



EDF POLSKA R&D  
EDF EKOSERWIS

SYNTEZA MATERIAŁÓW AKTYWOWANYCH  
ALKALICZNIE NA BAZIE POPIOŁÓW  
LOTNYCH

BARTOSZ SARAPATA

XXIII Konferencja POPIOŁY Z ENERGETYKI  
ZAKOPANE, 2016-10-20

# SYNTEZA GEOPOLIMERÓW NA BAZIE POPIOŁÓW LOTNYCH

## GŁÓWNY CEL

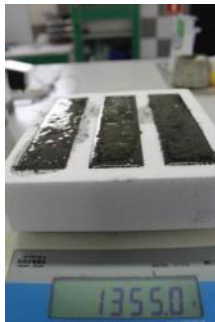
- Produkcja materiałów aktywowanych alkaicznie na bazie popiołów lotnych (AAM) – geopolimery dla różnych zastosowań

## GŁÓWNE WYZWANIA

- Określenie optymalnej formuły lub metodologii wytwarzania geopolimerów
- Określenie rynku docelowego
- Standaryzacja produktu

## PRZEWIDYWANE KORZYŚCI

- Pozyskanie alternatywnych, konkurencyjnych materiałów, przewyższających parametry materiałów tradycyjnych na bazie cementu
- Działalność pro-środowiskowa (redukcja emisji CO<sub>2</sub>, brak składowania CCBP)



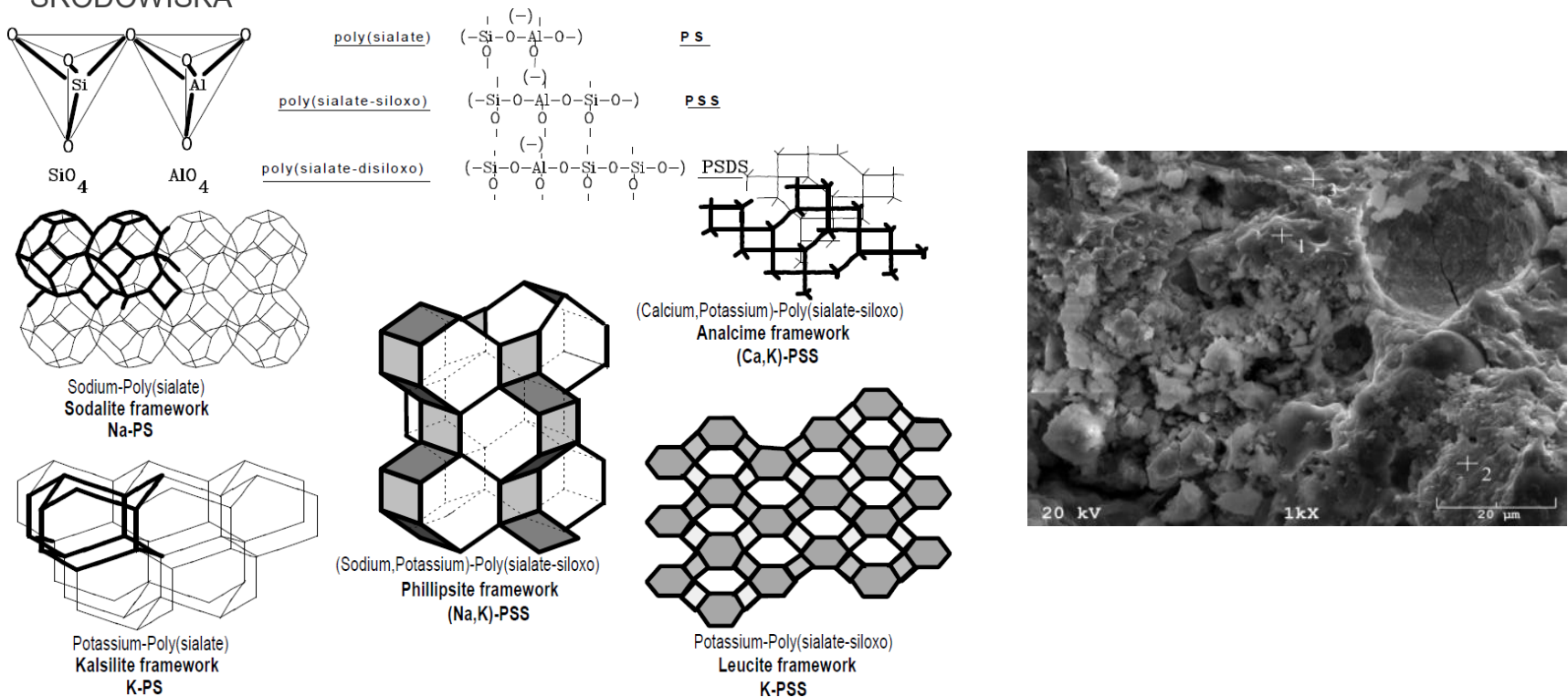
# UWARUNKOWANIA – CZYM SĄ GEOPOLIMERY ?

**GEOPOLIMER** – łańcuchy lub sieci cząsteczek mineralnych, połączonych wiązaniami kowalencyjnymi. Ich struktura jest zależna od temperatury:

- Amorficzne w temperaturze pokojowej,
- Powyżej 500°C przemiana w strukturę krystaliczną

## WŁASNOŚCI GEOPOLIMERÓW SĄ WYŻSZE OD KLASYCZNEGO CEMENTU PORTLANDZKIEGO

- WIĄŻE METALE CIĘŻKIE OBECNE W POPIOŁACH LOTNYCH, CO ZAPOBIEGA ICH UWOLNIENIU DO ŚRODOWISKA



# UWARUNKOWANIA – CEMENT PORTLANDZKI VS GEOPOLIMERY

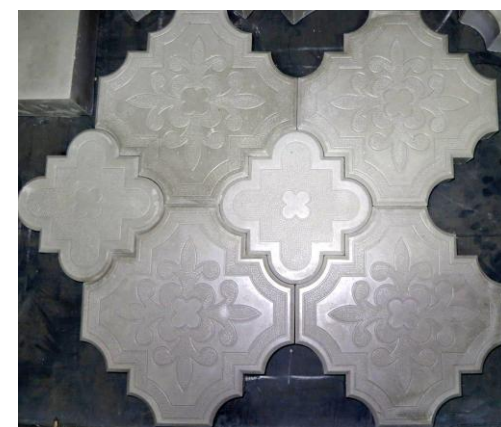
		Cement portlandzki (OPC)	Vs	Geopolimer (GPC)
Zużycie energii	Produkcja	4700 MJ/t	<	1975 - 2715 MJ/t
	Emisja CO <sub>2</sub>	1t OPC = 0,95 t CO2	<	1t GPC = 0,208 - 0,308 t CO2
	Substraty	Surowce nieodnawialne	<	Minerały, produkty uboczne spalania
Wytwarzanie produkty	Warunki wygrzewania	> 90% w temp. pokojowej	>	od 20 do 120 °C
	Czas wiązania	3 - 12h Pełna wytrzymałość po 28 days	<	3 – 10h Pełna wytrzymałość po 5 days
Własności mechaniczne	Wytrzymałość po 2 dniach	10 - 30 Mpa	<	5 - 40 MPa
	Wytrzymałość po 28 dniach	32,5 - 52,5 Mpa	<	20 – 100 MPa
	Wytrzymałość na zginanie	3 - 7 Mpa	<	5 - 15 MPa
Degradacja	Działanie kwasów	Podatne na degradację	<	Wysoka odporność
	Cykle zamarzanie/rozmra.	Podatne na degradację	<	Wyższa odporność
	Reakcja alkalia-krzem	Podatne na degradację	<	Nie określone
	Żaroodporność	Pogorszenie własności mech. Możliwy wybuch	<	Stabilne do ok. 900 - 1000°C Nie palne Nietoksyczne opary w czasie rozkładu

## Geopolimer żywice i spoiwa

- Materiały żaroodporne i żarowytrzymałe, izolacje cieplne, piany
- Niskoenergetyczne płytki ceramiczne, materiały odporne na szoki termiczne
- Żywice, farby, spoiwa i fugi
- Bio-technologia (materiały bio-medyczne)
- Narzędzia do produkcji kompozytów organicznych
- Kompozyty naprawcze i umacniające, żaroodporne-żarowytrzymałe kompozyty z włókien węglowych dla lotnictwa i samochodów
- Stabilizacja odpadów radioaktywnych i toksycznych

## Geopolimer cementy i betony

- Materiały konstrukcyjne i elewacyjne
- Cementy betony
- Prefabrykaty



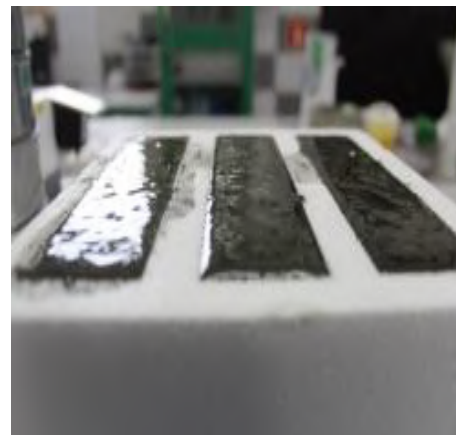
## CO ZOSTAŁO ZROBIONE?

- 22 formułacje
- 4 różne popioły
- 4 różne udziały popiołu do aktywatora
- 3 różne okresy pielęgnacji
- 1 warunki wygrzewania

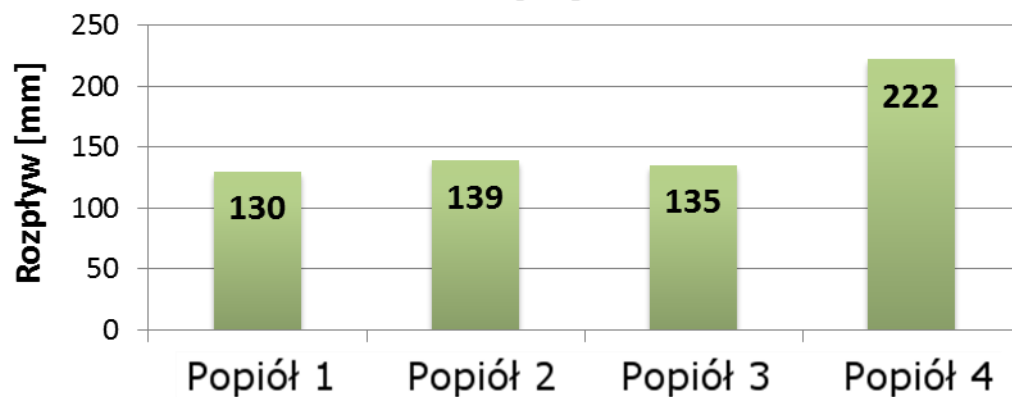
## JAK?

- Mieszanie – 10 min
- Odlewanie
- Zagęszczanie – 5 min
- Pielęgnacja (różne warunki)
- Wygrzewanie – 60°C
- Analiza próbek

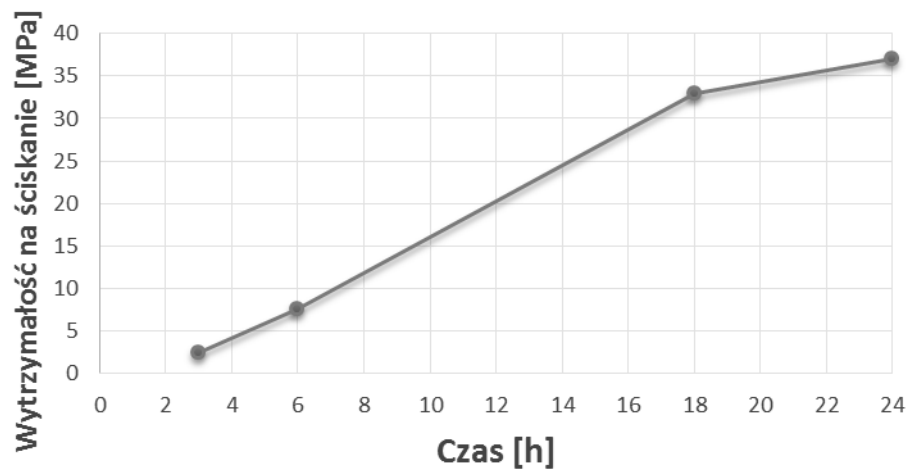
Popiół	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
	[% mas]						
P1	52	26	1,0	3,0	6	0,5	3,5
P2	51	27	0,9	2,6	7	0,4	4,6
P3	51	25	1,0	2,6	6	0,5	5,3
P4	51	29	0,5	2,2	6	0,3	3,2



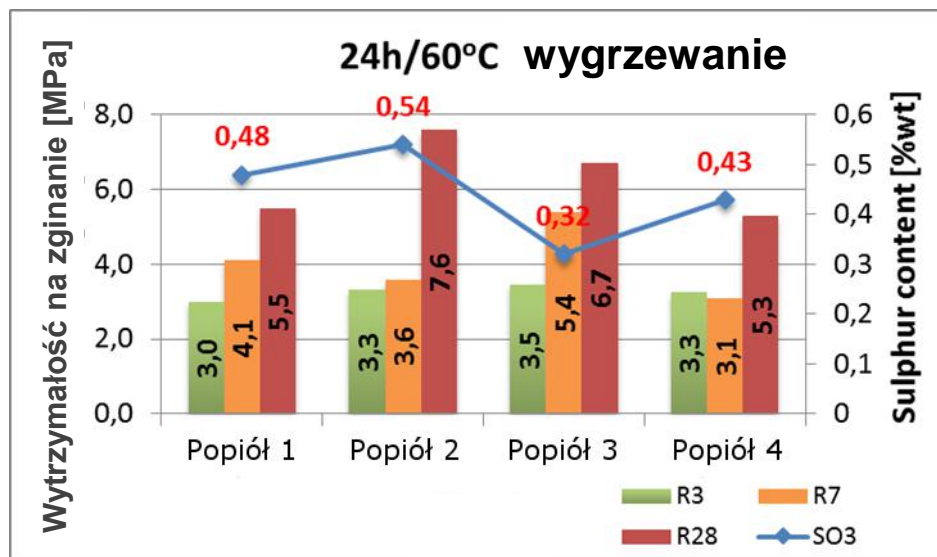
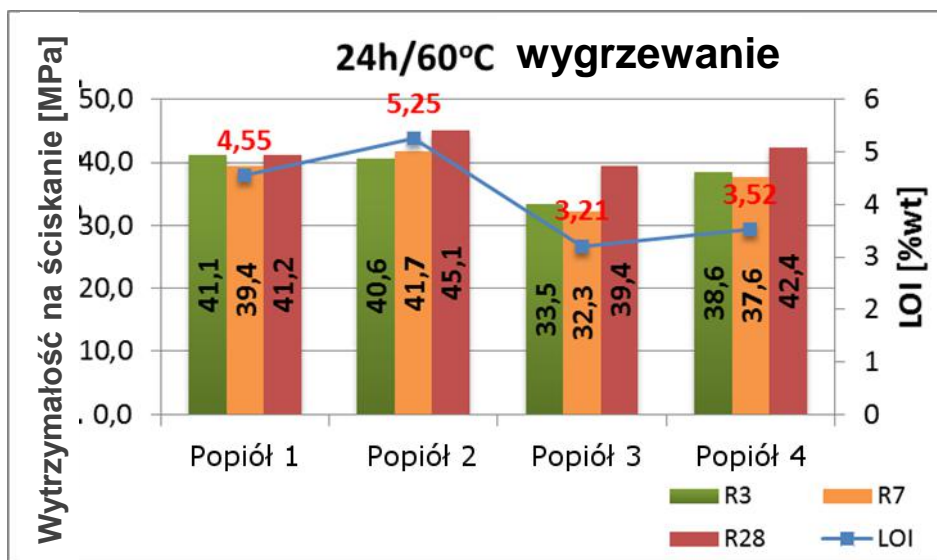
## Rozpływ



## Narost wytrzymałości w czasie

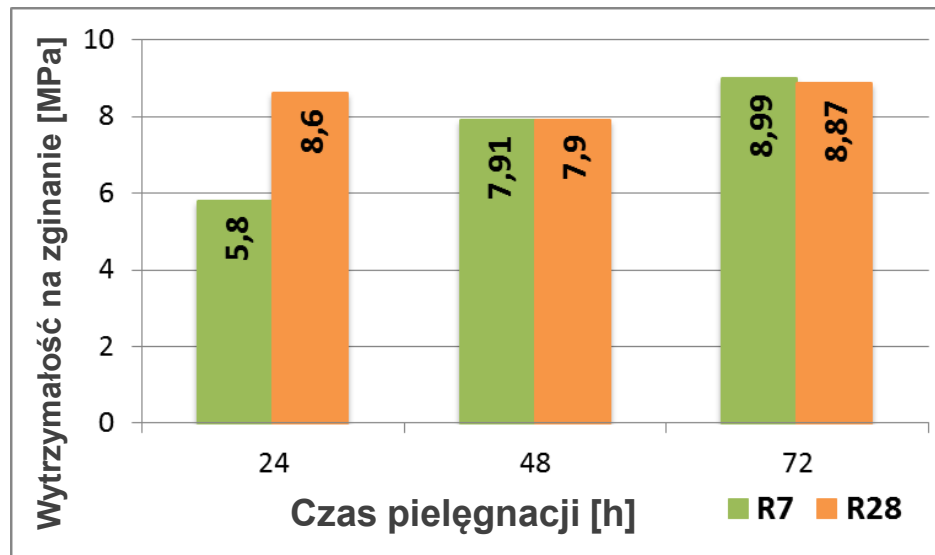
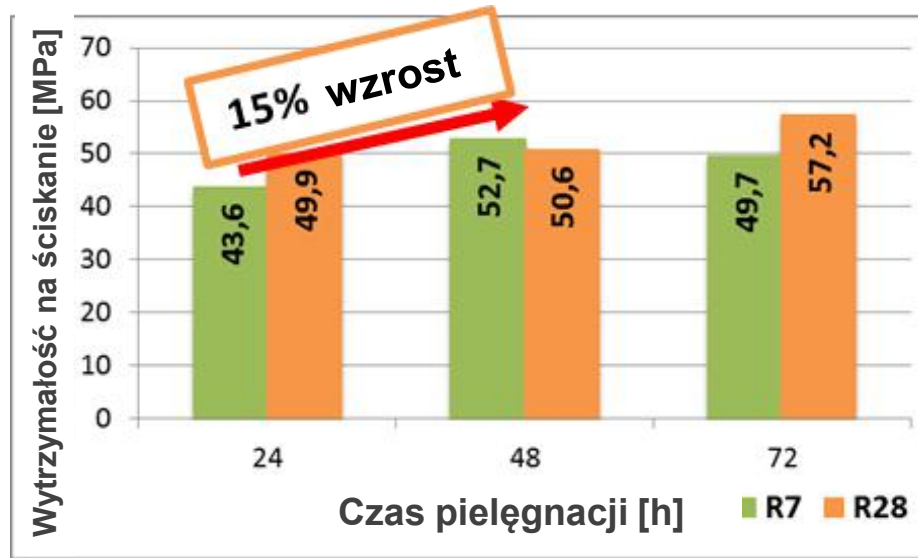


# WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE I ZGINANIE

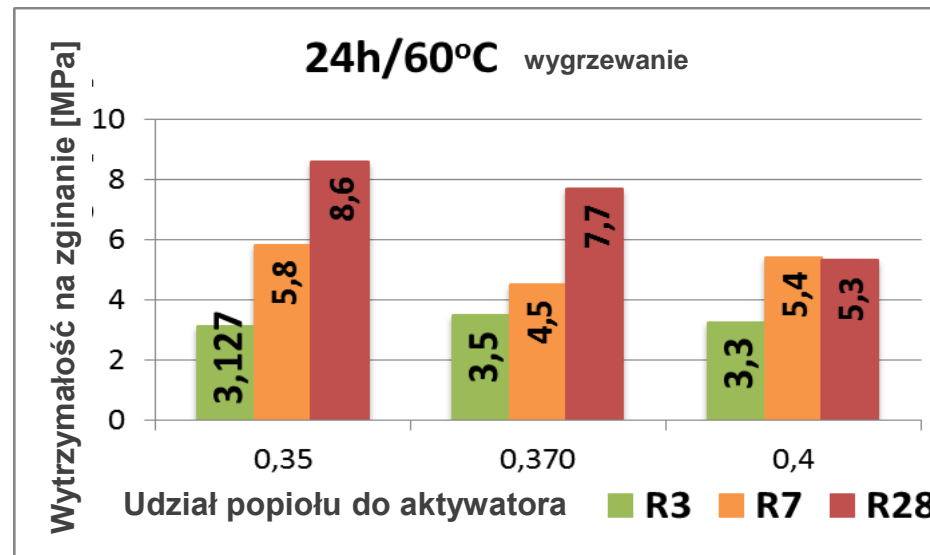
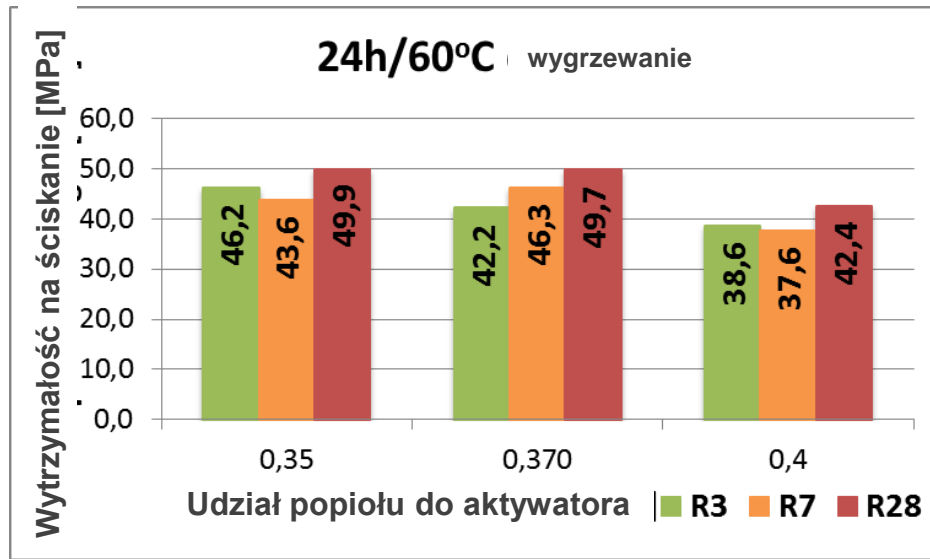




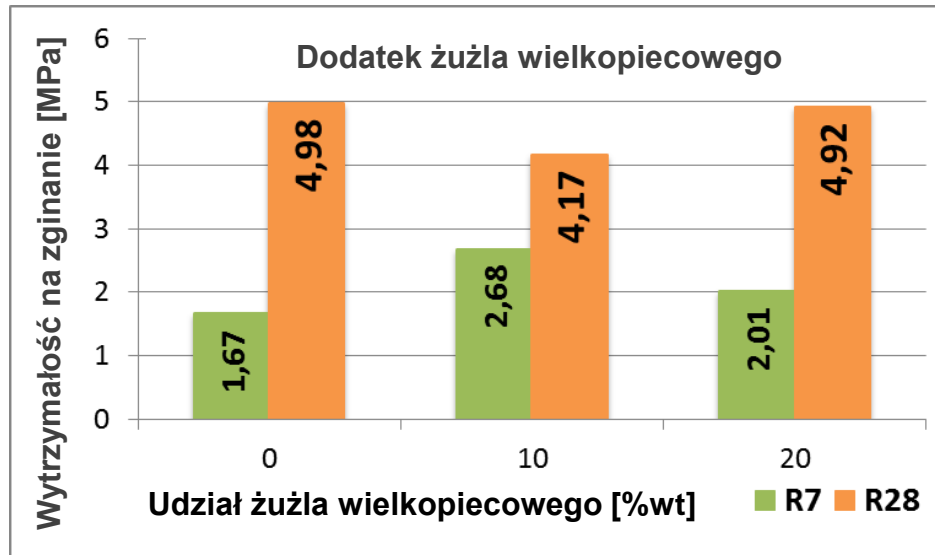
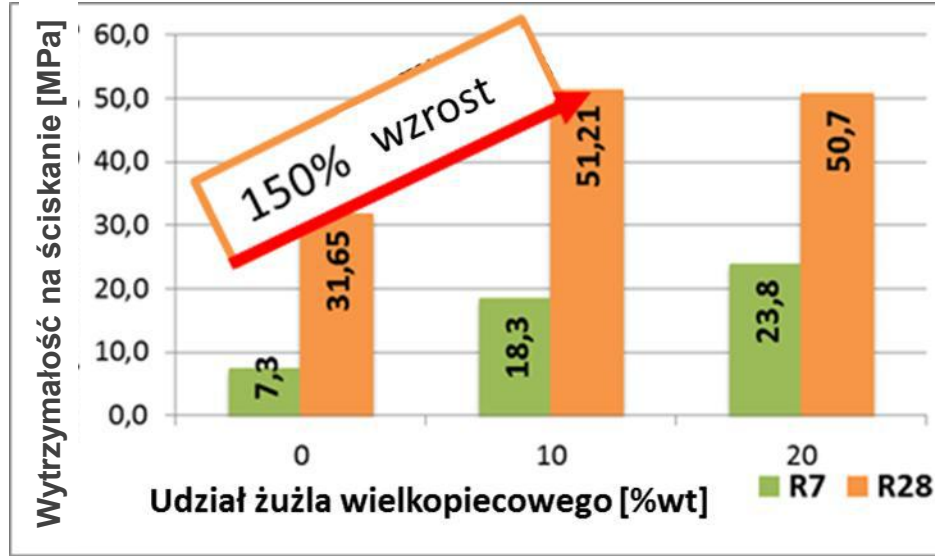
# RÓŻNE CZASY PIELEGNACJI



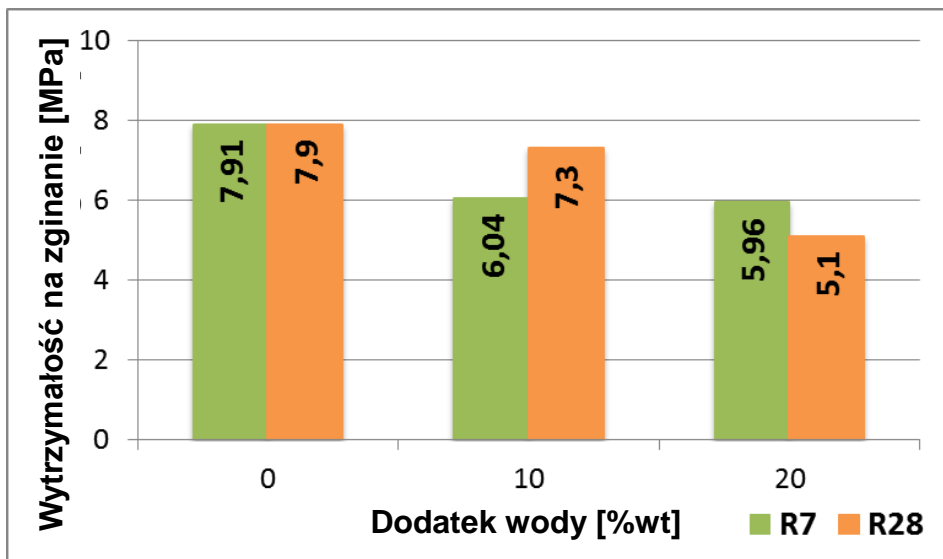
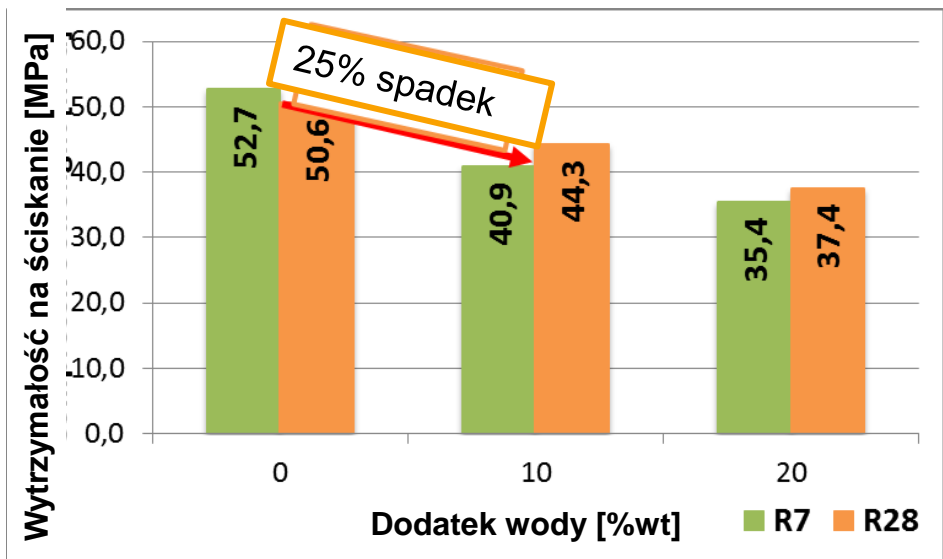
# POPIÓŁ LOTNY DO AKTYWATORA



# UDZIAŁ ŻUŻLA WIELKOPIECOWEGO



# UDZIAŁ WODY



## Synteza próbek

- Popioły lotne różnią się pod względem składu chemicznego i własności fizycznych, co wpływa na syntezę gopolimerów
- Obserwowano różne rozplywy dla tych samych formułacji
- Czas i prędkość mieszania ujednorodnia mieszanę

## Charakteryzacja próbek

- Zaobserwowano wzrost wytrzymałości na ściskanie i na zginanie wszystkich próbek
- Dłuższy okres pielęgnacji ma pozytywny wpływ na właściwości mechaniczne
- Dodanie wody zmniejsza wytrzymałość mechaniczną
- Dodanie żużla wielkopieczowego poprawia wytrzymałość mechaniczną
- Próbki z żużlem wielkopieczowym wykazują szybszy wzrost właściwości mechanicznych bez wygrzewania

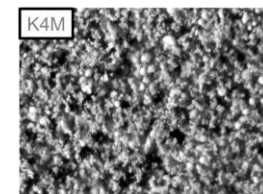
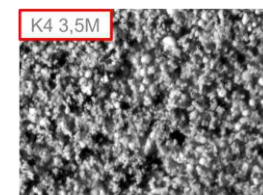
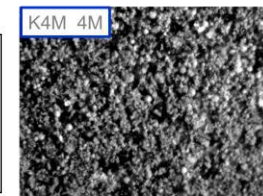
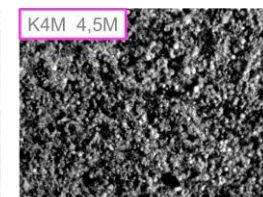
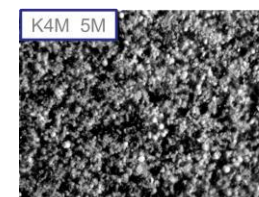
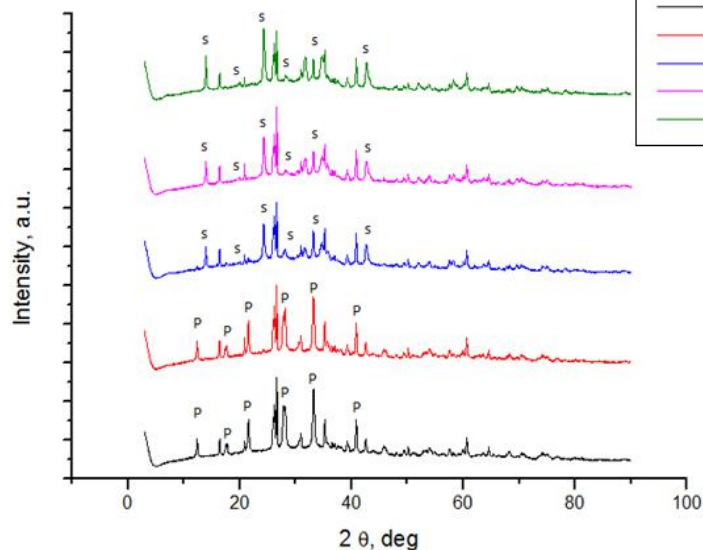
# SYNTEZA ZEOLITÓW

## Warunki syntezy

- ❑ Metoda: **hydrotermalna**
- ❑ Temperatura: **90°C**
- ❑ Czas: **24 hours**
- ❑ Materiał wsadowy: **popiół lotny**
- ❑ Ilość popiołu: **10 g**
- ❑ Zasada: **200ml NaOH**
- ❑ Stężenie zasady: **3 ÷ 5 mol/dm<sup>3</sup>**
- ❑ Mieszanie: **tak**
- ❑ Płukanie: **5x, woda destylowana**
- ❑ Suszenie: **105°C, 6 godz.**

	Kocioł 1	Kocioł 2	Kocioł 3
Strefa 1	P1, sodalit	P1	P1
Strefa 2	P1, sodalit	P1	P1
Strefa 3	sodalit	P1	P1
Miesz. 80/16/4	P1	P1	P1

Próbka	Stężenie zasady, mol/dm <sup>3</sup>	Otrzymany zeolit
K4M (3M)	3	P1
K4 3,5M	3,5	P1
K4 4M	4	Śl. P1, sodalit
K4 4,5M	4,5	Sodalit
K4 5M	5	Sodalit



- TESTY LABORATORYJNE

Charakterystyka fizykochemiczna

Optymalizacja receptury:

Aktywatory Na-K

Skrócenie czasu wiązania

Próba wielkogabarytowa

- OCENA WPŁYWU FRAKCJONOWANIA POPIOŁÓW LOTNYCH NA SYNTEZĘ AAM
- WSPÓŁPRACA Z INTYTUCJAMI NAUKOWYMI
- WSPÓŁPRACA Z INNYMI PODMIOTAMI ENERGETYKI ZAWODOWEJ
- ANALIZY RYNKOWE – potencjalni partnerzy biznesowi
- STANDARYZACJA I KOMERCJALIZACJA

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

[BARTOSZ.SARAPATA@EDF.PL](mailto:BARTOSZ.SARAPATA@EDF.PL)

