

AUTOREFERAT

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Spis treści

Spis rysunków	2
1. Dane osobowe.....	3
2. Informacje ogólne	4
2.1. Zestawienie publikacji w liczbach	5
2.2. Zestawienie sumarycznej liczby cytowania i indeks Hirscha	5
2.3. Zestawienie publikacji indeksowanych w bazie Web of Sciences, Scopus, MNiSW (po obronie doktoratu)	6
3. Działalność naukowo-badawcza	7
4. Podstawa wystąpienia z wnioskiem o wszczęcie postępowania habilitacyjnego	20
4.1. Jednotematyczny cykl publikacji.....	20
4.2. Referaty prezentujące wyniki badań na konferencjach	21
5. Główny cel badań naukowych i najważniejsze osiągnięcia.....	22
6. Najważniejsze osiągnięcia poza działalnością publikacyjną.....	25
6.1. Pełnione funkcje na ZUT w Szczecinie i poza ZUT w Szczecinie, członkostwo w komisjach, stowarzyszeniach, nagrody	25
6.2. Wyróżnienia, nagrody i odznaczenia za działalność naukową i zawodową	26

Spis rysunków

Rys. 1 Wypalony osad ściekowy frakcji 0/0,63	9
Rys. 2 Zmielony gruz ceglany frakcji 0/0,63.....	9
Rys. 3 Zmielony gruz betonowy frakcji 0/0,63	9
Rys. 4 Szybkość wydzielania ciepła hydratacji w funkcji czasu. Pomiary z badań kalorymetrycznych uzyskane w temperaturze 20°C w odniesieniu do zaczynów cementowych na bazie cementu CEM I 42,5 R z udziałem 10% recyklatu w odniesieniu do masy cementu	10
Rys. 5 Ciepło hydratacji cementu CEM I 42,5 R oraz mieszaniny cementu z udziałem 10% recyklatu w odniesieniu do masy cementu.....	11
Rys. 6 Piasek naturalny.....	11
Rys. 7 Droбноziarniste kruszywo z gruzu betonowego	11
Rys. 8 Droбноziarniste kruszywo z gruzu ceramicznego	11
Rys. 9 Droбноziarniste kruszywo z wypalonego komunalnego osadu ściekowego	11
Rys. 10 Ziarna pisku – 30x.....	12
Rys. 11 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna piasku.....	12
Rys. 12 Ziarna mielonego gruzu betonowego – 30x.....	12
Rys. 13 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna betonu – oznaczenie na ziarnie kruszywa	12
Rys. 14 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna betonu – oznaczenie na ziarnie powstałym z rozkruszenia matrycy	12
Rys. 15 Ziarna mielonego gruzu ceramicznego – 30x.....	12
Rys. 16 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna ceramicznego	12
Rys. 17 Ziarna wypalonego komunalnego osadu ściekowego – 30x	12
Rys. 18 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna wypalonego komunalnego osady ściekowego.....	12
Rys. 19 Powierzchnia przełomu zaprawy z udziałem recyklatu ceramicznego w powiększeniu 10x, a) 10% objętościowo kruszywa; b) 20% objętościowo kruszywa; c) 30% objętościowo kruszywa	14
Rys. 20 Powierzchnia przełomu zaprawy z udziałem recyklatu betonowego w powiększeniu 10x, a) 10% objętościowo kruszywa; b) 20% objętościowo kruszywa; c) 30% objętościowo kruszywa	15
Rys. 21 Powierzchnia przełomu zaprawy z wykorzystaniem żużla – powiększenie 10x, a) 10% objętościowo kruszywa; b) 20% objętościowo kruszywa; c) 30% objętościowo kruszywa	15
Rys. 22 Porównanie skurczu zapraw z recyklatem ceramicznym sezonowanych w temperaturze 20°C i RH≥95%	17
Rys. 23 Porównanie skurczu zapraw z recyklatem ceramicznym sezonowanych w temperaturze 20°C i RH=50%	17
Rys. 24 Porównanie skurczu zapraw z udziałem droбноziarnistego wypalonego komunalnego osadu ściekowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH≥95%.....	17
Rys. 25 Porównanie skurczu zapraw z udziałem droбноziarnistego wypalonego komunalnego osadu ściekowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH=50%.....	17
Rys. 26 Porównanie skurczu przy wysychaniu zapraw z udziałem recyklatu betonowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH≥95%	18
Rys. 27 Porównanie skurczu przy wysychaniu zapraw z udziałem recyklatu betonowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH=50%	18

Spis tabel

Tabela 1 Wytrzymałość na zginanie i ściskanie zapraw po 7 i 28 dniach dojrzewania [Załącznik 3, poz. II-E2]	15
Tabela 2 Zestawienie parametrów kształtujących współczynnik przewodzenia ciepła rozważanych zapraw	16
Tabela 3 Zestawienie współczynnika kapilarnej absorpcji wody i nasiąkliwości oznaczonej wagowo.....	19

1. Dane osobowe

a) Imię i nazwisko: **Teresa Rucińska**

b) Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

Stopień naukowy – doktor nauk technicznych z zakresu budownictwa, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Szczecińska, 10.10.2008 r.

c) Tytuł rozprawy: „Współzależność właściwości mechanicznych styrobetonu”

d) Promotor:

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Kiernożycki (Politechnika Szczecińska, obecnie ZUT w Szczecinie)

e) Recenzenci:

Dr hab. inż. Wiesława Głodkowska (Politechnika Koszalińska)

Dr hab. inż. Halina Garbalińska (Politechnika Szczecińska, obecnie ZUT w Szczecinie)

f) Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Od dnia **1 października 1991 r.** do **15 lipca 2002 r.** – zatrudnienie na stanowisku asystenta w Katedrze Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych

Od roku ak. **2002/2003** – zatrudnienie na umowę-zlecenie do prowadzenia zajęć w Zakładzie Materiałów Budowlanych i Fizyki Budowli KDMiMB na stanowisku st. wykładowcy

Od dnia **1 września 2008 r.** – zatrudnienie na stanowisku wykładowcy w Katedrze Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych

Od dnia **1 marca 2009 r.** do dnia **1 listopada 2015 r.** – zatrudnienie na stanowisku adiunkta w Katedrze Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych

Od dnia **1 listopada 2015 r.** – zatrudnienie na stanowisku adiunkta w Katedrze Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych

2. Informacje ogólne

Jestem absolwentką Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej. Studia ukończyłam w 1988 roku, uzyskując tytuł magistra inżyniera budownictwa lądowego, specjalność technologia i organizacja budownictwa. W tym samym roku podjęłam studia w drugiej specjalności – drogi, ulice i lotniska, którą ukończyłam w 1991 roku. Moja praca dyplomowa była podstawą do publikacji pt. *Ogólne zasady optymalizacji projektowania mieszanek mineralnych* [Załącznik 3, pkt. II: E38].

Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo uzyskałam na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej w 2008 roku za pracę pt. „*Współzależność właściwości mechanicznych styrobetonu*”, którą obroniłam z wyróżnieniem [Załącznik 1]. Przedmiotem pracy było określenie właściwości mechanicznych ówczynie mało znanego w Polsce kompozytu o nazwie styrobeton, zaliczanego do betonów lekkich. W dostępnej wówczas literaturze, na temat styrobetonów zawarte były przede wszystkim informacje odnoszące się do właściwości izolacyjnych oraz izolacyjno-konstrukcyjnych. W związku z tym, w pracy podjęto próbę spojrzenia na styrobeton jak na kompozyt o właściwościach konstrukcyjnych, mogący być alternatywą betonów zwykłych, ale gwarantujący niższą gęstość objętościową. Za cel pracy przyjęto ustalenie współzależności podstawowych właściwości mechanicznych trzech styrobetonów zróżnicowanych gęstością objętościową oraz porównanie ich z właściwościami betonów zwykłych i betonów wysokowartościowych. W zakresie badań główny nacisk przeniosłam na badania zależności $\sigma-\varepsilon$, która to w szczególowy sposób pokazuje proces pęknięcia betonu pod działaniem obciążenia wprowadzanego przy zmiennej szybkości. Wykonałam także badanie wytrzymałości na przecinanie, które pokazuje zachowanie styrobetonu w przypadku nożycowego działania sił poprzecznych prowadzących w granicznym stanie wyężenia do poślizgowego niszczenia struktury betonu. Tak rozbudowany program badań cech mechanicznych styrobetonu nie był, i nie jest nadal, prowadzony [Załącznik 3, pkt. II: A5, A 6, E17, E29].

Od roku 1991 pracuję w Politechnice Szczecińskiej (od 2009 roku w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie) aktualnie na stanowisku adiunkta w Katedrze Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych.

Swoją pracę dydaktyczną rozpoczęłam od prowadzenia zajęć laboratoryjnych z przedmiotu materiały budowlane. Moje zaangażowanie w dydaktykę zaowocowało współautorstwem dwóch skryptów uczelnianych [Załącznik 3, pkt. I: B3, B4]. W latach 2003-2005 byłam w kadrze studiów podyplomowych *Ekorozwój i Agenda 21 w perspektywie integracji Polski z krajami Unii Europejskiej*, co przełożyło się na autorski rozdział w monografii pn. *Ekorozwój i Agenda 21* [Załącznik 3, poz. B1].

W latach 2008-2010 byłem członkiem kadry studiów podyplomowych pn. *Ocena i certyfikacja energetyczna budynków*, które były realizowane na Wydziale Budownictwa i Architektury. Od 2008 roku prowadzę wykłady z zakresu materiałów budowlanych oraz zagadnień związanych ze zrównoważonym budownictwem.

W latach 2012-2016 będąc członkiem Komisji Programowej Wydziału Budownictwa i Architektury na kierunku budownictwo, brałem udział w pracach nad wdrożeniem systemu bolońskiego, przygotowaniem nowych planów zajęć, a także ustaleniem efektów kształcenia.

2.1. Zestawienie publikacji w liczbach

Rodzaj publikacji	Liczba publikacji przed doktoratem	Liczba publikacji po doktoracie	Sumaryczna liczba prac
Oryginalne opublikowane naukowe prace twórcze, monografie, rozdziały w monografiach, materiały konferencyjne			
Artykuły w czasopismach w bazie JCR	-	6	6
Monografie w j. polskim	-	-	
Rozdziały w monografiach w j. polskim	3	3	6
Artykuły w czasopismach o zasięgu międzynarodowym - w j. angielskim	-	12	12
Referaty na krajowych konferencjach	-	9	9
Postery na konferencjach międzynarodowych - w j. angielskim	-	3	3
Razem	3	33	36
Udział w projektach			
NCBiR, KBN, FNiTP	1	3	4
UE	1	-	1
Razem	2	3	5
Zgłoszenia patentowe (wzór użytkowy, pustaki ceramiczne)			
krajowe	-	5	5
Nagrody i wyróżnienia za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną			
Nagroda Rektora PS, ZUT		3	3
Medal KEN		1	1
Medale Stowarzyszeń: NOT, PZITB, SPMB		6	6
Razem		10	10
Opieka naukowa nad studentami			
Wypromowane prace inżynierskie	-	59	59
Wypromowane prace magisterskie	-	50	50
Studenckie Koło Naukowe	-	1	1
Razem		110	110

2.2. Zestawienie sumarycznej liczby cytowania i indeks Hirscha

Nazwa bazy	Liczba publikacji	Sumaryczna liczba cytowania	Indeks Hirscha	i10 indeks
Web of Science/*	9	47	4	-
Scopus/**	9	59	4	-
Google Scholar	20	100	5	4

/* wg Załącznika 4; /** wg Załącznika 5

2.3. Zestawienie publikacji indeksowanych w bazie Web of Sciences, Scopus, MNiSW (po obronie doktoratu)

Lp.	Czasopismo	Rok wydania artykułu	Poz. w wykazie	Impact Factor	Punktacja MNiSW w roku wydania
1.	Nanotechnologies in Construction	2019	II-E1	0,140	15
2.	Cement Wapno Beton	2019	II-A1	0,468	20
3.	Cement Wapno Beton	2018	II-A2	0,468	20
4.	Materials	2017	II-A3	2,467	35
5.	Materials	2016	II-A4	2,728	35
6.	Cement Wapno Beton	2014	II-A5	0,304	20
7.	Cement Wapno Beton	2010	II-A5	0,143	9
Razem (Impact Factor)				6,718	154
				RG Journal impact	
8.	E3S Web of Conferences	2018	II-E2	0,61	15
9.	E3S Web of Conferences	2018	II-E3	0,61	15
10.	E3S Web of Conferences	2017	II-E4	0,61	15
11.	Procedia Engineering	2017	II-E5	0,73	15
12.	Procedia Engineering	2015	II-E6	0,73	15
Razem (RG Journal impact)				3,43	75
Łącznie IF i RG Jurnal impact				10,165	229
13	Lista MNiSW B (17)				98
14	BazTech(4)	2015, 2017, 2018, 2018			12
15	Rozdział w monografii	2005			6
Ilość pkt. sumarycznie					333
Ilość pkt. przydzielona na wnioskodawcę					161,91

3. Działalność naukowo-badawcza

Na początku mojej działalności naukowej podejmowałam zróżnicowane tematy związane z właściwościami materiałów budowlanych [Załącznik 3, pkt. II: E24-E38], jednak ostatecznie tematyka pracy doktorskiej ukierunkowała mnie na prace badawcze z zakresu technologii zapraw i betonów.

Udział w grantach badawczych pod kierunkiem dr hab. inż. Marii Kaszyńskiej, prof. ZUT [Załącznik 3, pkt. II: J1, J3] w charakterze wykonawcy, umożliwił mi zdobycie cennego doświadczenia, które wykorzystałam do samodzielnej pracy badawczej. Prowadzone badania w ramach projektu KBN nr T07E 00330 pn. „*Wpływ warunków dojrzewania na właściwości betonów samozagęszczalnych i lekkich betonów samozagęszczalnych*”, często mające charakter eksperymentalny, dotyczył właściwości lekkich betonów samozagęszczalnych (SCLC z ang. *self-compacting lightweight oncrete*), które przy niskiej gęstości wykazywały właściwości mechaniczne na poziomie betonów samozagęszczalnych (SCC z ang. *self-compacting concrete*) [Załącznik 3, pkt. II: E50]. Dalsze badania z zakresu właściwości lekkich betonów samozagęszczalnych, w których uczestniczyłam, realizowane były w ramach projektu nr 2820/T02/2011/40 uzyskanego z Narodowego Centrum Nauki pn. „*Analiza odkształceń skurczowych i podatności na pękanie lekkich betonów samozagęszczalnych*”. Temat ten był mało znany i sporadycznie opisywany w literaturze.

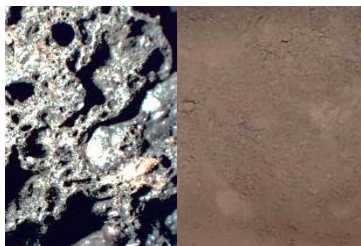
Istotnym wydarzeniem w mojej działalności naukowej (1995-1996), które uwarunkowało mnie na zagadnienia ochrony środowiska i spojrzenie na materiały i wyroby budowlane przez aspekt ekologiczny, okazało się uczestniczenie w międzynarodowym projekcie pod nazwą „*Projekt Demonstracyjny Renowacji Ekologicznej Historycznej Zabudowy Miasta Szczecina w kwartale nr 27 w rejonie Turzyna*”, realizowanym przez Urząd Miejski Miasta Szczecina pod patronatem Ministerstwa Budownictwa, Planowania Przestrzennego i Ochrony Środowiska Królestwa Holandii oraz Fundacji na rzecz Ekologicznego Budownictwa Woon/Energie z Goudy (Holandia), Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej i biura projektowego Studio A4 z siedzibą w Szczecinie [Załącznik 3, pkt. II: J4]. Efektem pracy zespołu, którego byłam członkiem, odpowiedzialnego za ocenę materiałów i wyrobów budowlanych według preferencji ekologicznych, były publikacje ogólnodostępne na terenie kraju wszystkim zainteresowanym, którzy wyrazili chęć przeprowadzenia renowacji starej zabudowy wzorując się na renowacji kamienic szczecińskich [Załącznik 3, pkt. I: B5, B6, pkt. II: E33, E34, E35]. Zdobyte doświadczenie w zakresie stosowania tzw. materiałów ekologicznych w realizacjach inżynierskich okazało się inspiracją w dalszej pracy naukowej. Przykładem tego było uczestniczenie w projekcie realizowanym przez konsorcjum SEFICRAOM (Development of Sustainable, Environmentally Friendly Insulating Concrete

using Recycled Aggregates and Organic Materials), w skład którego weszły zespoły z ośrodków naukowych: Technical University of Berlin (Germany), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie i Yonsei University (Republic of Korea) [Załącznik 3, pkt. III: E1]. Projekt był finansowany przez Komisję Europejską w ramach siódmego europejskiego programu ramowego w zakresie badań (7PR) - KONNECT (wzmocnienie współpracy STI między Koreą a UE, promowanie innowacji i poprawa komunikacji w dialogu politycznym dotyczącym technologii). Należy dodać, że Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie był wspierany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). W projekcie tym brałam udział w badaniach w zakresie wykorzystania mielonej stłuczki szklanej w zaprawach cementowych, w składzie których wykorzystano nanocząstki. Publikacje z tego zakresu są zamieszczone w znaczących czasopismach i konferencjach krajowych i zagranicznych [Załącznik 3, poz. II-A2, A3, A4, E2, E3, E5, E6, E12, E39, E41, E42, E44, E45].

Praca w zespole międzynarodowym, to bogate doświadczenie zarówno w aspekcie integracji badaczy z innych krajów, jak i dzielenie się doświadczeniem zdobytym na płaszczyźnie naukowej. Efektem tej współpracy były publikacje [Załącznik 3, pkt. II: A2, A3, A4, B2, B4] oraz prezentacja osiągnięć na Konferencji, która miała miejsce w dniach 24-25 maja 2018 r., poświęconej zrównoważonym, przyjaznym dla środowiska materiałom budowlanym (ICSEFCM 2018) [Załącznik 3, pkt. II: E42]. Tematem konferencji były zagadnienia dotyczące betonów lekkich i spienionych, modelowania właściwości betonu, materiałów pochodzących z recyklingu ze szczególnym uwzględnieniem stłuczki szklanej, zrównoważonym i ekologicznym spoiwom, materiałom cementowym i hydratacji, trwałości i wydajności kompozytów na bazie cementu. Konferencja zgromadziła naukowców z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie (Niemcy), Uniwersytetu Yonsei (Korea Południowa), Koreańskiego Instytutu Nauki i Technologii (KIST) w Europie (Niemcy) i Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (Polska).

Kontynuacja współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie (Niemcy), przy wsparciu naukowców z Politechniki Lwowskiej, zaowocowała zorganizowaniem Seminarium pn. International Seminar on Sustainable, Economics and Safety (ISSES 2019), 11-12 April, 2019, Szczecin (Poland). Głównym celem Seminarium było wzmocnienie współpracy między instytucjami badawczymi z Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA) i UE. W ramach seminarium przedstawiono efekty najnowocześniejszych rozwiązań w zakresie zrównoważonego budownictwa, ze szczególnym zwróceniem uwagi na aspekty ekonomiczne w naukach technicznych, technologie wykorzystujące nanomateriały i zagrożenia z tym związane [Załącznik 3, pkt. II: E39].

Rozwijając prace badawcze w zakresie zagospodarowania surowców odpadowych poza stłuczką szklaną, rozpoczęłam badania z zakresu wykorzystania drobnoziarnistych odpadów betonowych i ceramicznych oraz wypalonego komunalnego osadu ściekowego (rys. 1, 2 i 3). W początkowej fazie badań oznaczono ich gęstość. Okazało się, że wypalony komunalny osad ściekowy wykazuje największą gęstość, która wyniosła $2,86 \text{ g/cm}^3$. W przypadku mielonego gruzu ceramicznego jest to $2,69 \text{ g/cm}^3$, a betonowego $2,59 \text{ g/cm}^3$.



Rys. 1 Wypalony osad ściekowy frakcji 0/0,063



Rys. 2 Zmielony gruz ceglany frakcji 0/0,063



Rys. 3 Zmielony gruz betonowy frakcji 0/0,063

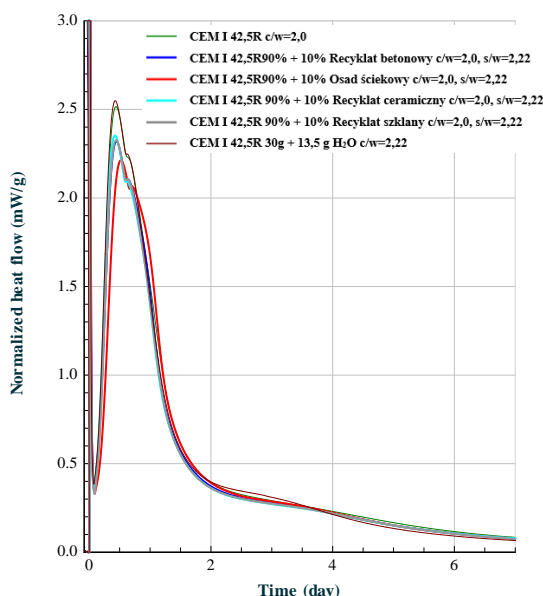
W dalszej kolejności, wykorzystując automatyczny aparat Blaine'a, sprawdzono powierzchnię właściwą bazując na frakcji 0/0,063 recyklatów. Na podstawie tego badania wykazano, że recyklat betonowy charakteryzuje największa powierzchnia właściwa, a mianowicie uzyskano wynik na poziomie $4540 \text{ cm}^2/\text{g}$. W przypadku wypalonego komunalnego osadu ściekowego było to $2930 \text{ cm}^2/\text{g}$, a recyklatu ceramicznego $3610 \text{ cm}^2/\text{g}$. Porównując uzyskane wartości, w przypadku cementów portlandzkich powierzchnia właściwa waha się w przedziale od 3000 do $3500 \text{ cm}^2/\text{g}$. Tak więc wyraźnie widać, że recyklat betonowy wykazuje najdrobniejsze uziarnienie, co potwierdziły badania określające wodożądność mieszanki cementu z udziałem frakcji 0/0,063 poszczególnych odpadów w ilości 10%, 20% i 30% wagowo do masy cementu. Zaczyn cementowy na cemencie CEM I 42,5 R z udziałem mielonego betonu uzyskał $w/(c+b)$ od 0,324 do 0,336, na CEM II/B-S 52,5N-NA był to wynik od 0,346 do 0,352, a na CEM III 42,5 N współczynnik $w/(c+b)$ wyniósł od 0,368 do 0,378.

W przypadku mielonej ceramiki ($w/c+cer$) było to odpowiednio: CEM I 42,5 R – od 0,3 do 0,308, CEM II/B-S 52,5N-NA – od 0,344 do 0,35, CEM III 42,5 N – od 0,358 do 0,366. Natomiast w przypadku wypalonego komunalnego osadu ściekowego zaczyn cementowy z udziałem frakcji 0/0,063 w ilości wagowo 10%, 20% i 30% uzyskał $w/(c+os)$: CEM I 42,5 R – od 0,302 do 0,306, CEM II/B-S 52,5N-NA – od 0,334 do 0,336, CEM III 42,5 N – od 0,352 do 0,356. Przyjęto takie uziarnienie rozdrobnionych odpadów z uwagi na wielkość ziaren cementu, które kształtują się od $5 \mu\text{m}$ do $80 \mu\text{m}$, przy dominującej wielkości 20-40 μm . Należy przy tym wspomnieć, iż współczynnik w/c zaczynów bez udziału recyklatów wyniósł odpowiednio: CEM I 42,5 R – 0,3, CEM II/B-S 52,5N-NA – 0,334, CEM III 42,5 N – 0,35.

Sprawdzono także, jak zmienia się czas początku i końca wiązania zaczynu cementowego z udziałem recyklatów frakcji 0/0,063, wykorzystując automatyczny aparat Vicata. W każdym z badanych zaczynów udział 10% recyklatu powodował nieco wydłużony czas początku i końca wiązania. Jednak już przy 30% czas początku wiązania wydłużył się nawet o 30% w odniesieniu do zaczynu referencyjnego, a koniec do 50%. Za podstawową przyczynę tego faktu wskazuje się zwiększoną ilość wody w zaczynie, która zaabsorbowana przez porowate ziarna recyklatu z czasem się uwalnia, nie biorąc udziału, lub w stopniu znikomym, w procesie hydratacji.

Wykonano również pomiar stałości objętości zaczynu z udziałem materiału odpadowego metodą pierścienia Le Chateliera. Okazało się, że mieszanina cementu i frakcji 0/0,063 poszczególnych recyklatów (10%, 20%, 30%) nie wywołuje zmian ponad zalecenie normowe (max. 10 mm rozchylenia końcówek igieł pomiarowych pierścienia Le Chateliera). W przypadku próbki referencyjnej czystego zaczynu cementowego oznaczono wartość 0,9 mm a z udziałem recyklatu wartość ta waha od 0,2 mm do 1,1 mm.

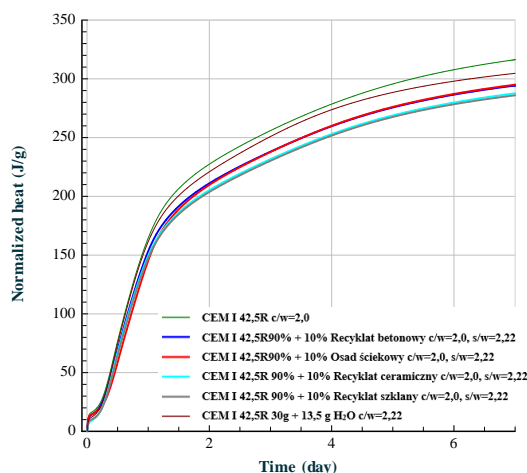
Uzupełnieniem badań zaczynu stanowiącego mieszaninę cementu i frakcji 0/0,063 poszczególnych recyklatów, było oznaczenie ciepła hydratacji, wykonane na próbce z udziałem cementu CEM I 42,5 R i 10% danego recyklatu w odniesieniu do masy cementu. Rezultat badania przedstawiono na rys. 4 i 5.



Rys. 4 Szybkość wydzielania ciepła hydratacji w funkcji czasu. Pomiary z badań kalorymetrycznych uzyskane w temperaturze 20°C w odniesieniu do zaczynów cementowych na bazie cementu CEM I 42,5 R z udziałem 10% recyklatu w odniesieniu do masy cementu

Zgodnie z rys. 4 i 5 zaobserwowano, że już przy 10% istnienia recyklatu następuje obniżenie ciepła hydratacji, a żużel z komunalnego osadu ściekowego nieco zmniejsza dynamikę jego narastania. Uwzględniając niekorzystny wzrost temperatury, mimo że efekty termiczne jakie

występują w procesie hydratacji cementu mają znaczenie przede wszystkim w betonowych konstrukcjach masowych, to w przypadku wylewek posadzkowych, różnica temperatury występująca w rdzeniu zaprawy w odniesieniu do szybciej ochładzanej powierzchni zewnętrznej, może prowadzić do naprężeń termicznych, a w konsekwencji do powstania rys w całej objętości wykonanego elementu, a to prowadzi do obniżenia jego trwałości.



Rys. 5 Ciepło hydratacji cementu CEM I 42,5 R oraz mieszaniny cementu z udziałem 10% recyklatu w odniesieniu do masy cementu

Po zakończeniu badań w fazie wstępnej podjęto decyzję wykorzystania recyklatów w składzie zaprawy cementowej w postaci drobnoziarnistej, odpowiadającej uziarnieniu piasku naturalnego. Decyzja ta była podyktowana aspektem środowiskowym, a mianowicie chęcią zwiększenia ilości wykorzystania odpadów w technologii produkcji zapraw cementowych [rys. 6, 7, 8, 9].



Rys. 6 Piasek naturalny



Rys. 7 Drobnoziarniste kruszywo z gruzu betonowego

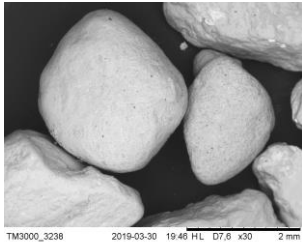


Rys. 8 Drobnoziarniste kruszywo z gruzu ceramicznego

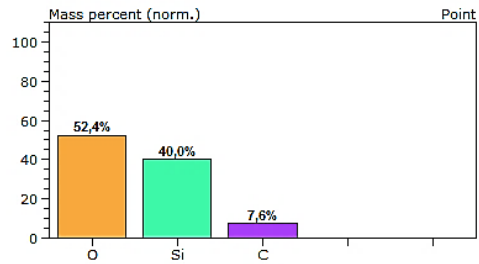


Rys. 9 Drobnoziarniste kruszywo z wypalonego komunalnego osadu ściekowego

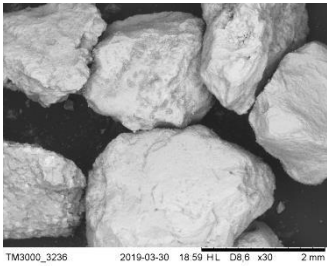
W celu weryfikacji różnicy w kształcie ziaren, ukształtowania ich powierzchni oraz składu chemicznego, techniką mikroskopii elektronowej wykonano zdjęcia ziaren w powiększeniu 30x (rys. 10, 12, 15, 17) oraz przy użyciu EDS przeprowadzono identyfikację pierwiastkową. Jak widać na przedstawionych rysunkach, ziarna piasku są owalne (rys. 10) a ich powierzchnia dużo bardziej gładka od ziaren kruszyw odpadowych, uzyskanych w wyniku mielenia w młynku kulkowym gruzu betonowego (rys. 12) i ceramicznego (rys. 15) oraz wypalonego komunalnego osadu ściekowego (rys. 17).



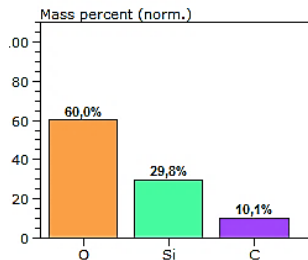
Rys. 10 Ziarna piasku – 30x



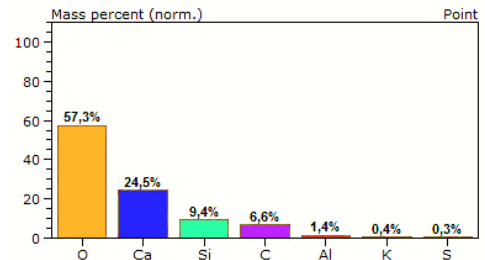
Rys. 11 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna piasku



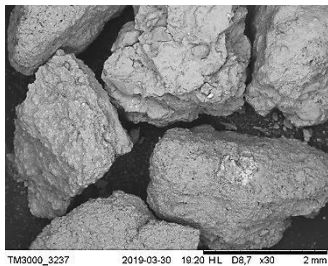
Rys. 12 Ziarna mielonego gruzu betonowego – 30x



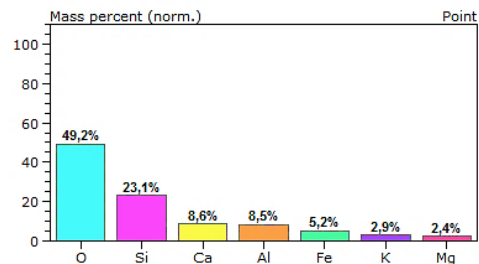
Rys. 13 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna betonu – oznaczenie na ziarnie kruszywa



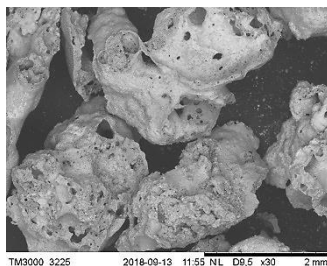
Rys. 14 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna betonu – oznaczenie na ziarnie powstałym z rozkruszenia matrycy



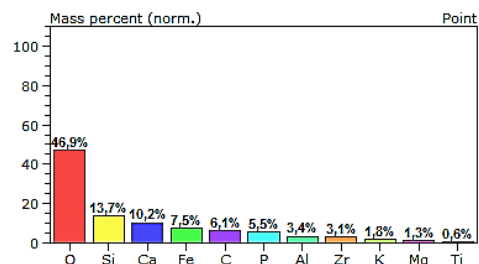
Rys. 15 Ziarna mielonego gruzu ceramicznego – 30x



Rys. 16 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna ceramicznego



Rys. 17 Ziarna wypalonego komunalnego osadu ściekowego – 30x



Rys. 18 Identyfikacja powierzchniowa pierwiastków wchodzących w skład ziarna wypalonego komunalnego osadu ściekowego

Analiza EDS pozwoliła ustalić istotną cechę kruszywa pozyskanego z rozdrobnienia betonu. Część drobnych ziaren powstała w wyniku rozdrobnienia matrycy cementowej (rys.

14), część natomiast z ziaren naturalnego kruszywa grubego (rys. 13). Jeżeli uwzględni się fakt, iż w betonie zaczyn zajmuje ok. 30% objętości betonu a kruszywo pozostałe 70%, to z uwagi na znaczącą porowatość zaczynu cementowego, sięgającą nawet kilkudziesięciu procent, ogólna porowatość tak pozyskanego kruszywa odpadowego będzie znacząca. Druga istotna rzecz, to skład pierwiastkowy wypalonego komunalnego osadu ściekowego. Jak to przedstawiono na rys. 18, w analizowanym żużlu nie występują metale ciężkie lub ich stężenie jest na tyle małe, że jest poniżej poziomu detekcji. Daje to poczucie bezpiecznego wykorzystania tego odpadu w zaprawach murarskich, wyprawach posadzkowych, czy też tynkarskich [Załącznik 3, pkt. II: E4, E43].

Stosując kruszywa odpadowe należy zwrócić także uwagę, że ich porowata struktura wymaga specjalnego zabiegu regulowania ilości wody dozowanej do mieszanki zaprawy [Załącznik 3, pkt. II: E2, E9, E18, E19, E20, E21, E40, E46]. Będzie to suma wody zarobowej i dodatkowo dodanej, co jest skutkiem absorpcji przez to kruszywo w czasie mieszania składników. Zaabsorbowana przez ziarna woda w czasie dojrzewania uwalniając się sprzyja samopielegnacji w strefie stykowej ziarno-matryca cementowa, a w konsekwencji poprawia szczepność tych dwóch ośrodków. Zaobserwowano także poprawę wytrzymałości na rozciąganie kompozytu z udziałem tego odpadu. Wadą procesu jest fakt, że nadmierna ilość wody, niewykorzystana w czasie hydratacji, odparowując w okresie dojrzewania pozostawia po sobie mikropory, co osłabia strukturę utworzonego kompozytu. Mając jednak na względzie różne potrzeby, co do właściwości zapraw cementowych, wykorzystanie tego typu kruszyw w składzie zapraw pozwala na uzyskanie mniejszej gęstości objętościowej w odniesieniu do tradycyjnej zaprawy, korzystniejsze walory termoizolacyjne oraz ciekawą kolorystykę. Pozwala to także spełnić oczekiwania postawione w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r., a mianowicie wprowadzania na rynek UE wyrobów budowlanych, przy produkcji których wykorzystano materiały i surowce wtórne.

Mając dosyć szczegółową wiedzę na temat cech kruszywa odpadowego przyjęto, że kompozycja uziarnienia kruszywa w zakresie frakcji 0/2 będzie odpowiadała krzywej przesiewu piasku. Odmierzano wagowo ilości poszczególnych frakcji recyklatów, odwzorowując w ten sposób rozkład uziarnienia według rozkładu jak w przypadku piasku naturalnego. Tak skomponowane poszczególne kruszywa pozyskane z odpadów wprowadzano w ilości 10%, 20% i 30% do składu zaprawy, zastępując taką samą ilość piasku objętościowo [Załącznik 3, pkt. II: E2, E9, E18, E19, E21, E40].

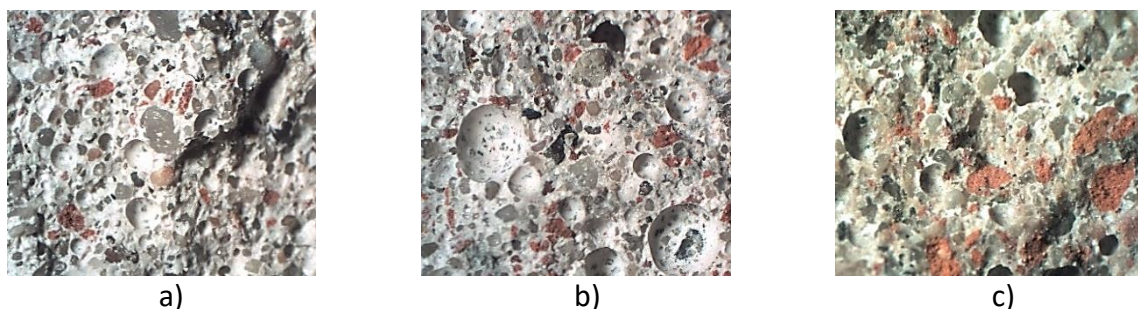
W celu porównania rezultatów zastosowanej metodologii pozwalającej ocenić kształtowanie właściwości poszczególnych zapraw, wykonano także zaprawę referencyjną.

Przyjęto skład ilościowy cementu i kruszywa wzorując się na normowej zaprawie cementowej przy ($w/c=0,5$). W związku z tym, że drobnoziarniste kruszywo odpadowe charakteryzuje porowata struktura i większa powierzchnia właściwa w odniesieniu do ziaren kruszywa naturalnego, niezbędne było dozowanie wody tzw. dodatkowej, w ilości pozwalającej uzyskać konsystencję porównywalną do zaprawy referencyjnej.

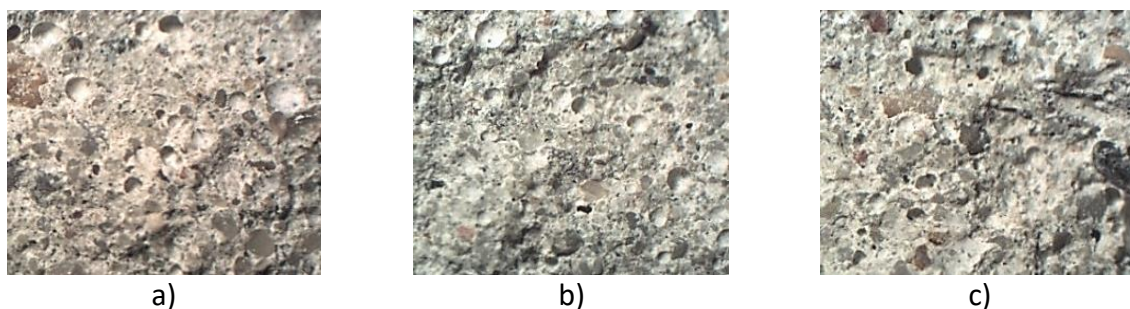
W wyniku oznaczenia gęstości objętościowej mieszanek stwierdzono, że porowata struktura ziaren kruszywa odpadowego oraz ich ilość w mieszance wpływają na obniżenie tego parametru. Największą różnicę zaobserwowano przy stosowaniu wypalonego komunalnego osadu ściekowego (żuźła), który jest najbardziej porowaty spośród wszystkich rozpatrywanych materiałów badawczych. Także w pomiarze zawartości powietrza, gdzie zaprawa referencyjna wykazuje ok. 5%-8% powietrza, zaprawy z recyklatami osiągają wartości nawet do ok. 10%.

Badania wykazały, że dodatek 20% i 30% recyklatu ceramicznego, a w szczególności żuźła, opóźnia zakończenie procesu wiązania nawet o 48 godz. Próbki wykonane z zaprawy z udziałem 30% objętościowo żuźła, w ramach zawartości kruszywa drobnoziarnistego, były rozformowywane dopiero po 72 godzinach od zaformowania.

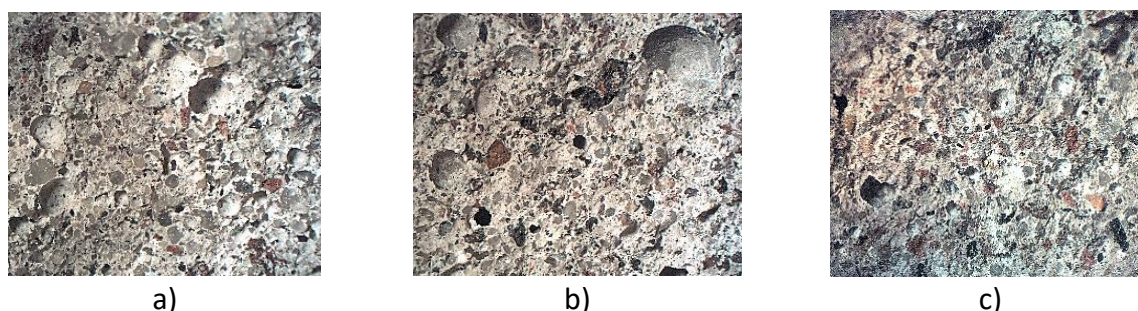
W dalszej kolejności procesu badawczego wykonano oznaczenia stwardniałej postaci zapraw, przede wszystkim wytrzymałość na zginanie i ściskanie. Na rys. 19-21 przedstawiono obraz powierzchni przekroju poprzecznego poszczególnych zapraw, uzyskany po badaniu wytrzymałości na zginanie. Zgodnie z rys. 19-21 ziarna kruszyw odpadowych są rozłożone równomiernie, przy czym wyraźnie widoczne przełamania ziaren ceramicznych i żuźła świadczy o tym, iż są one najsłabszym elementem struktury. Inaczej jest z zaprawą z udziałem recyklatu betonowego. Stwierdzono, że najsłabsze ziarna stanowi rozdrobniona matryca cementowa, natomiast kruszywo pozyskane przez rozdrobnienie ziaren grubego kruszywa naturalnego mają porównywalne właściwości do piasku naturalnego. Oznacza to, że przebieg zniszczenia w tych zaprawach przechodzi przez ziarna słabsze i matrycę cementową.



Rys. 19 Powierzchnia przełomu zaprawy z udziałem recyklatu ceramicznego w powiększeniu 10x, a) 10% objętościowo kruszywa; b) 20% objętościowo kruszywa; c) 30% objętościowo kruszywa



Rys. 20 Powierzchnia przełomu zaprawy z udziałem recyklatu betonowego w powiększeniu 10x, a) 10% objętościowo kruszywa; b) 20% objętościowo kruszywa; c) 30% objętościowo kruszywa



Rys. 21 Powierzchnia przełomu zaprawy z wykorzystaniem żużla – powiększenie 10x, a) 10% objętościowo kruszywa; b) 20% objętościowo kruszywa; c) 30% objętościowo kruszywa

W tabeli 1 zamieszczono wartości wytrzymałości na zginanie i ściskanie zapraw z udziałem surowca odpadowego w zestawieniu z wynikami, jakie uzyskano badając zaprawę referencyjną. Zaobserwowano, że w przypadku zaprawy z udziałem drobnoziarnistego kruszywa betonowego różnice w wytrzymałości na zginanie i ściskanie są kilkuprocentowe. Jedynie wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach dojrzewania przy 30% recyklatu zmalała nieco ponad 10%. Inaczej jest z pozostałymi zaprawami, a mianowicie z udziałem mielonego odpadu ceramicznego i żużlu. Zaprawa z żużlem osiągnęła najmniejszą wytrzymałość po 28 dniach dojrzewania.

Tabela 1 Wytrzymałość na zginanie i ściskanie zapraw po 7 i 28 dniach dojrzewania [Załącznik 3, poz. II-E2]

Oznaczenie zaprawy		Wytrzymałość na zginanie [MPa]		Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
		po 7 dniach dojrzewania	po 28 dniach dojrzewania	po 7 dniach dojrzewania	po 28 dniach dojrzewania
Referencyjna	ZR	5,0	6.5	35.1	47.2
Zaprawa z mielonym odpadem ceramicznym	ZC10	5.3	6.6	32.5	45.5
	ZC20	5.2	6.2	28.8	41.3
	ZC30	4.7	5.9	25.4	34.4
Zaprawa z mielonym odpadem betonowym	ZB10	5.1	6.6	34.7	44.1
	ZB20	5.1	6.3	33.4	43.0
	ZB30	4.9	6.2	30.7	40.8
Zaprawa z mielonym żużlem – wypalonym komunalnym osadem ściekowym	ZO10	5.7	5.9	35.1	42,0
	ZO20	4.4	4.6	26.8	33.9
	ZO30	4.3	4.3	20.9	28.7

Mimo tego, mając na względzie proponowane zastosowanie zaprawy jako murarskiej, wylewki posadzkowej czy też tynkarskiej, osiągnięty poziom wytrzymałości nawet przy 30% recyklatu klasyfikuje zaprawę jako Md, zgodnie z normą PN-EN 998-2. Oznacza to, że zaprawa wykazuje wytrzymałość na ściskanie powyżej 25 MPa.

Chcąc określić kruchość zapraw, wykorzystano zależność podaną przez *J. M. Raphaela* ($f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$), która okazała się najbardziej odpowiednia do oceny kruchości zaprawy cementowej przy znanej wytrzymałości na ściskanie. Dzięki temu wykazano, iż zwiększanie ilości recyklatu w ogólnym udziale kruszywa drobnoziarnistego, wpływa na wzrost współczynnika kruchości. Współczynnik kruchości zaprawy referencyjnej, wyznaczony wskazaną zależnością, wyniósł 0,083. W przypadku zaprawy z udziałem recyklatu ceramicznego, w miarę wzrostu udziału kruszywa odpadowego, współczynnik uzyskał wartości odpowiednio: 0,084, 0,087 i 0,092. Analogicznie, zaprawa z udziałem mielonego gruzu betonowego: 0,085, 0,086 i 0,087, a zaprawa z udziałem żużla 0,086, 0,093 i 0,098. Wykazano więc, że zaprawa z udziałem żużla, kruszywa najbardziej porowatego, charakteryzującego się także wyraźnie szorstką powierzchnią, przyjmuje najkorzystniejszą wartość współczynnika kruchości, co przekłada się na poprawę warunków współpracy na styku ziarno-matryca cementowa.

Kolejnym parametrem, jaki oznaczono w odniesieniu do rozważanych wariantów zapraw, był współczynnik przewodzenia ciepła. By wykazać jak oddziałuje stan wilgotności materiału na wartość tego parametru, oznaczenie wykonano dla dwóch warunków sezonowania. Jak widać z zestawionych wartości w tabeli 2, poszczególne parametry mają ze sobą ścisły związek.

Tabela 2 Zestawienie parametrów kształtujących współczynnik przewodzenia ciepła rozważanych zapraw

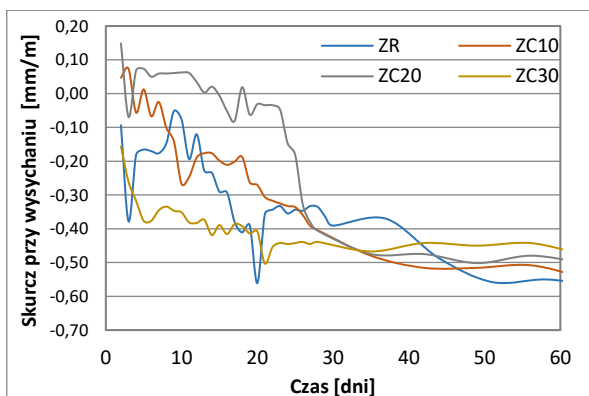
Oznaczenie zaprawy	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m·K)]		Ss/Sw	Wilgotność [%]	Gęstość zaprawy w stanie wilgotnym [g/m ³]	Gęstość zaprawy w stanie suchym [kg/m ³]	Ubytek wody po wysuszeniu [kg]
	w stanie wilgotnym (Sw)	w stanie suchym (Ss)					
ZR	2.42	1.79	0.74	6.44	2120	2070	50
ZC10	2.11	1.54	0.73	6.82	2090	2020	70
ZC20	1.96	1.35	0.69	7.82	2050	1940	90
ZC30	1.84	1.29	0.70	9.12	2030	1900	130
ZB10	2.27	1.64	0.72	6.70	2080	2020	60
ZB20	2.04	1.50	0.74	6.76	2060	1990	70
ZB30	2.01	1.44	0.72	7.58	2040	1960	80
ZO10	2.11	1.57	0.74	8.72	2060	1970	90
ZO20	1.85	1.23	0.66	11.27	2000	1860	140
ZO30	1.50	0.93	0.62	13.56	1950	1780	170

Wraz ze zwiększoną ilością kruszywa recyklingowego o porowatej strukturze, w celu uzyskania porównywalnej konsystencji w odniesieniu do zaprawy referencyjnej, konieczne było dozowanie dodatkowej wody, która podczas sezonowania zaprawy do stanu suchego odparowała, zmniejszając wyraźnie gęstość objętościową. Najwyraźniej jest to widoczne w

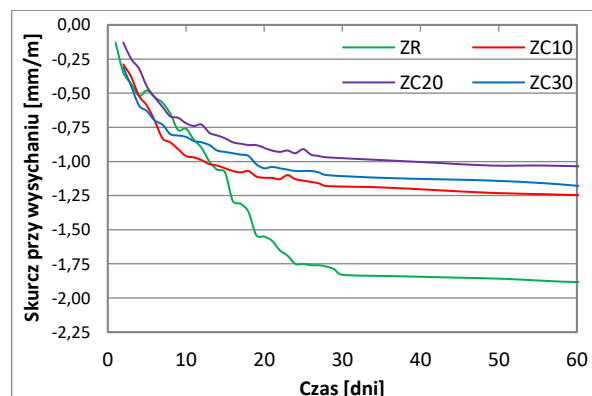
przypadku 30% recyklatu w składzie poszczególnych zapraw. Oznaczony współczynnik przewodzenia ciepła w stanie wilgotnym w odniesieniu do stanu suchego jest mniejszy od ok. 25% do 40%. Najkorzystniejsze wyniki badań uzyskano w przypadku zaprawy z udziałem drobnoziarnistego żużla (wypalonego komunalnego osady ściekowego). Pozwala to na stwierdzenie, że udział rozważanych recyklatów w składzie zapraw wpływa korzystnie na walory termo-izolacyjne, a także np. w przypadku zaprawy murarskiej ogranicza powstawanie mostków termicznych na styku zaprawa-element murowy.

Wykonano również pomiary skurczy przy wysychaniu w ustalonych warunkach sezonowania, a mianowicie w temperaturze 20°C i RH = 50(±5)% oraz RH ≥ 95%. Kontrola zmian liniowych wykazała, że zaprawy zawierające porowate kruszywo odpadowe, które w trakcie mieszania składników absorbowało wodę, doznają mniejszego skurczy niż zaprawa referencyjna.

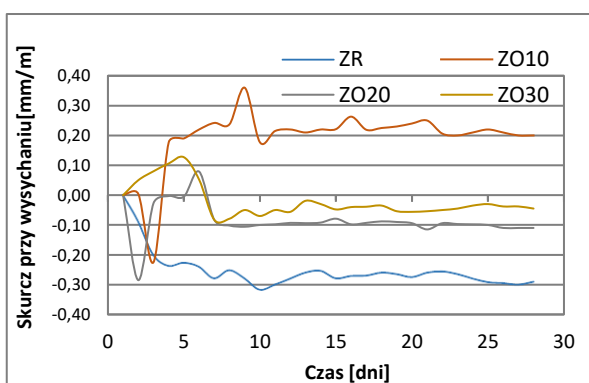
Na rys. od 22 do rys. 27 pokazano przebieg samoistnych odkształceń reologicznych w różnych warunkach sezonowania, w czasie do 60 dni.



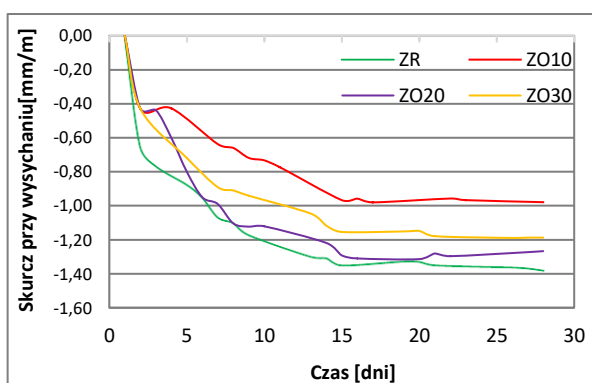
Rys. 22 Porównanie skurczu zapraw z recyklatem ceramicznym sezonowanych w temperaturze 20°C i RH≥95%



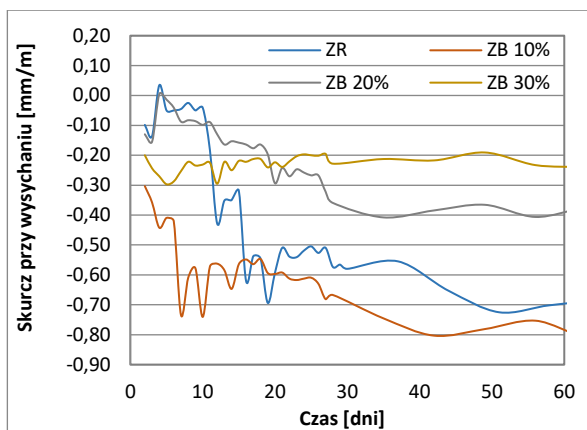
Rys. 23 Porównanie skurczu zapraw z recyklatem ceramicznym sezonowanych w temperaturze 20°C i RH=50%



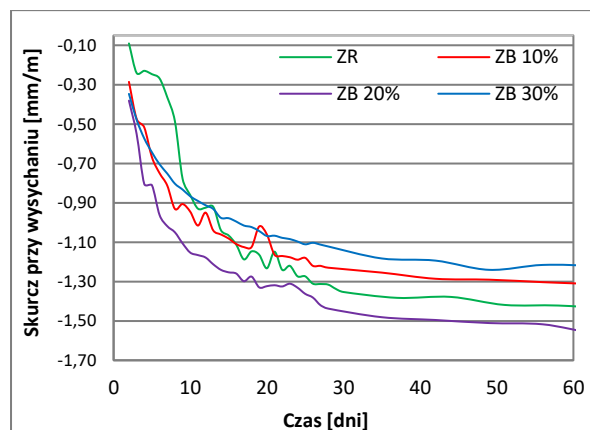
Rys. 24 Porównanie skurczu zapraw z udziałem drobnoziarnistego wypalonego komunalnego osady ściekowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH≥95%



Rys. 25 Porównanie skurczu zapraw z udziałem drobnoziarnistego wypalonego komunalnego osady ściekowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH=50%



Rys. 26 Porównanie skurczu przy wysychaniu zapraw z udziałem recyklatu betonowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH≥95%



Rys. 27 Porównanie skurczu przy wysychaniu zapraw z udziałem recyklatu betonowego sezonowanych w temperaturze 20°C i RH=50%

Największą niestabilność odkształceń reologicznych przedmiotowych zapraw zanotowano podczas sezonowania w warunkach wysokiej wilgotności względnej otoczenia, a mianowicie w wannie wodnej nad wodą. Zaobserwowano, że w przeciągu pierwszych 7 dni od zaformowania próbek, i dalej 2-3 tygodni dalszego dojrzewania, powstałe odkształcenia następują, a jednocześnie częściowo się odbudowują. Wpływ na taki stan może mieć kilka czynników. Warunki w jakich przechowywano próbki nie były stabilne w przeciągu całego procesu sezonowania. Każda zmiana temperatury jak i wilgotności otoczenia zewnętrznego oddziałuje na wewnętrzne warunki w wannie wodnej przy braku hermetycznego zabezpieczenia. Również niestabilność skurczu od wysychania ukazuje, że w pewnym zakresie zjawisko to jest odwracalne, na co ma wpływ przede wszystkim podwyższona wilgotność otoczenia – w rozpatrywanym przypadku RH było powyżej 95%.

Skurcz jest zjawiskiem samoistnych odkształceń reologicznych. Jest to efekt zmian strukturalnych, jakie zachodzą w zaczynie cementowym na skutek procesów fizykochemicznych utraty wody w procesie wiązania, twardnienia i wysychania kompozytów cementowych. Ustalono, że całkowite odkształcenia skurczowe następują w wyniku skurczu autogenicznego i spowodowanego wysychaniem. I tak jak skurcz autogeniczny jest nieunikniony, tak właściwa pielęgnacja sprzyja spowolnieniu i ograniczeniu odkształceń następujących w wyniku odparowania wody poprzez odsonięte powierzchniowe elementy. Należy wspomnieć, że skurcz autogeniczny występuje podczas wiązania i w okresie początkowym twardnienia. Jest efektem utraty wody wykorzystanej w reakcji chemicznej z cementem, a także podczas odparowania z zewnętrznych warstw zaczynu, który jest w stanie plastycznym. Oznacza to, że odkształcenia wynikające z tego procesu występują w pierwszych godzinach od zaformowania i narastają stosunkowo szybko. Natomiast skurcz wywołany wysychaniem związany jest z utratą wody po stwardnieniu, a więc zaabsorbowanej przez żel cementowy i wody wewnątrzkrystalicznej. Skurcz ten może

następować nawet w bardzo długim czasie. Przyjmuje się, że to zjawisko w największym stopniu decyduje o wielkości naprężeń skurczowych.

W celu ustalenia odkształceń wywołanych wysychaniem w warunkach niekorzystnych z uwagi na niski poziom wilgotności względnej otoczenia, zaprawy sezonowano w komorze klimatycznej o dużo niższej wilgotności względnej otoczenia. Przyjęto temperaturę na poziomie 20°C i RH=50%. Tu przebieg skurczu od wysychania jest wyraźnie postępujący (rys. 23, 25 i 27). W tym przypadku również największe różnice w pomiarze skurczu zaobserwowano w pierwszym tygodniu od wykonania zapraw. Jednak po przekroczeniu ok. 20 do 30 dni dojrzewania skurcz przy wysychaniu się stabilizuje.

Z uwagi na propozycję wykorzystania zapraw z udziałem odpadowego kruszywa mineralnego, charakteryzującego się porowatą strukturą, przeprowadzono także analizę ich podatności na podciąganie kapilarne wody. Parametrem wskazanym w normach dotyczących badań zapraw budowlanych jest współczynnik kapilarnej absorpcji wody. Postępując zgonie z PN-EN 1015-18, oznaczono absorpcję w wyniku kapilarnego podciągania wody do 90 min. styczności zapraw z wodą. Rezultat tego oznaczenia zawarto w tabeli 3.

Tabela 3 Zestawienie współczynnika kapilarnej absorpcji wody i nasiąkliwości oznaczonej wagowo

Sample designation	Współczynnik kapilarnej absorpcji wody C_m [kg/m ² ·min. ^{0,5}]	Nasiąkliwość wagowa n_w [%]
ZR	0,14	6,18
ZC10	0,14	7,12
ZC20	0,14	7,81
ZC30	0,16	9,53
ZB10	0,15	6,89
ZB20	0,16	7,25
ZB30	0,17	7,97
ZO10	0,14	8,82
ZO20	0,17	11,44
ZO30	0,20	13,44

Zgodnie z normą PN-EN 998-1, dotyczącą zapraw tynkarskich, badane zaprawy z udziałem recyklatów sklasyfikowano pod względem uzyskanej wartości współczynnika absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym jako W2 ($C_m \leq 0,2$ kg/m²·min.^{0,5}). Jest to najwyższa klasyfikacja w kategorii od W0 do W2, którą należy uwzględnić w przypadku zapraw przeznaczonych do stosowania w elementach zewnętrznych budynku.

Tak kompleksowo przeprowadzone badania dają podstawę stwierdzenia, że zaprawy z udziałem drobnoziarnistych recyklatów pozyskanych z mineralnych surowców odpadowych takich jak mielony gruz betonowy i ceramiczny oraz wypalony komunalny osad ściekowy są alternatywą standardowych zapraw budowlanych i mogą być wykorzystane w procesach budowlanych.

4. Podstawa wystąpienia z wnioskiem o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

Jednotematyczny cykl publikacji, który uznałam za podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, pt.: **Wykorzystanie drobnoziarnistych kruszyw pozyskanych na drodze recyklingu stłuczki szklanej, gruzu betonowego i ceramicznego oraz wypalonego komunalnego osadu ściekowego w technologii wytwarzania zapraw cementowych** zamieszczam poniżej. Wybór zawiera 15 publikacji uporządkowanych w kolejności chronologicznej (publikacje wymienione w Załączniku 3):

Publikacje te powstały w większości na bazie współpracy z innymi badaczami, także z ośrodków zagranicznych – Technische Universität Berlin, Niemcy; Yonsei University, Republika Korei. Nadmieniam, że współpraca ta jest kontynuowana, obecnie w zakresie badań betonów lekkich, z wykorzystaniem mineralnych materiałów odpadowych, gdzie jestem odpowiedzialna za badania charakterystyki porów powietrznych oznaczanych systemem RapidAir 457.

4.1. Jednotematyczny cykl publikacji

1. Skoczylas K., **Rucińska T.**, Strength and durability of cement mortars containing nanosilica and waste glass fine aggregate, **Cement-Wapno-Beton** Nr 3/2018, s. 206-215; [Załącznik 3, poz. II-A2]
2. **Rucińska T.**, Sustainable cement mortars, **E3S Web of Conferences** 49, 00090 (2018), doi.org/10.1051/e3sconf/20184900090; [Załącznik 3, poz. II-E2]
3. Skoczylas K., **Rucińska T.**, The effects of waste glass cullets and nanosilica on the long-term properties of cement mortars, **E3S Web of Conferences** 49, 00102 (2018), doi.org/10.1051/e3sconf/20184900102; [Załącznik 3, poz. II-E3]
4. **Rucińska T.**, Zrównoważone kruszywa drobnoziarniste, **Magazyn Kruszywa** 4/2018, Wydawca Elamed Media Group, Katowice (2018), s. 36-40; [Załącznik 3, poz. II-E18]
5. **Rucińska T.**, Wykorzystanie kruszyw odpadowych i z recyklingu w kompozytach cementowych, **Magazyn Kruszywa** 3/2018, Wydawca Elamed Media Group, Katowice (2018), s. 32-34; [Załącznik 3, poz. II-E19]
6. **Rucińska T.**, Wykorzystanie recyklingowych kruszyw drobnoziarnistych w kompozytach cementowych, **Magazyn Kruszywa** 4/2017, Wydawca Elamed Media Group, Katowice (2017), s. 39-43; [Załącznik 3, poz. II-E20]
7. Sang-Yeop Chung, Mohamed Abd Elrahman, Sikora P., **Rucinska T.**, Horszczaruk E., Dietmar S., Evaluation the effects of crushed and expanded waste glass aggregates on the material properties of lightweight concrete using image-based approaches, **Materials** 2017, Volume 10 (Issue 12), 1354; [doi:10.3390/ma10121354](https://doi.org/10.3390/ma10121354); [Załącznik 3, poz. II-A2]
8. Glowacka A., **Rucinska T.**, Kiper J., The slag original from the process of sewage sludge incineration selected properties characteristic, **E3S Web of Conferences**, Volume 22, 00054 (2017), doi.org/10.1051/e3sconf/20172200054; [Załącznik 3, poz. II-E4]

9. Sikora P., Horszczaruk E., Skoczylas K., **Rucinska T.**, Thermal properties of cement mortars containing waste glass aggregate and nanosilica, **Procedia Engineering** 196 (2017) 159 – 166, [doi: 10.1016/j.proeng.2017.07.186](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.186); [Załącznik 3, poz. II-E5]
10. Sikora P., Augustyniak A., Cendrowski K., Horszczaruk E., **Rucinska T.**, Nawrotek P., Mijowska E., Characterization of Mechanical and Bactericidal Properties of Cement Mortars Containing Waste Glass Aggregate and Nanomaterials, **Materials** 2016, Volume 9 (Issue 8), n°701/1-16; [doi: 10.3390/ma9080701](https://doi.org/10.3390/ma9080701); [Załącznik 3, poz. II-A4]
11. **Rucińska T.**, Łącka K., Wpływ dodatku gruzu mielonego na właściwości zaprawy cementowej, **Materiały Budowlane** Nr 10/2016, Warszawa (2016), s. 22-24, [doi:10.15199/33.2016.10.07](https://doi.org/10.15199/33.2016.10.07); [Załącznik 3, poz. II-E9]
12. Sikora P., Horszczaruk E., **Rucinska T.**, *The effect of nanosilica and titanium dioxide on the mechanical and self-cleaning properties of waste-glass cement mortar*, **Procedia Engineering** 108 (2015), s. 146 – 153, RG Journal impact=0,61; [doi:10.1016/j.proeng.2015.06.130](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.130); [Załącznik 3, poz. II-E6]
13. Sikora P., Horszczaruk E., **Rucińska T.**, Straszyńska A., Wpływ wysokiej temperatury na właściwości mechaniczne zapraw cementowych ze stłuczką szklaną, **Materiały Budowlane** Nr 5/2015, Warszawa (2015), s. 116-118, [doi:10.15199/33.2015.05.47](https://doi.org/10.15199/33.2015.05.47); [Załącznik 3, poz. II-E12]
14. **Rucińska T.**, Kwiecień T., Radek A.: Wpływ kompozycji kruszyw drobnoziarnistych na właściwości zapraw cementowych. **Materiały Budowlane** nr 11/2012, Warszawa (2012), s. 10-13; [Załącznik 3, poz. II-E16]
15. **Rucińska T.**, Wpływ zróżnicowanych kruszyw drobnoziarnistych na właściwości zaprawy cementowej, **Magazyn Kruszywa** 4/2015, Wydawca Elamed Media Group, Katowice (2015), s. 38-40; [Załącznik 3, poz. II-E21]

4.2. Referaty prezentujące wyniki badań na konferencjach

16. Skoczylas K., **Rucinska T.**, Influence of grain shape of waste glass aggregate on the properties of cement mortar, International Seminar on Sustainable, Economics and Safety (ISSES 2019), 11-12 April, 2019, Szczecin, Poland; [Załącznik 3, poz. II-E39]
17. **Rucińska T.**, Zrównoważone zaprawy cementowe, VII Konferencja SOLINA 2018 Rozwój zrównoważony, Innowacyjne technologie energoefektywne - wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, 19-23 czerwca 2018, Polańczyk; [Załącznik 3, poz. II-E40]
18. Skoczylas K., **Rucinska T.**, Wpływ mielonej stłuczki szklanej i nanokrzemionki na długotrwałe właściwości zapraw cementowych, VII Konferencja SOLINA 2018 Rozwój zrównoważony, Innowacyjne technologie energoefektywne - wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, 19-23 czerwca 2018, Polańczyk; [Załącznik 3, poz. II-E41]
19. Skoczylas K., **Rucinska T.**, The impact of nanosilica and waste glass cullet on selected physico-mechanical parameters in cement mortars, International Conference on Sustainable, Environmentally Friendly Construction Materials, ICSEFCM 2018, 24-25 May 2018, Szczecin, [Załącznik 3, poz. II-E42]

20. Głowacka A., **Rucinska T.**, Kiper J., The slag original from the process of sewage sludge incineration selected properties characteristic, International conference on advances in energy systems and environmental engineering (ASEE17), Wrocław 2-5.07.2017; [Załącznik 3, poz. II-E43]
21. Sikora P., Horszczaruk E., Skoczylas K., **Rucinska T.**, Thermal properties of cement mortars containing waste glass aggregate and nanosilica, Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia; [Załącznik 3, poz. II-E44]
22. **Rucińska T.**, Łącka K., Wpływ dodatku gruzu mielonego na właściwości zaprawy cementowej, Ogólnopolska Konferencja Problemy Techniczno-Prawne Utrzymania Obiektów Budowlanych, Warszawa, 22-23 stycznia 2016, s. 119-124; [Załącznik 3, poz. II-E46]
23. Sikora P., Horszczaruk E., **Rucinska T.**, *The effect of nanosilica and titanium dioxide on the mechanical and self-cleaning properties of waste-glass cement mortar*, 7th Scientific-Technical Conference Material Problems in Civil Engineering (MATBUD'2015), 22-24.06.2015, Cracow, Poland; [Załącznik 3, poz. II-E45]

Wykaz przedstawionych publikacji zawiera artykuły opublikowane w czasopismach naukowych krajowych i zagranicznych, krajowych czasopismach technicznych, a także referaty prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Wszystkie artykuły i referaty były recenzowane, a wskazane przez recenzentów uwagi uwzględniono przed ich opublikowaniem. Za przedstawienie referatu pn. *Wpływ mielonej stłuczki szklanej i nanokrzemionki na długotrwałe właściwości zapraw cementowych* uzyskałam wyróżnienie podczas VII Konferencji SOLINA 2018 Rozwój zrównoważony, Innowacyjne technologie energoefektywne - wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Publikacje [5, 6, 7, 15] wskazujące na możliwości wykorzystania recyklingowych kruszyw drobnoziarnistych w składzie zaprawy cementowej, pozyskanych z odpadów w postaci gruzu betonowego i ceramicznego, stłuczki szklanej, a także wypalonego komunalnego osadu ściekowego były zamawiane przez wydawcę czasopisma. Należy też wspomnieć, że część publikacji [1-3, 7-10, 12] jest indeksowana w znaczącej bazie czasopism Web of Science czy Scopus.

5. Główny cel badań naukowych i najważniejsze osiągnięcia

Głównym celem moich analiz naukowych była ocena możliwości wykorzystania kruszyw drobnoziarnistych pozyskanych poprzez mechaniczne rozdrobnienie odpadów w postaci stłuczki szklanej, gruzu betonowego i ceramicznego oraz wypalonego komunalnego osadu ściekowego w zaprawach cementowych. Temat ten podjęłam, dlatego że ilość produkowanych odpadów w procesie budowlanym wciąż wzrasta, a tym samym przyczynia

się do degradacji środowiska naturalnego. Łącząc ideę zrównoważonego rozwoju z wciąż rosnącymi wymaganiami Unii Europejskiej, która kładzie nacisk na przetwórstwo wtórne oraz gospodarkę zbliżoną do zera odpadów (praktycznie bezodpadową) (Decyzja 1600/2002/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 lipca 2002 r., Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich, Bruksela 2002), podjęto powyższe badania. Środowisko naukowe jest właściwym adresatem do poszukiwania rozwiązań technologicznych, zarówno na poziomie metod recyklingu jak i wprowadzania uzyskanego w ten sposób surowca do technologii produkcji nowych materiałów.

Problem odpadów komunalnych i budowlanych jest zauważalny na całym świecie. Opracowanie technologii, dzięki której nastąpi zmniejszenie ilości odpadów, będzie więc wartością dodaną. Jeżeli przy tym skupimy uwagę na efektywniejszym wykorzystaniu surowców podczas produkcji, a także ograniczeniu emisji zanieczyszczeń podczas utylizacji odpadów i ich recyklingu, skutki pozytywne tego działania odczują wszyscy mieszkańcy Ziemi. Warto wspomnieć, że do 2020 Polska ma osiągnąć pułap recyklingu do 50% i 65% w 2030 roku.

Ilość ośrodków naukowych zajmujących się między innymi problemem wykorzystania odpadów w technologii materiałów budowlanych wciąż wzrasta, o czym świadczą publikacje z uzyskanych wyników badań. Daje się jednak zauważyć, że w technologii kompozytów cementowych najpopularniejsza jest tematyka wykorzystania mielonego gruzu betonowego, jako alternatywy kruszywa grubego w składzie mieszanki betonowej (badania trwają od co najmniej lat 90.), a także mielonej stłuczki szklanej w produkcji cementu, zapraw i betonów (temat wciąż aktywny).

Niestety, brakuje w tych działaniach intensyfikacji badań nad możliwością wykorzystania mineralnych odpadów w postaci drobnoziarnistych kruszyw pozyskanych poprzez zmielenie gruzu betonowego i ceramicznego, a także wypalonego komunalnego osadu ściekowego. W prowadzonych badaniach skupiono więc uwagę na weryfikacji właściwości technicznych kruszyw odpadowych i zapraw cementowych z ich wykorzystaniem. Kruszywa te wprowadzano do składu mieszanki wymiennie z kruszywem naturalnym w proporcji objętościowej. We wstępnych założeniach stosowano wymianę objętości piasku w 10%, 20% i 30%. W obecnie kontynuowanych badaniach wymiana ta wynosi 50% i 100%.

W badaniach analizowano wpływ rodzaju recyklatu i jego ilości na:

- ciepło hydratacji cementu portlandzkiego CEM I 42,5 R,
- wodożądność zaczynu z mieszaniną frakcji 0/0,063 recyklatu,
- czas początku i końca wiązania zaczynu z mieszaniną frakcji 0/0,063 recyklatu,
- zmianę objętości zaczynu z mieszaniną frakcji 0/0,063 recyklatu,
- właściwości świeżej mieszanki:

- ustalenie dozowania dodatkowej wody, poza wodą zarobową, co wynika z porowatej struktury kruszyw recyklingowych i ich zróżnicowanej absorpcji w czasie mieszania składników,
 - oznaczenie konsystencji metodą rozplywu,
 - gęstości mieszanki,
 - zawartości powietrza w mieszance,
- właściwości mechaniczne zaprawy – wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie,
 - skurcz przy wysychaniu w warunkach korzystnej pielęgnacji ($T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}\geq 95\%$) oraz obniżonej wilgotności względnej otoczenia ($T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}=50\pm 5\%$),
 - parametry tj.: współczynnik kapilarnej absorpcji wody, nasiąkliwość,
 - współczynnik przewodzenia ciepła.

Najważniejsze moje osiągnięcia badawcze to:

- wykazanie, że drobnoziarniste kruszywa powstałe z surowców odpadowych tj. gruz betonowy i ceglany i wypalony komunalny osad ściekowy można wykorzystać w składzie zaprawy cementowej murarskiej, a także zaprawy, która nie wymaga szczególnej odporności na oddziaływania podwyższonej wilgotności otoczenia, czy też środowiska agresywnego;
- ustalenie zakresu absorpcji wody zarobowej przez porowate kruszywo pochodzące z wykorzystanych w składzie zapraw odpadów; zjawisko to wymusza dozowanie wody dodatkowej, która może być wykorzystana do samopielęgnacji w warstwie kontaktowej matryca-kruszywo, niemniej jej nadmiar z czasem odparuje;
- zatrzymana woda poprzez jej absorpcję przez porowate kruszywo, sprzyja samopielęgnacji zaprawy ułożonej w przestrzeni między elementami murowymi;
- sukcesywne zwiększanie w składzie zaprawy ilości kruszywa pochodzącego z odpadów, o porowatej strukturze, sprzyja obniżeniu współczynnika przewodzenia ciepła nawet o 30%, następuje zmniejszenie efektu mostków termicznych na styku zaprawa-element murowy;
- istnienie frakcji 0/0,063 w mieszaninie cementu w ilości 10% obniża ciepło hydratacji o ok. 10% (wniosek sformułowano na podstawie oznaczenia ciepła hydratacji cementu i mieszaniny cementu z 10% udziałem danego recyklatu w odniesieniu do masy cementu);
- nieregularny kształt ziaren kruszyw recyklingowych, a także ich szorstka powierzchnia, poprawiają współpracę na styku matryca-kruszywo. Bazując na zależności podanej przez *J. M. Raphaela* ($f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$) do oceny kruchości zaprawy cementowej przy znanej wytrzymałości na ściskanie, wykazano korzystny wpływ zwiększającej się ilości recyklatu w ogólnym udziale kruszywa drobnoziarnistego na wzrost współczynnika kruchości.

Powyższe wskazuje jednoznacznie, że zaprawy z udziałem drobnoziarnistych recyklatów mineralnych, pozyskanych w wyniku recyklingu odpadów budowlanych takich jak gruz betonowy i ceramiczny, a także wypalony komunalny osad ściekowy, mogą być z powodzeniem wykorzystane w technologii produkcji produktów cementowych. Przedstawione wyniki badań są zweryfikowane w wyniku przeprowadzenia kilku cykli badawczych, co uwiarygadnia oznaczone parametry techniczne.

Analizując publikacje z zakresu badań kompozytów cementowych z wykorzystaniem surowców odpadowych, nie zauważono szczególnego zainteresowania recyklingowymi kruszywami drobnoziarnistymi. Raczej spotyka się wykorzystanie odpadów w postaci mączki, włóknistej formy czy kruszyw gruboziarnistych. Przedstawiona charakterystyka właściwości zapraw z udziałem drobnoziarnistych kruszyw odpadowych jest więc wartościowym uzupełnieniem wiedzy w zakresie możliwości stosowania surowców odpadowych w technologii produkcji materiałów budowlanych.

Wykorzystanie kruszyw z surowców odpadowych, szczególnie powstających w procesach budowlanych, jest bardzo pożądane z uwagi na coraz wyraźniej obserwowane problemy środowiskowe otoczenia, a ilość wytwarzanych odpadów wciąż rośnie. Aby poprawić ten stan, konieczne jest przestrzeganie norm środowiskowych oraz Dyrektyw Unijnych, odnoszących się do zasad zrównoważonego rozwoju. Przedstawione możliwości wykorzystania drobnoziarnistych kruszyw pozyskanych z surowców odpadowych w składzie zapraw cementowych, dają solidne podstawy do tego, aby potencjalni producenci tego typu materiałów, zaangażowali się w uruchamianie ich produkcji na większą skalę.

6. Najważniejsze osiągnięcia poza działalnością publikacyjną

Wyniki mojej pracy badawczej wykorzystuję w działalności dydaktycznej, prowadząc wykłady z zakresu materiałów budowlanych i zagadnień zrównoważonego budownictwa. Jestem także opiekunem prac dyplomowych w przeważającej ilości o charakterze badawczym. Od roku akademickiego 2008/2009 łącznie wypromowałam 109 dyplomantów (59 prac inżynierskich, 50 prac magisterskich). Byłam także recenzentem 99 prac inżynierskich i magisterskich.

6.1. Pełnione funkcje na ZUT w Szczecinie i poza ZUT w Szczecinie, członkostwo w komisjach, stowarzyszeniach, nagrody

1. Prodziekan ds. nauczania na kierunkach budownictwo i inżynieria środowiska (studia stacjonarne pierwszego i drugiego poziomu nauczania) na wydziale Budownictwa i Architektury ZUT w Szczecinie, kadencja 2016-2020
2. Członek Rady Wydziału Budownictwa i Architektury, kadencja 2010-2012, 2012-2016, 2016-2020

3. Członek Komisji Programowej, kadencja 2012-2016
4. Członek komisji ds. nostryfikacji dyplomów na okres 2016-2020
5. Przewodnicząca komisji rekrutacyjnej na rok akademicki 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 na kierunkach budownictwo i inżynieria środowiska
6. Przewodnicząca Komisji dyscyplinarnej ds. studentów, kadencja 2015-2016
7. Członek Komisji dyscyplinarnej ds. studentów, kadencja 2011-2014
8. Członek Uczelnianej Komisji Wyborczej, kadencja 2012-2016, 2016-2020 (wygaśnięcie mandatu po objęciu funkcji prodziekana)
9. Członek Rady Programowej Czasopism i Wydawnictw PZITB, kadencja 2016-2020
10. Członek Komitetu Technicznego przy PKN KT 3017 ds. Zrównoważonego Budownictwa – od 2008
11. Członek Zarządu Oddziału PZITB Sz-n, funkcja – Sekretarz Zarządu Oddziału PZITB Sz-n, kadencja 2012- 2016, 2016-2020,
12. Opiekun Koła Młodych PZITB/o. Szczecin, od 2013 r.
13. Opiekun Studenckiego Koła Naukowego Młodzi Inżynierowie PZITB od 2014 r., od 2016r. przekazanie opieki nad kołem z uwagi na objęcie funkcji prodziekana na WBiA)
14. Członek Komisji Konkursowej, przy czym w większości jej przewodnicząca, w czasie Targów Budowlanych BUD-GRYF, od 1992 roku

6.2. Wyróżnienia, nagrody i odznaczenia za działalność naukową i zawodową

- 2018 – Honorowa Złota Odznaka PZITB (Legitymacja nr 6876)
- 2018 – Honorowa Złota Odznaka SITPMB (Legitymacja nr 4379)
- 2017 – Laureat VII edycji konkursu „Wyróżniający się Nauczyciel i Opiekun Młodzieży (Konkurs organizowany przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT)
- 2017 – Srebrna Odznaka Honorowa NOT (Legitymacja nr 302002)
- 2014 – Medal Komisji Edukacji Narodowej (Legitymacja nr 143268)
- 2014 – Honorowa Srebrna Odznaka PZITB (Legitymacja nr 6630)
- 2012 – nagroda Rektora ZUT w Szczecinie za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2011
- 2009 – nagroda Rektora ZUT w Szczecinie za osiągnięcia w pracy naukowej, a w szczególności za uzyskanie stopnia doktora

Teresa Rucinski