Wpływ domieszek chemicznych na reologię oraz właściwości stwardniałego betonu

mgr inż. Krzysztof Wrzecion

MAPEI Polska Sp. z o.o.

Plan referatu:

- Wprowadzenie w zasadę działań plastyfikatorów/ superplastyfikatorów

- Wyniki badań laboratoryjnych
- Metody badań trwałościowych stwardniałego betonu

    - Reologia świeżej mieszanki

    - Wodoszczelność W8 (opis metody)
    - Nasiąkliwość (opis metody)
    - Mrozoodporność F50 , F100 (opis metody)

- Podsumowanie

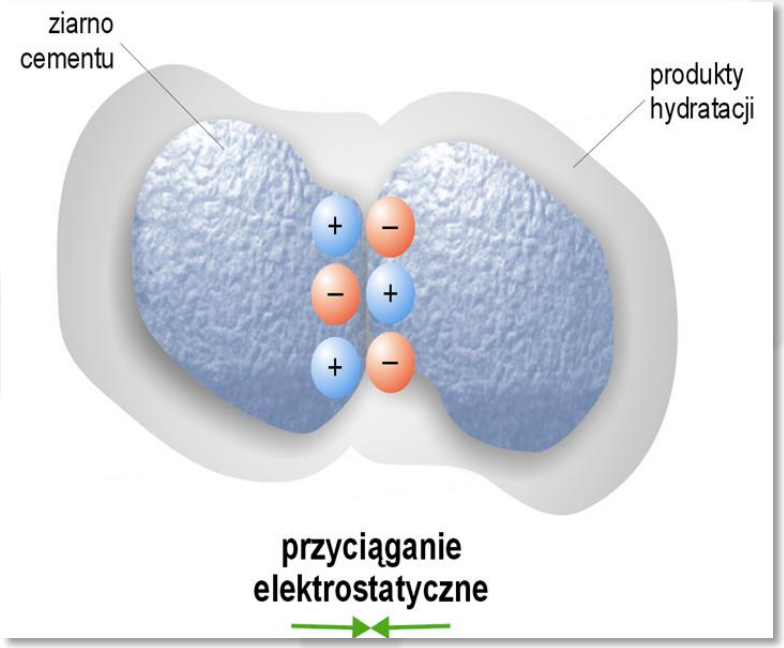
Rodzaje plastyfikatorów, efekty działania

- **Plastyfikatory tradycyjne**
  - Działanie podstawowe
    - uplastycznienie mieszanki – modyfikacja reologii
  - Działanie dodatkowe
    - modyfikacja zawartości powietrza w mieszance
    - opóźnienie wiązania
- **Superplastyfikatory**
  - Działanie podstawowe
    - upłynnienie mieszanki – znaczna modyfikacja reologii
  - Działanie dodatkowe
    - modyfikacja zawartości powietrza w mieszance
    - opóźnienie wiązania

Zasady działania plastyfikatorów i upłynniaczy

ZACZYN CEMENTOWY BEZ DODATKU PLASTYFIKATORA

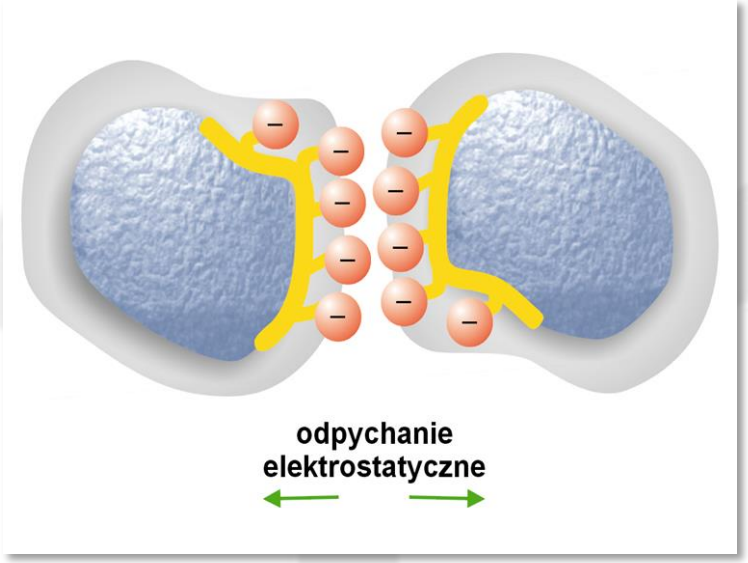
- ziarna cementu naładowane różnoimiennymi ładunkami
- tendencja do „sklejania się” cząstek cementu
- utrudnienie zwilżania wodą, niepełna hydratacja



Zasady działania plastyfikatorów i upłynniaczy

ZACZYN CEMENTOWY Z DODATKIEM PLASTYFIKATORÓW NA BAZIE LIGNOSULFONIANÓW, MELAMIN, NAFTALENÓW

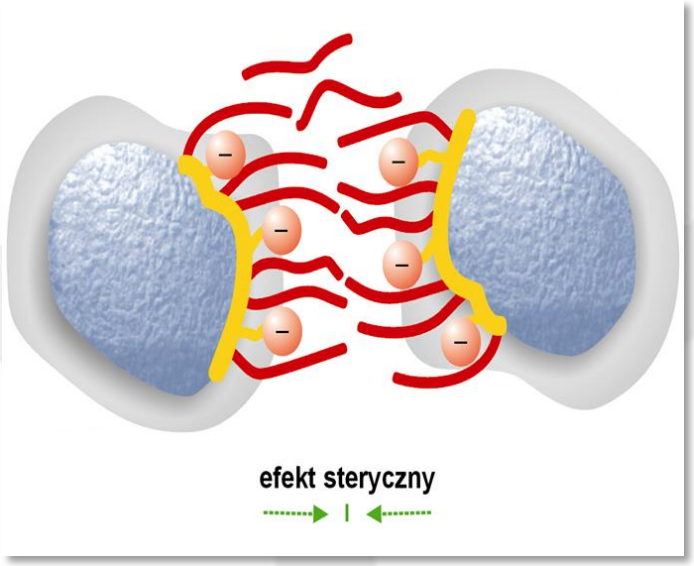
- ładowanie ujemnymi ładunkami powierzchni ziaren cementu
- odpychanie elektrostatyczne
- stopniowe zanikanie efektu odpychania



Zasady działania plastyfikatorów i upłynniaczy

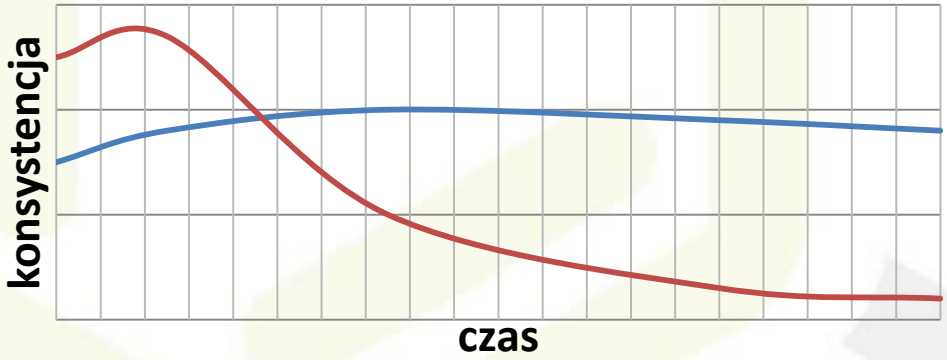
ZACZYN CEMENTOWY Z DODATKIEM PLASTYFIKATORÓW NA BAZIE AKRYLANÓW LUB ETERU POLIKARBOKSYLOWEGO

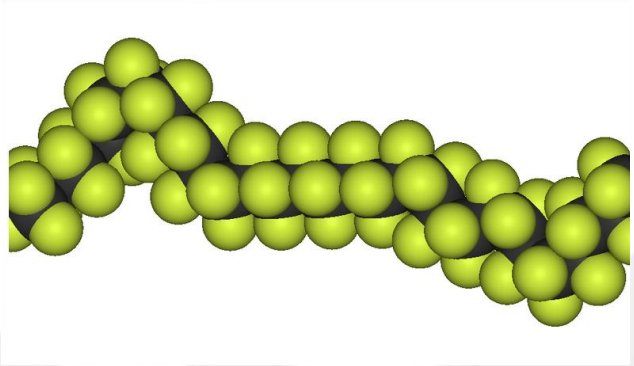
- Łańcuch główny upłynniaczy jest naładowany ujemnie (odpychanie elektrostytyczne)
- Łańcuchy boczne o charakterze obojętnym skierowane na zewnątrz (efekt steryczny)
- Silny i długotrwały efekt upłynnienia



Zasady działania plastyfikatorów i upłynniaczy

ZACZYN CEMENTOWY Z DODATKIEM PLASTYFIKATORÓW NA BAZIE AKRYLANÓW LUB ETERU POLIKARBOKSYLOWEGO





Rola plastyfikatorów – wyniki badań

- Zmiana stosunku wodno-cementowego W/C
- Wpływ na reologię świeżej mieszanki betonowej
- Wpływ na wybrane parametry trwałościowe stwardniałego betonu
  - Nasiąkliwość
  - Mrozoodporność F50/F100
  - Wodoszczelność W8

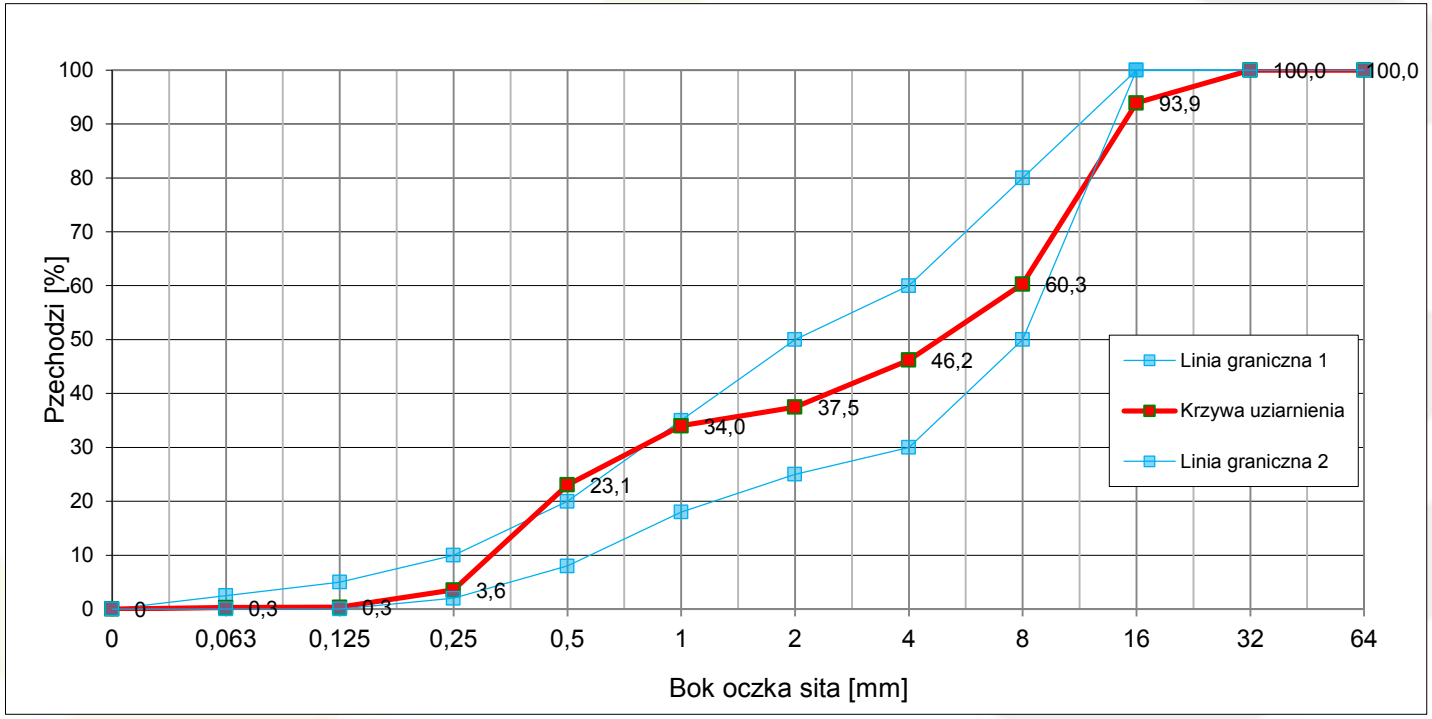
Projekt mieszanki betonowej – wersja 1

Składniki	Pochodzenie	Gęstość [kg/dm³]	Udział [%]	Ilość [kg/m³]	Objętość [Lt/m³]
CEM I 42,5		3,10		**280**	90,3
Popiół lotny	-	2,15		**50**	23,3
		0,91		**0**	0,0
Woda	-	1,00		**210**	210,0
0/2	Bierwa	2,65	***36,0%***	**621**	234,5
2/8	Bierawa	2,65	***27,0%***	**466**	175,9
8/16	Bierawa	2,65	***37,0%***	**639**	241,0
			0,0%	**0**	0,0
Suma kruszyw			*100,0%*	**1726**	651,4
Zawartośc powietrza [%]			*2,5%*		25,0
	Mapei				
Suma:				**2266**	1000,00

W/C	**0,75**
W/S	0,64

	Lt/m³	kg/m³
Zaprawa	592,8	1187,2
Zaczyn+dod	348,6	540,0
<0,125	115,7	335,6
<0,250	136,7	391,3

Krzywa uziarnienia według: PN-88/B-06250 do 16 mm



Kruszywo naturalne

frakcja: 0-2 mm

frakcja: 2-8 mm

frakcja: 8-16

Projekt mieszanki betonowej – wersja 2

Składniki	Pochodzenie	Gęstość [kg/dm³]	Udział [%]	Ilość [kg/m³]	Objętość [Lt/m³]
CEM I 42,5		3,10		**280**	90,3
Popiół lotny	-	2,15		**50**	23,3
		0,91		**0**	0,0
Woda	-	1,00		**165**	165,0
0/2	Bierwa	2,65	***36,0%***	**661**	249,4
2/8	Bierawa	2,65	***27,0%***	**496**	187,1
8/16	Bierawa	2,65	***37,0%***	**679**	256,3
			0,0%	**0**	0,0
Suma kruszyw			*100,0%*	**1836**	692,8
Zawartośc powietrza [%]			*2,5%*		25,0
SNF	Mapei	1,17	1,00%	**2,80**	2,39
MLS	Mapei	1,16	0,50%	**1,40**	1,21
Suma:				**2335**	1000,00

W/C	**0,59**
W/S	0,50

	Lt/m³	kg/m³
Zaprawa	566,9	1187,5
Zaczyn+dod	307,2	499,2
<0,125	115,8	336,0
<0,250	138,2	395,2

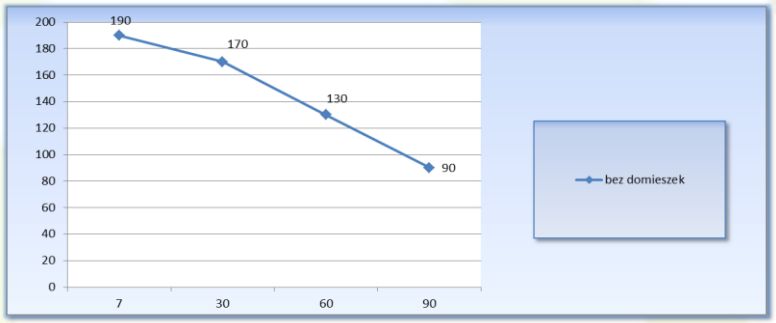
Projekt mieszanki betonowej – wersja 3

Składniki	Pochodzenie	Gęstość [kg/dm³]	Udział [%]	Ilość [kg/m³]	Objętość [Lt/m³]
CEM I 42,5		3,10		**280**	90,3
Popiół lotny	-	2,15		**50**	23,3
		0,91		**0**	0,0
Woda	-	1,00		**142**	142,0
0/2	Bierwa	2,65	***36,0%***	**684**	258,1
2/8	Bierawa	2,65	***27,0%***	**513**	193,6
8/16	Bierawa	2,65	***37,0%***	**703**	265,3
			0,0%	**0**	0,0
Suma kruszyw			*100,0%*	**1900**	717,0
Zawartośc powietrza [%]			*2,5%*		25,0
PCE	Mapei	1,08	0,58%	**1,62**	1,50
MLS	Mapei	1,16	0,40%	**1,12**	0,97
Suma:				**2375**	1000,00

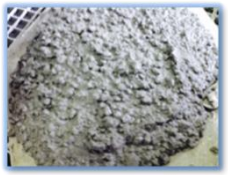
W/C	**0,51**
W/S	0,43

	Lt/m³	kg/m³
Zaprawa	551,8	1187,0
Zaczyn+dod	283,0	474,7
<0,125	115,9	336,2
<0,250	139,0	397,5

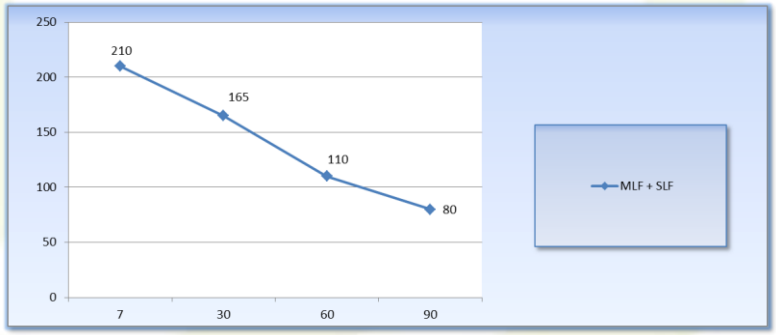
Wyniki badań – reologia świeżej mieszanki



	7	30	60	90
bez domieszek	190	170	130	90

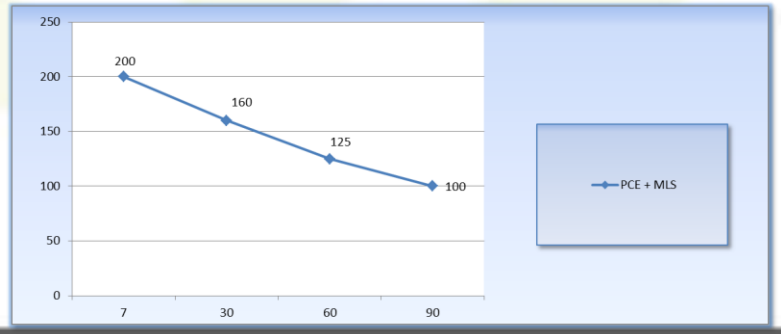


LP = 1,8%



	7	30	60	90
MLF + SLF	210	165	110	80

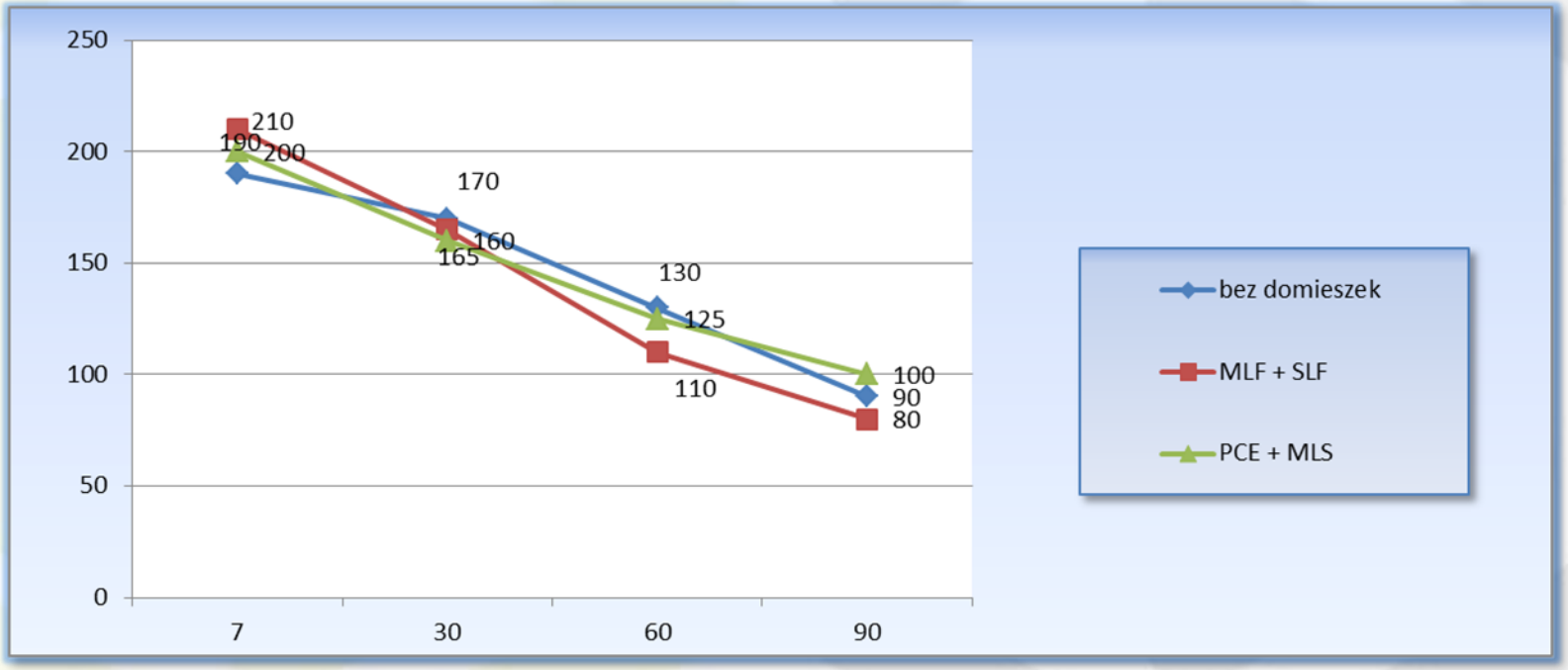
LP = 2,8%



	7	30	60	90
PCE + MLS	200	160	125	100

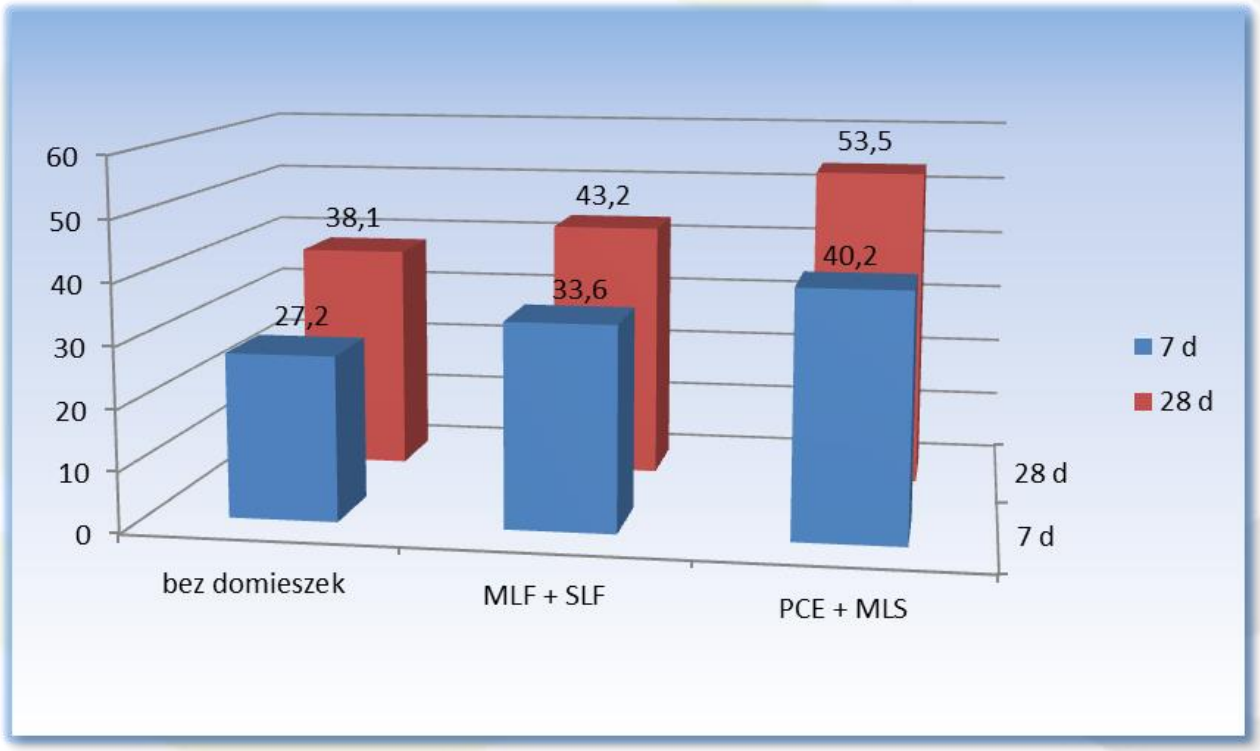
LP = 2,5 %

Wyniki badań – reologia świeżej mieszanki



	7	30	60	90
bez domieszek	190	170	130	90
MLF + SLF	210	165	110	80
PCE + MLS	200	160	125	100

Wyniki badań – wytrzymałość



W/C	0,75
W/S	0,64

W/C	0,59
W/S	0,50

W/C	0,51
W/S	0,43

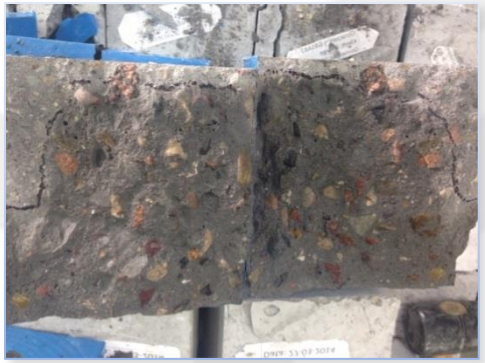
Wodoszczelność – metody badań

PN-88/B-06250 , W8,W10,W12

- 24h – 2 Bar (W2)
- 48 h – 4 Bar (W4)
- 72 h – 6 bar (W6)
- 96 h – 8 Bar (W8)
- 120 h – 10 Bar (W10)
- 144 h – 12 Bar (W12)

PN-EN 12390-8:2011

- ciśnienie 5 Bar
- czas 72 +/- 2 h



10.03.2016 Politechnika Łódzka

Wyniki badań – Wodoszczelność

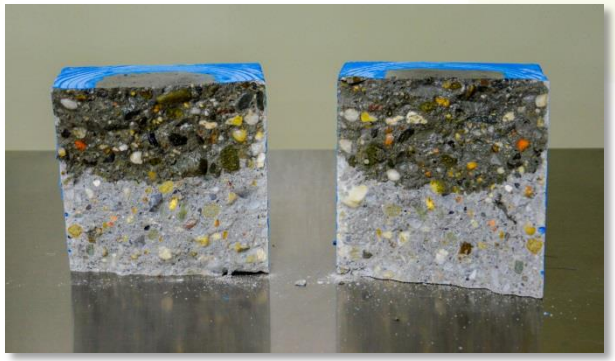
Numer stanowiska	Oznaczenie próbki	Przeciek przy ciśnieniu [MPa]						Głębokość wnikania wody [cm]	Wynik
		0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2		
1	774A1	-	-	-	-	/	/	7	W8
2	774A2	-	-	-	-	/	/	8	
3	774A3	-	-	-	-	/	/	8	

Numer stanowiska	Oznaczenie próbki	Przeciek przy ciśnieniu [MPa]						Głębokość wnikania wody [cm]	Wynik
		0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2		
1	775B1	-	-	-	-	/	/	4	W8
2	775B2	-	-	-	-	/	/	3	
3	775B3	-	-	-	-	/	/	4	

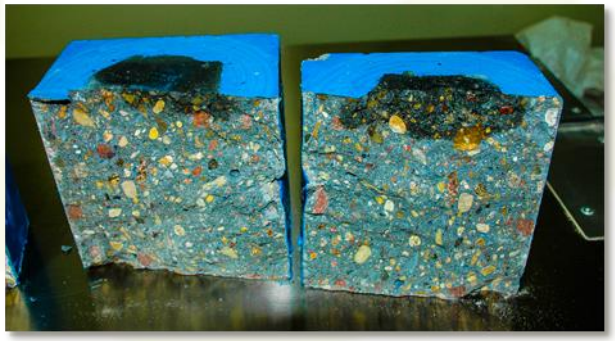
Numer stanowiska	Oznaczenie próbki	Przeciek przy ciśnieniu [MPa]						Głębokość wnikania wody [cm]	Wynik
		0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2		
1	776B1	-	-	-	-	/	/	2	W8
2	776B2	-	-	-	-	/	/	3	
3	776B3	-	-	-	-	/	/	2	

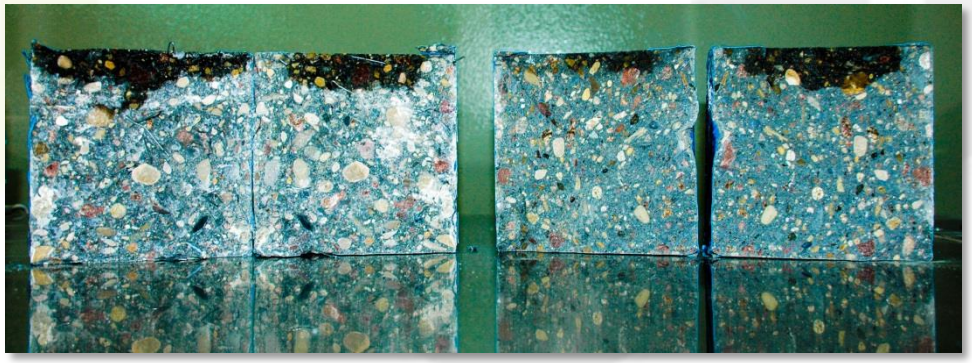
10.03.2016 Politechnika Łódzka

1.



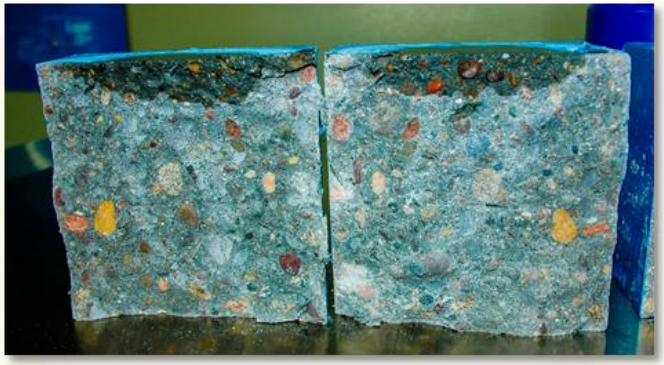
2.

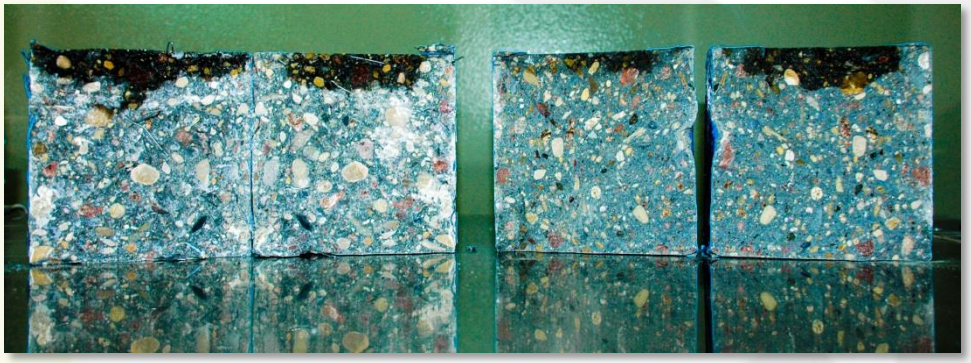




10.03.2016 Politechnika Łódzka

3.

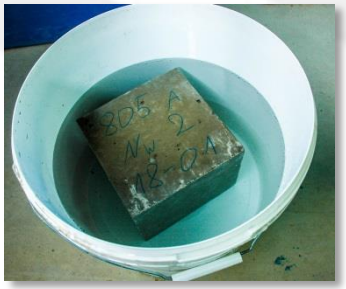




Nasiąkliwość – metoda badań

PN-88/B-06250,

- nasycanie próbek wodą



- co 24h sprawdza się wagę próbki w celu ustalenia nasycenia próbki(z dokładnością do 0,2%)
- całkowicie nasycone próbki umieszcza się w suszarce (105^{o}-110^{o})suszy do stałej masy

$$n = \frac{G_2 - G_1}{G_1} 100$$

G_1 – Średnia masa próbek suchych

G_2 – Średnia masa próbek nasyconych

Wyniki badań – Nasiąkliwość

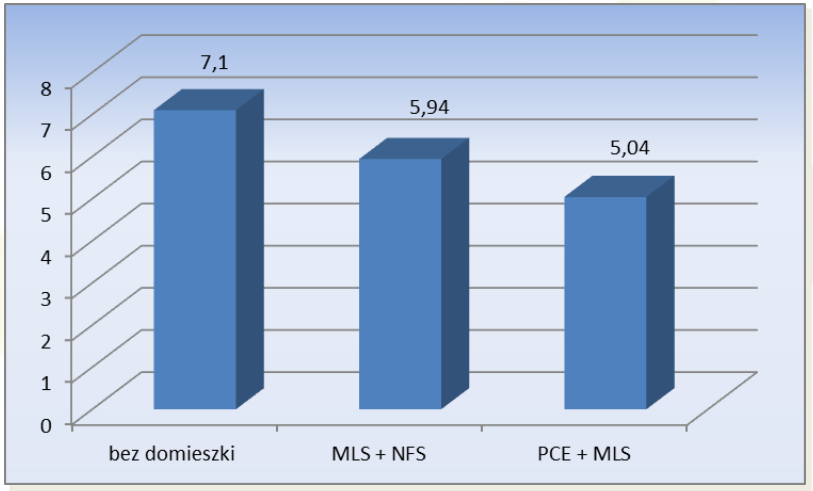
Lp.	Oznaczenie próbki	Oznaczeni próbki wg. Klienta	Początkowy ciężar (M_1) [kg]	Końcowy ciężar (M_2) [kg]	(M_1) - (M_2) [kg]	Nasiąkliwość W_a[%]
1	774A1		7969	7443	526	7,07
2	774A2		7863	7329	534	7,29
3	774A3		5487	5131	356	6,94
Liczba próbek 3-6			**Średnia nasiąkliwość W_a [%]**		**7,10**	

Lp.	Oznaczenie próbki	Oznaczeni próbki wg. Klienta	Początkowy ciężar (M_1) [kg]	Końcowy ciężar (M_2) [kg]	(M_1) - (M_2) [kg]	Nasiąkliwość W_a[%]
1	G775C5		7830	7380	450	6,10
2	G775C6		8003	7568	435	5,75
3	G775C7		7982	7532	450	5,97
Liczba próbek 3-6			**Średnia nasiąkliwość W_a [%]**		**5,94**	

Wyniki badań – Nasiąkliwość

Lp.	Oznaczenie próbki	Oznaczeni próbki wg. Klienta	Początkowy ciężar (M_1) [kg]	Końcowy ciężar (M_2) [kg]	(M_1) - (M_2) [kg]	Nasiąkliwość W_a[%]
1	G776B1		7897	7518	379	5,04
2	G776B2		7935	7556	379	5,02
3	G776B3		7935	7553	382	5,06

Liczba próbek 3-6	**Średnia nasiąkliwość W_a [%]**	**5,04**



	%
bez domieszki	7,1
MLS + NFS	5,94
PCE + MLS	5,04

Mrozoodporność – metody badań

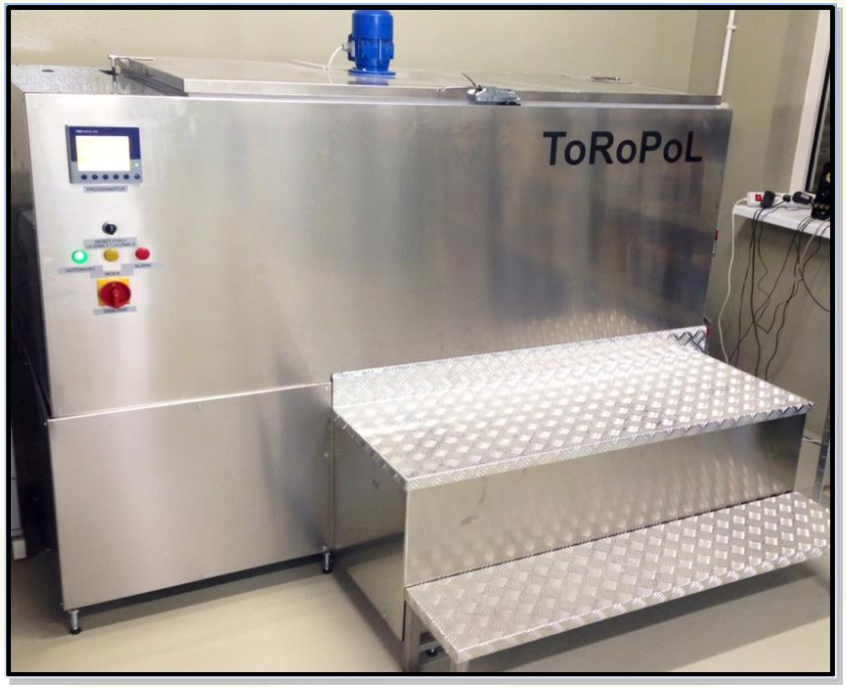
PN-88/B-06250 , (F100, F150, F200)

- 1 cykl ; -20°C , +20°C
- -20; 4h
- +20; 2-4h

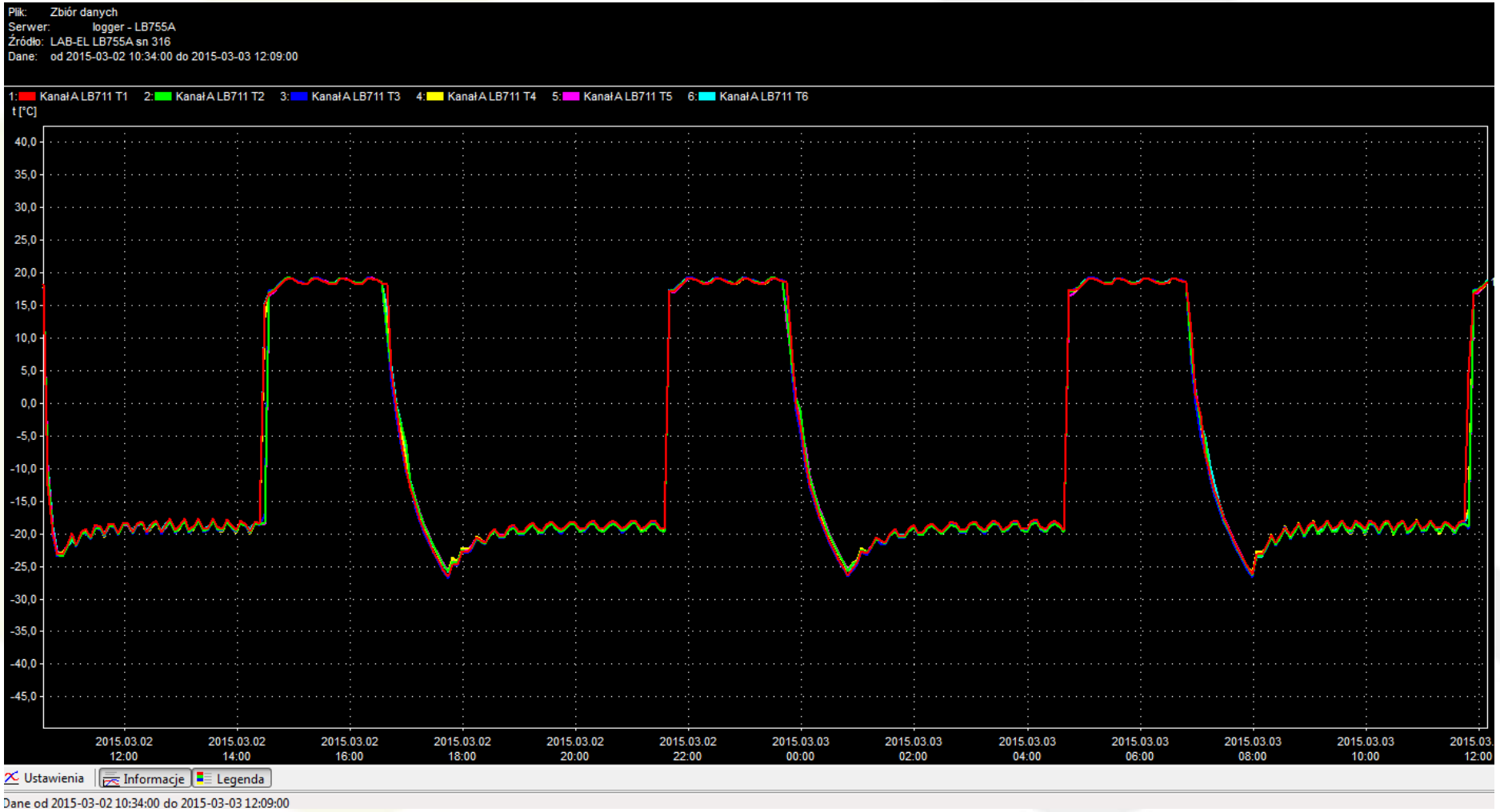
wskaźnik	stopień mrozoodporności
> 25	F25
26-50	F50
51-75	F75
76-100	F100
101-150	F150
151-200	F200
<200	F300

- Utrata wagi nie mniejsza niż 5%
- Wynik wytrzymałości nie mniejszy niż 20%

10.03.2016 Politechnika Łódzka



10.03.2016 Politechnika Łódzka



PN-EN 12390-9:2011

(3% roztwór NaCl)

Kategoria	Utrata wagi po 28 cyklach (m_{28})	Utrata wagi po 56 cyklach (m_{56})	Stopień utraty wagi m_{56}/m_{28}
FT0	Brak wymagań	Brak wymagań	Brak wymagań
FT1	Średnia wartość ≤1,0 kg/m^2 Pojedynczy wynik >1,5 kg/m^2	Brak wymagań	Brak wymagań
FT2	Średnia wartość ≤ 0,5 kg/m^2	Średnia wartość ≤ 1,0 kg/m^2 Pojedynczy wynik>1,5 kg/m^2	≤ 2,0

10.03.2016 Politechnika Łódzka

Wyniki badań – Mrozoodporność

1. Wyniki badań - wytrzymałość

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (R_1) [Mpa]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (R_2) [Mpa]
1.	44,8	7.	33,9
2.	42,3	8.	36,8
3.	41,5	9.	38,5
4.	39,3	10.	37,2
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**42,0**	Średnia	**36,6**

$$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100 = 12{,}81 \quad \leq 20\ \%$$

2.Wyniki badań - masa

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (G_1) [g]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (G_2) [g]
1.	2302,0	7.	2308
2.	2376	8.	2377
3.	2372	9.	2374
4.	2326	10.	2326
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**2344,0**	Średnia	**2346,3**

$$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100 = -0{,}10 \quad \leq 5\ \%$$

3.Oznaczenie badania

Projektowany stopień mrozoodporności betonu	F50	**TAK**

1. Wyniki badań - wytrzymałość

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (R_1) [Mpa]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (R_2) [Mpa]
1.	44,8	5.	34,6
2.	42,3	6.	35,4
3.	41,5	7.	34,4
4.	39,3	8.	35,2
Średnia	**42,0**	Średnia	**34,9**

$$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100 = 16{,}86 \quad \leq 20\ \%$$

2.Wyniki badań - masa

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (G_1) [g]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (G_2) [g]
1.	2376,0	7.	2373
2.	2316	8.	2316
3.	2359	9.	2355
4.	2340	10.	2340
Średnia	**2347,8**	Średnia	**2346,0**

$$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100 = 0{,}07 \quad \leq 5\ \%$$

3.Oznaczenie badania

Projektowany stopień mrozoodporności betonu	F100	**TAK**

Wyniki badań – Mrozoodporność

1. Wyniki badań - wytrzymałość

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (R_1) [Mpa]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (R_2) [Mpa]
1.	51,3	7.	48,6
2.	54,1	8.	46,7
3.	51,5	9.	46,3
4.	51,3	10.	47,7
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**52,1**	Średnia	**47,3**

$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100$ = 9,08 **≤ 20 %**

2.Wyniki badań - masa

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (G_1) [g]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (G_2) [g]
1.	2379,0	7.	2374
2.	2338	8.	2335
3.	2337	9.	2339
4.	2344	10.	2343
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**2349,5**	Średnia	**2347,8**

$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100$ = 0,07 **≤ 5 %**

3.Oznaczenie badania

Projektowany stopień mrozoodporności betonu	F50	**TAK**

1. Wyniki badań - wytrzymałość

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (R_1) [Mpa]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (R_2) [Mpa]
1.	51,3	7.	47,0
2.	54,1	8.	45,7
3.	51,5	9.	44,2
4.	51,3	10.	46,9
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**52,1**	Średnia	**46,0**

$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100$ = 11,72 **≤ 20 %**

2.Wyniki badań - masa

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (G_1) [g]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (G_2) [g]
1.	2353,0	7.	2352
2.	2348	8.	2346
3.	2340	9.	2338
4.	2370	10.	2368
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**2352,8**	Średnia	**2351,0**

$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100$ = 0,07 **≤ 5 %**

3.Oznaczenie badania

Projektowany stopień mrozoodporności betonu	F100	**TAK**

10.03.2016 Politechnika Łódzka

Wyniki badań – Mrozoodporność

1. Wyniki badań - wytrzymałość

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (R_1) [Mpa]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (R_2) [Mpa]
1.	65,5	7.	55,4
2.	64	8.	57,4
3.	61,6	9.	61,9
4.	61	10.	55
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**63,0**	Średnia	**57,4**

$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100$ = 8,89 **≤ 20 %**

2.Wyniki badań - masa

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (G_1) [g]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (G_2) [g]
1.	2379,0	7.	2385
2.	2371	8.	2371
3.	2369	9.	2367
4.	2387	10.	2388
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**2376,5**	Średnia	**2377,8**

$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100$ = -0,05 **≤ 5 %**

3.Oznaczenie badania

Projektowany stopień mrozoodporności betonu	F50	**TAK**

1. Wyniki badań - wytrzymałość

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (R_1) [Mpa]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (R_2) [Mpa]
1.	65,5	7.	50,0
2.	64	8.	56
3.	61,6	9.	57
4.	61	10.	52
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**63,0**	Średnia	**53,8**

$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100$ = 14,72 **≤ 20 %**

2.Wyniki badań - masa

Oznaczenie próbki	Próbki kontrolne (G_1) [g]	Oznaczenie próbki	Próbki po badaniu (G_2) [g]
1.	2358,0	7.	2360
2.	2375	8.	2375
3.	2382	9.	2382
4.	2385	10.	2380
5.		11.	
6.		12.	
Średnia	**2375,0**	Średnia	**2374,3**

$\Delta G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100$ = 0,03 **≤ 5 %**

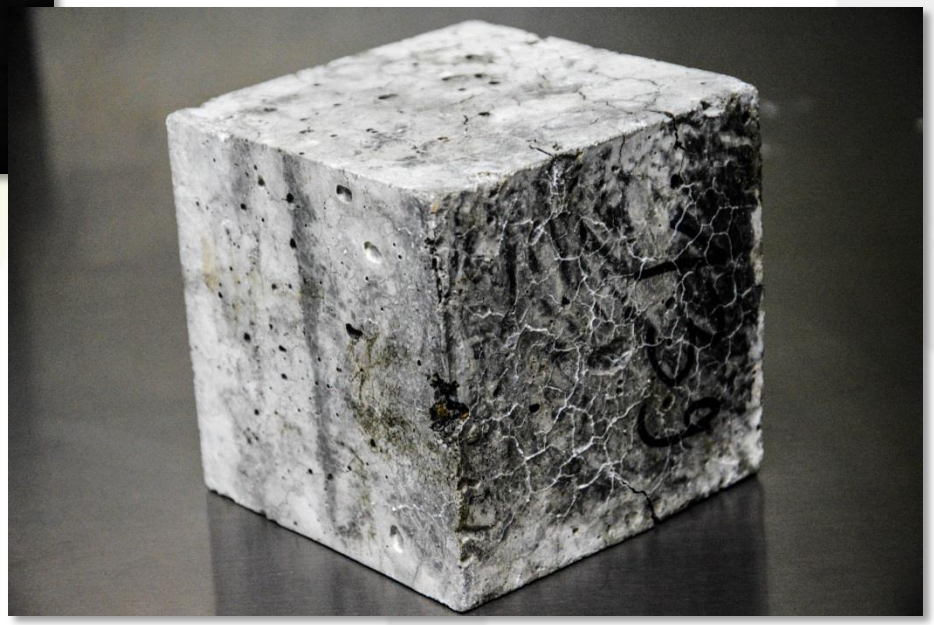
3.Oznaczenie badania

Projektowany stopień mrozoodporności betonu	F100	**TAK**

spchb

10.03.2016 Politechnika Łódzka

10.03.2016 Politechnika Łódzka



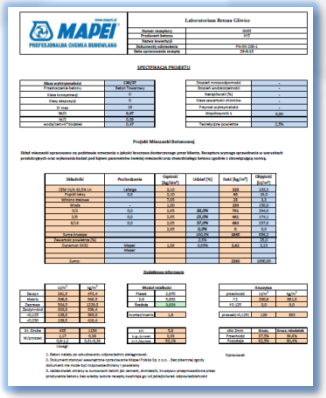
10.03.2016 Politechnika Łódzka

Podsumowanie

- Reologia
- Wytrzymałość
- Trwałość
  - Wodoszczelność
  - Nasiąkliwość
  - Mrozoodporność

O czym należy pamiętać ?

- **Projekt mieszanki**
  - stosunek w/c
  - rodzaj i jakość kruszyw
- **Warunki atmosferyczne**
  - temperatura
- **Warunki techniczne**



O czym należy pamiętać ?

- **Właściwości domieszek**
  - baza surowcowa
  - zawartość suchej masy

- **Właściwości cementu**
  - rodzaj cementu
  - powierzchnia właściwa

- **Jakość dodatków**

10.03.2016 Politechnika Łódzka

10.03.2016 Politechnika Łódzka

10.03.2016 Politechnika Łódzka

10.03.2016 Politechnika Łódzka

Literatura

- A.M. Neville: Właściwości betonu. Polski Cement, Kraków 2012
- Z. Jamroży: Beton i jego technologie, PWN, warszawa 2006
- Praca zbiorowa: Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, SPBT, Kraków 2014
- PN-EN 206:2014. Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- PN-88/B-06250. Beton zwykły
- Wikipedia

Dziękuję za uwagę

Krzysztof Wrzecion
MAPEI Polska Sp. z o.o.
Główny Technolog Betonu

mobile: (+48) 500 365 126
e mail: k.wrzecion@mapei.pl