LAFARGE

A MEMBER OF HOLCIM GROUP

TECHNOLOGIA BETONU 2023

Trwałość betonów z cementów niskoklinkierowych

Dr inż. Maja Kępniak

Cementy niskoklinkierowe

Betony z cementów niskoklinkierowych

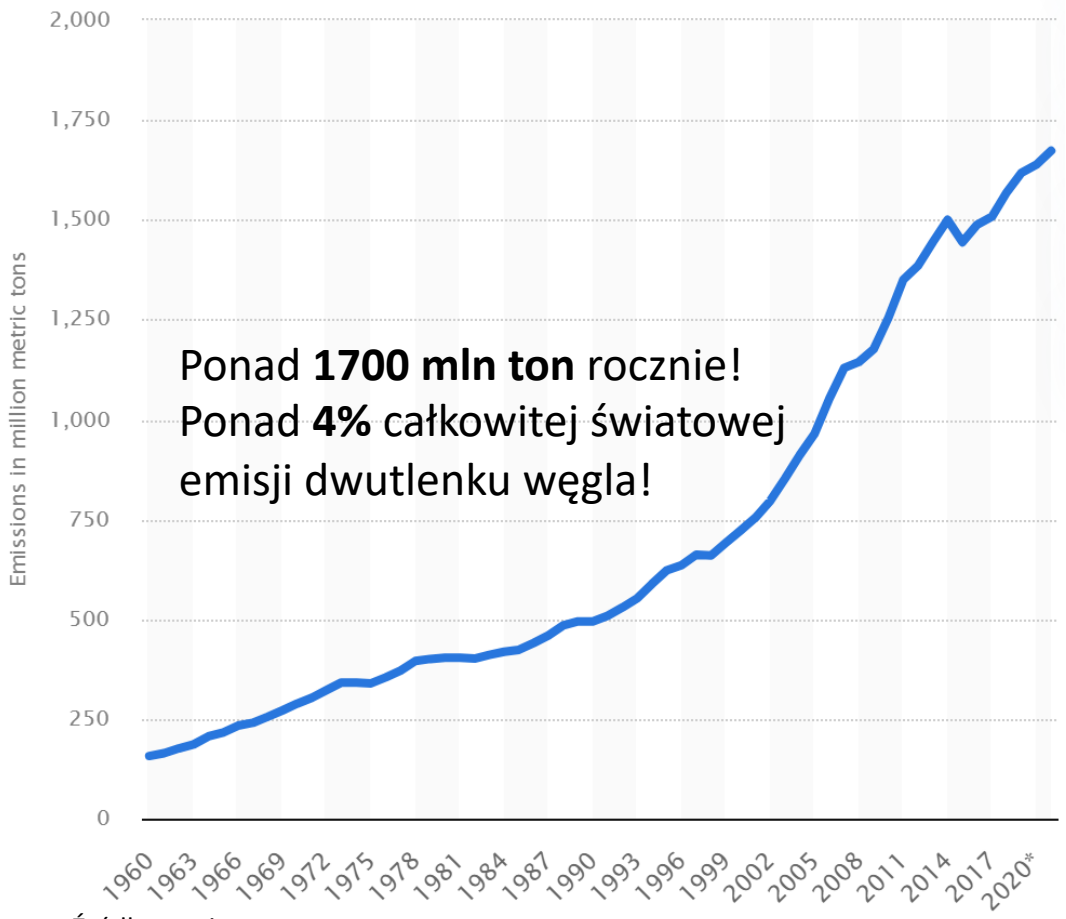
- CEM IV/B(V) 42,5 N LH/NA (45-64% K) – ECOPlanet 4B
- CEM V/A (S-V) 42,5 N LH/HSR/NA (40- 65% K) - ECOPlanet 5A

Motywacja

Betony z cementów niskoklinkierowych

Motywacja - ekologia

Emisja dwutlenku węgla z produkcji cementu na świecie



Źródło: statista.com

Rodzaj cementu	Klinkier	Emisja CO_2 kg/Mg cementu	Względna emisji CO_2
CEM I	95%	889*	100%
CEM IV/B	45-64%	345**	39%
CEM V/A	40-65%	323***	36%

Źródła:
*EPD – Deklaracja Środowiskowa III typu – EPD, Cementy CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V produkowane w Polsce
**EPD – Deklaracja Środowiskowa typu III dla cementu ECOPlanet 4B CEM IV/B (V) 42,5 N – LH/NA Kujawy
***EPD – Deklaracja Środowiskowa typu III dla cementu ECOPlanet 5A CEM V/A (S-V) 42,5 N – LH/HSR/NA i ECOPlanet 2C CEM II/C-M(V-LL) 32,5 R

Motywacja - finanse

Źródło: investing.com

Motywacja

Ekologia

Finanse

PN – EN 206
PN-B 06265

Ograniczenia w stosowaniu cementów

Betony z cementów niskoklinkierowych

Ograniczenia

- Norma PN-B 06265 podaje ograniczenia w stosowaniu pewnych rodzajów cementów w wybranych klasach ekspozycji:

Klasy ekspozycji X – akceptowany zakres stosowania O – wymagane potwierdzenie przydatności		Brak zagrożenia agresją środowiska lub zagrożenia korozją	Korozja zbrojenia										Agresja wobec betonu										Interakcja ze strony stali sprężającej
			Korozja spowodowana karbonatyzacją				Korozja wywołana chlorkami						Zamrażanie/rozmrażanie				Środowisko chemicznie agresywne			Agresja wywołana ścieraniem			
							niepochodzącymi z wody morskiej			pochodzącymi z wody morskiej													
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2[c]	XA3[c]	XM1	XM2	XM3	
CEM IV[d]	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	O	O	O
	B	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O
CEM V[d]	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	O
	B	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O
CEM VI	S-V[d]	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O
	S-LL	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	S-P	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O

[a] Cementy, których stosowania nie przewidziano w danych klasach ekspozycji w niniejszej tablicy mogą być zastosowane po potwierdzeniu możliwości ich stosowania za pomocą metod powiązanych z oceną i porównaniem właściwości użytkowych (pkt. 5.2.5.3 lub 5.2.5.4 PN-EN 206+A2:2021-08).

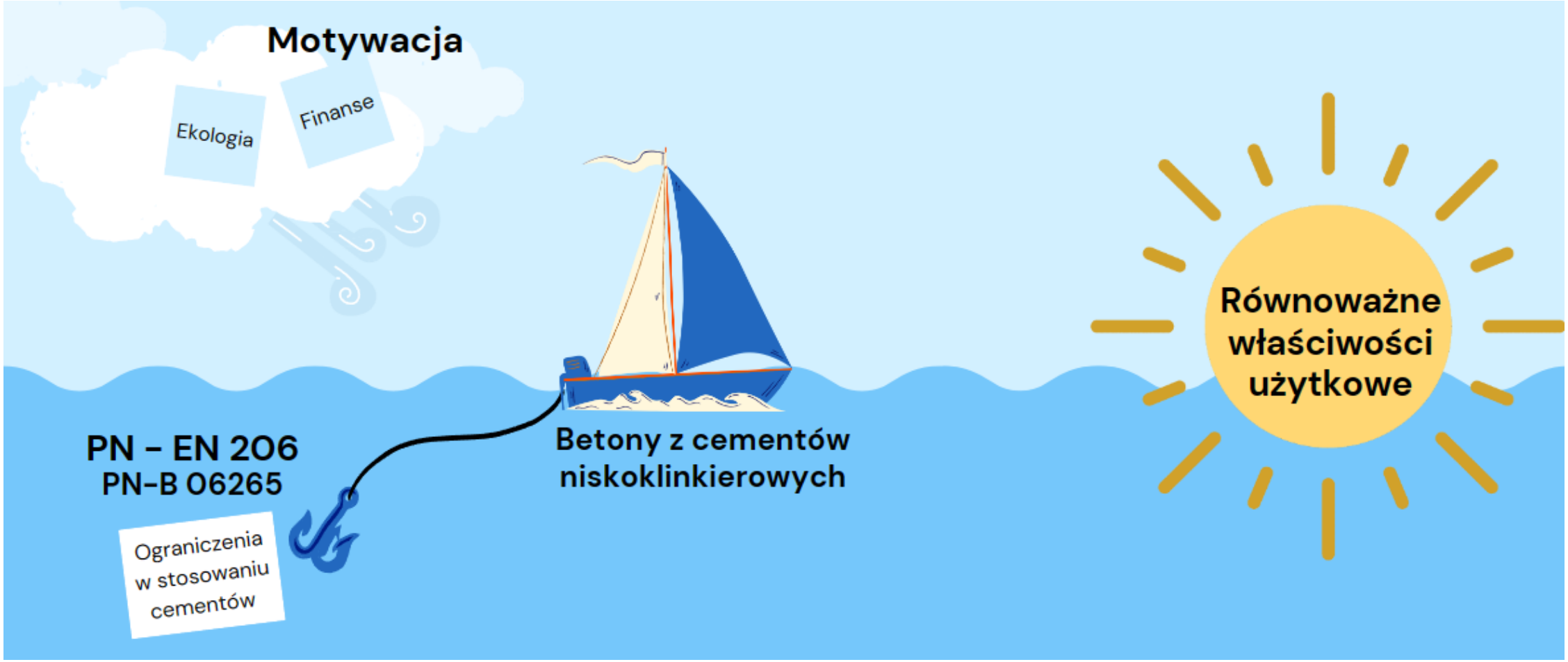
[c] W klasach ekspozycji XA2 i XA3 – w przypadku agresji chemicznej wywołanej siarczanami (z wyjątkiem ich pochodzenia morskiego) – stosuje się cement odporny na siarczany (SR) zgodny z wymaganiami normy PN-EN 197-1 lub cement odporny na siarczany (HSR) zgodny z wymaganiami normy PN-B-19707.

[b] Klasa wytrzymałości cementu ≥ 42,5 lub klasa wytrzymałości cementu ≥ 32,5 R z zawartością granulowanego żużla wielkopiecowego ≤ 50 % (masowo) zgodnie z oświadczeniem producenta cementu.

[e] Dopuszcza się stosowanie cementu hutniczego CEM III/B wyłącznie w przypadku elementów konstrukcji budowlanych narażonych na działanie wody morskiej, przy w/c ≤ 0,45, minimalna klasa wytrzymałości betonu C35/45 i zawartość cementu ≥ 340 kg/m³.

[d] Cementy do wytwarzania betonu według niniejszej normy mogą zawierać w swoim składzie tylko popioły lotne z maksymalnie 5,0 % stratą prażenia (LOI).

ALE…


Motywacja
Ekologia
Finanse
Równoważne właściwości użytkowe
Betony z cementów niskoklinkierowych
PN – EN 206
PN-B 06265
Ograniczenia w stosowaniu cementów

Koncepcja równoważnych właściwości użytkowych:

Udowodnienie nie gorszej trwałości betonu testowanego w porównaniu do betonu referencyjnego wykonanego zgodnie z wymaganiami składu podanymi w normie PN-B 06265.

Beton testowany może wykraczać poza granice wymaganej zawartości cementu, wskaźnika w/c oraz zawartości powietrza.

Składniki użyte w badaniach muszą być ściśle zdefiniowane pod względem pochodzenia i charakterystyk.

Koncepcję tą można stosować wyłącznie w przypadku użycia cementów zgodnych z PN-EN 197-1 lub od sierpnia 2022 PN-EN 197-5.

Analizowane mieszanki betonowe

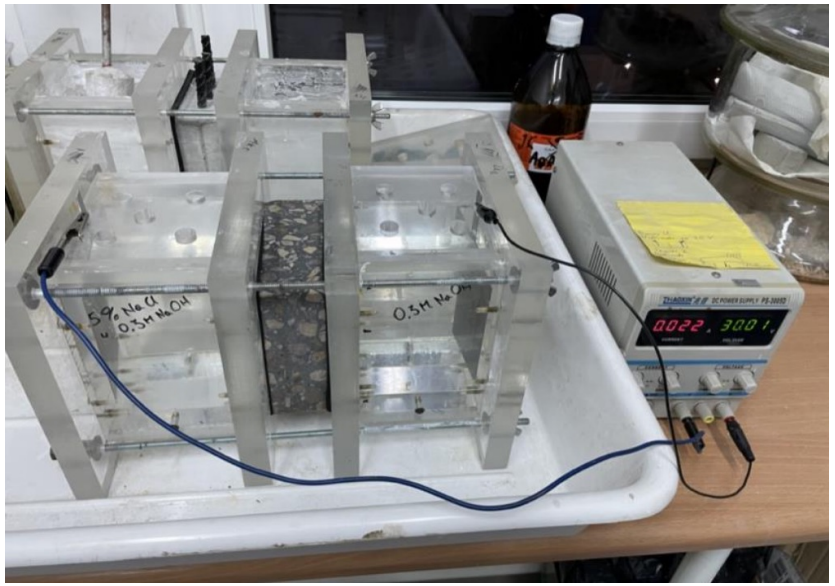
	M1 (IV; 0,60; 240 kg)	M2 (IV; 0,56; 260 kg)	M3 (IV, 0,52, 280 kg)	M4 (IV, 0,48 300 kg)	M5 (IV, 0,45, 320 kg)	M6 (V, 0,60, 240 kg)	M7 (V, 0,56, 260 kg)	M8 (V, 0,52, 280 kg)	M9 (V, 0,48 300 kg)	M10 (V, 0,45, 320 kg)
Rodzaj cementu	CEM IV/B(V) 42,5 N LH/NA					CEM V/A (S-V) 42,5 N LH/HSR/NA				
Cement, kg	240	260	280	300	320	240	260	280	300	320
w/c	0,60	0,56	0,52	0,48	0,45	0,60	0,56	0,52	0,48	0,45
Klasa, 28 dni	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C40/50	C12/15	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37
Klasa, 56 dni	**C25/30**	**C30/37**	**C40/50**	**C40/50**	**C40/50**	C16/20	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37
Klasa, 90 dni	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C45/55	**C20/25**	**C25/30**	**C30/37**	**C35/45**	**C40/50**
Klasa ekspozycji po czasie równoważnym	- -	- XC1	XD1 XC3	XD2 XC4	XD3 XC4	- -	- XC1	XD1 XC3	XD2 XC4	XD3 XC4

XC 1	XC 2	XC 3	XC 4
0,65	0,60	0,55	0,50
C20/25	C25/30	C30/37	C30/37
260	280	280	300

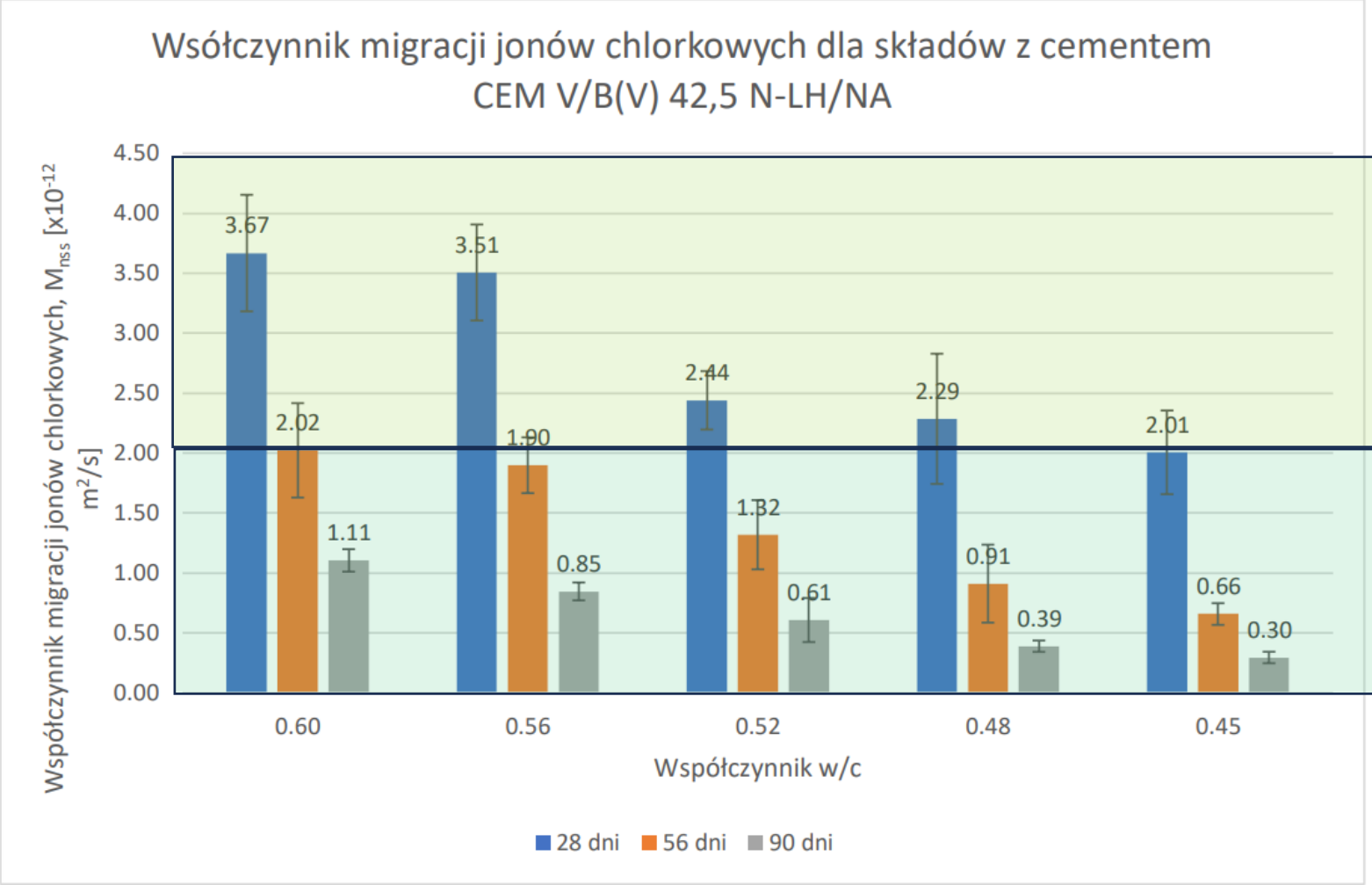
XD 1	XD 2	XD 3
0,55	0,55	0,45
C30/37	C30/37	C35/45
300	300	320

Motywacja
Ekologia
Finanse
Równoważne właściwości użytkowe
PN – EN 206
PN-B 06265
Ograniczenia w stosowaniu cementów
Betony z cementów niskoklinkierowych
Zagrożenia
XD
XC

Współczynnik migracji jonów chlorkowych



Współczynnik migracji jonów chlorkowych

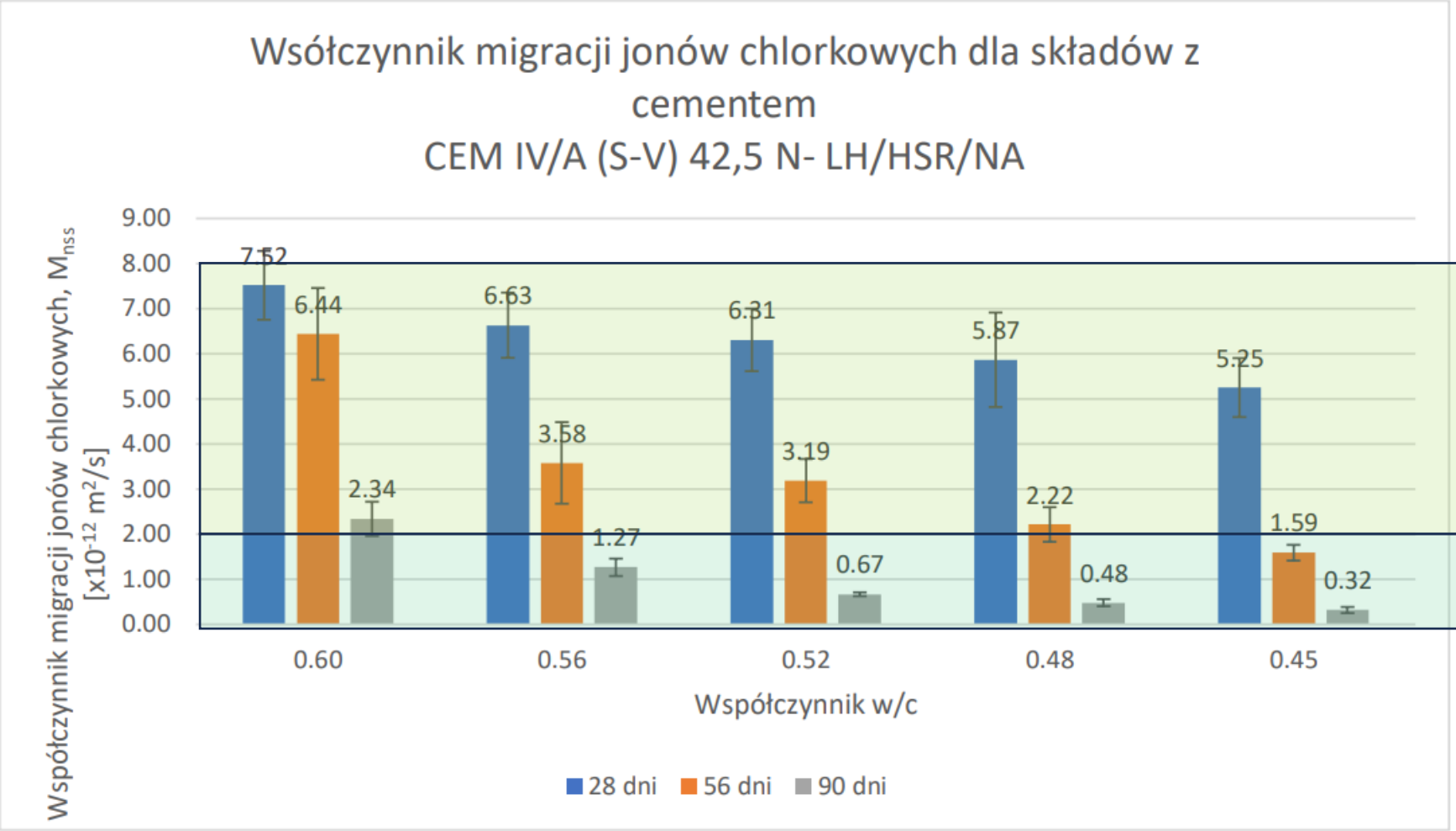


Dobra odporność
2- 8 x 10^{-12} m^2/s

Bardzo dobra odporność
<2 x 10^{-12} m^2/s

Tang L., Chloride transport in concrete – Measurement and prediction, Publication P-96:6, Chalmers University of Technology, Department of Building Materials, Göteborg 1996.

Współczynnik migracji jonów chlorkowych

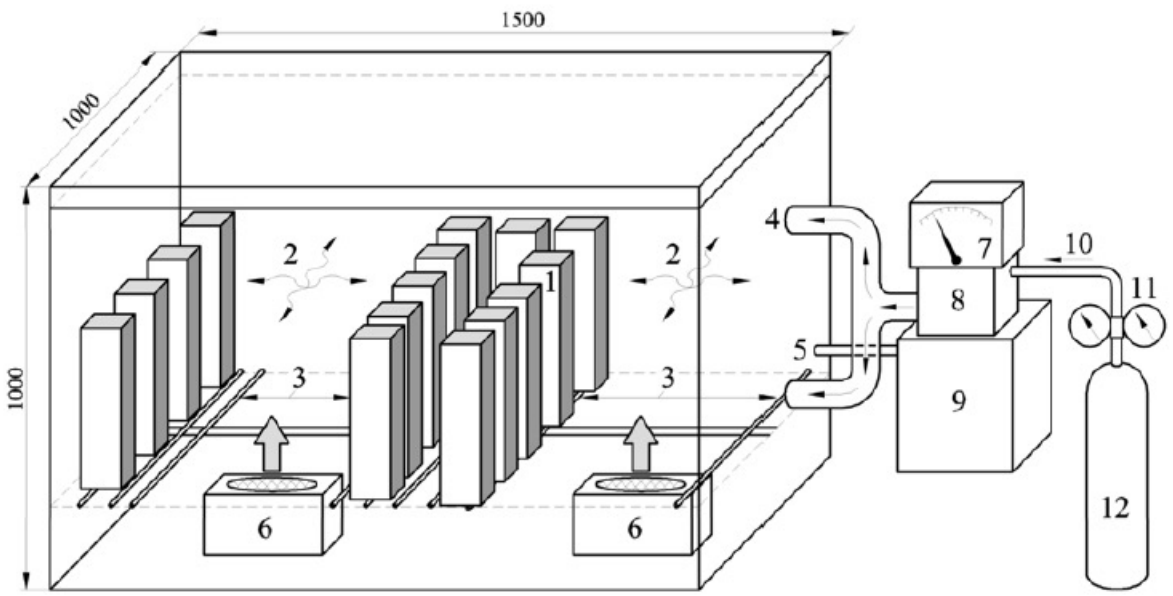


Dobra odporność
2- 8 x 10^{-12} m^2/s

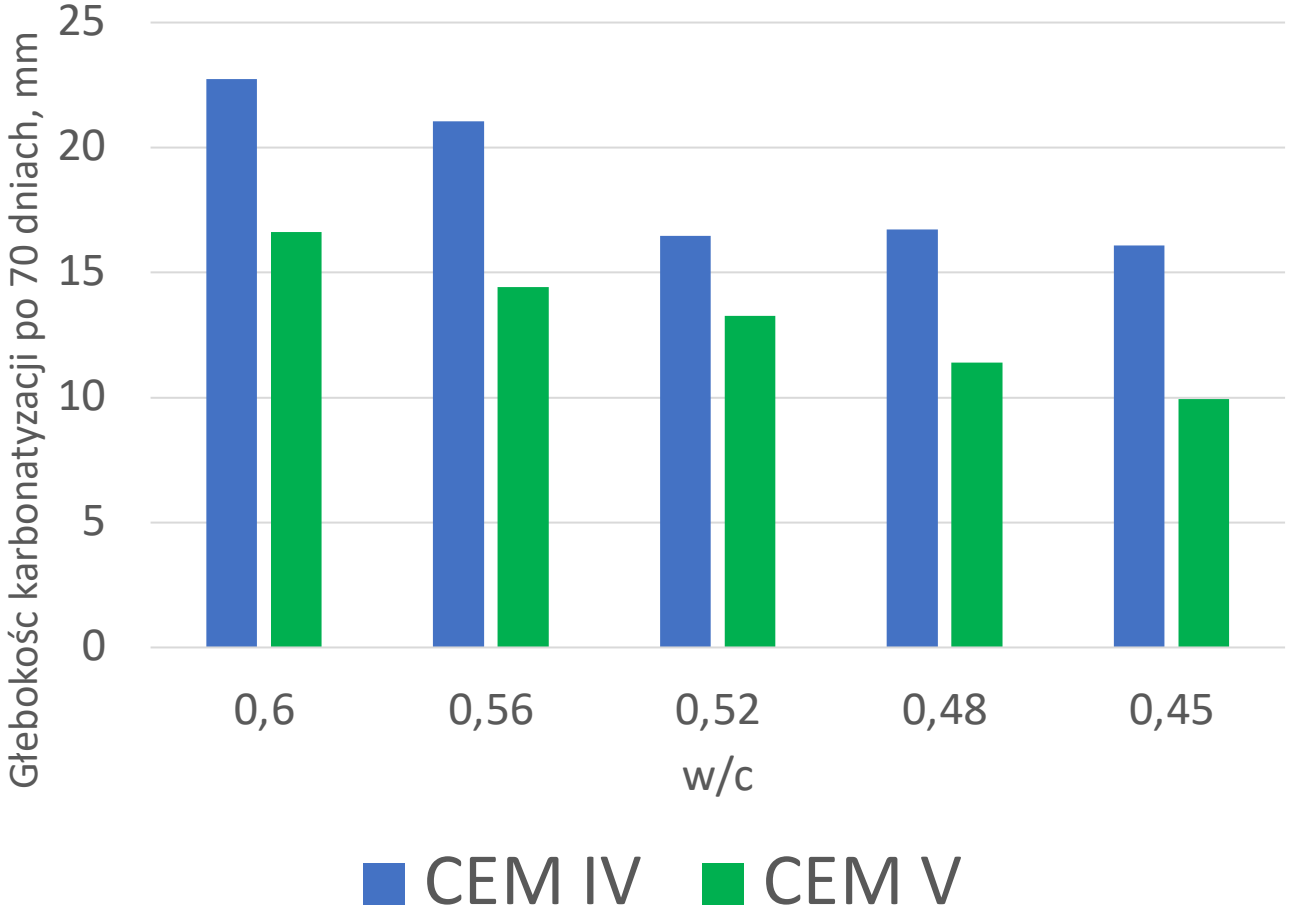
Bardzo dobra odporność
< 2 x 10^{-12} m^2/s

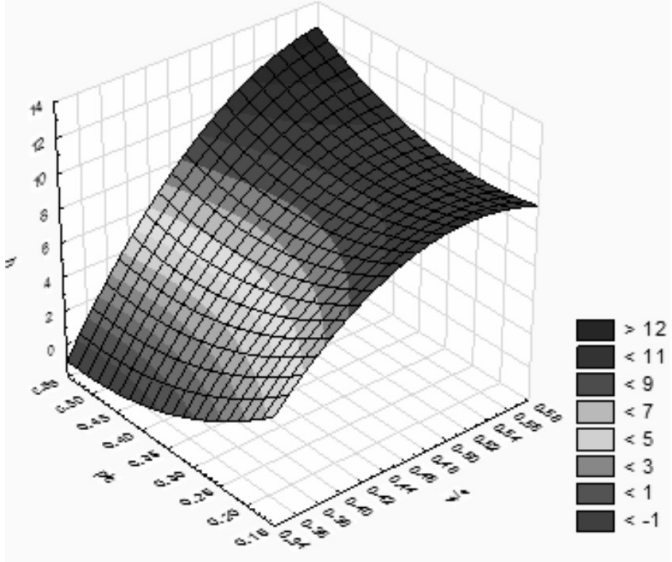
Tang L., Chloride transport in concrete – Measurement and prediction, Publication P-96:6, Chalmers University of Technology, Department of Building Materials, Göteborg 1996.

Głębokość karbonatyzacji

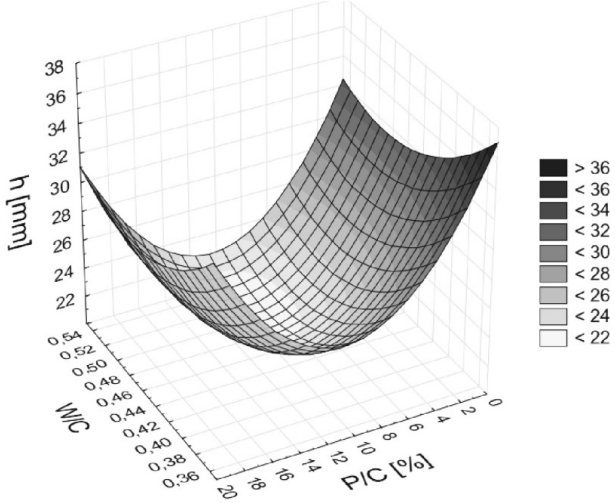


Głębokość karbonatyzacji





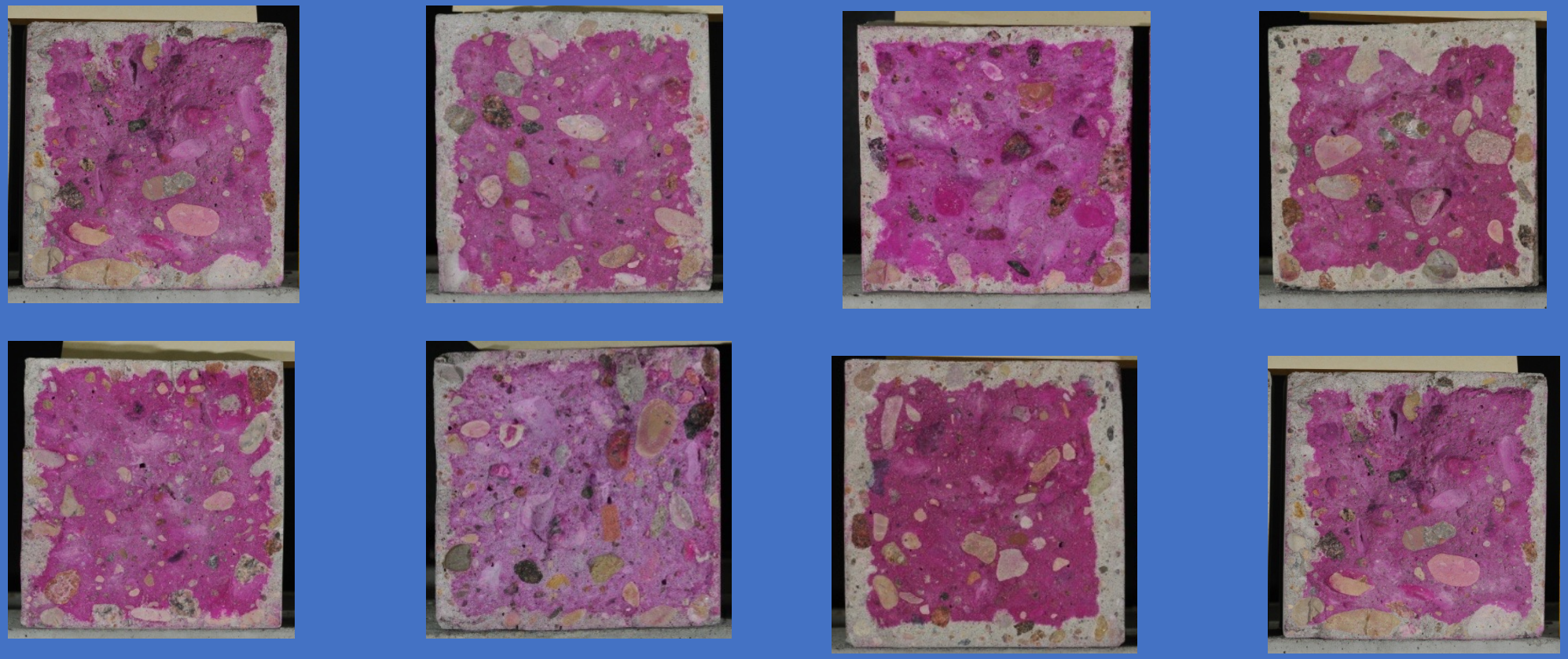
źródło: P. Woliński, P. Woyciechowski Model karbonatyzacji betonu z popiołem lotnym wapiennym

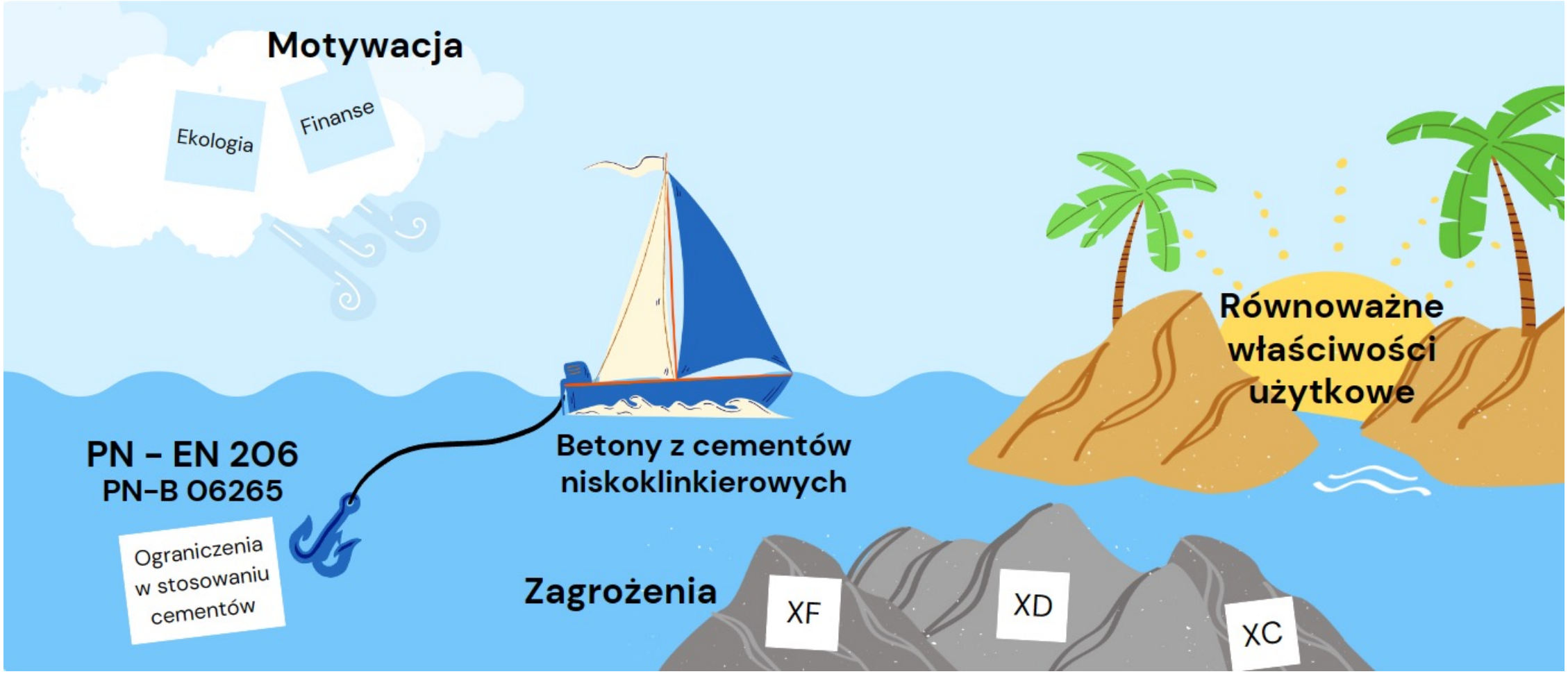


źródło: M. Kępniak, P. Woyciechowski Influence of sand substitution with waste lime powder on concreto carbonation

Głębokość karbonatyzacji

Dla porównania - przykładowe – typowe próbki betonowe




Motywacja
Ekologia
Finanse
PN - EN 206
PN-B 06265
Ograniczenia w stosowaniu cementów
Betony z cementów niskoklinkierowych
Równoważne właściwości użytkowe
Zagrożenia
XF
XD
XC

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!