolomitowa	60
Dyspersja styrenowo-akrylowa	3
Włókna celulozowe	0,1
Odpieniacz	0,01
Woda	do 100

Materiał na podkład podłogowy

Tablica 10

Składnik	Udział [%]
Cement portlandzki CEM I 42,5	35,0
Domieszka FORFLOW	1,5
Piasek kwarcowy 0,1/0,5	53,2
Mączka wapienna	10,0
Włókna celulozowe	0,3

#### 4.2 Badania właściwości zapraw i mas z zastosowaniem włókien celulozowych

Prace obejmowały badanie zapraw klejowych do mocowania materiału izolacyjnego oraz do zatapiania siatki wg ETAG 004:2013, zapraw klejowych do płytek wg PN-EN 12004:2010, zapraw tynkarskich objętych zakresem normy PN-EN 998-1:2016, materiałów na podkłady podłogowe wg PN-EN 13813:2003, zapraw gipsowych jak tynk gipsowy oraz szpachla gipsowa wg PN-EN 13279-1:2012 i PN-EN 13963:2014 oraz tynków na spoiwie organicznym wg normy PN-EN 15824:2010. Ponadto wykonano dodatkowe badania nie objęte powyższymi normami. W pierwszym etapie pracy został określony wpływ włókien na wybrane właściwości zapraw tynkarskich, materiałów na podkłady podłogowe oraz tynku na spoiwie organicznym.

Badania obejmowały:



dla zapraw klejowych do mocowania materiału izolacyjnego oraz do zatapiania siatki

- Przyczepność do betonu wg ETAG 004:2013;
- Przyczepność do styropianu wg ETAG 004:2013;

dla zapraw klejowych do płytek:

- Wyznaczanie lepkości dynamicznej z zastosowaniem wiskozymetru rotacyjnego Brookfielda wg PN-ISO 2555:2011
- Badanie odciągu (oddawania) wody z zaczynu wg PN-86/B-04360;
- Przyczepność pierwotna wg PN-EN 1348:2008;
- Przyczepność po starzeniu termicznym wg PN-EN 1348:2008;
- Spływ (poślizg) wg 1308:2008
- Czas otwarty wg PN-EN 1346:2008

dla tynków gipsowych:

- Badanie odciągu (oddawania) wody z zaczynu wg PN-86/B-04360;
- Konsystencji wg PN-EN 13279-2:2014;
- Wytrzymałość na zginanie wg PN-EN 13279-2:2014;
- Wytrzymałość na ściskanie wg PN-EN 13279-2:2014;
- Przyczepność do podłoża wg PN-EN 13279-2:2014;

dla gipsowej masy szpachlowej:

- Przyczepność wg PN-EN 13963:2014;
- Wytrzymałość na rozciąganie PN-EN 13963:2014;
- Skurcz wg PN-EN 13963:2014;

dla zapraw tynkarskich: cementowo- wapiennej; wapienno-cementowej oraz gładzi.

- Konsystencji wg PN-EN 1015-3:2000; PN-EN 1015-3:2000/A1:2006; PN-EN 1015-3:2000/A2:2007;
- Gęstości objętościowej wg PN-EN 1015-6:2000; PN-EN 1015-6:2000/A1:2007;
- Zawartości powietrza wg PN-EN 1015-7:2000;
- Wytrzymałości na zginanie i ściskanie wg PN-EN 1015-11:2001;
- Przyczepność do podłoża wg PN-EN 1015-12:2016;

dla materiałów na podkłady podłogowe

- Konsystencji wg PN-EN 1345-2:2008 p. 5.2.1.3;
- Odporności na ścieranie wg PN-EN 1389-3:2015;
- Skurczu i pęcznienia wg PN-EN 13454-2:2008 p. 4.5.

dla tynku na spoiwie organicznym

- Przyczepności wg PN-EN 1542:2000.

Na podstawie uzyskanych wyników z badań wstępnych, wytypowano składy wyrobów do przeprowadzenia badań w celu określenia ich właściwości użytkowych. Uzyskane wyniki dla wyrobów z udziałem włókien porównano z analogicznymi bez udziału włókien.

#### **4.2.1 Badania właściwości świeżych zapraw**

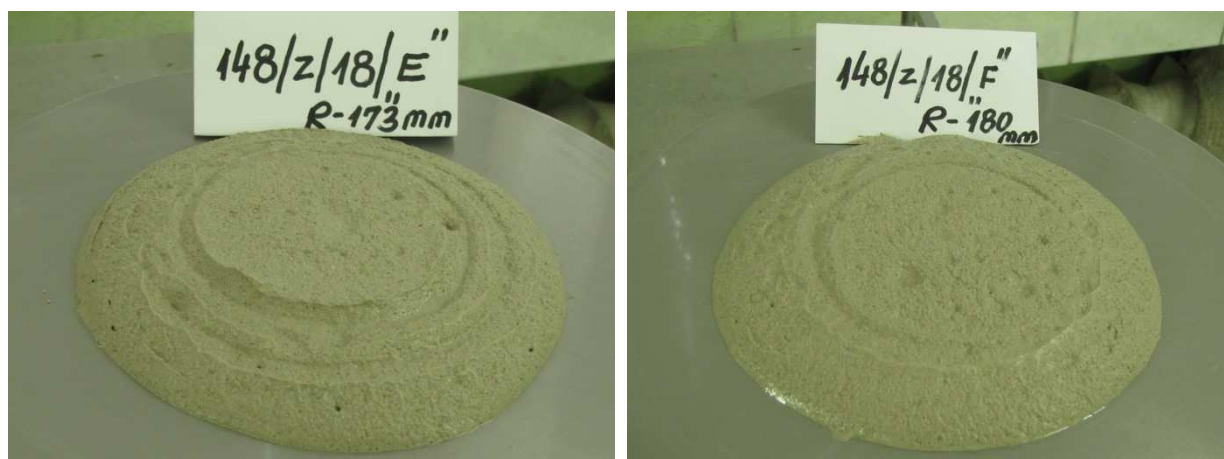
##### Badania konsystencji świeżej zaprawy

Przed oceną właściwości, które dotyczą charakterystyki świeżej zaprawy jest ona doprowadzona do określonego poziomu konsystencji, mierzonego za pomocą stolika

rozpływu. Metoda pomiaru polega na umieszczeniu w dwóch warstwach, zagęszczonej w wyniku 10-cio krotnego uderzenia ubijaka każdej warstwy świeżej zaprawy, na tarczy stolika rozpływu przy pomocy formy i rozprowadzeniu jej poprzez 15-krotne wstrząsanie stolika z określoną częstotliwością. Miarą rozpływu jest średnica rozprowadzonej próbki mierzona w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach z użyciem suwmiarki.

Dla badanych zapraw dobierano ilość wody zarobowej tak aby uzyskać wartości rozpływu (175±10) mm. Świeże zaprawy uzyskiwano w wyniku wymieszania suchej zaprawy z wodą zgodnie z normą PN-EN 1015-2:2000, pkt 6.2.2. Zawartość wody niezbędnej do uzyskania tej konsystencji określano za pomocą mieszanek próbnych. Dobrana ilość wody, dla poszczególnych zapraw, była stosowana podczas przygotowywania próbek badawczych do określenia pozostałych właściwości. Badania wykonano przy zawartości suchej zaprawy w ilości 2 250 g.

Przykładowy widok próbki podczas badania konsystencji przedstawiono na rysunku 1.



Zaprawa wapienno cementowa z włóknem  
ZZC 500

Zaprawa wapienno cementowa z włóknem  
ZZC 700

Rysunek 1. Przykładowy widok próbki podczas badania konsystencji zaprawy

Wyniki oznaczeń przedstawiono w tabelicy 11 i na rysunkach 2-4.

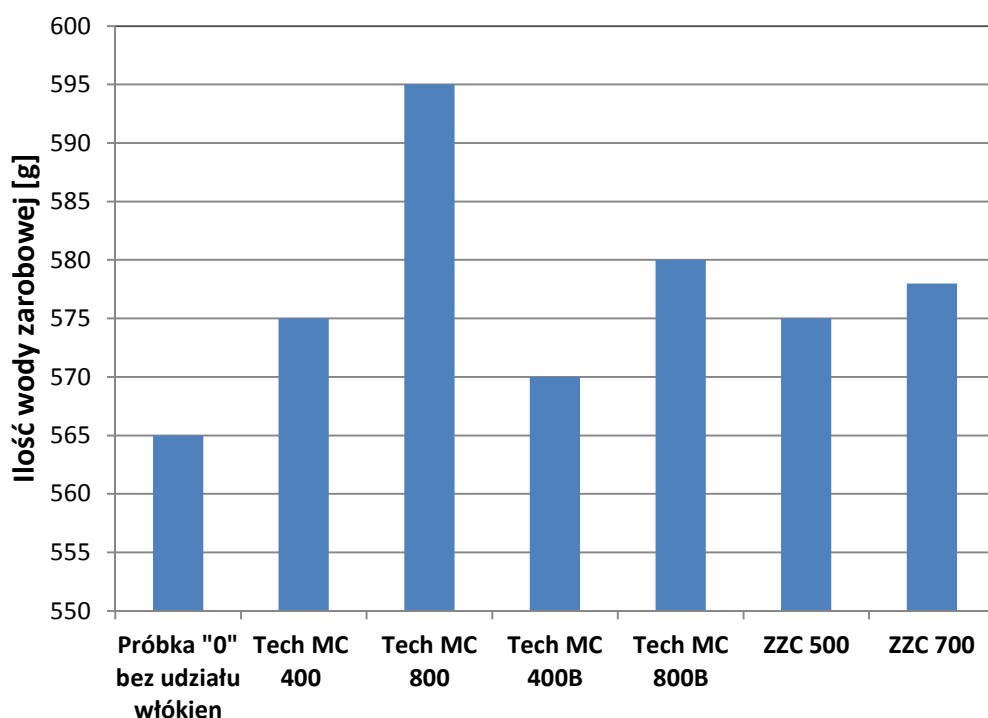
Wyniki badań konsystencji

Tabela 11

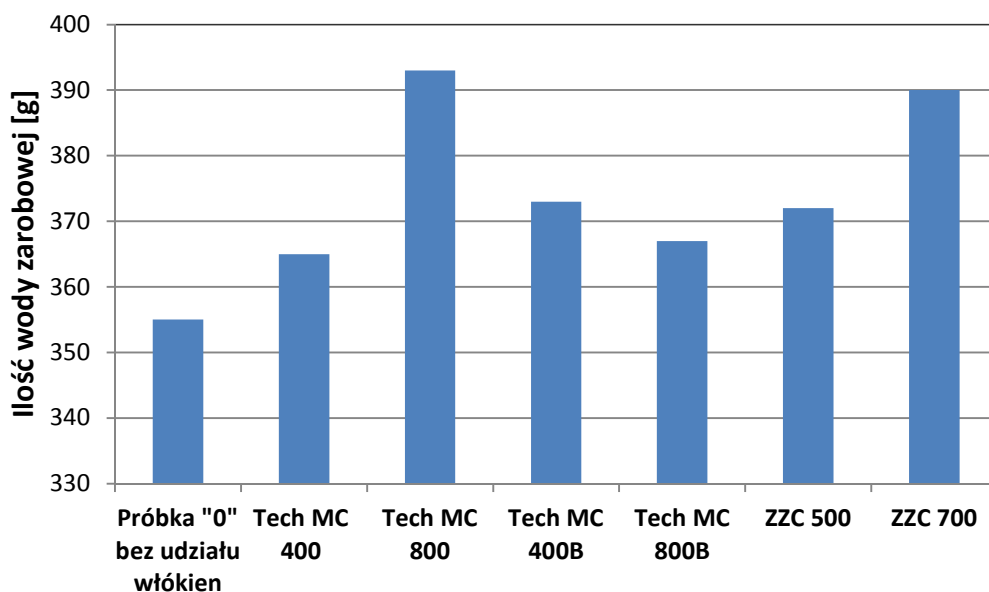
Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Rozpływ [mm]</b>								
<b>Zaprawa wapienno-cementowa</b>								
Ilość wody zarobowej 565 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 595 ml	Ilość wody zarobowej 570 ml	Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 578 ml	-	-
173	172	170	170	170	173	180	-	-
172	172	170	171	171	173	180	-	-
172	172	170	171	170	173	180	-	-
172	172	170	171	170	173	179	-	-
<b>Śr. 172</b>	<b>172</b>	<b>170</b>	<b>171</b>	<b>170</b>	<b>173</b>	<b>180</b>	-	-

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Rozpływ [mm]</b>								
<b>Zaprawa cementowo-wapienna</b>								
Ilość wody zarobowej 355 ml	Ilość wody zarobowej 365 ml	Ilość wody zarobowej 393 ml	Ilość wody zarobowej 373 ml	Ilość wody zarobowej 367 ml	Ilość wody zarobowej 372 ml	Ilość wody zarobowej 390 ml	-	-
174	178	173	175	173	173	170	-	-
175	178	173	175	173	172	170	-	-
175	177	173	175	172	173	169	-	-
175	178	173	175	172	173	170	-	-
<b>Śr. 175</b>	<b>178</b>	<b>173</b>	<b>175</b>	<b>172</b>	<b>173</b>	<b>170</b>	-	-
<b>Gładź biała</b>								
Ilość wody zarobowej 630 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 645 ml	Ilość wody zarobowej 650 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml
180	-	-	177	177	-	-	173	176
179	-	-	178	178	-	-	172	177
180	-	-	178	177	-	-	172	176
180	-	-	178	177	-	-	172	176
<b>Śr. 180</b>	-	-	<b>178</b>	<b>177</b>	-	-	<b>172</b>	<b>176</b>

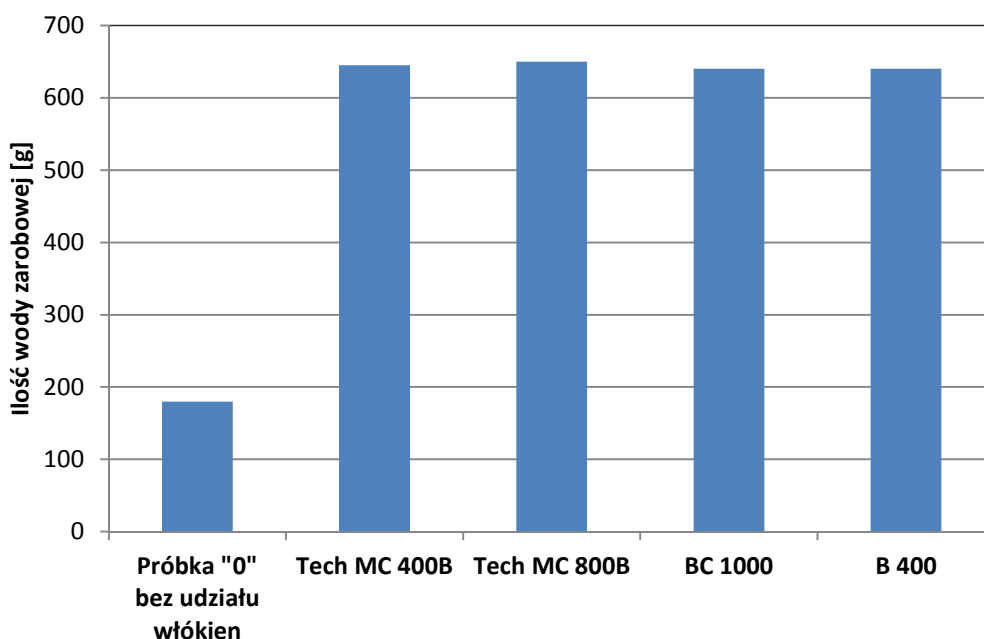
Z przedstawionych danych wynika, że wprowadzenie do składu zaprawy, włókien powoduje wzrost ilości wody zarobowej do uzyskania konsystencji o wartości rozpływu (175±10) mm. Dla zaprawy wapienno-cementowej najbardziej widoczne jest to w przypadku zastosowania włókna Tech MC 800. Włókna Tech MC 400B w najmniejszym stopniu wpływają na zapotrzebowanie wody w porównaniu z zaprawą bez zastosowania włókien.



Rysunek 2. Wpływ włókien na zapotrzebowania wody do uzyskania konsystencji dla zaprawy wapienno-cementowej o wartości rozptywu ( $175\pm 10$ ) mm



Rysunek 3. Wpływ włókien na zapotrzebowania wody do uzyskania konsystencji dla zaprawy cementowo-wapiennej o wartości rozptywu ( $175\pm 10$ ) mm



Rysunek 4. Wpływ włókien na zapotrzebowania wody do uzyskania konsystencji dla gładzi o wartości rozptywu ( $175\pm 10$ ) mm

Dla zaprawy cementowo-wapiennej zapotrzebowanie wody najbardziej wzrosło w przypadku zastosowania włókien Tech MC 800 oraz ZYC 700. Włókna Tech MC 400 w najmniejszym stopniu wpływają na zapotrzebowanie wody dla zaprawy cementowo-wapiennej w porównaniu z zaprawą bez zastosowania włókien.

W przypadku gładzi wprowadzenie włókien niezależnie od rodzaju w jednakowym stopniu wpływają na wzrost zapotrzebowania wody do uzyskania konsystencji o wartości rozptywu ( $175\pm 10$ ) mm.

### Badania odciągu (oddawania) wody z zaczynu świeżej zaprawy

Prace obejmowały obszar, w którym wynik badania jest związany bezpośrednio ze zdolnością włókien celulozowych do zatrzymywania wody w zaprawie. Ocenę tej właściwości dokonano w oparciu o badanie odciągu wody z zaczynu wg PN-86/B-04360. W ramach prac przygotowano mieszanki zapraw cementowych z zastosowaniem włókien Tech MC 400 oraz Tech MC 400 B oraz dodatkowo mieszanki zapraw w których zastąpiono całkowicie metylocelulozę włóknami Tech MC 800 oraz Tech MC 800 B. Brak metylocelulozy pozwala na lepszą ocenę wpływu włókien celulozowych na retencje wody w zaprawie. Udziały poszczególnych włókien podano w tablicy nr 12 oraz tablicy 13. Tak przygotowane mieszanki wymieszano z wodą zarobową przy ustalonej wcześniej konsystencji.

Udział włókien [%] w mieszankach (z udziałem metylocelulozy)

Tablica 12

Próbka	Tech MC 400	Tech MC 400 B
0A	-	-
IA	0,1	-
IIA	-	0,1
IIIA	0,3	-
IVA	-	0,3
VA	0,5	-
VIA	-	0,5

Udział włókien [%] w mieszankach (bez udziału metylocelulozy)

Tablica 13

Próbka	Tech MC 800	Tech MC 800 B
0B	-	-
IB	0,5	-
IIB	-	0,5
IIIB	1,0	-
IVB	-	1,0

Badanie odciągu (oddawania) wody z zaczynu wykonano wg PN-86/B-04360 „Spoiwa gipsowe. Metody badań”. Badania polegały na określeniu ilości wody w [g], którą jest w stanie oddać świeża zaprawa przez ustalony czas. Oddawanie wody z zaprawy odbywa się w sposób grawitacyjny przez umieszczenie materiału w pierścieniu badawczym o ustalonej objętości (rys. 5), przykryciu bibułą i saczkiem a następnie odwróceniu zestawu na określony czas (rys. 6). Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicach 14 i 15 oraz na rysunkach 7 i 8.



Rysunek 5. Próbka materiału w pierścieniu badawczym

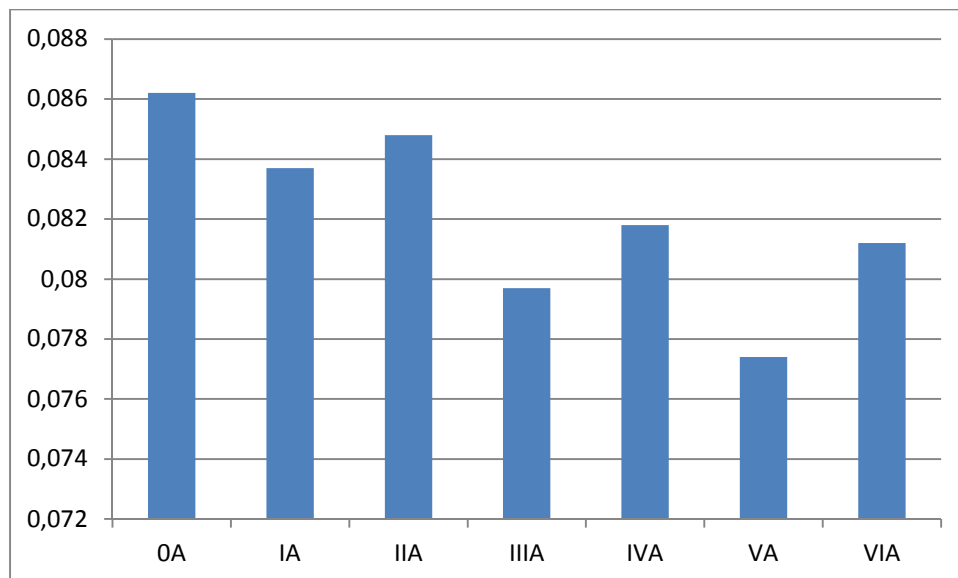


Rysunek 6. Próbka materiału w trakcie badania odciągu wody

Wyniki badań odciągu wody i lepkości

Tablica 14

Próbka	odciąg wody [g]
0A	0,0862
IA (Tech MC 400 - 0,1%)	0,0837
IIA (Tech MC 400 B - 0,1%)	0,0848
IIIA (Tech MC 400 - 0,3%)	0,0797
IVA (Tech MC 400 B - 0,3%)	0,0818
VA (Tech MC 400 - 0,5%)	0,0774
VIA (Tech MC 400 B - 0,5%)	0,0812

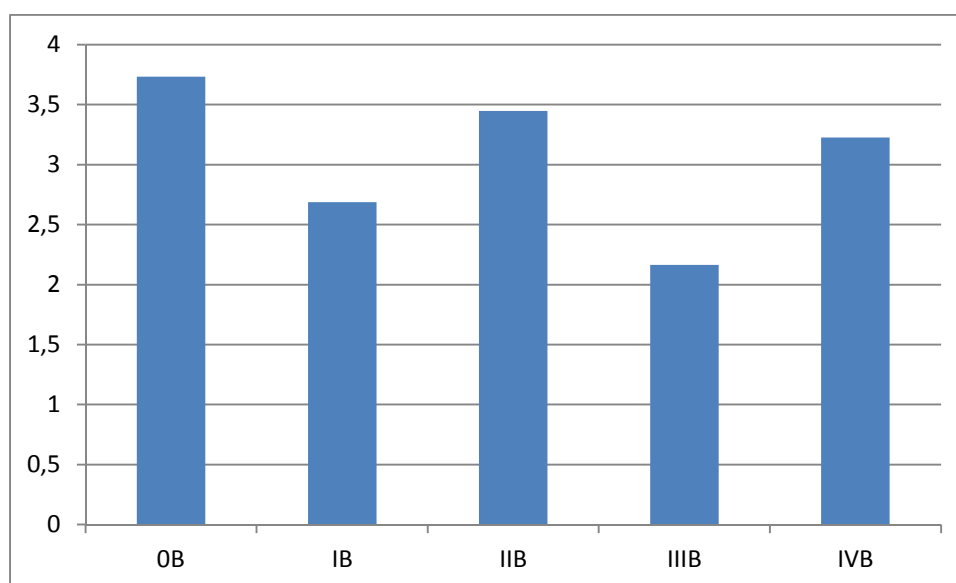


Rys. 7. Graficzne przedstawienie wyników badań odciągu wody z zaczynu.

Wyniki badań odciągu wody (zaprawy bez udziału metylocelulozy)

Tablica 15

Próbka	odciąg wody [g]
0B	3,732
IB (Tech MC 800 - 0,5%)	2,687
IIB (Tech MC 800 B - 0,5%)	3,448
IIIB (Tech MC 800 - 1,0%)	2,163
IVB (Tech MC 800 B - 1,0%)	3,225



Rys. 8. Graficzne przedstawienie wyników badań odciągu wody z zaczynu dla zapraw bez udziału metylocelulozy

#### Badania lepkości dynamicznej świeżej zaprawy

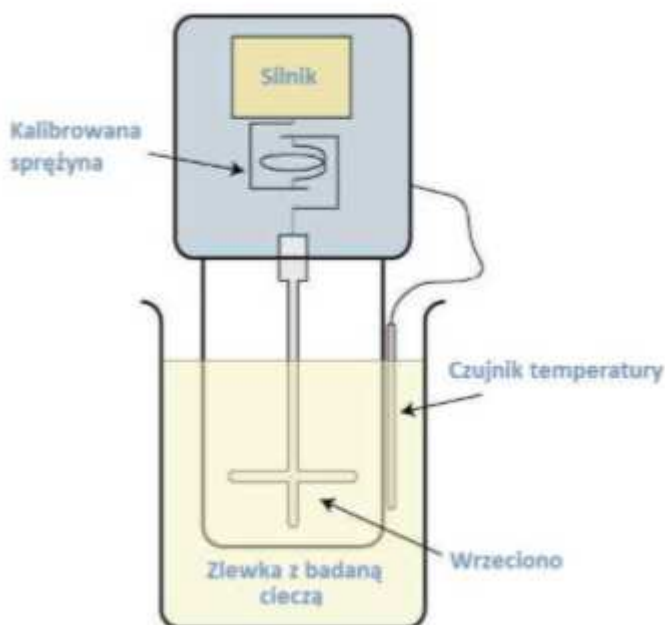
Wyznaczanie lepkości dynamicznej z zastosowaniem wiskozymetru rotacyjnego Brookfielda wykonano zgodnie z PN-ISO 2555:2011 „Tworzywa sztuczne - Polimery w stanie ciekłym, w postaci emulsji lub dyspersji - Oznaczenie lepkości pozornej metodą Brookfielda”.

Badania lepkości zapraw wykonywano lepkościomierzem typu Brookfield HB DV II+ z cyfrowym miernikiem, który został przedstawiony na rysunku 9.

Zasada działania lepkościomierzy rotacyjnych polega na pomiarze momentu siły oporu ruchu obrotowego wywołanego lepkością cieczy. Procedura badań polega na zanurzeniu wirnika (wrzeciona) lepkościomierza w zlewce zawierającej badaną zaprawę i włączeniu ruchu obrotowego wrzeciona. Ruch obrotowy wirnikowi nadaje ściśnięta sprężyna i silnik elektryczny, które znajdują się w głowicy lepkościomierza. Wynik pomiaru (współczynnik lepkości dynamicznej) wyświetlany jest bezpośrednio na wyświetlaczu wiskozymetru.

Pomiar lepkości dynamicznej wykonywany jest przy zmiennej szybkości obrotu wrzeciona. Pomiar realizowany jest poprzez ustawienie danej szybkości obrotu wrzeciona na minutę (RPM) odczekanie 45 sekund aż nastąpi stabilizacja wartości odczytywanej lepkości dynamicznej [mPas], zapisanie wyniku i zmianę szybkości obrotu wrzeciona. W zależności od lepkości badanego materiału stosuje się różne wrzeciona pomiarowe obejmujące kształt i wielkość. W badaniach zastosowano wrzeciono typu T (rysunek 9). W ramach prac przygotowano mieszanki zapraw cementowych z zastosowaniem włókien Tech MC 400 oraz

Tech MC 400 B oraz dodatkowo mieszanki zapraw w których zastąpiono całkowicie metylocelulozę włóknami Tech MC 800 oraz Tech MC 800 B. Brak metylocelulozy pozwala na lepszą ocenę wpływu włókien celulozowych na retencje wody w zaprawie. Udziały poszczególnych włókien podano w tablicy nr 16. Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicy 17 oraz na rysunku 10.



Rys. 9. Schemat budowy oraz zdjęcie wiskozymetru rotacyjnego Brookfielda z założonym wrzecionem typu T.

Udział włókien [%] w mieszankach (z udziałem metylocelulozy)

Tablica 16

Próbka	Tech MC 400	Tech MC 400 B
0A	-	-
IA	0,1	-
IIA	-	0,1
IIIA	0,3	-
IVA	-	0,3
VA	0,5	-
VIA	-	0,5

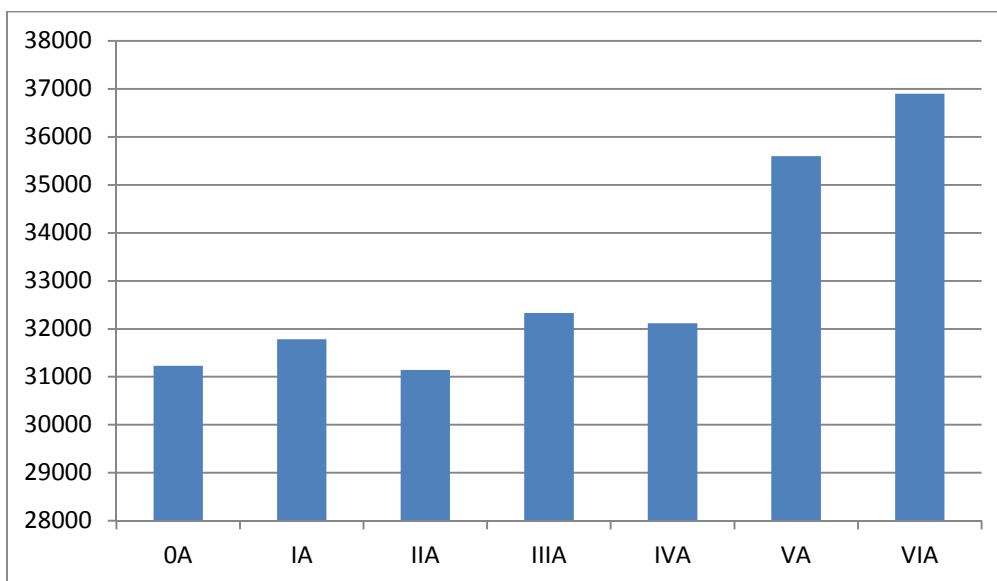
Wyniki badań odciągu wody i lepkości

Tablica 17

Próbka	lepkość [cP]
0A	31231
IA (Tech MC 400 - 0,1%)	31785
IIA (Tech MC 400 B - 0,1%)	31142
IIIA (Tech MC 400 - 0,3%)	32328
IVA (Tech MC 400 B - 0,3%)	32114



VA (Tech MC 400 - 0,5%)	35600
VIA (Tech MC 400 B - 0,5%)	36900



Rys. 10. Graficzne przedstawienie wyników badań lepkości dynamicznej z zastosowaniem viskozymetru rotacyjnego Brookfielda.

Badania odciągu wody z zączynu oraz lepkości zaprawy pozwalają na ocenę wpływu włókien celulozowych na jeden z właściwości tego dodatku czyli wiązanie wody i poprawę retencji wody w zaprawie. Efekt ten wzrasta wraz z ilością dodanych włókien w przeliczeniu na procentowy udział w objętości mieszanki. Włókna białe Tech MC 400 B i 800 B przy takim samym udziale procentowym wagowo ale posiadające większą masę objętościową a co za tym idzie w mniejszym udziale objętościowym powodują uzyskanie gorszych wyników w porównaniu do włókien szarych Tech MC 400 i 800. Nie jest to odzwierciedlenie gorszych właściwości włókien a jedynie efekt mniejszej ich ilości i związane z tym mniejszej ilości zatrzymanej wody w zaprawie. Widać to szczególnie w przypadku badań odciągu wody w zaprawach bez udziału metylocelulozy.

#### Badania gęstości objętościowej świeżej zaprawy

Badania gęstości objętościowej świeżej zaprawy określono wg normy PN-EN 1015-6:2000; PN-EN 1015-6:2000/A1:2007. Gęstość objętościowa świeżej zaprawy jest określana poprzez podzielenie jej masy przez objętość, jaka zajmuje wówczas, kiedy świeża zaprawa zostanie wprowadzona do naczynia pomiarowego o określonej pojemności. Próbkę do badań napełniano i zagęszczano metodą wstrząsania wg p. 7.2.2 ww. normy.

Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicy 18. Uzyskane wyniki wskazują na brak wpływu zastosowanych włókien na gęstość objętościową świeżej zaprawy.

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Gęstość objętościowa [kg/m<sup>3</sup>]</b>								
<b>Zaprawa wapienno-cementowa</b>								
Ilość wody zarobowej 565 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 595 ml	Ilość wody zarobowej 570 ml	Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 578 ml	-	-
1 700	1 700	1 710	1 710	1 710	1 700	1 700	-	-
1 700	1 700	1 710	1 710	1 710	1 700	1 700	-	-
<b>Śr. 7 700</b>	<b>1 700</b>	<b>1 710</b>	<b>1 710</b>	<b>1 710</b>	<b>1 700</b>	<b>1 700</b>	-	-
<b>Zaprawa cementowo-wapienna</b>								
Ilość wody zarobowej 355 ml	Ilość wody zarobowej 365 ml	Ilość wody zarobowej 393 ml	Ilość wody zarobowej 373 ml	Ilość wody zarobowej 367 ml	Ilość wody zarobowej 372 ml	Ilość wody zarobowej 390 ml	-	-
2 060	2 040	2 020	2 040	2 040	2 030	2 030	-	-
2 060	2 040	2 020	2 040	2 040	2 030	2 030	-	-
<b>Śr. 2 060</b>	<b>2 040</b>	<b>2 020</b>	<b>2 040</b>	<b>2 040</b>	<b>2 030</b>	<b>2 030</b>	-	-
<b>Gładź biała</b>								
Ilość wody zarobowej 630 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 645 ml	Ilość wody zarobowej 650 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml
1 600	-	-	1 640	1 650	-	-	1 640	1 640
1 600	-	-	1 640	1 650	-	-	1 640	1 635
<b>Śr. 1 600</b>	-	-	<b>1 640</b>	<b>1 650</b>	-	-	<b>1 640</b>	<b>1 640</b>

#### Badanie zawartości powietrza

Zawartość powietrza określono wg normy PN-EN 1015-7:2000 metoda ciśnieniową. Zasada metody badań polega umieszczeniu świeżej zaprawy w określonym naczyniu pomiarowym. Na powierzchnię zaprawy wprowadzana jest woda i w wyniku wywieranego ciśnienia powietrza wypierane jest powietrze zawarte w porach zaprawy. Stan odpadającego poziomu wody jest miarą objętości powietrza wypartego z zaprawy.

Na rysunku 11 przedstawiono aparaturę zastosowaną podczas badania zawartości powietrza w świeżych zaprawach.

Wyniki oznaczeń zawartości powietrza przedstawiono w tablicy 19.

Podczas badań nie zaobserwowano wpływu włókien na zawartość powietrza w świeżej zaprawie, niezależnie od rodzaju zaprawy jak i włókien.



Rysunek 11. Widok aparatu do badania zawartości powietrza metodą ciśnieniową

Wyniki badań zawartości powietrza w świeżej zaprawie

Tablica 19

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Zwartość powietrza [%]</b>								
<b>Zaprawa wapienno-cementowa</b>								
Ilość wody zarobowej 565 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 595 ml	Ilość wody zarobowej 570 ml	Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 578 ml	-	-
13,5	13,0	13,5	13,0	13,0	13,0	13,0	-	-
13,5	13,0	13,5	13,0	13,0	13,0	13,0	-	-
<b>Śr. 13,5</b>	<b>13,0</b>	<b>13,5</b>	<b>13,0</b>	<b>13,0</b>	<b>13,0</b>	<b>13,0</b>	-	-
<b>Zaprawa cementowo-wapienna</b>								
Ilość wody zarobowej 355 ml	Ilość wody zarobowej 365 ml	Ilość wody zarobowej 393 ml	Ilość wody zarobowej 373 ml	Ilość wody zarobowej 367 ml	Ilość wody zarobowej 372 ml	Ilość wody zarobowej 390 ml	-	-
6,5	6,5	6,5	6,5	7,0	7,0	6,5	-	-
6,5	6,5	6,5	6,5	7,0	7,0	6,5	-	-
<b>Śr. 6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,5</b>	-	-
<b>Gładź biała</b>								
Ilość wody zarobowej 630 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 645 ml	Ilość wody zarobowej 650 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml
17,0	-	-	16,0	15,5	-	-	15,5	15,5
17,0	-	-	16,0	15,5	-	-	15,5	15,0
<b>Sr. 17,0</b>	-	-	<b>16,0</b>	<b>15,5</b>	-	-	<b>15,5</b>	<b>15,5</b>

#### 4.2.2 Badania właściwości zapraw klejowych do płytek

Zakres prac obejmował badania wpływu włókien celulozowych na parametry kleju cementowego do płytek ceramicznych. Wszystkie włókna użyte do badań kleju były włóknami szarymi. Przeprowadzono badania porównawcze przyczepności kleju obejmujące przyczepność pierwotną kleju oraz analogicznie przyczepność próbek poddanych starzeniu termicznemu, ponieważ zgodnie z literaturowym stanem wiedzy dodatek włókien celulozowych do kleju w największym stopniu obniża jego wytrzymałość po sezonowaniu w takich właśnie warunkach. Oznaczenie przyczepności wykonano również dla próbek po określonym czasie otwartym pozwalającym na obserwację zdolności do zachowania właściwości roboczych przez zaprawę. Jednocześnie na przygotowanych próbach wykonano badania odkształcenia poprzecznego (OP). Celem tych badań było sprawdzenie czy dodatek włókien celulozowych zadziała jak mikrozbrojenie i zwiększy zdolność stwardniałego materiału do odkształcenia.

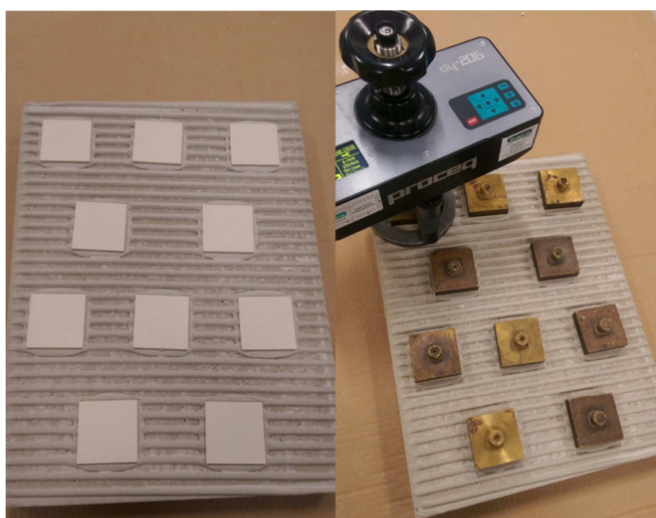
Poniżej przedstawiono szczegółowy zakres badań:

- przyczepność pierwotną wg PN-EN 1348:2008,
- przyczepność po starzeniu termicznym wg PN-EN 1348:2008,
- przyczepność po czasie otwartym wg PN-EN 1346:2008,
- spływ (poślizg) wg PN-EN 1308:2008.
- odkształcenie poprzeczne wg PN-EN 12002:2010.

Badania wykonano na zaprawie w oparciu o recepturę pozwalającą na uzyskiwanie podwyższonych parametrów wytrzymałościowych. Brak właściwej optymalizacji receptury mogłoby powodować, że dla próbek zapraw klejowych przechowywanych w innych warunkach prawdopodobne byłoby uzyskanie wyników nie pozwalające na miarodajną ocenę wpływu poszczególnych włókien na właściwości zapraw.

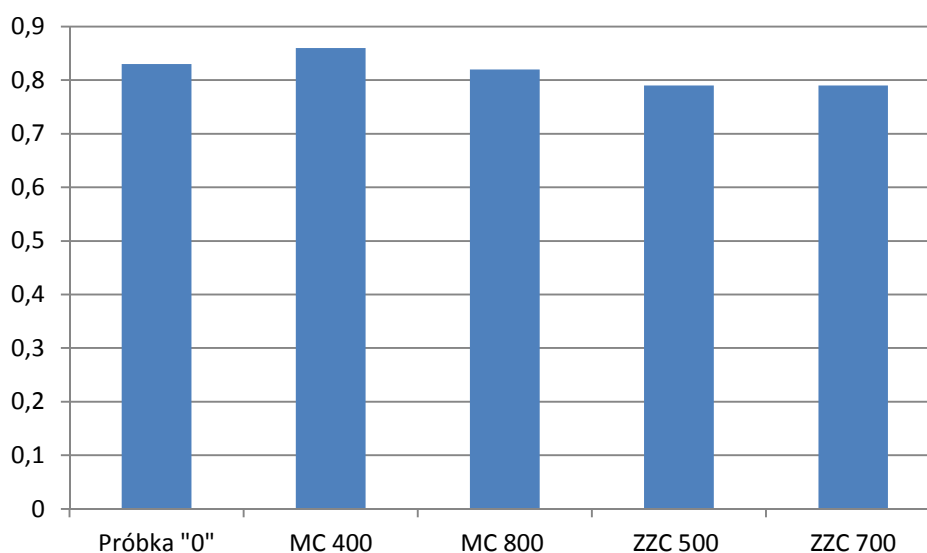
##### Badanie zaprawy klejowej do płytek w zakresie przyczepności pierwotnej wg PN-EN 1348:2008

Przyczepność pierwotna określona jest jako przyczepność płytek ceramicznych o bardzo niskiej nasiąkliwości do podłoża betonowego (rys. 12) próbek kondycjonowanych wyłącznie w warunkach laboratoryjnych. Płytki ceramiczne przyklejano po 5 min od nałożenia zaprawy na podłoże, badania wykonane po przechowywaniu próbek przez 28 dni w temperaturze  $23\pm 2$  °C i  $50\pm 5$  % wilgotności względnej. Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicy 20 oraz na rysunku 13.



Rys. 12. Widok próbki oraz badania przyczepności zaprawy klejowej do podłoża. Po lewej stronie próbka do badania przyczepności kleju do płyty betonowej. Po prawej stronie próbka z naklejonymi kotwami przygotowana do badania przyczepności.

Próbka "0" " bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	MC 400 0,5	MC 800 0,5	ZZC 500	ZZC 700 0,5
<b>Przyczepność do podłoża [MPa]</b>				
0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
0,8	0,9	0,7	0,9	0,7
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
1,0	0,9	0,8	0,8	0,9
0,8	1,0	0,8	0,8	0,8
0,8	0,8	0,7	0,8	0,7
0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
0,7	0,8	1,0	0,8	0,8
0,8	0,9	0,8	0,7	0,9
0,9	0,8	1,0	0,8	0,8
<b>Śr. 0,83</b>	<b>0,86</b>	<b>0,82</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>

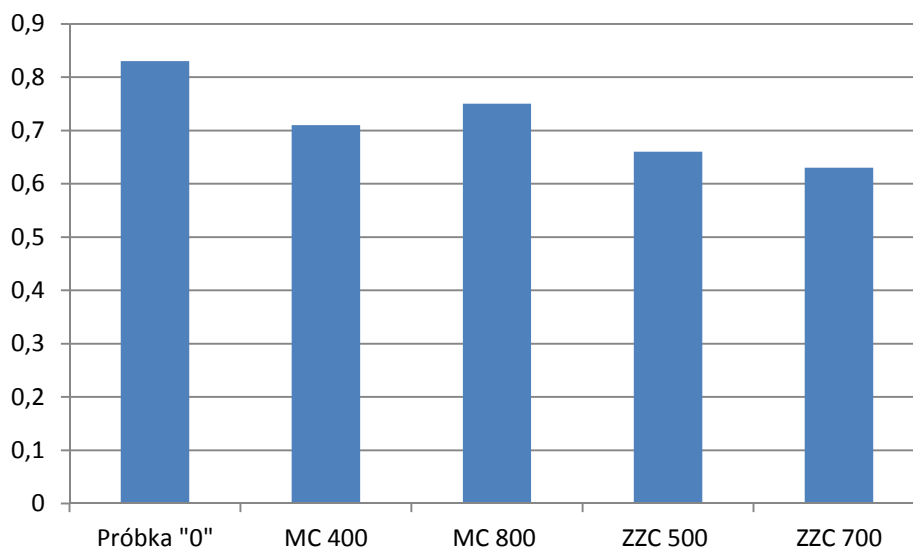


Rys. 13. Graficzne przedstawienie wyników badań przyczepności pierwotnej

Badanie zaprawy klejowej do płytek w zakresie przyczepność po starzeniu termicznym wg PN-EN 1348:2008

Przyczepność po starzeniu termicznym określoną jest jako przyczepność płytek ceramicznych o bardzo niskiej nasiąkliwości do podłoża betonowego próbek kondycjonowanych przez 14 dni w temperaturze  $23\pm 2$  °C i  $50\pm 5$  % wilgotności względnej a następnie przez 14 dni w temperaturze  $70\pm 2$  °C. Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicy 21 oraz na rysunku 14.

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	MC 400	MC 800	ZZC 500	ZZC 700
<b>Przyczepność do podłoża [MPa]</b>				
1,0	0,7	0,7	0,7	0,6
0,8	0,7	0,8	0,7	0,6
0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
0,9	0,7	0,8	0,7	0,7
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
0,8	0,7	0,8	0,6	0,6
0,9	0,7	0,8	0,6	0,6
0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
0,8	0,7	0,7	0,6	0,7
<b>0,83</b>	<b>0,71</b>	<b>0,75</b>	<b>0,66</b>	<b>0,63</b>

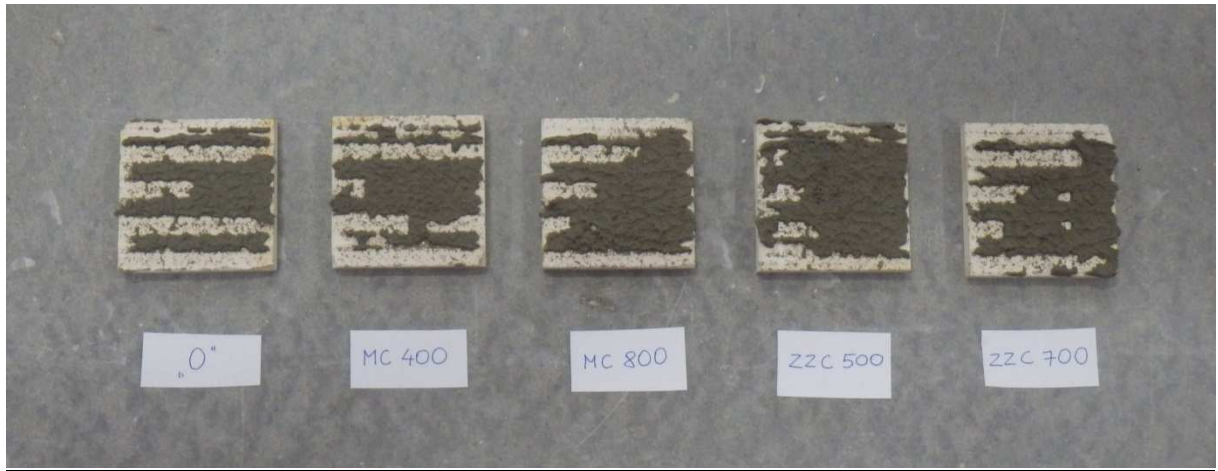


Rys. 14. Graficzne przedstawienie wyników badań przyczepności po starzeniu termicznym

#### Badanie zaprawy klejowej do płytek w zakresie czasu otwartego wg PN-EN 1346:2008

Badanie czasu otwartego polega na określeniu czasu roboczego zaprawy po jej zaaplikowaniu na powierzchnię a przed położeniem płytek. Przyjęto czas otwarty na poziomie 20 minut jako najbardziej uniwersalny i najczęściej spotykany w zaprawach klejowych do płytek. Bezpośrednio po nałożeniu i dociśnięciu (w sposób normowy) płytek, część z nich oderwano ręcznie aby ocenić sposób zwilżenia powierzchni płytki przez klej co przedstawiono na rysunku 15. Próbki następnie przechowywano się przez 28 dni w temperaturze  $23 \pm 2$  °C i  $50 \pm 5$  % wilgotności względnej.

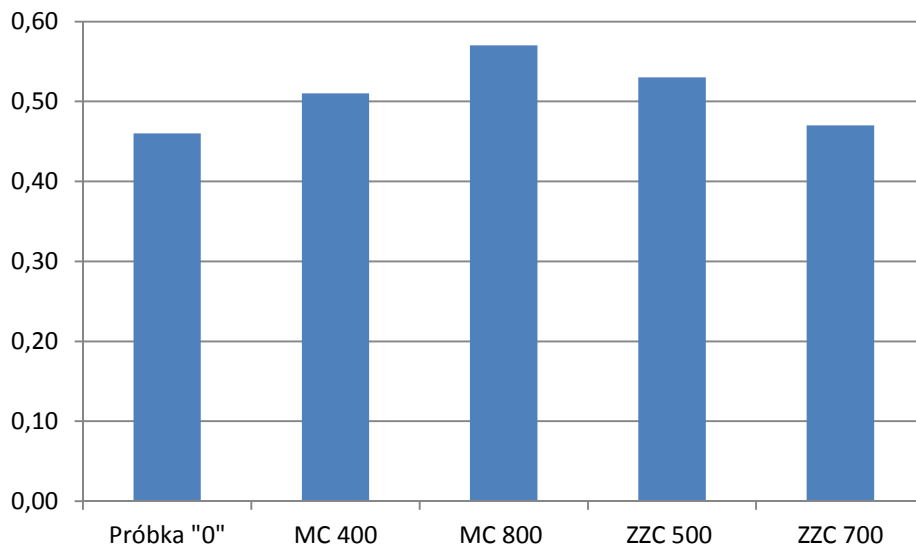
Wyniki badań przyczepności zapraw do podłoża wg normy PN-EN 1346 przedstawiono w tabeli nr 22.



Rysunek 15. Widok strony roboczej płytek obrazujący stopień zwilżenia powierzchni klejonej

Wyniki badań przyczepności do podłoża po czasie otwartym 20 min. Tablica 22

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	MC 400	MC 800	ZZC 500	ZZC 700
<b>Przyczepność do podłoża [MPa]</b>				
0,5	0,5	0,5	0,6	0,4
0,4	0,5	0,6	0,6	0,5
0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
0,5	0,4	0,6	0,6	0,4
0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
0,5	0,6	0,6	0,5	0,4
0,4	0,4	0,7	0,5	0,5
0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
<b>0,46</b>	<b>0,51</b>	<b>0,57</b>	<b>0,53</b>	<b>0,47</b>



Rysunek 16. Graficzne przedstawienie wyników badań czasu otwartego

### Badanie zaprawy klejowej do płytek w zakresie spływu (poślizgu) wg PN-EN 1308:2008

Spływ określony jest jako zmiana położenia płytki ceramicznej, o bardzo niskiej nasiąkliwości, przyklejonej do podłoża betonowego ustawionego w pozycji pionowej. Na rysunku 15 przedstawiono sposób wykonania badania.

Badania wykonano dla dwóch przypadków:

- I. dla mieszanek zapraw z zastosowaniem włókien Tech MC 400 oraz Tech MC 400 B przy różnym stosunku wagowym (0,1; 0,3; 0,5 [%]). Udziały poszczególnych włókien podano w tablicy nr 23.
- II. dla mieszanek zapraw z zastosowaniem włókien szarych Tech MC 400, Tech MC 800, ZC 500 oraz ZC 700.

Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicy 24 i 25 oraz na rysunku 17 i 18.

Udział włókien [%] w mieszankach

Tablica 23

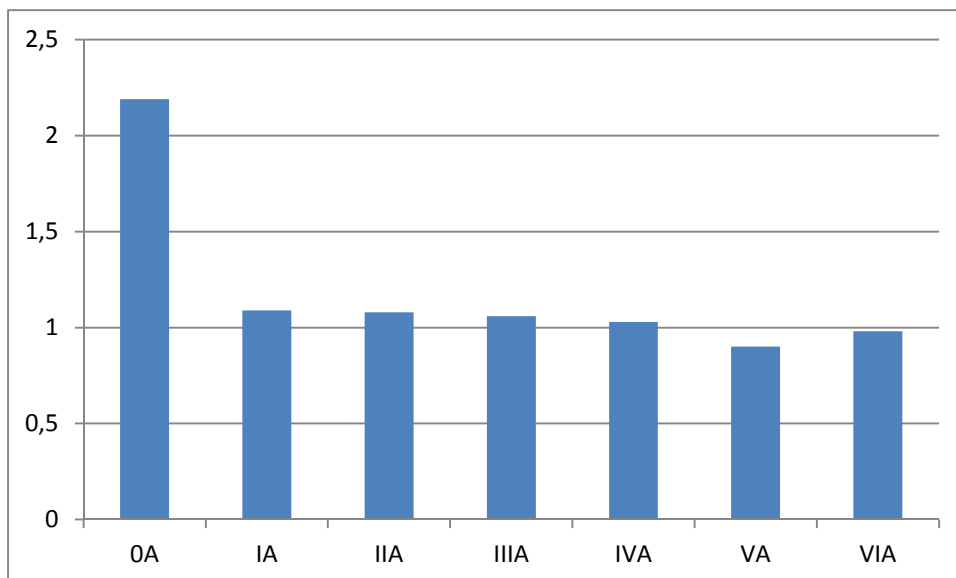
Próbka	Tech MC 400	Tech MC 400 B
0A	-	-
IA	0,1	-
IIA	-	0,1
IIIA	0,3	-
IVA	-	0,3
VA	0,5	-
VIA	-	0,5

Wyniki badań spływu dla zapraw z zastosowaniem włókien Tech MC 400 i Tech MC 400 B

Tablica 24

Próbka	spływ [mm] wartości średnie
0A (brak włókien)	2,19
IA (Tech MC 400 0,1%)	1,09
IIA (Tech MC 400 B 0,1%)	1,08
IIIA (Tech MC 400 0,3%)	1,06
IVA (Tech MC 400 B 0,3%)	1,03
VA (Tech MC 400 B 0,5%)	0,90
VIA (Tech MC 400 B 0,5%)	0,98



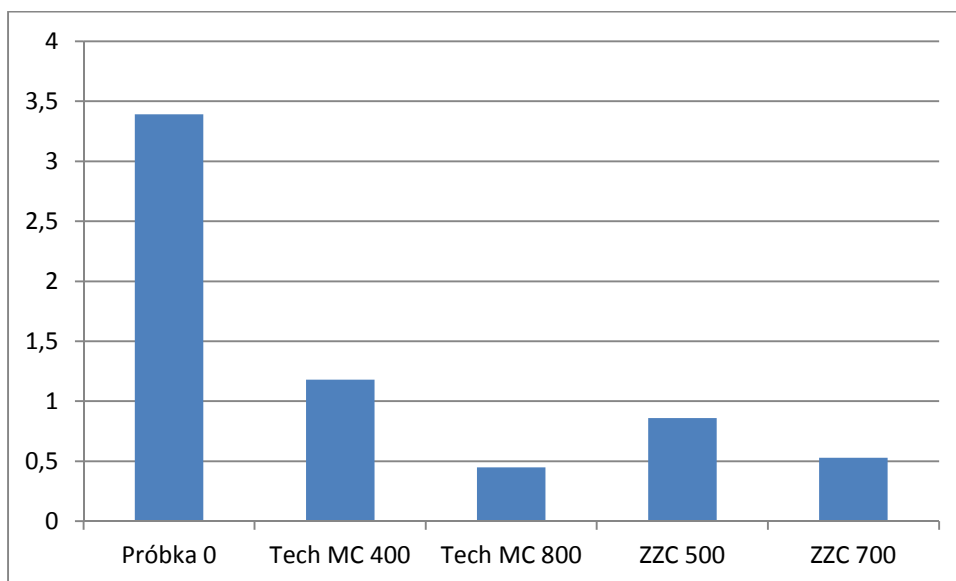


Rysunek 17. Graficzne przedstawienie wyników badań spływu dla zapraw z zastosowaniem włókien Tech MC 400 i Tech MC 400 B

Wyniki badań spływu dla zapraw z zastosowaniem włókien szarych Tech MC i ZZC

Tablica 25

Próbka	spływ [mm] wartości średnie
Próbka „0” bez udziału włókien	3,39
Tech MC 400	1,18
Tech MC 800	0,45
ZZC 500	0,86
ZZC 700	0,53



Rysunek 18. Graficzne przedstawienie wyników badań spływu dla zapraw z zastosowaniem włókien szarych Tech MC oraz ZZC

Badanie zaprawy klejowej do płytek w zakresie odkształcenia poprzecznego wg PN-EN 12002:2010

Badanie odkształcenia poprzecznego wykonano zgodnie z normą PN-EN 12002:2010. Polega ono na przygotowaniu z badanego materiału pasków o grubości  $3\pm 0,1\text{mm}$  (rys. 19) oraz następnie badania ich metodą trzypunktowego zginania (rys. 20). Wynikiem badania jest maksymalne ugięcie próbki w momencie zniszczenia. Pozwala to na ocenę dodatku włókien celulozowych jako mikrobrojenia oraz zwiększającego zdolność stwardniałego materiału do odkształcenia. Wyniki oznaczeń odkształcenia poprzecznego przedstawiono w tabeli 26 oraz na rysunku 21.



Rysunek 19. Próbki do badania odkształcenia poprzecznego

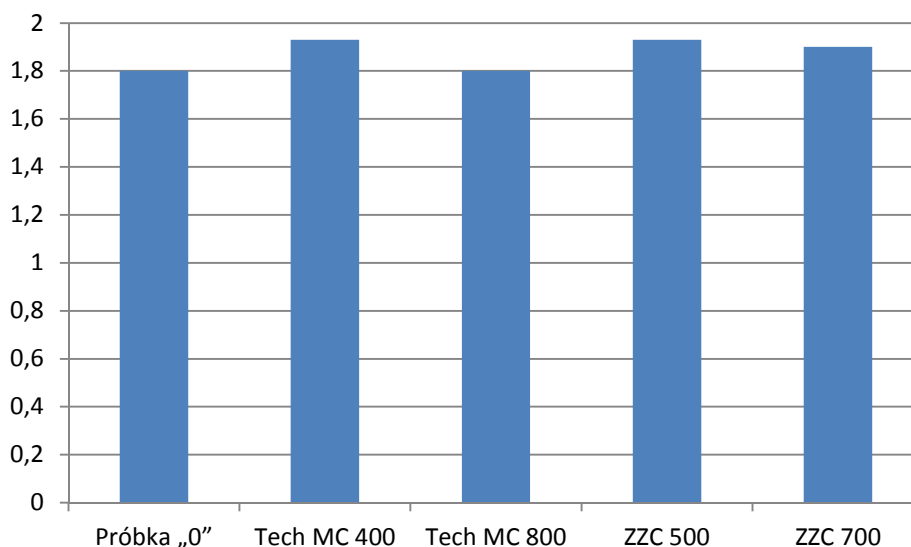


Rysunek 20. Wykonanie badanie odkształcenia poprzecznego na maszynie wytrzymałościowej

Wyniki badań odkształcenia poprzecznego dla zapraw z zastosowaniem włókien szarych Tech MC i ZZC

Tablica 26

Próbka	Odształcenie poprzeczne [mm] wartości średnie
Próbka „0” bez udziału włókien	1,80
Tech MC 400	1,93
Tech MC 800	1,80
ZZC 500	1,93
ZZC 700	1,90



Rysunek 21. Graficzne przedstawienie wyników badań odkształcenia poprzecznego dla zapraw z zastosowaniem włókien szarych Tech MC oraz ZZC

Po przeanalizowaniu uzyskanych wyników ze wstępnych badań stwierdzono, że zastosowanie włókien Tech jak i ZZC (włókna powszechnie stosowane do wytwarzania zapraw tynkarskich przez producentów chemii budowlanej) ma podobny wpływ na właściwości zapraw klejowych do płytek. Najkorzystniejszy wpływ na uzyskane właściwości zapraw tynkarskich mają włókna Tech MC 800B. Włókno Tech MC 800B zostało wytypowane do określenia pozostałych właściwości użytkowych zapraw tynkarskich wyszczególnionych w normie PN-EN 12004+A1:2012. W załączniku 1 przedstawiono sprawozdania z badań właściwości użytkowych zaprawy klejowej do płytek typu C2TS1.

#### 4.2.3 Badania właściwości zapraw klejowych do systemów ociepleń

Badania zapraw klejowych do ociepleń obejmuje zakres określony w dokumentach przedmiotowym dla składników i systemów ociepleń jak ZUAT-15/V.03/2010 oraz ETAG 004:2013. Obejmowało ono badanie odporności na występowanie rys skurczowych oraz przyczepność do betonu i styropianu.

Wybrany zakres badań obejmował badania pozwalające na określenie wpływu włókien celulozowych na parametry kleju stosowanych w systemach ociepleń. Wszystkie włókna użyte do badań kleju były włóknami szarymi. Przeprowadzono badania porównawcze przyczepności kleju obejmujące przyczepność do podłoża betonowego oraz materiału

izolacyjnego (styropian). Wykonano również badania odporności na występowanie rys skurczowych. Pozwoliło to na sprawdzenie dodatku włókien celulozowych jako zbrojenia wewnętrznego zaprawy niwelujące naprężenia związane ze skurczem twardnienia (wiązania).

#### Odporność na występowanie rys skurczowych

Oznaczenie odporności na powstawanie rys skurczowych wykonano zgodnie z ZUAT-15/V.03/2010, pkt. 5.6.5.7. Na podkładzie betonowym umieszczano formę w kształcie klina (długość klina 160 mm, maksymalna wysokość 8 mm) i wypełniano ją zaprawą. Po wstępnym stwardnieniu badanego materiału zdejmowano formę a próbkę pozostawiano w warunkach laboratoryjnych ( $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH}=65\pm 5\%$ ). Przez 14 dni obserwowano ewentualne powstawanie rys skurczowych.

Wyniki odporności na powstawanie rys skurczowych przedstawiono w tabeli 27 oraz 218.

Wyniki odporności na powstawanie rys skurczowych dla zaprawy klejowej do mocowania termoizolacji.

Tablica 27

TechMC 400	TechMC 800	ZZC 500	ZZC 700
Brak rys w warstwie o grubości do 8mm	Brak rys w warstwie o grubości do 8mm	Brak rys w warstwie o grubości do 8mm	Brak rys w warstwie o grubości do 8mm

Wyniki odporności na powstawanie rys skurczowych dla zaprawy klejowej do zatapiaania siatki.

Tablica 28

TechMC 400	TechMC 800	ZZC 500	ZZC 700
Brak rys w warstwie o grubości do 8mm	Brak rys w warstwie o grubości do 8mm	Brak rys w warstwie o grubości do 8mm	Brak rys w warstwie o grubości do 8mm

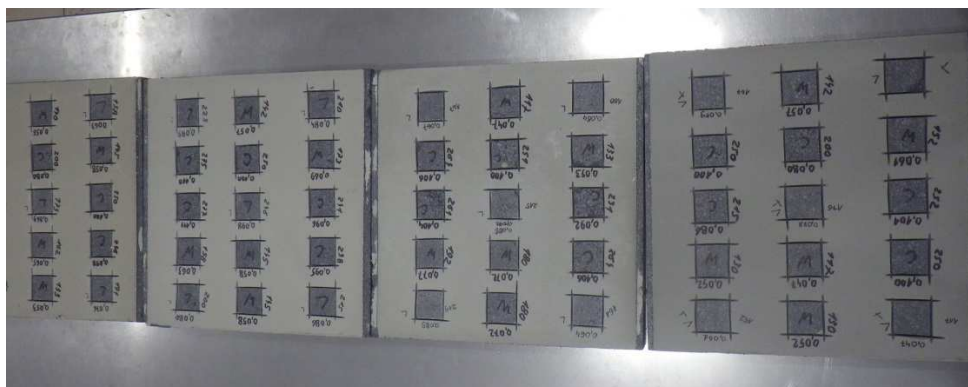
#### Przyczepność do podłoża betonowego betonu i materiału izolacyjnego (styropian)

Oznaczenia przyczepności do betonu i styropianu wykonano zgodnie z ETAG 004:2013. Badanie polegało na aplikacji zaprawy na określone podłoże w warstwie 3 mm odpowiadającej stosowanej w praktyce grubości.

Oznaczenia przyczepności do betonu i styropianu wykonano:

- po 28 dniach przechowywania próbek w warunkach laboratoryjnych,
- po przechowywaniu wg pkt a., następnie po 48h zanurzenia w wodzie o  $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$  i 2 h suszenia
- po przechowywaniu wg pkt b., następnie po 7 dniach suszenia w warunkach laboratoryjnych w temperaturze  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  i  $50\pm 5\%$  wilgotności względnej.

Po określonym sposobie kondycjonowania próbek nacięto szlifierką kwadraty o boku 5 cm na głębokość ok. 5 mm w podłoże. Pozwoliło to na ocenę przyczepności międzynarodowej układu zaprawa klejowa – podłoże. Następnie wykonano badanie przyczepności prostopadłej do powierzchni z prędkością 10 mm/min w ilości 5 oznaczeń dla każdego sposobu kondycjonowania. Wygląd próbek po wykonaniu badania przyczepności do styropianu przedstawiono na rysunku 22 natomiast komplet badań w postaci wyników średnich w tabelach nr 29-32 oraz rysunkach 23-26.



Rysunek 22. Sposób wykonania badania przyczepności do podłoża styropianowego zapraw klejowych do systemów ociepleń

Wyniki badań przyczepności do podłoża (płyta betonowa)

Tablica 29

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400	Tech MC 800	ZZC 500	ZZC 700
<b>Przyczepność do podłoża betonowego [MPa] (wartości średnie)</b>				
<b>Zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) – warunki laboratoryjne</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,41</b>	<b>0,43</b>	<b>0,46</b>
<b>Zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) – 2 dni woda i 2 h suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,35</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>
<b>Zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) - 2 dni woda i 7 dni suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,49</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,36</b>

Wyniki badań przyczepności do podłoża (płyta betonowa)

Tablica 30

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400	Tech MC 800	ZZC 500	ZZC 700
<b>Przyczepność do podłoża betonowego [MPa] (wartości średnie)</b>				
<b>Zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS)</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,60</b>	<b>0,46</b>	<b>0,49</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>
<b>Zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) – 2 dni woda i 2 h suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,44</b>	<b>0,38</b>	<b>0,36</b>	<b>0,34</b>	<b>0,27</b>
<b>Zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) - 2 dni woda i 7 dni suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,85</b>	<b>0,79</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>

Wyniki badań przyczepności do podłoża (styropian)

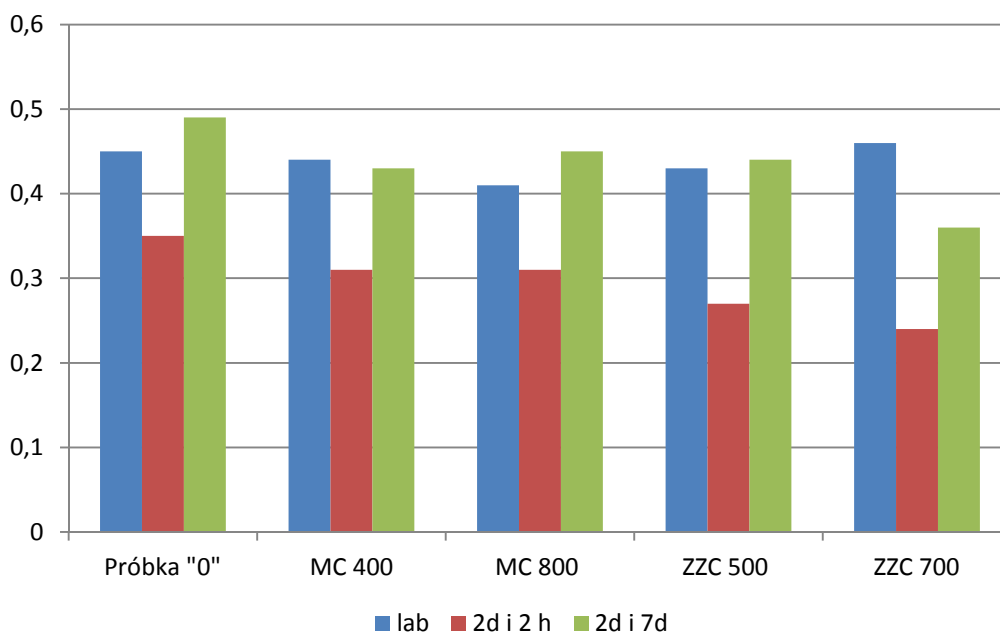
Tablica 31

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400	Tech MC 800	ZZC 500	ZZC 700
<b>Przyczepność do podłoża betonowego [MPa] (wartości średnie)</b>				
<b>Zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) – warunki laboratoryjne</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>
zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu
<b>Zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) – 2 dni woda i 2 h suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>
zniszczenie w kleju	zniszczenie w kleju	zniszczenie w kleju	zniszczenie w kleju	zniszczenie w kleju
<b>Zaprawa klejowa do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) - 2 dni woda i 7 dni suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>
zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu

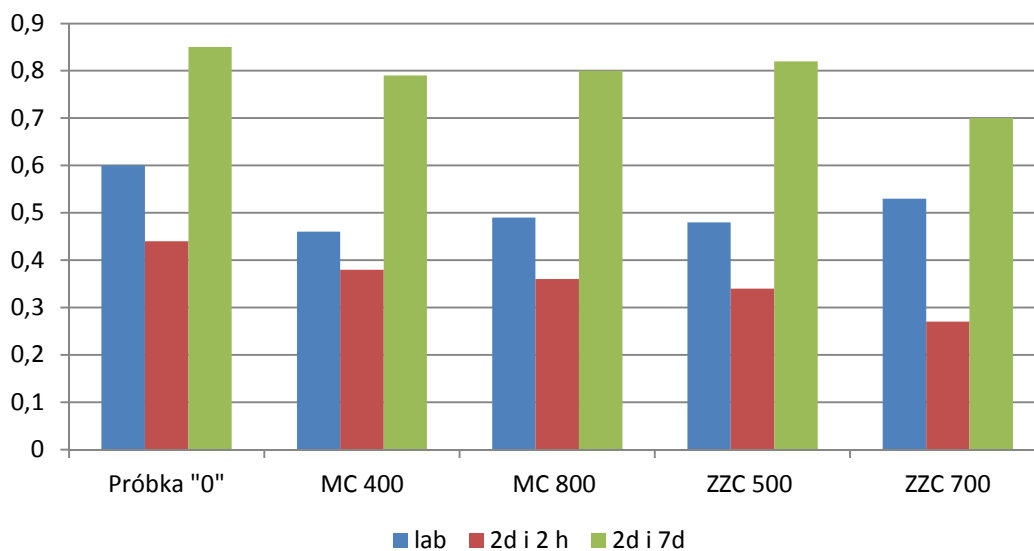
Wyniki badań przyczepności do podłoża (styropian)

Tablica 32

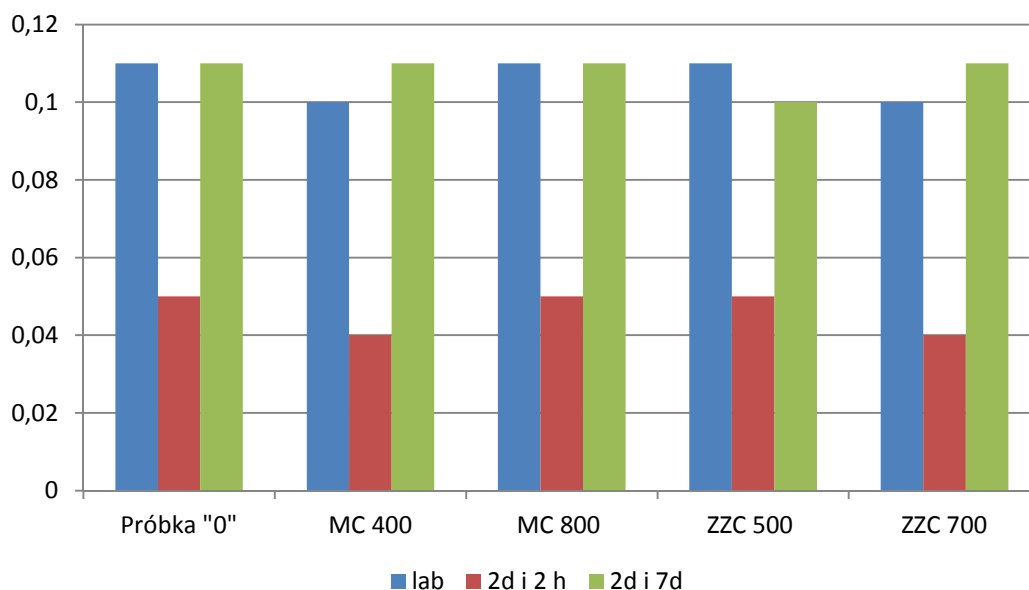
Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400	Tech MC 800	ZZC 500	ZZC 700
<b>Przyczepność do podłoża betonowego [MPa] (wartości średnie)</b>				
<b>Zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS)</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>
zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu
<b>Zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) – 2 dni woda i 2 h suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>
zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu
<b>Zaprawa klejowa do zatapiania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką moką (ETICS) - 2 dni woda i 7 dni suszenia</b>				
Ilość wody zarobowej 265 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml	Ilość wody zarobowej 270 ml	Ilość wody zarobowej 275 ml
<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>
zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu	zniszczenie w podłożu



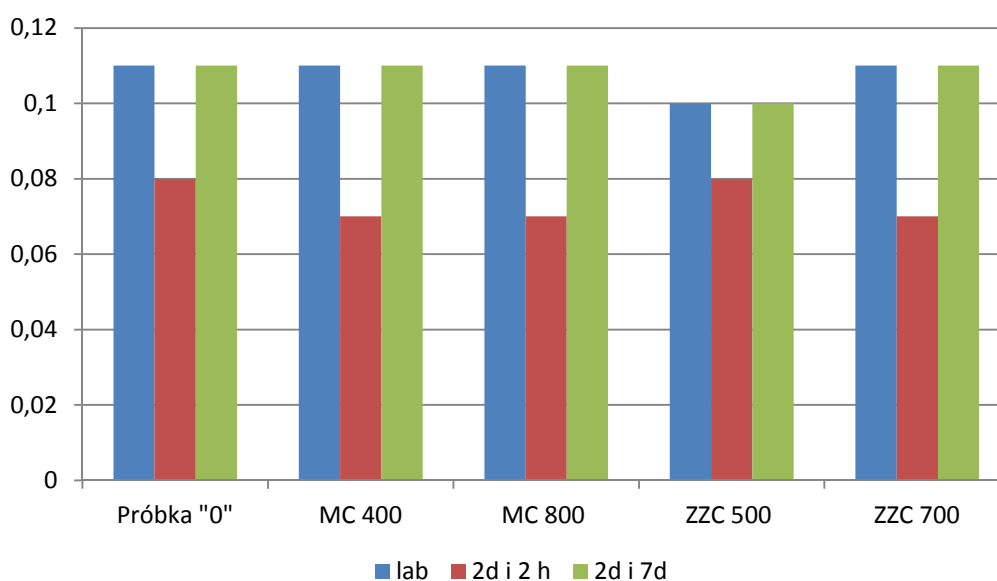
Rysunek 23. Graficzne przedstawienie wyników badań przyczepności do betonu zaprawy klejowej do mocowania materiału izolacyjnego po różnych warunkach kondycjonowania



Rysunek 24. Graficzne przedstawienie wyników badań przyczepności do betonu zaprawy klejowej do zatapiaania siatki po różnych warunkach kondycjonowania



Rysunek 25. Graficzne przedstawienie wyników badań przyczepności do styropianu zaprawy klejowej do mocowania materiału izolacyjnego po różnych warunkach kondycjonowania



Rysunek 26. Graficzne przedstawienie wyników badań przyczepności do styropianu zaprawy klejowej do zatapiania siatki po różnych warunkach kondycjonowania

Wynik badania nie wskazały wyraźnego wpływu dodatku włókien celulozowych na właściwości fizyczne takie jak odporność na powstawanie rys skurczowych oraz przyczepność do podłoża. Uzyskiwane wyniki dla poszczególnych warunków kondycjonowania mieściły się granicy błędu oznaczenia. Daje się to szczególnie zauważyć w przypadku badania przyczepności do materiału izolacyjnego (styropianu). Zarówno w przypadku zaprawy klejowej do mocowania materiału izolacyjnego jak i w przypadku zaprawy do zatapiania siatki o wartości przyczepności w największej mierze decydowała wytrzymałość na rozrywanie samego zastosowanego styropianu o wytrzymałości na rozrywanie 100 kPa. W załączniku 2 oraz 3 przedstawiono sprawozdania z badań właściwości użytkowych zaprawy klejowej do przyklejania styropianu oraz do zatapiania siatki.



#### 4.2.4 Badania właściwości stwardniałych cementowych zapraw tynkarskich

##### Wytrzymałość zaprawy na zginanie i ściskanie

Wytrzymałość zaprawy na zginanie i ściskanie wykonano wg normy PN-EN 1015-11:2001. Wytrzymałość na zginanie jest określana przez trzypunktowe obciążenie stwardniałych, uformowanych w kształcie graniastosłupa próbek zaprawy o wymiarach 160 mm × 40 mm × 40 mm, aż do zniszczenia. Wytrzymałość na ściskanie jest określona na obu połówkach beleczek uzyskanych w wyniku badania wytrzymałości na ściskanie. Badania wytrzymałości przeprowadzono po 28 dniach od momentu wymieszania suchej zaprawy z wodą. Próbki przed badaniem wytrzymałości kondycjonowano w określonych warunkach atmosferycznych w ww. normie. Wytrzymałość na zginanie oblicza się z następującego wzoru:

$$f = 1,5 \frac{Fl}{bd^2}$$

Gdzie:  $F$  - max obciążenie (N);  
 $l$  - odległość między osiami walców podtrzymujących (mm);  
 $b$  - szerokość próbki (mm);  
 $d$  - wysokość próbki (mm)

Wytrzymałość na ściskanie oblicza się jako maksymalne obciążenie, przy którym próbka nie uległa zniszczeniu, podzielone przez powierzchnie przekroju próbki.

Na rysunku 27 przedstawiono widok prasy do badania wytrzymałości na zginanie i ściskanie zapraw.

Wyniki oznaczeń wytrzymałości na zginanie przedstawiono w tablicy 33, na ściskanie w tablicy 34 oraz na rysunku 28.



Rysunek 27. Widok prasy do badania wytrzymałości na zginanie i ściskanie zapraw

Wyniki badań wytrzymałości na zginanie

Tablica 33

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na zginanie [MPa]</b>								
<b>Zaprawa wapienno-cementowa</b>								
Ilość wody zarobowej 565 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 595 ml	Ilość wody zarobowej 570 ml	Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 578 ml	-	-
1,05	0,80	0,90	0,90	0,95	0,95	0,70	-	-
1,00	0,95	0,85	0,90	0,90	0,95	0,75	-	-
1,05	0,85	0,90	0,70	0,85	0,95	0,75	-	-
<b>Sr. 1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	-	-

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na zginanie [MPa]</b>								
<b>Zaprawa cementowo-wapienna</b>								
Ilość wody zarobowej 355 ml	Ilość wody zarobowej 365 ml	Ilość wody zarobowej 393 ml	Ilość wody zarobowej 373 ml	Ilość wody zarobowej 367 ml	Ilość wody zarobowej 372 ml	Ilość wody zarobowej 390 ml	-	-
5,75	4,60	4,70	3,90	4,60	4,00	4,30	-	-
5,45	4,95	4,40	4,80	4,60	4,70	3,50	-	-
5,70	5,10	4,70	3,55	4,60	5,05	4,25	-	-
<b>Sr. 5,6</b>	<b>4,9</b>	<b>4,6</b>	<b>4,1</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>	<b>4,0</b>	-	-
<b>Gładź biała</b>								
Ilość wody zarobowej 630 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 645 ml	Ilość wody zarobowej 650 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml
2,90	-	-	3,00	2,80	-	-	2,90	2,70
3,15	-	-	3,10	2,70	-	-	2,90	2,60
3,25	-	-	3,15	2,70	-	-	2,85	2,65
<b>Sr. 3,1</b>	-	-	<b>3,1</b>	<b>2,7</b>	-	-	<b>2,9</b>	<b>2,7</b>

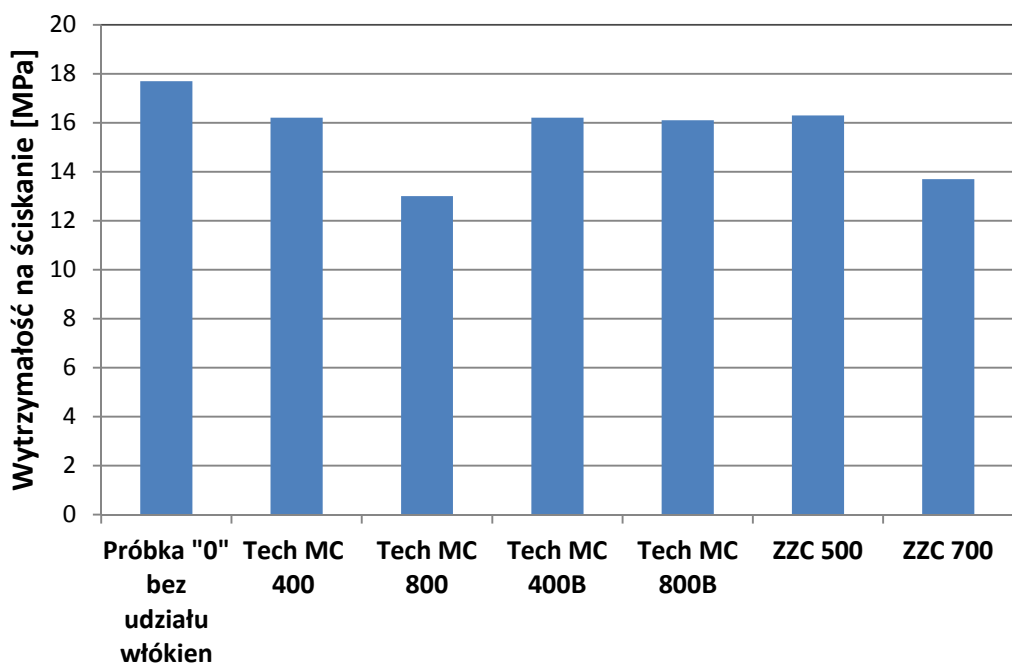
Z przedstawionych wyników badań wynika że, wprowadzenie włókien do składu zapraw w większości przypadków nieznacznie obniża ich wytrzymałość w porównaniu do zaprawy bez udziału włókien. Jedynie włókna Tech MC 800 i ZZC 700, dla zaprawy cementowo-wapiennej spowodowały obniżenie wytrzymałości na ściskanie o około 27% w porównaniu do zaprawy bez udziału włókien.

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie

Tablica 34

Próbka „0” bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na ściskanie [MPa]</b>								
<b>Zaprawa wapienno-cementowa</b>								
Ilość wody zarobowej 565 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 595 ml	Ilość wody zarobowej 570 ml	Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 578 ml	-	-
1,50	1,20	1,05	1,10	1,30	1,40	1,00	-	-
1,70	1,30	1,15	1,05	1,30	1,20	1,15	-	-
1,50	1,25	1,10	1,10	1,25	1,15	1,15	-	-
1,55	1,30	1,15	1,05	1,25	1,10	1,10	-	-
1,50	1,25	1,15	1,10	1,25	1,30	1,20	-	-
1,50	1,30	1,05	1,15	1,25	1,20	1,25	-	-
<b>Sr. 1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	-	-

Próbka „0” bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na ściskanie [MPa]</b>								
<b>Zaprawa cementowo-wapienna</b>								
Ilość wody zarobowej 355 ml	Ilość wody zarobowej 365 ml	Ilość wody zarobowej 393 ml	Ilość wody zarobowej 373 ml	Ilość wody zarobowej 367 ml	Ilość wody zarobowej 372 ml	Ilość wody zarobowej 390 ml	-	-
17,60	16,55	12,80	15,75	17,10	17,20	14,30	-	-
18,15	16,50	13,00	16,70	15,45	15,95	14,10	-	-
16,65	15,75	12,90	16,00	16,10	16,40	13,80	-	-
18,40	16,40	13,00	16,00	17,20	15,10	11,60	-	-
16,90	15,80	13,15	16,20	15,15	15,95	13,95	-	-
18,20	16,05	13,15	16,35	15,60	17,45	14,60	-	-
<b>Śr. 17,7</b>	<b>16,2</b>	<b>13,0</b>	<b>16,2</b>	<b>16,1</b>	<b>16,3</b>	<b>13,7</b>	-	-
<b>Gładź biała</b>								
Ilość wody zarobowej 630 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 645 ml	Ilość wody zarobowej 650 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml
7,60	-	-	6,60	7,20	-	-	6,85	6,70
6,80	-	-	6,35	7,35	-	-	7,10	6,65
7,70	-	-	6,85	7,15	-	-	6,85	6,60
7,50	-	-	6,95	7,55	-	-	6,90	6,45
7,40	-	-	6,55	7,20	-	-	7,25	6,70
7,70	-	-	6,65	7,15	-	-	7,20	6,55
<b>śr. 7,4</b>	-	-	<b>6,7</b>	<b>7,3</b>	-	-	<b>7,0</b>	<b>6,6</b>



Rysunek 28. Wpływ włókien na wytrzymałość na ściskanie dla zaprawy cementowo-wapiennej

## Badanie w zakresie przyczepności zaprawy do podłoża betonowego

Badanie w zakresie przyczepności zaprawy do podłoża betonowego wykonano wg normy PN-EN 1015-12:2016. Przyczepność jest określana jako maksymalne naprężenie rozciągające wywołane przez obciążenie odrywające przyłożone prostopadle do powierzchni zaprawy naniesionej na podłożu betonowe. Obciążenie odrywające jest przykładane za pomocą płytki odrywającej przyklejanej do powierzchni licowej badanej zaprawy. Przyczepność jest ilorazem obciążenia niszczącego i powierzchni badawczej próbki.

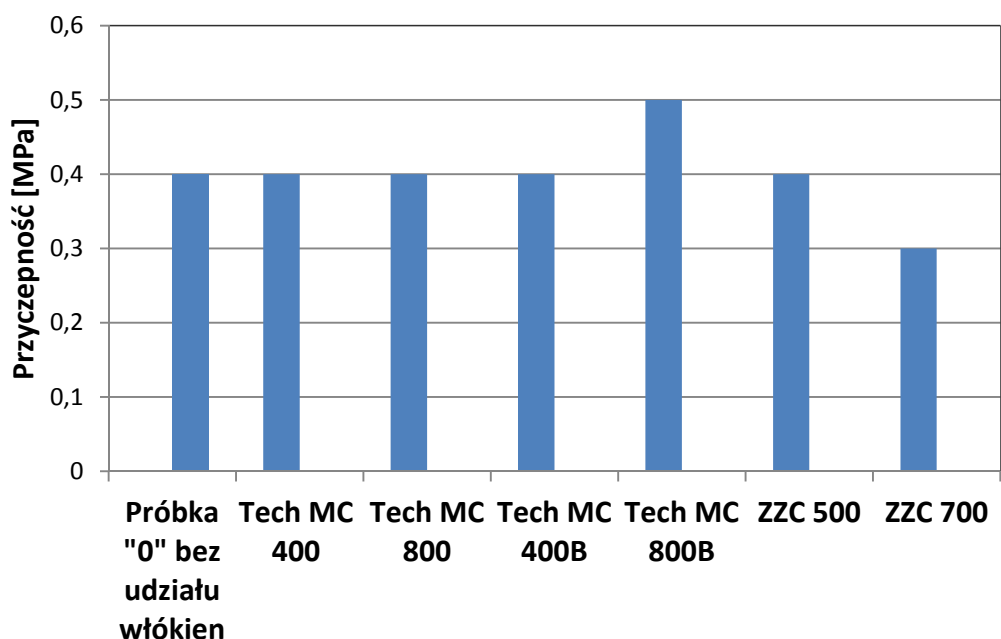
Badania przyczepności wykonano po 28 dniach kondycjonowania próbek w warunkach określonych w ww. normie. Zaprawę wapienno-cementową i cementowo-wapienną nakładano na podłożu betonowe w warstwie o grubość około 10 mm, natomiast gładź o grubości 4 mm. Zaprawy na podłożu nakładano w pozycji poziomej.

Na rysunku 29 przedstawiono widok stanowiska do badania przyczepności zapraw do podłoża betonowego.



Rysunek 29. Widok stanowiska do badania przyczepności zapraw do podłoża betonowego

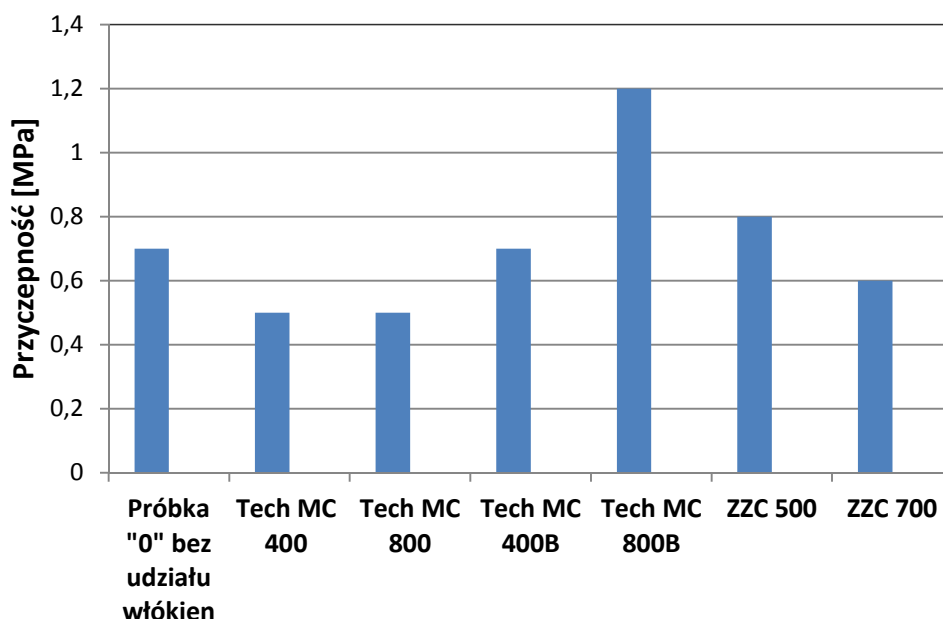
Wyniki oznaczeń przyczepności do podłoża betonowego przedstawiono w tablicy 35 oraz na rysunkach 30-32.



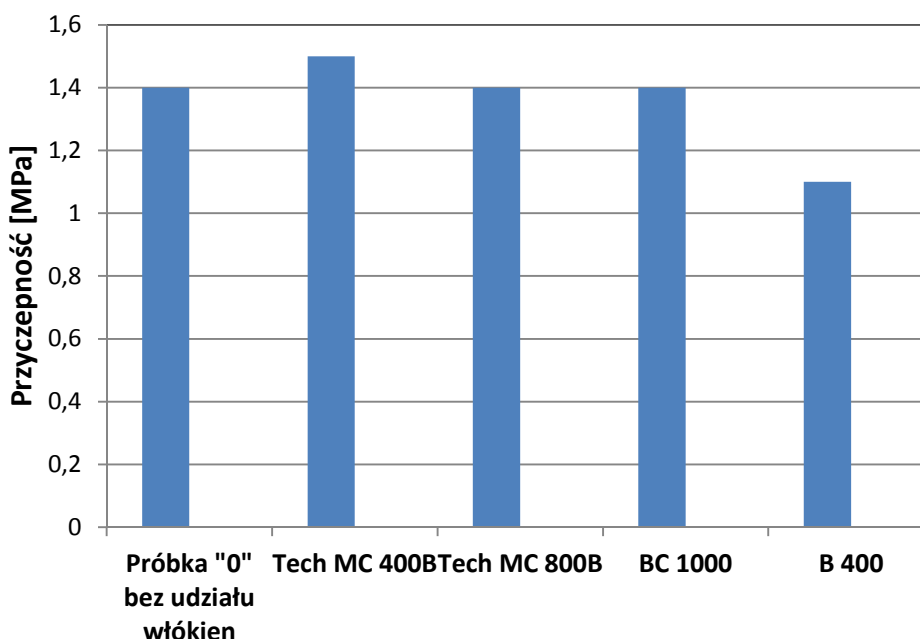
Rysunek 30. Wpływ włókien na przyczepność zaprawy wapienno-cementowej do podłoża betonowego

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Przyczepność i model pęknięcia [MPa]</b>								
<b>Zaprawa wapienno-cementowa</b>								
Ilość wody zarobowej 565 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 595 ml	Ilość wody zarobowej 570 ml	Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 575 ml	Ilość wody zarobowej 578 ml	-	-
> 0,45 b	> 0,40 b	> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,45 b	> 0,45 b	> 0,30 b	-	-
> 0,35 b	> 0,40 b	> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,45 b	> 0,25 b	-	-
> 0,40 b	> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,40 b	> 0,65 b	> 0,45 b	> 0,30 b	-	-
> 0,45 b	> 0,45 b	> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,55 b	> 0,40 b	> 0,25 b	-	-
> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,35 b	> 0,45 b	> 0,50 b	> 0,40 b	> 0,30 b	-	-
<b>Sr.</b> <b>&gt; 0,4 b</b>	<b>&gt; 0,4 b</b>	<b>&gt; 0,4 b</b>	<b>&gt; 0,4 b</b>	<b>&gt; 0,5 b</b>	<b>&gt; 0,4 b</b>	<b>&gt; 0,3 b</b>	-	-
<b>Zaprawa cementowo-wapienna</b>								
Ilość wody zarobowej 355 ml	Ilość wody zarobowej 365 ml	Ilość wody zarobowej 393 ml	Ilość wody zarobowej 373 ml	Ilość wody zarobowej 367 ml	Ilość wody zarobowej 372 ml	Ilość wody zarobowej 390 ml	-	-
> 0,75 b	> 0,50 b	> 0,75 b	> 0,60 b	> 1,25 b	> 0,80 b	> 0,80 b	-	-
> 0,55 b	> 0,50 b	> 0,55 b	> 0,60 b	> 1,15 b	> 0,65 b	> 0,75 b	-	-
> 0,65 b	> 0,60 b	> 0,45 b	> 0,75 b	> 1,40 b	> 0,85 b	> 0,55 b	-	-
> 0,75 b	> 0,50 b	> 0,45 b	> 0,65 b	> 1,10 b	> 0,95 b	> 0,55 b	-	-
> 0,85 b	> 0,50 b	> 0,50 b	> 0,70 b	> 1,25 b	> 0,75 b	> 0,50 b	-	-
<b>Sr.</b> <b>&gt; 0,7 b</b>	<b>&gt; 0,5 b</b>	<b>&gt; 0,5 b</b>	<b>&gt; 0,7 b</b>	<b>&gt; 1,2 b</b>	<b>&gt; 0,8 b</b>	<b>&gt; 0,6 b</b>	-	-
<b>Gładź biała</b>								
Ilość wody zarobowej 630 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 645 ml	Ilość wody zarobowej 650 ml	-	-	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml
> 1,40 b	-	-	> 1,50 b	> 1,40 b	-	-	> 1,60 b	> 0,70 b
> 1,45 b	-	-	> 1,75 b	> 1,40 b	-	-	> 1,75 b	> 1,55 b
> 1,40 b	-	-	> 1,45 b	> 1,35 b	-	-	> 1,35 b	> 1,05 b
> 1,40 b	-	-	> 1,65 b	> 1,45 b	-	-	> 1,05 b	> 1,25 b
.....	-	-	> 1,30 b	> 1,45 b	-	-	> 1,40 b	> 1,10 b
<b>Sr.</b> <b>1,4 b</b>	-	-	<b>&gt; 1,5 b</b>	<b>&gt; 1,4 b</b>	-	-	<b>&gt; 1,4 b</b>	<b>&gt; 1,1 b</b>

Model pęknięcia b oznacza pęknięcie kohezyjne w samej zaprawie. Takie zniszczenie świadczy, że przyczepność jest większa niż uzyskany wynik badania przyczepności, natomiast uzyskane wyniki są wartością wytrzymałości zaprawy na rozciąganie. Z przedstawionych wyników badań wynika, że w przypadku zastosowania włókien Tech MC 800B w składzie zaprawy cementowo-wapiennej uzyskano znaczną poprawę tego parametru. W pozostałych przypadkach jest on porównywalny z próbką zaprawy bez obecności włókien.



Rysunek 31. Wpływ włókien na przyczepność zaprawy cementowo-wapiennej do podłoża betonowego



Rysunek 32. Wpływ włókien na przyczepność gładzi do podłoża betonowego

Po przeanalizowaniu uzyskanych wyników ze wstępnych badań stwierdzono, że zastosowanie włókien Tech jak i ZCC (włókna powszechnie stosowane do wytwarzania zapraw tynkarskich przez producentów chemii budowlanej) ma podobny wpływ na właściwości zapraw tynkarskich. Najkorzystniejszy wpływ na uzyskane właściwości zapraw tynkarskich mają włókna Tech MC 800B. Włókno Tech MC 800B zostało wytypowane do określenia pozostałych właściwości użytkowych zapraw tynkarskich wyszczególnionych w normie PN-EN 998-1:2016. Uzyskane wyniki porównano z analogicznymi zaprawami bez udziału włókien (tablica 36-38). W załącznikach 4-6 przedstawiono sprawozdania z badań właściwości użytkowych zaprawy wapienno-cementowej do zastosowania wewnątrz obiektów budowlanych, cementowo-wapiennej oraz gładzi, bez udziału i z udziałem włókien.

Porównanie właściwości użytkowych zaprawy wapienno-cementowej

Tablica 36

Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 800B
Konsystencji świeżej zaprawy, [mm]	PN-EN 1015-3:2000; PN-EN 1015-	172	170
Zapotrzebowanie na wodę do uzyskania konsystencji (175±10)mm, [g]	3:2000/A1:2005; PN-EN 1015-3:2000/A2:2007	565	580
Gęstość objętościowa świeżej zaprawy [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 1015-6:2000; PN-EN 1015-6:2000/A1:2007	1 700	1 710
Zawartość powietrza [%]	PN-EN 1015-7:2000	13,5	13,0
Czas zachowania właściwości roboczych określony za pomocą znormalizowanego pręta penetrującego [min]	PN-EN 1015-9:2001; PN-EN 1015-9:2001/A1:2007 Metoda A	1 380	1 400
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	PN-EN 1015-11:2001; PN-EN	1,0	0,9
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	1015-11:2001/A1:2007	1,5	1,3
Przyczepność i model pęknięcia [MPa]	PN-EN 1015-12:2016	> 0,4 b	> 0,5 b
Współczynnik absorpcji wody spowodowany podciąganiem kapilarnym stwardniałej zaprawy [kg/m <sup>2</sup> xmin <sup>0,5</sup> ]	PN-EN 1015-18:2003	0,8	0,7
Współczynnik przenoszenia pary wodnej KNO <sub>3</sub> [kg/mxsxPa]x10 <sup>-9</sup>	PN-EN 1015-19:2000; PN-EN 1015-19:2000/A1:2005	0,02874	0,02946
Współczynnik przenoszenia pary wodnej LiCl		0,03258	0,04205
Współczynnik przepuszczalności pary wodnej μ KNO <sub>3</sub>		6,8	6,6
Współczynnik przepuszczalności pary wodnej μ LiCl		6,0	6,1

Porównanie właściwości użytkowych zaprawy cementowo-wapiennej

Tablica 37

Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 800B
Konsystencji świeżej zaprawy, [mm]	PN-EN 1015-3:2000; PN-EN 1015-	175	172
Zapotrzebowanie na wodę do uzyskania konsystencji (175±10)mm, [g]	3:2000/A1:2005; PN-EN 1015-3:2000/A2:2007	355	367
Gęstość objętościowa świeżej zaprawy [kg/m <sup>3</sup> ]	PN-EN 1015-6:2000; PN-EN 1015-6:2000/A1:2007	2 060	2 040
Zawartość powietrza [%]	PN-EN 1015-7:2000	6,5	7,0
Czas zachowania właściwości roboczych określony za pomocą znormalizowanego pręta penetrującego [min]	PN-EN 1015-9:2001; PN-EN 1015-9:2001/A1:2007 Metoda A	310	335
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	PN-EN 1015-11:2001; PN-EN	5,6	4,6
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	1015-11:2001/A1:2007	17,7	16,1
Przyczepność i model pęknięcia [MPa]	PN-EN 1015-12:2016	> 0,7	> 1,2

Porównanie właściwości użytkowych zaprawy cementowo-wapiennej c.d. Tablica 37

Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 800B
Współczynnik absorpcji wody spowodowany podciąganiem kapilarnym stwardniałej zaprawy [ $\text{kg/m}^2 \times \text{min}^{0,5}$ ]	PN-EN 1015-18:2003	0,3	0,2
Współczynnik przenoszenia pary wodnej $\text{KNO}_3$ [ $\text{kg/m} \times \text{s} \times \text{Pa}$ ] $\times 10^{-9}$	PN-EN 1015-19:2000; PN-EN 1015-19:2000/A1:2005	0,00582	0,00576
Współczynnik przenoszenia pary wodnej LiCl		0,00996	0,01088
Współczynnik przepuszczalności pary wodnej $\mu$ $\text{KNO}_3$		33,3	33,7
Współczynnik przepuszczalności pary wodnej $\mu$ LiCl		19,5	17,8
Mrozoodporność Ubytek masy [%]	PN-85/B-04500	brak	0,2
Mrozoodporność Obniżenie wytrzymałości na zginanie [%]		11,5	4,1
Mrozoodporność Obniżenie wytrzymałości na ściskanie [%]		9,9	0,8

Porównanie właściwości użytkowych gładzi Tablica 38

Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 800B
Konsystencji świeżej zaprawy, [mm]	PN-EN 1015-3:2000; PN-EN 1015-	630	650
Zapotrzebowanie na wodę do uzyskania konsystencji $(175 \pm 10)$ mm, [g]	3:2000/A1:2005; PN-EN 1015-3:2000/A2:2007	180	177
Gęstość objętościowa świeżej zaprawy [ $\text{kg/m}^3$ ]	PN-EN 1015-6:2000; PN-EN 1015-6:2000/A1:2007	1 600	1 650
Zawartość powietrza [%]	PN-EN 1015-7:2000	17,0	15,5
Czas zachowania właściwości roboczych określony za pomocą znormalizowanego pręta penetrującego [min]	PN-EN 1015-9:2001; PN-EN 1015-9:2001/A1:2007 Metoda A	420	400
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	PN-EN 1015-11:2001; PN-EN	3,1	2,7
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	1015-11:2001/A1:2007	7,4	7,3
Przyczepność i model pęknięcia [MPa]	PN-EN 1015-12:2016	> 1,4	> 1,4
Współczynnik absorpcji wody spowodowany podciąganiem kapilarnym stwardniałej zaprawy [ $\text{kg/m}^2 \times \text{min}^{0,5}$ ]	PN-EN 1015-18:2003	0,3	0,3
Współczynnik przenoszenia pary wodnej $\text{KNO}_3$ [ $\text{kg/m} \times \text{s} \times \text{Pa}$ ] $\times 10^{-9}$	PN-EN 1015-19:2000; PN-EN 1015-19:2000/A1:2005	0,01959	0,02034
Współczynnik przenoszenia pary wodnej LiCl		0,01192	0,02004
Współczynnik przepuszczalności pary wodnej $\mu$ $\text{KNO}_3$		9,9	9,5
Współczynnik przepuszczalności pary wodnej $\mu$ LiCl		10,8	9,7



Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 800B
Mrozoodporność Ubytek masy [%]	PN-85/B-04500	0	0
Mrozoodporność Obniżenie wytrzymałości na zginanie [%]		0	0
Mrozoodporność Obniżenie wytrzymałości na ściskanie [%]		5,1	1,6

Z przedstawionych danych w tablicach 7-9 wynika, że wprowadzenie do składu zapraw włókien Tech MC 800B zwiększa nieznacznie zapotrzebowanie na wodę w celu uzyskania konsystencji o wartości rozplwy (175±5) mm, wydłuża czas zachowania właściwości roboczych zaprawy. Włókna Tech MC 800B zwiększyły wytrzymałości na rozciąganie dla zaprawy cementowo-wapiennej. W wyniku modyfikacji zapraw włóknami Tech MC 800B uzyskano lepsze parametry trwałości na działanie zmiennych temperatur (mrozoodporność).

#### 4.2.5 Badania właściwości materiałów na podkłady podłogowe

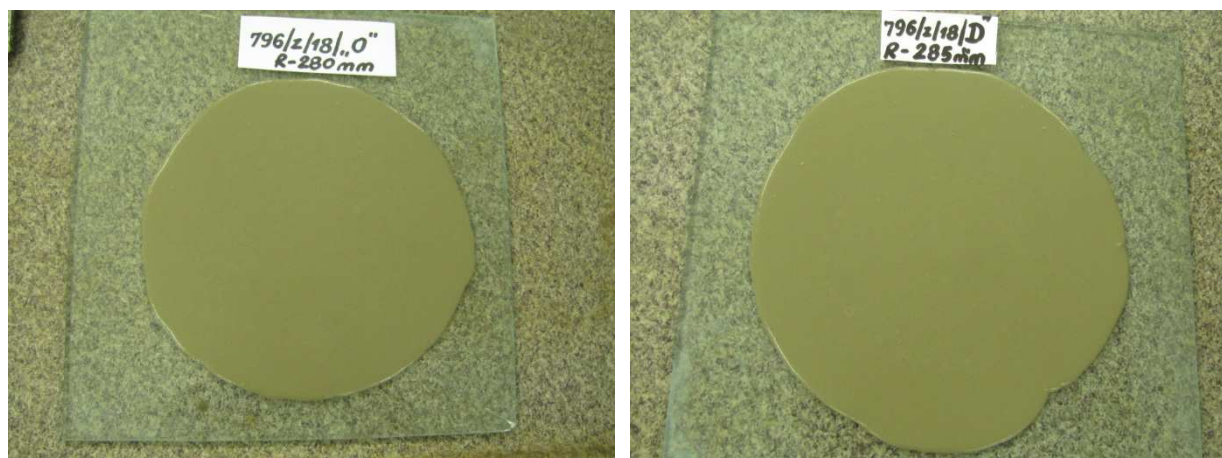
##### Badania konsystencji

W celu ustalenia wpływu włókien celulozowych na właściwości materiału na podkłady dobrano ilość wody zarobowej dla uzyskania konsystencji płynnej o rozplwy powyżej 220 mm. Zawartość wody niezbędnej do uzyskania tej konsystencji określano za pomocą mieszanek próbnych.

Badania konsystencji wykonano zgodnie z normą PN-EN 13454-2:2008. Zasada metody polega na umieszczeniu stożkowej formy na wypoziomowanej, czystej, płycie szklanej. Formę napełnia się zaprawą i po 10-15 s unosi się ją pionowo w górę aż do całkowitego jej opróżnienia z badanego materiału. Miarą rozplwy jest średnica zaprawy zmierzona przy pomocy suwmiarki w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach.

Dobrana ilość wody, dla poszczególnych zapraw, była stosowana podczas przygotowywania próbek badawczych do określenia pozostałych właściwości. Badania wykonano przy zawartości suchej zaprawy w ilości 3 000 g.

Przykładowy widok próbki podczas badania konsystencji przedstawiono na rysunku 33.



Materiał na podkład podłogowy bez włókien

Materiał na podkład podłogowy z włóknem Tech MC 800B

Rysunek 33. Przykładowy widok próbki podczas badania konsystencji zaprawy

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tablicy 39.

Wyniki badań konsystencji świeżej zaprawy podłogowej

Tablica 39

Rodzaj zastosowanego włókna						
Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700
Rozpływ [mm]						
Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 600 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 600 ml	Ilość wody zarobowej 620 ml	Ilość wody zarobowej 610 ml	Ilość wody zarobowej 610 ml
280	280	280	280	285	280	275
280	280	280	280	285	280	275
<b>Sr. 280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>285</b>	<b>280</b>	<b>275</b>

Z przedstawionych danych wynika, że podobnie jak w przypadku badań zapraw tynkarskich wprowadzenie do składu zaprawy, włókien powoduje wzrost ilości wody zarobowej do uzyskania podobnej konsystencji jak dla zaprawy bez udziału włókien. W tym przypadku również najbardziej widoczne jest to w przypadku zastosowania włókna Tech MC 800. Włókna Tech MC 400 i Tech MC 400B w najmniejszym stopniu wpływają na zapotrzebowanie wody w porównaniu z zaprawą bez zastosowania włókien.

#### Oznaczenie odporności na ścieranie według Böhme

Oznaczenie odporności na ścieranie według Böhme wykonano zgodnie z normą PN-EN 13892-3:2014. Metoda polega na umieszczeniu w urządzeniu Böhme na torze badań, na którym znajduje się standardowy materiał ścierny, stwardniałą po 28 dniach dojrzewania, wysuszoną do stałej masy próbkę materiału na podkład podłogowy. Następnie uruchamia się tarczę i poddaje próbki obciążeniu ściernemu wynoszącemu 294 N w ciągu określonej liczby cykli (na rysunku 34 przedstawiono stanowisko do badań odporności na ścieranie wg Böhme).



Przygotowanie próbek do badań



Aparat Böhme wraz z badaną próbką podkładu podłogowego

Rysunek 34. Widok stanowiska do badania badań odporności podkładów podłogowych na ścieranie wg Böhme

Odporność na ścieranie wyrażana jest w  $\text{cm}^3$  startego materiału na  $50 \text{ cm}^2$  po 16 cyklach i oblicza się ze wzoru:

$$A = \frac{\Delta m}{\rho_R} = \Delta l \times 5$$

Gdzie:  $\Delta m$  – ubytek masy próbki w g po 16 cyklach;

$\rho_R$  – gęstość próbki w  $\text{g/cm}^3$ ;

$\Delta l = l_0 - l_{16}$  – Średnie zmniejszenie próbki po 16 cyklach;

$l_0$  – średnia grubość próbki w mm z pomiarów w dziewięciu punktach pomiarowych, określona przed badaniem

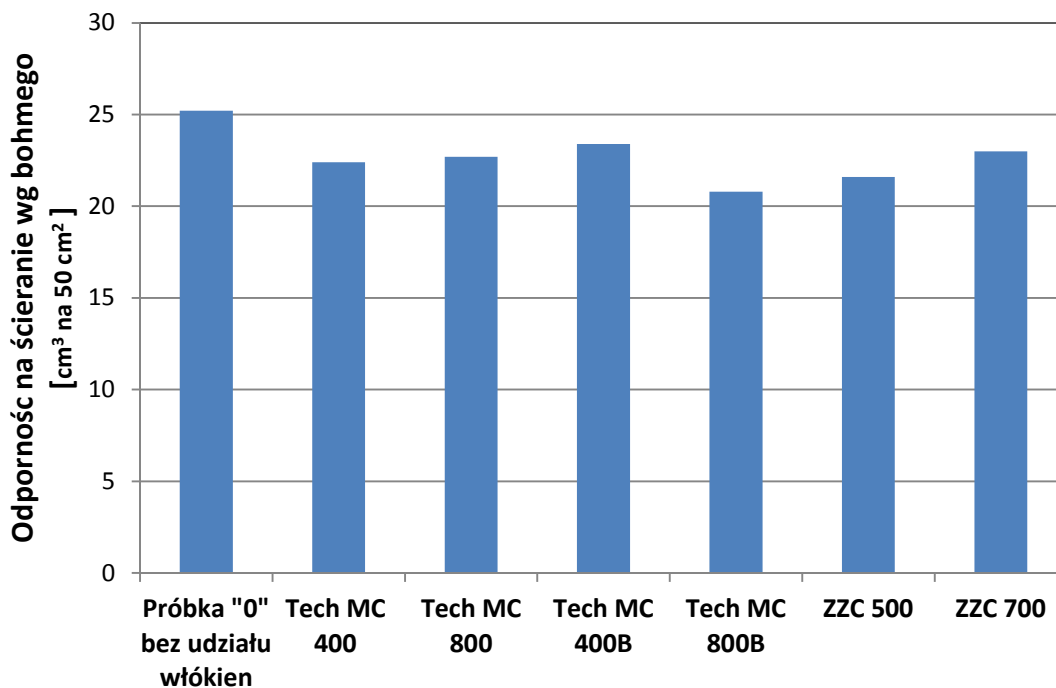
$l_{16}$  – średnia grubość próbki w mm z pomiarów w dziewięciu punktach pomiarowych, określona po zakończeniu badania

Uzyskane wyniki odporności na ścieranie przedstawiono w tabelicy 40 oraz na rysunku 35.

Wyniki badań ścieralności

Tablica 40

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna					
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700
Ścieralność [ $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ ]						
Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 600 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 600 ml	Ilość wody zarobowej 620 ml	Ilość wody zarobowej 610 ml	Ilość wody zarobowej 610 ml
25,55	22,75	22,85	23,20	19,95	21,75	22,65
24,75	22,00	22,60	23,55	21,65	21,50	23,40
25,20	22,40	22,70	23,40	20,80	21,60	23,00
<b>Śr. 25,2</b>	<b>22,4</b>	<b>22,7</b>	<b>23,4</b>	<b>20,8</b>	<b>21,6</b>	<b>23,0</b>



Rysunek 35. Wpływ włókien na odporność na ścieranie wg Böhme podkładów podłogowych

Z przedstawionych wyników wynika, że zastosowanie włókien powoduje wzrost odporności na ścieranie badanych próbek. Największy wpływ zanotowano w przypadku zastosowanie włókna Tech MC 800B. Wartość odporności na ścieranie dla próbki bez udziału włókna wynosiła  $25,2 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ , natomiast dla próbki z udziałem włókna Tech MC 800B  $20,8 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ . Przy czym należy podkreślić, że im wyższa wartość ścierania tym gorsza odporność na ścieranie materiału, przy czym materiały na podkłady podłogowe z udziałem włókna Tech MC 800B oraz ZZC 500 uzyskały klasę odporności na ścieranie A22. Pozostałe w tym próbka bez udziału włókien nie mieściły się w tej klasie i charakteryzowały się gorszą odpornością na ścieranie.

### Badania skurczu

Badania skurczu i pęcznienia wykonano wg normy PN-EN 13454-2:2008. Badanie wykonuje się na próbkach o wymiarach 40 mm × 40 mm × 160 mm. Skurcz i pęcznienie są wyrażane jako względna zmiana długości mierzonej wzdłuż osi poziomej próbki w aparacie pomiarowym (rysunek 36), po określonym czasie. Przy wartości pęcznienia (wydłużenia przy wyniku należy dawać znak +, przy wartości skurczu znak -.



Rysunek 36. Widok aparatu do badania skurczu i pęcznienia zapraw

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelicy 41. Z przedstawionych danych widać, że zastosowanie w składzie materiału na podkłady podłogowe badanych włókien celulozowych nie wpłynęło korzystnie na redukcję skurczu. Po 28 dniach dojrzewania w przypadku zastosowania włókien celulozowych, niezależnie od ich rodzaju, zaobserwowano nieznaczny wzrost skurczu w porównaniu do materiału bez włókien.

Wyniki badań skurczu

Tablica 41

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna					
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700
<b>Skurcz [mm/m]</b>						
Ilość wody zarobowej 580 ml	Ilość wody zarobowej 600 ml	Ilość wody zarobowej 640 ml	Ilość wody zarobowej 600 ml	Ilość wody zarobowej 620 ml	Ilość wody zarobowej 610 ml	Ilość wody zarobowej 610 ml
- 1,019	- 1,225	- 1,250	- 1,119	- 1,131	- 1,188	- 1,213
- 1,056	- 1,319	- 1,269	- 1,125	- 1,188	- 1,206	- 1,213
- 1,056	- 1,138	- 1,231	- 1,125	- 1,119	- 1,219	- 1,169
<b>Śr. - 1,044</b>	<b>- 1,227</b>	<b>- 1,250</b>	<b>- 1,123</b>	<b>- 1,146</b>	<b>- 1,204</b>	<b>- 1,198</b>

Z uzyskanych wyników ze wstępnych badań materiałów na podkłady podłogowe wynika, że zastosowanie włókna Tech MC 800B wpłynęło najkorzystniej na poprawę odporności na ścieranie wg Böhmego oraz bardzo nieznacznie wpłynęło na wzrost skurczu. Włókno Tech MC 800B zostało wytypowane do określenia pozostałych właściwości użytkowych materiału na podkłady podłogowe objęte zakresem normy PN-EN 13819:2003. Uzyskane wyniki porównano z analogicznym materiałem bez udziału włókien (tablica 42).

W załączniku 7 przedstawiono sprawozdanie z badań właściwości użytkowych materiału na podkłady podłogowe z udziałem włókien.

Z przedstawionych w tablicy 42 wyników badań wynika, że wprowadzenie do składu materiału na podkłady podłogowe włókien Tech MC 800B zwiększa nieznacznie zapotrzebowanie na wodę w celu uzyskania konsystencji porównywalnej do materiału bez włókien oraz wydłuża czas zachowania właściwości roboczych. Włókna Tech MC 800B zwiększyły odporność na ścieranie materiału. W przypadku pozostałych właściwości nie stwierdzono korzystnego działania włókien celulozowych.

Porównanie właściwości użytkowych materiału na podkłady podłogowe Tablica 42

Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 800B
Konsystencja świeżej zaprawy płynnej – określona cylindrem do badania rozlewności, [mm]	PN-EN 13454-2:2008	280	285
Czas wiązania (czas zachowania właściwości roboczych) – określona stożkiem rozplwowym wg PN-EN 459-2:2010 [min]	PN-EN 13454-2:2008	205	305
Odporność na ścieranie według Böhmego [cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> ]	PN-EN 13892-3:2015	25,2	20,8
Przyczepność do podłoża i model pęknięcia [MPa]	PN-EN 13892-8:2004	2,4 Y	2,7 Y
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	PN-EN 13892-2:2004	9,5	9,5
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]		36,7	33,1
Twardość powierzchniowa [N/mm <sup>2</sup> ]	PN-EN 13892-6:2004	99,3	73,6
Skurcz (-) lub pęcznienie (+) [mm/m]	PN-EN 13454-2:2008	- 1,044	- 1,146

#### 4.2.6 Badania właściwości tynków na spoiwie organicznym

##### Badania przyczepności tynku do podłoża betonowego

Badania przyczepności tynku do podłoża betonowego przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 1542:2000. Badania wykonano po 28 dniach dojrzewania próbek. Metoda badań jest podobna do opisanej w p. 4.2.5. Różnica polega na zastosowaniu podłoża betonowego wykonanego zgodnie z normą PN-EN 1766:2017. Powierzchnia na którą nakłada się próbkę przygotowana jest przez oczyszczenie strumieniowo-ścierne.

Wyniki badań przyczepności tynku do podłoża betonowego

Tablica 43

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna				
	Tech MC 400	Tech MC 800B	Tech MC 400B	B 400	BC 1000
Przyczepność [MPa]					
0,3 B	0,3 B	0,4 B	0,4 B	0,3 B	0,3 B
0,3 B	0,2 B	0,3 B	0,4 B	0,2 B	0,2 B
0,3 B	0,2 B	0,4 B	0,4 B	0,2 B	0,2 B
0,3 B	0,2 B	0,3 B	0,4 B	0,3 B	0,2 B
0,4 B	0,2 B	0,2 B	0,4 B	0,2 B	0,3 B
<b>Śr. 0,3 B</b>	<b>0,2 B</b>	<b>0,3 B</b>	<b>0,4 B</b>	<b>0,2 B</b>	<b>0,2 B</b>

Z przedstawionych danych w tablicy 43 wynika, że zastosowanie włókien celulozowych w recepturze gładzi opartej na spoiwie organicznym nie wpłynęły w zasadniczy sposób na przyczepność do podłoża betonowego. Jednakże należy podkreślić, że w przypadku zastosowania włókien Tech MC 400, B 400 oraz BC 1000 nie uzyskano wymaganej minimalnej przyczepności tynku do podłoża betonowego 0,3 MPa.

Dla gładzi z włóknem Tech MC 400B, dla której uzyskano najwyższą wartość przyczepności 0,4 MPa, przeprowadzono dodatkowo badania współczynnika przewodzenia pary wodnej zgodnie z normą PN-EN ISO 7783-2. Zastosowano metodę A kondycjonowania próbek przed badaniem – dla tynków stosowanych wewnątrz obiektów budowlanych.

Porównanie właściwości użytkowych materiału na podkłady podłogowe

Tablica 44

Właściwość	Badanie według	Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 400B
Współczynnika przenikania pary wodnej V [g/(m <sup>2</sup> ·xd)]	PN-EN ISO 7783:2012 p. 5.3 i 6.2 2	321,82	188,58
Przyczepność do podłoża i model pęknięcia [MPa]	PN-EN 1542:2000	0,3	0,4

Uzyskane wyniki badań zamieszczono w tabeli 44. Zastosowanie włókna wpłynęło na obniżenie współczynnika przenikania pary wodnej V. Obniżenie współczynnika przenikania pary wodnej jednakże nie wpłynęło na obniżenie kategorii wysokiej - V<sub>1</sub>, wartości przenikania pary wodnej, dla której wartość przenikania pary wodnej powinna być wyższa od 150 [g/(m<sup>2</sup>·xd)]. Włókno Tech MC 400B zostało wytypowane do określenia właściwości użytkowych masy tynkarskiej na spoiwie organicznym. W załączniku 10 przedstawiono sprawozdania z badań właściwości użytkowych z wybranym włóknem.

#### 4.2.7 Badania właściwości tynków gipsowych

Włókna dodatkowo oczyszczane, białe przebadano w kontekście zastosowania jako dodatek do wyrobów gipsowych. Zakres badań obejmował tynki gipsowe oraz gipsowe masy szpachlowe. W przypadku tynków sprawdzono wpływ włókien na przyczepność do płyty betonowej oraz odporność na zginanie i ściskanie. Badania wykonano zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN-EN 13279:2-2014. Wszystkie mieszanki tynku sporządzono z dodatkiem odpowiednich włókien w ilości 1% suchej masy mieszanki. Włókna ProAgro zestawiono z dostępnymi przemysłowo próbkami dostarczonymi w ramach projektu oraz z próbką „0” bez dodatku żadnych włókien. Zarówno badanie przyczepności do płyty betonowej jak i badania odporności na zginanie oraz ściskanie miały na celu sprawdzenie czy włókna zadziałają jak mikrozbroje i podniosą parametry mechaniczne wyrobów.

## Wytrzymałość zaprawy na zginanie i ściskanie

Wytrzymałość zaprawy na zginanie i ściskanie wykonano wg normy PN-EN 13279-2:2014. Wytrzymałość na zginanie jest określana przez trzypunktowe obciążenie stwardniałych, uformowanych w kształcie graniastosłupa próbek zaprawy o wymiarach 160 mm x 40 mm x 40 mm (rysunek 37), aż do zniszczenia. Wytrzymałość na ściskanie jest określona na obu połówkach beleczek uzyskanych w wyniku badania wytrzymałości na ściskanie. Badania wytrzymałości przeprowadzono po 7 dniach od momentu wymieszania suchej zaprawy z wodą. Próbki przed badaniem wytrzymałości kondycjonowano w określonych warunkach atmosferycznych w ww. normie i wysuszono do stałej masy. Wytrzymałość na zginanie oblicza się z następującego wzoru:

$$f = 1,5 \frac{Fl}{bd^2}$$

Gdzie:  $F$  - max obciążenie (N);  
 $l$  - odległość między osiami walców podtrzymujących (mm);  
 $b$  - szerokość próbki (mm);  
 $d$  - wysokość próbki (mm)

Wytrzymałość na ściskanie oblicza się jako maksymalne obciążenie, przy którym próbka nie uległa zniszczeniu, podzielone przez powierzchnie przekroju próbki. Sposób wykonania badania jest analogiczny do przedstawionego wcześniej w punkcie 4.2.4.



Rysunek 37. Beleczka normowa do badania wytrzymałości na ściskanie i na zginanie

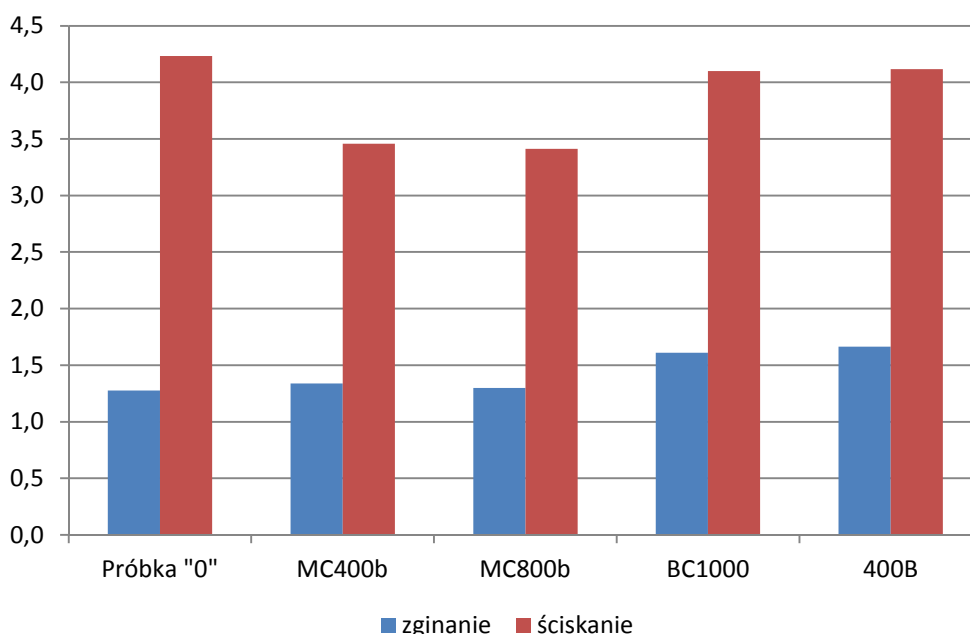
Wyniki oznaczeń wytrzymałości na zginanie przedstawiono w tablicy 45 natomiast na ściskanie w tablicy 46 oraz na rysunku 38.

Wyniki badań wytrzymałości na zginanie

Tablica 45

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400B	Tech MC 800B	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na zginanie [MPa]</b>				
1,07	1,35	1,33	1,543	1,704
1,39	1,29	1,25	1,654	1,586
1,38	1,38	1,31	1,633	1,701
<b>Śr. 1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>

Próbka „0” bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400B	Tech MC 800B	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na ściskanie [MPa]</b>				
3,99	3,46	3,53	4,28	4,14
4,13	3,43	3,41	4,17	4,14
4,30	3,45	3,36	4,27	4,03
4,30	3,54	3,33	3,81	4,25
4,49	3,40	3,38	4,13	4,06
4,21	3,45	3,48	3,95	4,09
<b>Śr. 4,2</b>	<b>3,5</b>	<b>3,4</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>



Rysunek 38. Wpływ włókien na wytrzymałość na zginanie i ściskanie dla zaprawy gipsowej

Z przedstawionych wyników badań wynika że, wprowadzenie włókien do składu zapraw w większości przypadków nieznacznie obniża ich wytrzymałość na ściskanie w porównaniu do zaprawy bez udziału włókien. Szczególnie jest to zauważalne w przypadku włókien MC 400 B oraz włókien MC 800B.

#### Badanie przyczepności zaprawy do podłoża betonowego

Badanie w zakresie przyczepności zaprawy do podłoża betonowego wykonano wg normy PN-EN 13279-2:2014. Przyczepność jest określana jako maksymalne naprężenie rozciągające wywołane przez obciążenie odrywające przyłożone prostopadle do powierzchni zaprawy naniesionej na podłoże betonowe. Obciążenie odrywające jest przykładane za pomocą płytki odrywającej przyklejanej do powierzchni licowej badanej zaprawy. Przyczepność jest ilorazem obciążenia niszczącego i powierzchni badawczej próbki.

Badania przyczepności wykonano po 7 dniach kondycjonowania próbek w warunkach laboratoryjnych ( $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH}=65\pm 5\%$ ). Zaprawę gipsową nakładano na podłoże betonowe w warstwie o grubość około 10 mm. Zaprawy na podłoże nakładano w pozycji poziomej uprzednio zagruntowanego preparatem gruntującym stosowanym.



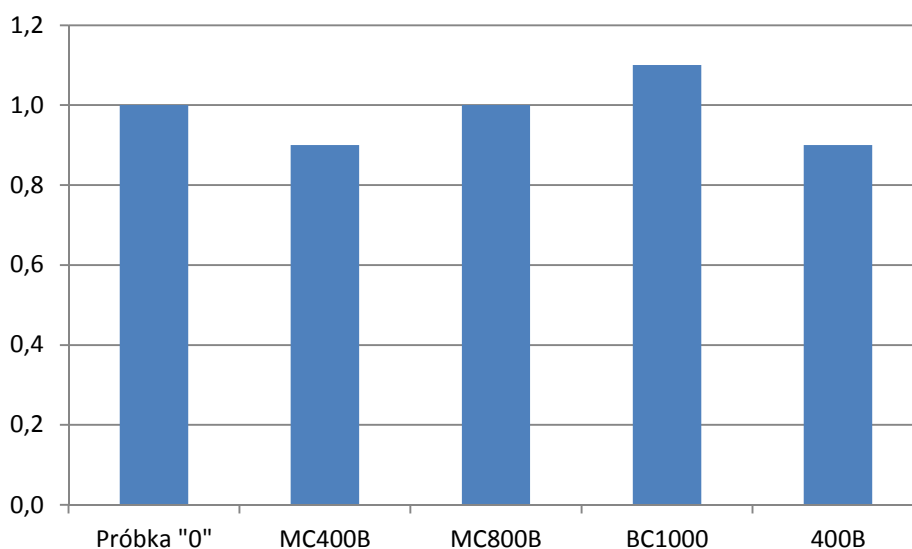
Wyniki oznaczeń przyczepności do podłoża betonowego przedstawiono w tabelicy 47 oraz na rysunku 39.

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie

Tablica 47

Próbka „0” bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400B	Tech MC 800B	BC 1000	B 400
<b>Przyczepność do podłoża [MPa]</b>				
>1,26 b	>1,17 b	>0,89 b	>0,98 b	>0,78 b
>1,1 b	>0,75 b	>1,04 b	>0,99 b	>0,80 b
>0,8 b	>0,92 b	>0,71 b	>1,10 b	>0,81 b
>1,12 b	>0,87 b	>0,97 b	>1,02 b	>1,08 b
>0,89 b	>0,89 b	>1,12 b	>1,21 b	>1,13 b
<b>Śr. &gt;1,0</b>	<b>&gt;0,9</b>	<b>&gt;1,0</b>	<b>&gt;1,1</b>	<b>&gt;0,9</b>

Model pęknięcia b oznacza pęknięcie kohezyjne w samej zaprawie. Takie zniszczenie świadczy, że przyczepność jest większa niż uzyskany wynik badania przyczepności, natomiast uzyskane wyniki są wartością wytrzymałości zaprawy na rozciąganie. Z przedstawionych danych w tabelicy 47 wynika, że zastosowanie włókien celulozowych w recepturze zaprawy tynkarskiej opartej na spoiwie gipsowym nie wpłynęły w zasadniczy sposób na przyczepność do podłoża betonowego. Jednakże należy zaznaczyć, że uzyskane wyniki w znacznym stopniu przekraczają wymagania przedmiotowej normy w zakresie przyczepności wynoszące 0,1 MPa.



Rysunek 39. Wpływ włókien na przyczepność zaprawy gipsowej do podłoża betonowego

Po przeanalizowaniu uzyskanych wyników ze wstępnych badań stwierdzono, że zastosowanie włókien Tech jak i ZCC (włókna powszechnie stosowane do wytwarzania zapraw tynkarskich przez producentów chemii budowlanej) ma podobny wpływ na właściwości gipsowych zapraw tynkarskich. Włókno Tech MC 800B zostało wytypowane do określenia pozostałych właściwości użytkowych zapraw tynkarskich wyszczególnionych w normie PN-EN 13279-2:2014. W załączniku 8 przedstawiono sprawozdania z badań właściwości użytkowych gipsowej zaprawy tynkarskiej z wybranym włóknem.

#### 4.2.8 Badania właściwości szpachli gipsowych

W przypadku gipsowych mas szpachlowych mieszanki materiałów sporządzono w sposób analogiczny co przy tynkach gipsowych. Dozowanie włókien w każdej mieszance wynosiło 1%. W celach porównawczych sporządzono również próbkę „0” bez dodatku włókien. Wszystkie badania wykonano na podstawie zawartości normy PN-EN 13963:2014. Przyczepność mas szpachlowych inaczej niż tynków bada się na płytach gipsowo-kartonowych. Wykonano również oznaczenie obciążenia niszczącego masy szpachlowej metodą rozciągania (punkt 5.8.1 wymienionej wcześniej normy).

##### Przyczepność szpachlowych do podłoża gipsowo-kartonowego

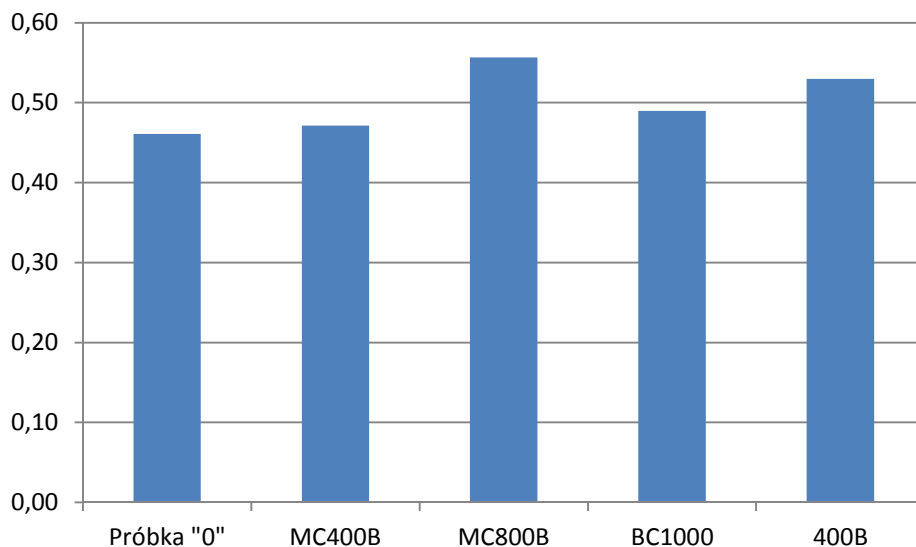
Badanie w zakresie przyczepności zaprawy do podłoża betonowego wykonano wg normy PN-EN 13963:2014. Przyczepność jest określana jako maksymalne naprężenie rozciągające wywołane przez obciążenie odrywające przyłożone prostopadle do powierzchni zaprawy naniesionej na podłoże z płyty gipsowo-kartonowej. Obciążenie odrywające jest przykładane za pomocą płytki odrywającej przyklejanej do powierzchni licowej badanej zaprawy, jednak w odróżnieniu do innych badań przyczepności nie nacina się krawędzi wokół kotwy (rysunek 40). Przyczepność jest ilorazem obciążenia niszczącego i powierzchni badawczej próbki. Badania przyczepności wykonano po 7 dniach kondycjonowania próbek w warunkach laboratoryjnych ( $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $RH=65\pm 5\%$ ). Zaprawę gipsową nakładano na podłoże w warstwie o grubość około 2 mm.



Rysunek 40. Sposób wykonania badania przyczepności do podłoża z płyty gipsowo-kartonowej

Wyniki oznaczeń przyczepności do podłoża betonowego przedstawiono w tablicy 48 oraz na rysunku 41.

Próbka „0” bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400B	Tech MC 800B	BC 1000	B 400
<b>Przyczepność do podłoża [kN]</b>				
0,627	0,550	0,464	0,470	0,583
0,390	0,445	0,578	0,442	0,505
0,348	0,368	0,595	0,455	0,513
0,431	0,417	0,607	0,607	0,516
0,508	0,577	0,539	0,475	0,532
<b>Śr. 0,46</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,49</b>	<b>0,53</b>



Rysunek 41. Wpływ włókien na przyczepność szpachli gipsowej do podłoża z płyty gipsowo-kartonowej

Z przedstawionych wyników badań wynika, że w przypadku zastosowania włókien Tech MC 800B w składzie szpachli gipsowej uzyskano znaczną poprawę tego parametru. W pozostałych przypadkach jest on porównywalny z próbką zaprawy bez obecności włókien.

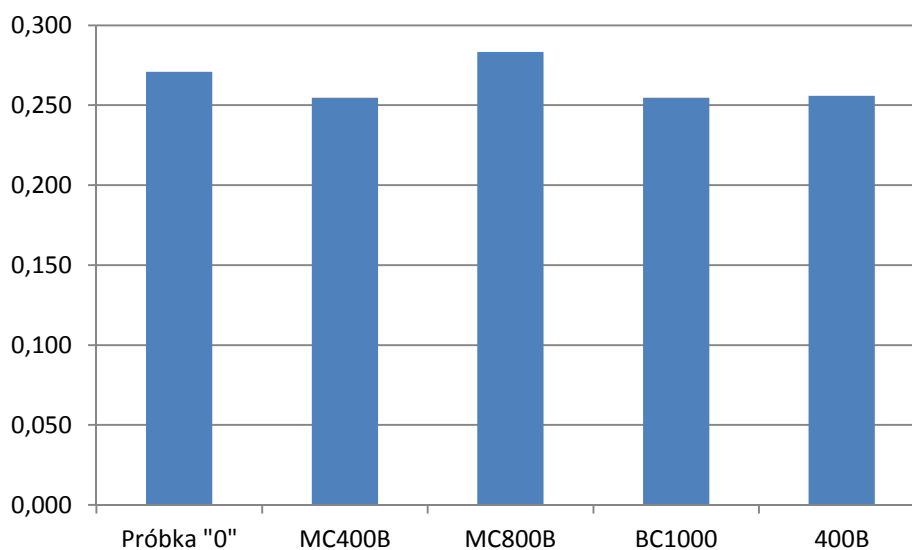
#### Obciążenie niszczące masy szpachlowej metodą rozciągania

Wykonano oznaczenie obciążenia niszczącego masy szpachlowej metodą rozciągania (punkt 5.8.1 normy PN-EN 13963:2014). Dla każdej z próbek materiału spoinującego przycięto dwa kawałki płyty gipsowo-kartonowej o grubości 12,5 mm, spełniającej wymagania określone dla typu A wg EN 520, każdy o wymiarach 200 mm x 300 mm. Dla każdej z par wykonano spoinę wzdłuż dłuższej krawędzi.

Spoinę sezonowano przez 7 dni w temperaturze  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  i  $(50 \pm 5) \%$  wilgotności względnej. Po wyschnięciu szpachli próbki pocięto na pięć próbek, każda o szerokości 50 mm i długości 400 mm. Każdą z próbek zamontowano pionowo w urządzeniu obciążającym i przyłożono równomiernie siłę rozciągającą.

Wyniki oznaczeń wytrzymałości na rozciąganie przedstawiono w tablicy 49 oraz na rysunku 42.

Próbka „0” bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400B	Tech MC 800B	BC 1000	B 400
<b>Wytrzymałość na rozciąganie [kN]</b>				
0,289	0,244	0,301	0,266	0,267
0,246	0,256	0,263	0,279	0,268
0,262	0,249	0,312	0,248	0,266
0,280	0,275	0,289	0,210	0,240
0,277	0,249	0,251	0,270	0,238
<b>Śr. 0,271</b>	<b>0,255</b>	<b>0,283</b>	<b>0,255</b>	<b>0,256</b>



Rysunek 42. Wpływ włókien na przyczepność szpachli gipsowej do podłoża betonowego

Z przedstawionych wyników badań wynika, że w przypadku zastosowania włókien Tech MC 800B w składzie szpachli gipsowej uzyskano znaczną poprawę tego parametru. W pozostałych przypadkach jest on porównywalny z próbką zaprawy bez obecności włókien. Włókno Tech MC 800B zostało wytypowane do określenia pozostałych właściwości użytkowych zapraw tynkarskich wyszczególnionych w normie PN-EN 13963:2014. W załączniku 9 przedstawiono sprawozdania z badań właściwości użytkowych gipsowej zaprawy tynkarskiej z wybranym włóknem.

#### 4.2.9 Badania właściwości najdrobniejszej frakcji włókien

Kolejnym etapem realizowanego projektu była próba zastąpienia części metylocelulozy w recepturze kleju włóknami celulozowymi w postaci alternatywnego retentora wody. Była to najdrobniejsza frakcja włókien białych dostarczonych przez firmę ProAgro o oznaczeniu „100”. W celu wyeksponowania ewentualnego wpływu włókien na retencję wody zredukowano ilość metylocelulozy w recepturze kleju z 0,5% na 0,2% suchej masy mieszanki. Wpływ włókien na retencję wody zbadano wg punktu 2.4.7. normy PN-86/B-04360. Badanie polegało na wypełnieniu plastikowego pierścienia o ustalonej objętości świeżą zaprawą a następnie ułożeniu na nim sączków o znanej masie przełożonych bibułą,

dociśnięciu sączków plastikową płytką i obróceniu całości na czas 20 minut przez który ręczniki chłoną wodę z zaprawy (p. 4.2.1). Wynikiem badania jest ilość wody wchłoniętej przez ręczniki. Im jest ona niższa, tym lepiej – oznacza to, że zdolność zaprawy do zatrzymywania w sobie wody (jej retencji) jest wyższa. Ponieważ w tym eksperymencie ilość dozowanych włókien znacznie przewyższała ilości które standardowo stosuje się w przemyśle, wykonano dodatkowo badania przyczepności kleju po starzeniu termicznym wg normy PN-EN 1348:2008 oraz badanie czasu otwartego zgodnie z zawartością normy PN-EN 1346:2008. Badania miały na celu sprawdzenie czy tak wysokie dozowania włókien w celu poprawy retencji wody jednocześnie nie prowadzi do znacznego obniżenia jego parametrów wytrzymałościowych. Badanie czasu otwartego kleju polega na przyklejeniu płytek dopiero 20 minut po jego nałożeniu na płytę betonową. Daje ono informację czy po dłuższym czasie od chwili nałożenia klej zachowuje swoje właściwości robocze i wciąż zwilża płytkę.

Procentowy udział włókien w zaprawie przedstawiono w tablicy nr 50.

Udział włókien [%] w mieszankach

Tablica 50

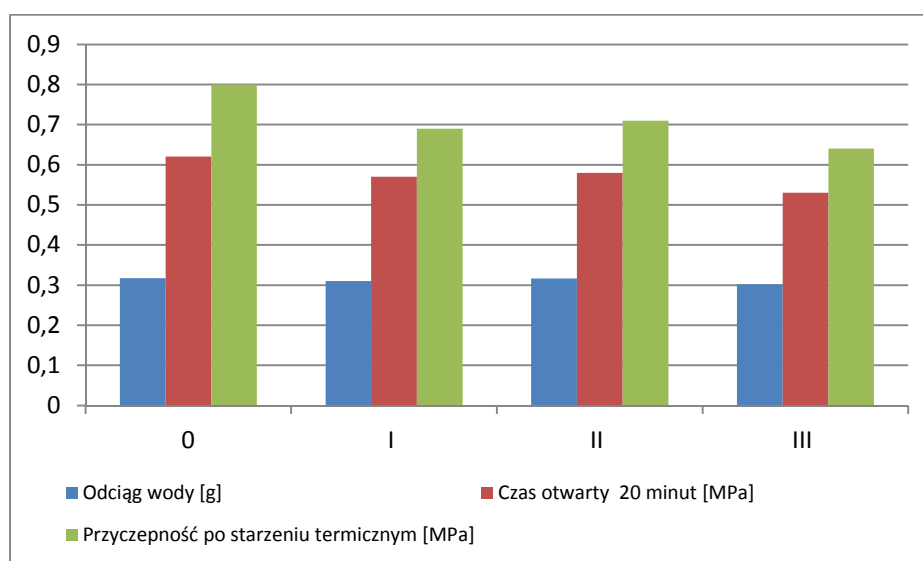
Próbka	Ilość dozowanych włókien „100” [%]
0	-
I	0,5
II	1,0
III	1,5

W tablicy nr 50 przedstawiono wyniki badań zapraw z dodatkiem włókien „100” i ich graficzne przedstawienie na rysunku nr 43.

Wyniki badań zapraw z udziałem włókien „100”

Tablica 51

Próbka	Odciąg wody [g]	Czas otwarty 20 minut [MPa]	Przyczepność po starzeniu termicznym [MPa]
0 (brak dodatku włókien)	0,3173	0,62	0,80
I (0,5 % włókien „100”)	0,3100	0,57	0,69
II (1,0 % włókien „100”)	0,3164	0,58	0,71
III (1,5 % włókien „100”)	0,3018	0,53	0,64



Rysunek 43. Wpływ włókien na przyczepność szpachli gipsowej do podłoża betonowego

Ponieważ białe włókna w znikomy sposób przyczyniają się do retencji wody przeprowadzono próbę zastąpienia metylocelulozy przemysłowej metylocelulozą dostarczoną przez firmę ProAgro. Na podstawie oceny wyglądu dostarczonej metylocelulozy zauważono, że w porównaniu do tej standardowo używanej w przemyśle ma ona ciemniejsze – brązowe zabarwienie oraz dużo większy rozmiar kryształów. Wykonano kilka mieszanek klejów z dodatkiem metylocelulozy firmy Tylose i ProAgro w różnych konfiguracjach. Następnie zbadano zdolność retencji wody poszczególnych zapraw w sposób analogiczny co wcześniej. Składy mieszanek oraz wyniki przeprowadzonych dla nich badań podane w tabeli 52, tabeli 53 oraz rysunku 44.

Udział włókien [%] w mieszankach

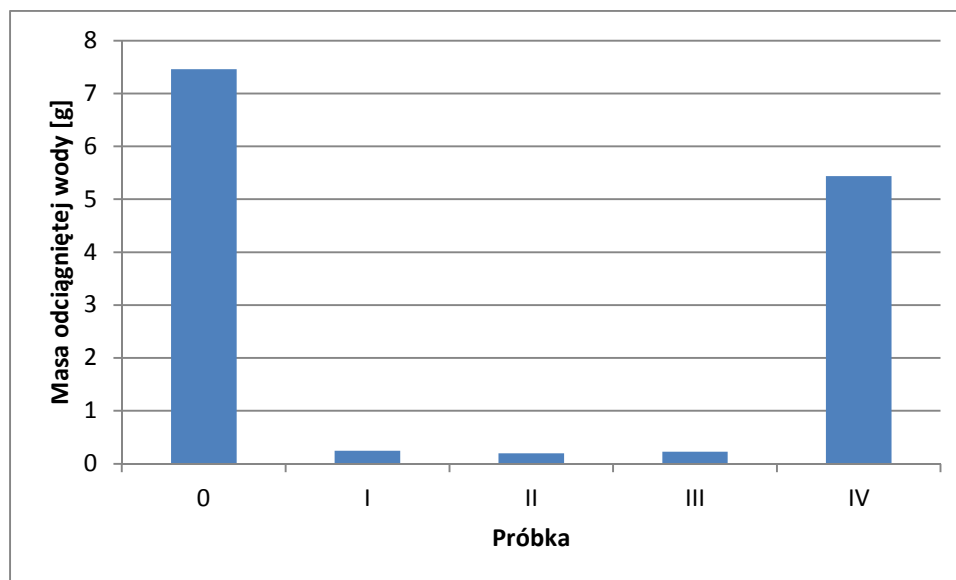
Tablica 50

Próbka	Metyloceluloza Tylose [%]	Metyloceluloza ProAgro [%]
0	-	-
I	0,25	-
II	0,5	-
III	0,25	0,25
IV	-	0,5

Wyniki badań zapraw z udziałem włókien „100”

Tablica 51

Próbka	Odciąg wody [g]
0 (brak dodatku metylocelulozy)	7,4574
I (0,25 % Tylose)	0,2465
II (0,5 % Tylose)	0,1983
III (0,25 % Tylose + 0,25 % ProAgro)	0,2266
IV (0,5 % ProAgro)	5,4383



Rysunek 44. Wpływ włókien na przyczepność szpachli gipsowej do podłoża betonowego

### **4.3 Ocena wpływu zawartości dostarczonych włókien celulozowych szarych i białych na reakcję na ogień w wybranych materiałach budowlanych**

Zasady klasyfikacji ogniowej w zakresie reakcji na ogień wszystkich wyrobów budowlanych i wyrobów wbudowanych w elementy budowlane podano w normie europejskiej PN-EN 13501-1. Norma ta to rezultat ustaleń przeprowadzonych w Unii Europejskiej w 2000 r., obejmujących zasady klasyfikacji wyrobów budowlanych w zakresie reakcji na ogień. Odpowiednie normy badawcze i normę klasyfikacyjną wprowadzono w 2002 r. Klasy podstawowe obejmują 7 euroklas: A1, A2, B, C, D, E, F. Klasy A1 i A2 obejmują najbezpieczniejsze – niepalne wyroby. Klasa B to wyroby o nieco gorszych parametrach, które nie ulegają rozgorzeniu podczas badania referencyjnego SBI (Single Burning Item). Klasy C, D, E zawierają te materiały, które ulegają rozgorzeniu w określonych warunkach i czasie. Wyroby łatwopalne, dla których nie określa się żadnych wymagań, zostały zakwalifikowane do klasy F. Klasy dodatkowe różnicują wyroby ze względu na wydzielanie dymu: s1, s2, s3; odpadanie płonących części i występowanie płonących kropli: d0, d1, d2. Wprowadzenie w Polsce badania właściwości wyrobów w zakresie reakcji na ogień, nakłada na producentów wyrobów budowlanych obowiązek oznaczania euroklasy w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. Aktualnie obowiązujące normy, takie jak: PN-EN 13279-1 (obejmująca tynki gipsowe), PN-EN 13454-1 (podkłady podłogowe na bazie siarczanu wapnia), PN-EN 13963 (szpachle), PN-EN 12860 i PNEN 14496 (kleje gipsowe) stanowią m.in., że wyroby, których dotyczą podlegają wymaganiom reakcji na ogień i nakładają na producenta takich wyrobów obowiązek wystawienia deklaracji dotyczącej ich klasyfikacji w tym zakresie. Normy europejskie dotyczące spoiw i wyrobów gipsowych wskazują na konieczność klasyfikacji tych produktów w zakresie reakcji na ogień według PN-EN 13501-1. Jednakże, na podstawie decyzji Komisji Europejskiej, produkty te mogą być klasyfikowane jako A1 i A1fl m.in. w przypadku, gdy zawierają homogenicznie rozproszone związki organiczne w ilości nieprzekraczającej 1,0% masy lub objętości wyrobu (decydująca jest wartość mniej korzystna). Natomiast wyroby zawierające powyżej 1,0% jednolicie rozmieszczonych składników organicznych powinny być klasyfikowane zgodnie z PN-EN 13501-1.

Dla takich wyrobów producent może zadeklarować odpowiednią klasę reakcji na ogień dopiero po uprzednim przeprowadzeniu dodatkowych badań, tj. niepalności wg PN EN ISO 1182 oraz ciepła spalania wg PN EN ISO 1716. Z punktu widzenia zagrożenia pożarowego, stwarzanego przez te materiały, można je podzielić na palne i niepalne. Wyrobem niepalnym, na podstawie wyżej przytoczonej normy, przyjęto nazywać materiał, który podgrzany do temperatury 750°C nie pali się i nie wydziela gazów palnych w ilości dostatecznej do ich samozapłonu. Grupa materiałów określona jako niepalne nie podlega dalszym badaniom cech pożarowych. Dlatego też w celu określenia reakcji na ogień, oznaczenie niepalności jest w tym przypadku bardziej restrykcyjnym kryterium przy klasyfikacji materiałów niepalnych: A1 i A1fl.

Zgodnie z zapisami normy klasyfikacyjnej PN-EN 13501-1+A1:2009 potencjalny udział wyrobu w rozwoju pożaru nie zależy wyłącznie od jego wewnętrznych właściwości i oddziaływania cieplnego, lecz również – w dużym stopniu – od sposobu jego końcowego zastosowania w konstrukcji. Dlatego wyrób powinien być badany w stanie odzwierciedlającym jego końcowe zastosowanie.

#### **4.3.1 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania niepalności**

Badanie niepalności wykonano wg normy PN-EN ISO 1182:2004 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - Badania niepalności. Badanie to identyfikuje wyroby, które nie będą przyczyniały się wcale – lub w sposób znaczący – do rozwoju pożaru, bez względu na ich

końcowe zastosowanie. Badanie polega na poddaniu działaniu wysokich temperatur serii próbek w kształcie walca oraz analizie zachodzących zjawisk termodynamicznych. Stanowisko do badań to przede wszystkim piec elektryczny z układem do mocowania i wprowadzania próbek. Próbka do badań pobierana jest z odpowiednio dużej próby, reprezentatywnej dla wyrobu. Każda próbka powinna mieć kształt walca o średnicy 45 mm, wysokości 50 mm. Badaniu poddaje się 5 próbek reprezentujących w miarę możliwości średnie właściwości materiału. Po okresie klimatyzowania próbki poddane zostają suszeniu w wentylowanej suszarce w temperaturze 60 °C, po czym przed badaniem zostają ochłodzone w ekzykatorze do temperatury otoczenia. Wtedy też, z dokładnością do 0,01 g, określana jest masa każdej próbki. Badanie przeprowadza się przez 30 min w temperaturze 750°C (rysunek 45).



Rysunek 45. Widok stanowiska do badania niepalności oraz próbki w trakcie badania

Podczas badania obserwowano zachowanie się próbki podczas badania oraz zanotować przypadek każdego ustabilizowanego spalania płomieniowego, czas jego trwania oraz rejestrować wartości temperatury w piecu badawczym.

Kryteria klasyfikacyjne to:

- ubytek masy – wyrażony jako procent masy początkowej próbki dla każdej z pięciu próbek,
- czas trwania spalania płomieniowego próbki,
- wzrost temperatury w piecu badawczym.

Do celów badania wykonano próbki zaprawy cementowej z dodatkiem 1 % poszczególnych włókien .

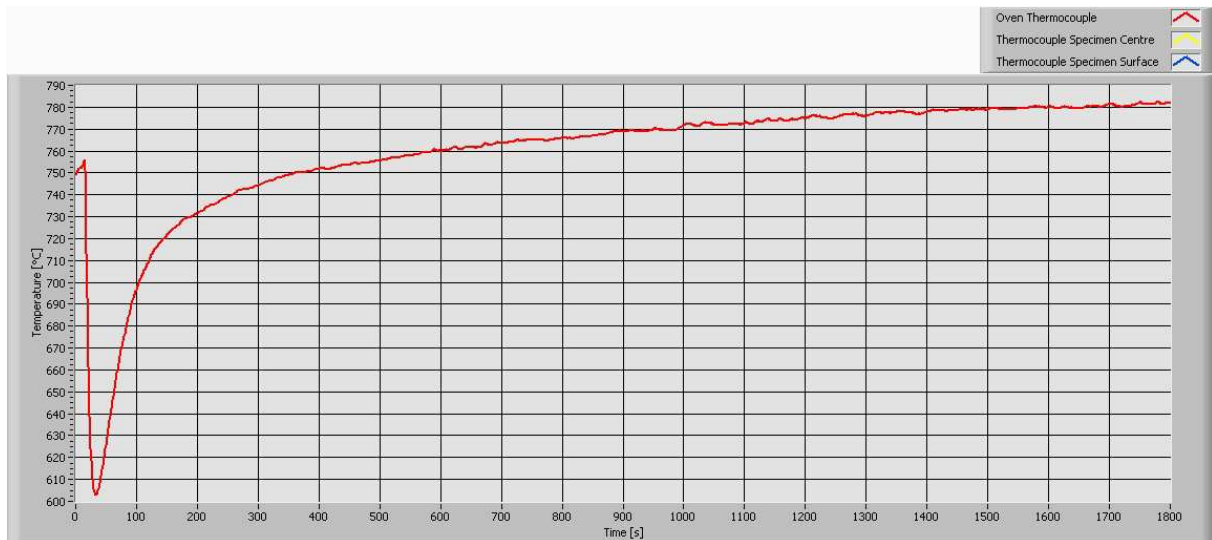
W tabeli 52 oraz na rysunkach 46-55 przedstawiono wyniki badań niepalności.



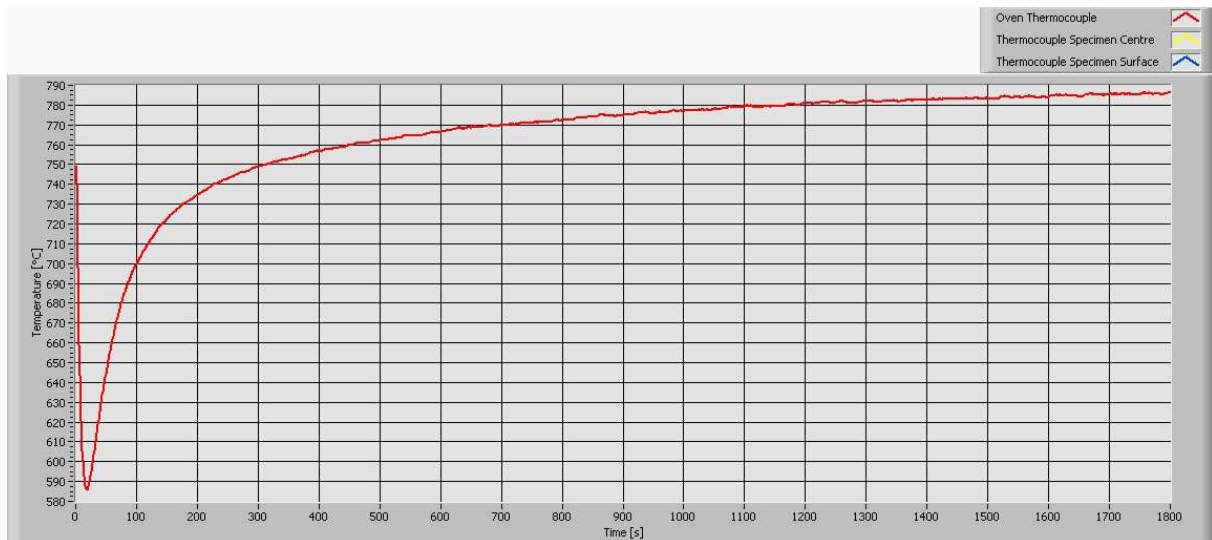
Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
<b>Przyrost temperatury [°C]</b>								
0,80	0,80	0,40	0,70	0,30	1,20	0,90	1,10	0,90
0,40	0,50	0,30	0,40	1,30	0,50	0,50	0,80	0,60
0,60	0,40	1,30	0,90	1,20	0,50	0,60	0,90	0,60
0,50	1,10	1,00	1,10	0,40	0,80	0,40	0,50	0,90
1,20	0,90	1,20	0,80	0,60	0,70	1,30	0,90	0,70
<b>0,70</b>	<b>0,74</b>	<b>0,84</b>	<b>0,78</b>	<b>0,76</b>	<b>0,74</b>	<b>0,74</b>	<b>0,84</b>	<b>0,74</b>
<b>Spadek masy [%]</b>								
16,2	15,7	16,1	16,6	16,9	16,1	15,8	15,3	15,2
15,8	15,6	15,7	16,2	15,7	16,5	16,2	15,6	16,2
16,1	16,0	15,6	16,0	15,6	15,8	16,3	15,2	15,6
15,4	15,6	15,6	15,7	16,2	15,7	16,7	15,8	15,5
15,8	16,1	16,4	15,6	16,5	16,1	15,4	16,4	16,4
<b>15,9</b>	<b>15,8</b>	<b>15,9</b>	<b>16,0</b>	<b>16,2</b>	<b>16,0</b>	<b>16,1</b>	<b>15,7</b>	<b>15,8</b>
<b>Spalanie płomieniowe [s]</b>								
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



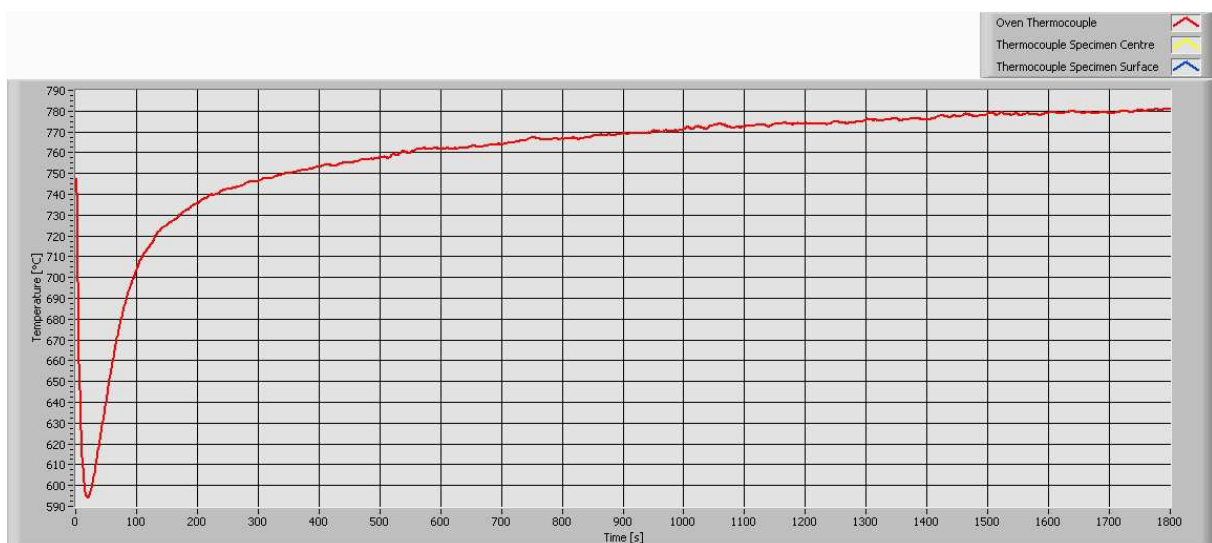
Rysunek 46. Przykład przebiegu temperatury dla próbki bez dodatku włókien



Rysunek 47. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien MC 400



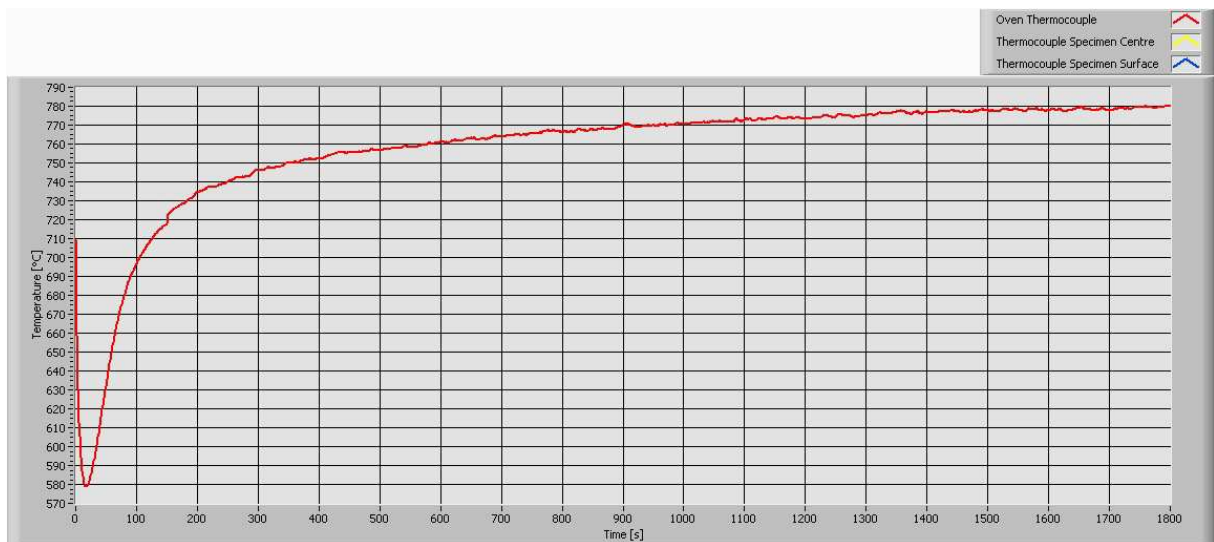
Rysunek 48. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien MC 800



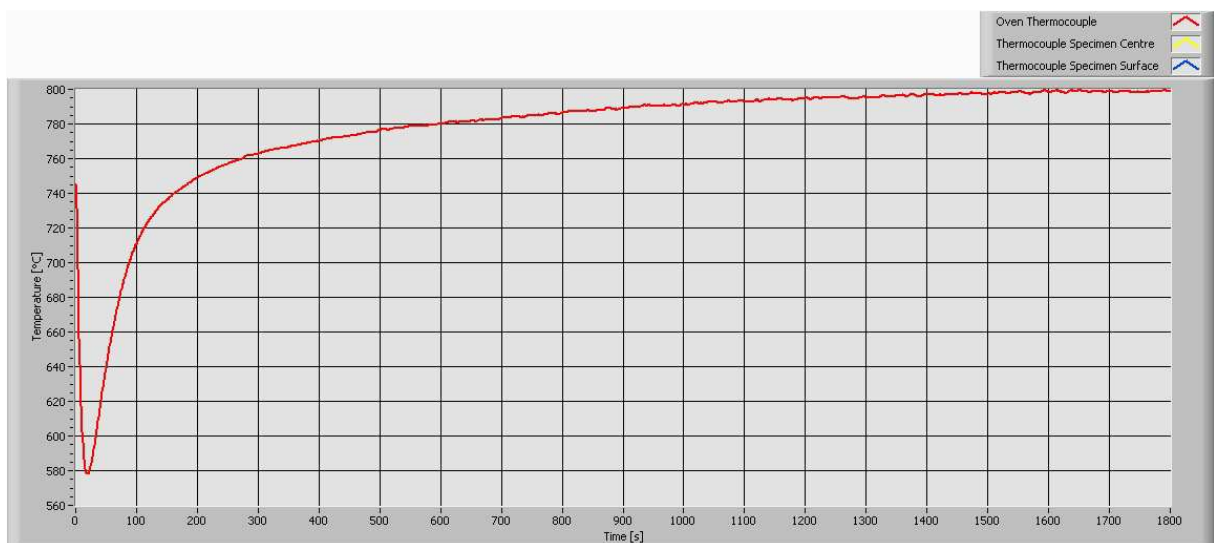
Rysunek 49. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien MC 400B



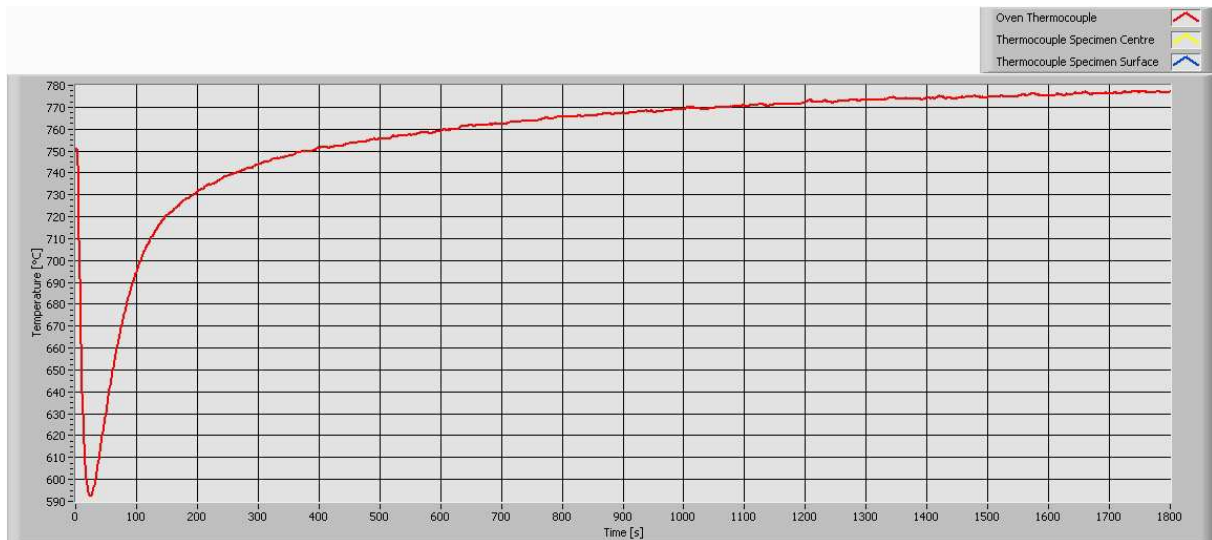
Rysunek 50. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien MC 800B



Rysunek 51. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien MC 800B



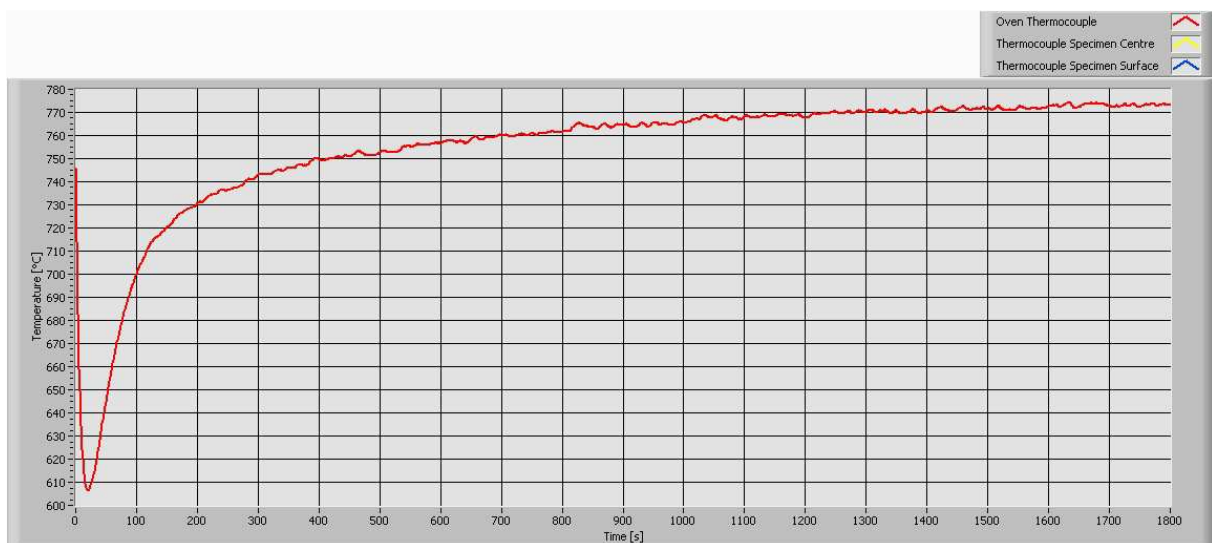
Rysunek 52. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien ZCC 500



Rysunek 53. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien ZCC 700



Rysunek 54. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien BC 1000



Rysunek 55. Przykład przebiegu temperatury dla próbki z dodatkiem włókien B 400

Z uzyskanych wyników badań materiałów wynika, że niezależnie od zastosowanego włókna, nie stwierdzono jego wpływu na parametry związane z niepalnością: przyrost temperatury, ubytek masy oraz spalanie płomieniowe. Nie stwierdzono istotnych różnic zarówno w zachowaniu się próbki w określonych warunkach badania jak i w uzyskanych wartościach temperaturowych. Różnice widoczne na rysunkach 46-55 w odniesieniu do wartości czasu [s] wynikają jedynie z czasu badania określonej próbki, który nie ma wpływu na ocenę wyrobu w aspekcie niepalności.

#### 4.3.2 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania ciepła spalania

Badanie niepalności wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 1716:2008 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - Określanie ciepła spalania. Badanie to pozwala określić ilość ciepła wydzielonego przez wyrób z jednostki masy w trakcie jego całkowitego spalania, bez względu na jego końcowe zastosowanie. Na podstawie przeprowadzonych badań można określić: ciepło spalania brutto (PCS) oraz ciepło spalania netto (PCI). Podstawowymi elementami stanowiska badawczego są: termostat wodny, naczynie kalorymetryczne i bomba kalorymetryczna, w której dokonuje się spalania próbki badanego wyrobu. Na rysunku nr 56 przedstawiono stanowisko do badania ciepła spalania.



Rysunek 56. Stanowisko do badania ciepła spalania

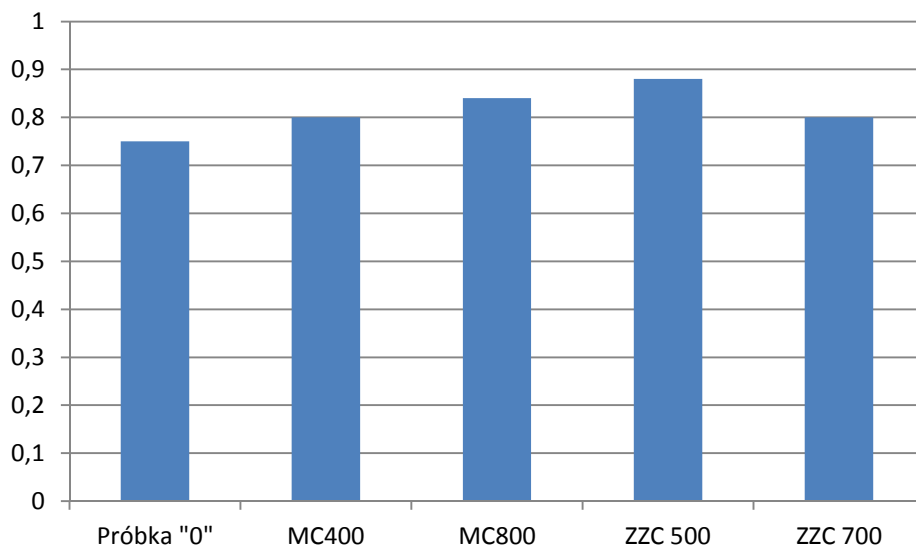
Do celów badania wykonano próbki zaprawy cementowej z dodatkiem 1 % poszczególnych włókien.

Wyniki badania ciepła spalania przedstawiono w tabelicy 54 oraz na rysunku 57.

Wyniki badań ciepła spalania

Tablica 54

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna			
	Tech MC 400	Tech MC 800	ZZC 500	ZZC 700
Ciepło spalania brutto próbki w stałej objętości [MJ/kg]				
0,75	0,80	0,84	0,88	0,80



Rysunek 56. Wpływ rodzaju włókna na badania ciepła spalania

Na podstawie wykonanych badań nie stwierdzono istotnych różnic uzyskanej wartości ciepła spalania brutto próbki w stałej objętości. Lekki wzrost wartości kaloryczności wynika z zawartości większej ilości części organicznych w próbce od próbki bez dodatku włókien. Najwyższą wartość zanotowano w przypadku dodatku ZZC 500. Warto jednakże zaznaczyć, że uzyskane różnice są mniejsze niż niepewność oznaczenia wynosząca 0,2 MJ/kg.

#### 4.3.3 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania pojedynczym płonącym przedmiotem (SBI)

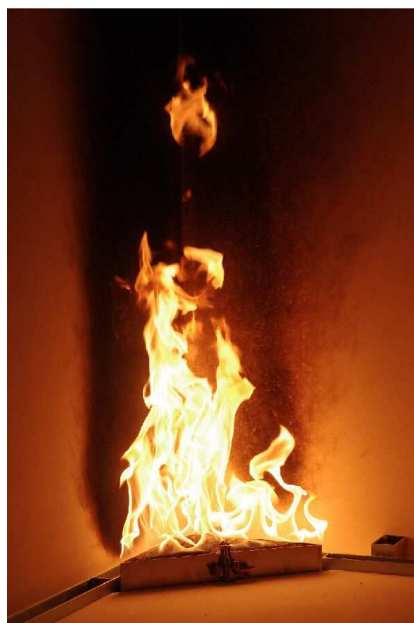
Badanie wykonano zgodnie z normą PN-EN 13823:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - Wyroby budowlane, z wyłączeniem podłogowych, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu. Stanowisko badawcze SBI składa się z pomieszczenia badawczego, urządzenia do badań (wózek, rama, palniki, okap, kolektor i przewody), systemu oddymiania i aparatury pomiarowej, w tym: sonda ciśnieniowa, cztery termoelementy, sonda do pobierania próbek gazu, system pomiaru osłabienia wiązki światła, zestaw analizatorów stężenia tlenu i dwutlenku węgla wraz z urządzeniem rejestrującym.

Narozny element próbny, poddawany badaniu, składał się z dwóch skrzydeł o wymiarach 495 mm x 1500 mm i 1000 mm x 1500 mm. Zestaw ten montowany był na wózku badawczym a następnie poddany działaniu płomienia. Przez okres 1260 s obserwowano zachowanie elementu próbnego w czasie spalania (rozprzestrzenianie płomienia, występowanie spadających płonących cząstek i kropli). Po upływie 1560 s zakończono zasilanie palnika głównym gazem i zatrzymano automatyczną rejestrację danych. Na podstawie rejestrowanych danych w metodzie SBI wyznaczane są wartości określonych parametrów klasyfikacyjnych, to jest:

- FIGRA ( ang: Fire Growth RAte) – wskaźnik szybkości wzrostu pożaru [W/s],
- THR600 s – całkowite ciepło wydzielone z próbki w okresie pierwszych 600 s oddziaływania płomieni palnika głównego [MJ],
- LFS – rozprzestrzenianie płomienia po długim skrzydle elementu próbnego,
- SMOGRA – szybkość wydzielania dymu (maksimum ilorazu wydzielania dymu z próbki i czasu występowania tego maksimum) [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>],
- TSP600 s – całkowite wydzielanie dymu z elementu próbnego z próbki w okresie pierwszych 600 s oddziaływania płomieni palnika głównego [m<sup>2</sup>].

Do celów badania wykonano próbki zaprawy cementowej z dodatkiem 1 % poszczególnych włókien. Dla każdej próbki wykonano 2 komplety ścianek badawczych.

Przykładowy przebieg badania oraz wyniki uzyskane metodą SBI przedstawiono na rysunku 57 oraz w tablicy 55.



Rysunek 57. Przykładowy widok przebiegu badania próbki

Wyniki badania SBI

Tablica 55

Próbka "0" bez udziału włókien	Rodzaj zastosowanego włókna							
	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700	BC 1000	B 400
THR600s [MJ]								
3,45	3,12	2,02	4,79	2,87	2,27	3,63	1,35	3,45
2,77	2,79	2,5	1,27	1,15	5,16	2,73	3,42	2,77
FIGRA0,2 [W/s]								
25,5	30,14	34,9	28,77	30,88	49,44	47,43	36,49	25,5
30,53	31,46	39,1	41,73	34,38	39,35	51,9	38,22	30,53
FIGRA0,4 [W/s]								
31,93	38,46	35,47	45,37	42,21	48,41	49,83	48,72	31,93
33,13	35,06	39,84	40,21	44,57	55,1	42,22	38,26	33,13
TSP600s [m2]								
29,62	26,36	32,2	37,97	29,69	33,83	38,68	31,00	29,62
17,07	21,12	25,63	27,74	34,69	45,16	33,39	34,25	17,07
SMOGRA [m2/s2]								
0	0	0	2,05	0	0	6,51	0	0
0	0	0	0	0	4,82	0	0	0

Wynik badania nie wskazały wyraźnego wpływu dodatku włókien celulozowych na właściwości ogniowe określone powyższymi parametrami pożarowymi. Uzyskiwane wyniki dla poszczególnych parametrów mieściły się granicy błędu oznaczenia. Stwierdzone pojedyncze niewielkie wartości SMOGRA (szybkości wydzielania dymu) można potraktować jako nie istotne, są wynikiem zastosowanego podłoża standardowego jakim była płyta gipsowo-kartonowa o klasie reakcji na ogień A2,s1,d0.

#### 4.3.4 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych - badania właściwości ogniowych metodą płyty promieniującej

Badanie wykonano zgodnie z PN-EN ISO 9239-1:2010 Badania reakcji na ogień posadzek. Część 1: Określanie właściwości ogniowych metodą płyty promieniującej. Stanowisko badawcze wg PN-EN ISO 9239-1:2004 składa się przede wszystkim z komory badawczej, płyty promieniującej i specjalnego palnika. Badana próbka, po zamocowaniu w uchwycie wprowadzana jest do komory badawczej, w której poddawana jest działaniu strumienia ciepła z promiennika i płomieni z palnika co przedstawiono na rysunku 58. Ocena reakcji na ogień pokryw podłogowych polega na badaniu rozprzestrzeniania się płomienia po ich powierzchni i równoczesnym badaniu ilości wydzielonego dymu. Podstawowe kryteria klasyfikacji to krytyczny strumień ciepły (CHF lub HF-30). Jest to strumień ciepły odpowiadający największemu zasięgowi rozprzestrzeniania płomienia po powierzchni poziomo usytuowanych próbek posadzek poddanych działaniu strumienia ciepła o określonym rozkładzie wzdłuż próbki. Kryterium dodatkowym jest wydzielanie dymu [% min] oznaczane jako s1 lub s2.



Rysunek 58. Przykładowy widok przebiegu badania próbki metodą płyty promieniującej

Badania wykonano na opracowanych próbkach materiałów na podkłady podłogowe. Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 56.

Wyniki badań próbek metodą płyty promieniującej

Tablica 56

Rodzaj zastosowanego włókna						
Próbka "0" bez udziału włókien	Tech MC 400	Tech MC 800	Tech MC 400B	Tech MC 800B	ZZC 500	ZZC 700
CHF [kW/m <sup>2</sup> ]						
>11	>11	>11	>11	>11	>11	>11
>11	>11	>11	>11	>11	>11	>11
Całka zadymienia (całka zadymienia) [%·min]						
6,01	8,59	7,85	8,31	9,89	8,21	8,98



Badania wykazały brak zapalenia się próbki na całym obszarze badawczym dla każdej próbki niezależnie od dodatku włókien. Uzyskano również porównywalne wyniki dla parametru zadymienia.

#### **4.4 Badania „typu” opracowanych mieszanek na spoiwie gipsowym, cementowym oraz polimerowym**

Na podstawie receptur z dodatkiem wytypowanych włókien ProAgro wykonano badania typu zgodnie z normami przedmiotowymi dla danego rodzaju wyrobu. Pozwoliło to na potwierdzenie spełnienia wymagań dla poszczególnych wyrobów.

- badanie zaprawy klejowej do mocowania materiału izolacyjnego w systemach ocieplania budynków metodą lekką mokrą (ETICS) na zgodność z ETAG 004:2013 (załącznik 2)
- badanie zaprawy klejowej do zatapiaania siatki (warstwy zbrojącej) w systemach ocieplania budynków metodą lekką mokrą (ETICS) na zgodność z ETAG 004:2013 (załącznik 3)
- badanie zaprawy klejowej do płytek wg PN-EN 12004+A1:2012 (załącznik 1)
- badanie tynku wapienno-cementowego na zgodność z PN-EN 998-1:2016 (załącznik 4),
- badanie tynku cementowo-wapiennego na zgodność z PN-EN 998-1:2016 (załącznik 5),
- badanie tynku gipsowego na zgodność z PN-EN 13278-1:2014 (załącznik 8),
- badanie szpachli gipsowej na zgodność z PN-EN 13963:2014 (załącznik 9),
- badanie gładzi cementowej białej na zgodność z PN-EN 998-1:2016 (załącznik 9),
- badania polimerowej masy szpachlowej na zgodność z PN-EN 15824:2017 (załącznik 10),
- badanie materiału na podkład podłogowy na zgodność z PN-EN 13813:2003 (załącznik 7).

#### **5. Wnioski**

1. Dodatek organiczny stanowił zestaw najczęściej stosowanych dodatków modyfikujących w proporcjach odpowiadających typowemu stosowaniu w mieszankach gipsowych. Mieszanki zapraw na spoiwie cementowym, gipsowym na spoiwie organicznym miały na celu odpowiadać najbardziej popularne wyroby na rynku.
2. Po przeanalizowaniu uzyskanych wyników z badań stwierdzono, że zastosowanie włókien ProAgro jak i włókna innych producentów ma podobny wpływ na właściwości zapraw tynkarskich i klejowych. Najkorzystniejszy wpływ na uzyskane właściwości zapraw tynkarskich oraz materiałów na podkład podłogowymają włókna Tech MC 800B. Włókno Tech MC 800B zostało wytypowane do określenia pozostałych właściwości użytkowych większości wyrobów.
3. Wyniki badań nie wskazujące wyraźnego wpływu rodzaju dodatku włókien celulozowych na właściwości fizyczne są szczególnie widoczne w przypadku badań reakcji na ogień.
4. Włókna szare zarówno ProAgro jak i włókna innych producentów bardzo dobrze mieszają się z klejem do płytek (gotową mieszanką) nawet przy dużych dozowaniach. Maksymalną ilość włókien w badaniach przyjęto na poziomie 1% masy suchej mieszanki. Równomiernie rozprawdają się w całej masie materiału. Nie są „zbite” w grudki, są „sypkie” i są krótkie więc przy nakładaniu klej nie rwie się jak w przypadku przedozowania włókien długich. Wraz ze wzrostem dodatku włókien

wzrasta wodożądność potrzebna do uzyskania odpowiedniej konsystencji. Klej dzięki włóknom nie klei się do narzędzi, przy nakładaniu pacą zębatą krawędzie są równiejsze. W tych wszystkich aspektach włókna ProAgro jak i włókna innych producentów praktycznie nie różnią się od siebie. Nie ma też większych różnic w zmniejszeniu przyczepności kleju do płyty betonowej. Im większe dozowanie włókien tym trochę mniejsze wytrzymałości kleju ale nie ma tu różnic między ProAgro czy Rettenmaier. Obydwa rodzaje włókien skutecznie ograniczają spływ kleju. Na odkształcenie poprzeczne włókna miały minimalny wpływ z powodu długość. Jest różnica między włóknami szarymi a białymi ProAgro – lepiej w aspekcie retencji wody w kleju do płytek sprawdzają się szare.