

Szkolenie dla projektantów i technologów drogowych

Składniki betonu nawierzchniowego: CEMENT

Maciej Nowak
Cement Ożarów S.A.

Warszawa, 28 marca 2023

ORGANIZATOR



Stowarzyszenie Producentów Cementu
Polish Cement Association

PARTNERZY



Stowarzyszenie Producentów
Betonu Towarowego w Polsce



Polski Związek
Producentów Kruszyw

© fot. A Dąta



AGENDA

- Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych
- ASR-RID
- Przykłady wyliczeń zawartości alkaliów
- Podsumowanie



DOKUMENTACJA KRAJOWA – WWiORB D-05.03.04 v02

NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

2.2. Cement

Zgodność cementu z określoną normą należy wykazać Deklaracją Właściwości Użytkowych lub Krajową Deklaracją Właściwości Użytkowych wydaną przez Producenta Cementu. Każdy cement powinien być oznaczony zgodnie z normą PN-EN-197-1 przy spełnieniu dodatkowych wymagań udokumentowanych przez producenta cementu, z wyjątkiem cementów specjalnych wymienionych w pkt 2.2.1, dla których oznaczenie powinno być zgodne z PN-B-19707.

Cement powinien zostać dobrany zgodnie z PN-EN 206 oraz poniższymi Tabelami 4 i 5.

Należy stosować cementy klasy wytrzymałości 32,5 lub 42,5 o normalnej wczesnej wytrzymałości N lub wysokiej wczesnej wytrzymałości R. **Do betonu dolnej i górnej warstwy należy stosować ten sam rodzaj i klasę cementu.**

DOKUMENTACJA KRAJOWA – WWiORB D-05.03.04 v02

NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

Tabela 4. Cementy do betonów nawierzchni drogowych w kategoriach ruchu od KR5 do KR7, kategoria środowiskowa E3

Rodzaje nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania dodatkowe
1	2	3	4
Nawierzchnia dwuwarstwowa, gdy górna i dolna warstwa są z różnych mieszanek, a górna warstwa jest z kruszywem odkrytym.	Cement portlandzki: - CEM I 32,5 R - CEM I 32,5 N	PN-EN 197-1	- początek wiązania wg PN-EN 196-3: ≥ 120 minut - stopień zmielenia wg PN-EN 196-6: $\leq 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$ - Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$
	Cement portlandzki: - CEM I 42,5 R - CEM I 42,5 N		- początek wiązania wg PN-EN 196-3: ≥ 90 minut - stopień zmielenia wg PN-EN 196-6: $\leq 3800 \text{ cm}^2/\text{g}$ - Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$
Nawierzchnia dwuwarstwowa gdy górna i dolna warstwa są z tej samej mieszanki.	Cement portlandzki żużlowy: - CEM II/A-S	PN-EN 197-1	- początek wiązania wg PN-EN 196-3: ≥ 120 minut - Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$
	Cement portlandzki żużlowy: - CEM II/B-S	PN-EN 197-1	- początek wiązania wg PN-EN 196-3: ≥ 120 minut - Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$
Nawierzchnia jednowarstwowa.			

DOKUMENTACJA KRAJOWA – WWiORB D-05.03.04 v02

NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

Tabela 5. Cementy do betonów nawierzchni drogowych w kategoriach ruchu od KR1 do KR4, kategoria środowiskowa E3

Rodzaje nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania dodatkowe	Kategorie ruchu
1	2	3	4	5
Nawierzchnia dwuwarstwowa gdy górna i dolna warstwa są z tej samej mieszanki. Nawierzchnia jednowarstwowa.	Cement portlandzki: - CEM I 32,5 R - CEM I 32,5 N	PN-EN 197-1	• początek wiązania wg PN-EN 196-3: ≥ 120 minut • stopień zmielenia wg PN-EN 196-6: $\leq 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$ • Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$	KR1÷KR4
	Cement portlandzki: - CEM I 42,5 R - CEM I 42,5 N		• początek wiązania wg PN-EN 196-3: ≥ 90 minut • stopień zmielenia wg PN-EN 196-6: $\leq 3800 \text{ cm}^2/\text{g}$ • Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$	
	Cement portlandzki żuźlowy: - CEM II/A-S	PN-EN 197-1	• Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$	KR1÷KR4
	Cement portlandzki wapienny: - CEM II/A-LL			KR1÷KR3

DOKUMENTACJA KRAJOWA – WWiORB D-05.03.04 v02

NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

Tabela 5. Cementy do betonów nawierzchni drogowych w kategoriach ruchu od KR1 do KR4, kategoria środowiskowa E3

Rodzaje nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania dodatkowe	Kategorie ruchu
1	2	3	4	5
Nawierzchnia dwuwarstwowa gdy górna i dolna warstwa są z tej samej mieszanki. Nawierzchnia jednowarstwowa.	Cement portlandzki popiołowy: - CEM II/A-V ¹	PN-EN 197-1	Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 1,20\%$	KR1÷KR3
	Cement portlandzki żuźlowy: - CEM II/B-S	PN-EN 197-1	Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,90\%$	KR1÷KR4
	Cement portlandzki wieloskładnikowy: - CEM II/A-M(S-V) ¹	PN-EN 197-1	Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 1,20\%$	KR1÷KR3
	Cement portlandzki wieloskładnikowy: - CEM II/A-M(S-LL) ¹	PN-EN 197-1	Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%$	KR1÷KR4
	Cement hutniczy: - CEM III/A ²	PN-EN 197-1	Zawartość alkaliów³ jako $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 1,05\%$	KR1÷KR4

DOKUMENTACJA KRAJOWA – WWiORB D-05.03.04 v02

NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

Tabela 11a. Warunki zastosowania naturalnego kruszywa do betonu w obiekcie klasy S4 w zależności od kategorii oddziaływania środowiska E oraz kategorii reaktywności kruszywa R

Kategoria oddziaływania środowiska	Kategoria reaktywności kruszywa			
	Niereaktywne R0	Umiarkowanie reaktywne R1	Silnie reaktywne R2	Bardzo silnie reaktywne R3
	zawartość $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ w 1 m ³ betonu			
E2	Maks. 3,0 kg/m ³	Kruszyw o takiej kategorii reaktywności nie dopuszcza się		
E3	Maks. 2,4 kg/m ³			

DOKUMENTACJA KRAJOWA – WWiORB D-05.03.04 v02

NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

Tabela 11b. Warunki zastosowania naturalnego kruszywa do betonu w obiekcie klasy S3 w zależności od kategorii oddziaływania środowiska E oraz kategorii reaktywności kruszywa R

Kategoria oddziaływania środowiska	Kategoria reaktywności kruszywa			
	Niereaktywne R0	Umiarkowanie reaktywne R1	Silnie reaktywne R2	Bardzo silnie reaktywne R3
	zawartość Na ₂ O _{eq} w 1 m ³ betonu			
E2	bez ograniczeń	(i) maks. 2,4 kg/m ³ i (ii) min. 20%FA albo min 35%GGBS	Kruszyw o takiej kategorii reaktywności nie dopuszcza się	
E3	maks. 3,0 kg/m ³	(i) maks. 1,8 kg/m ³ i (ii) min. 20%FA albo min 35%GGBS wymagane potwierdzenie eksperta*		

DOKUMENTACJA KRAJOWA – ASR-RID 2019 vs 2022

ASR-RID 2019
5.2. Obliczanie zawartości alkaliów w recepturze betonu:
Zawartość alkaliów czynnych w betonie jako Na_2O_{eq} określa się jako sumę zawartości alkaliów z poszczególnych składników.
Wzór: $Na_2O_{eq} = \sum_i \frac{w_i}{100\%} x_i z_i \left[\frac{kg}{m^3} \right]$
gdzie: w_i – współczynnik uwzględniający udział alkaliów wymywanych dla i-tego składnika, x_i – zawartość Na_2O_{eq} dla i-tego składnika, z_i – zawartość i-tego składnika w betonie.
Do obliczeń należy przyjąć następujące wartości współczynników w_i : - 100 % całkowitej zawartości alkaliów w cemencie portlandzkim CEM I lub klinkierze portlandzkim; - 10 % całkowitej zawartości alkaliów w granulowanym żużlu wielkopiecowym i 10 % całkowitej zawartości alkaliów w popiele lotnym krzemionkowym, jako składników cementów wieloskładnikowych niskoalkalicznych NA oraz jako aktywnych dodatków mineralnych typu II do betonu; - 100 % zawartość alkaliów w domieszkach do betonu; - 100 % zawartość alkaliów w wodzie zarobowej; - w przypadku kruszyw naturalnych ze złóż krajowych ze skał litych i okruchowych nie stwierdza się znaczącego wymywania alkaliów, a co za tym idzie, alkalia wymywalne z kruszywa pomija się w bilansie Na_2O_{eq} w betonie.
Jeśli nie jest znany masowy udział cementu oraz zawartość w składnikach, zawsze należy przyjąć 100 % zawartości alkaliów określonych dla produktu handlowego – zastosowanego do produkcji betonu.

ASR-RID 2022
5.2. Obliczanie zawartości alkaliów w recepturze
Zawartość alkaliów w betonie jako Na_2O_{eq} określa się jako sumę zawartości alkaliów z poszczególnych składników mieszanki betonowej.
Wzór: $Na_2O_{eq} = \sum_i \frac{w_i}{100\%} \frac{x_i}{100\%} z_i \left[\frac{kg}{m^3} \right]$
gdzie: w_i – współczynnik uwzględniający udział alkaliów wymywanych dla składnika [%], x_i – zawartość Na_2O_{eq} dla składnika [%], z_i – zawartość składnika w betonie [kg/m ³].
Do obliczeń należy przyjąć następujące wielkości współczynników w_i : - 85% całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w cemencie portlandzkim CEM I lub cemencie portlandzkim wapiennym CEM II/A-LL-NA; - 80 % całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w cemencie portlandzkim żużlowym CEM II/A-S-NA; - 70% całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w cemencie portlandzkim popiołowym CEM II/A-V-NA, cemencie portlandzkim żużlowym CEM II/B-S-NA, cemencie portlandzkim wieloskładnikowym CEM II/A-M (S-V)-NA, - 60% całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w cemencie portlandzkim popiołowym CEM II/B-V-NA, cemencie portlandzkim wieloskładnikowym CEM II/B-M (S-V)-NA, cemencie hutniczym CEM III/A-NA, - 50% całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w cemencie wieloskładnikowym CEM V/A (S-V)-NA, - 30% całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w zmielonym granulowanym żużlu wielkopiecowym, jako dodatku typu II do betonu; - 10% całkowitej zawartości alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w popiele lotnym krzemionkowym, jako dodatku typu II do betonu; - 100% zawartość alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w domieszkach do betonu; - 100% zawartość alkaliów w przeliczeniu na Na_2O_{eq} w wodzie zarobowej (nie dotyczy wody wodociągowej); - w przypadku kruszyw naturalnych ze złóż krajowych ze skał litych i okruchowych nie stwierdza się znaczącego wymywania alkaliów, a co za tym idzie, alkalia wymywalne z kruszywa pomija się w bilansie Na_2O_{eq} w betonie.

DOKUMENTACJA KRAJOWA – ASR-RID 2019 vs 2022

ASR-RID 2019 – załącznik 6
2. Metoda obliczenia zawartości alkaliów w betonie
Obliczanie zawartości alkaliów w betonie odnosi się do maksymalnej zawartości alkaliów jako $Na_2O_{eq\ max}$ dopuszczalnej w określonej kategorii środowiska E, klasie obiektu S i kategorii reaktywności kruszywa R. Obliczenia powinny uwzględniać maksymalną zawartość $Na_2O_{eq\ max}$ we wszystkich składnikach mieszanki betonowej – zawartość $Na_2O_{eq\ max}$ określa maksymalną zawartość alkaliów wprowadzanych do betonu w postaci jego składników. Wartość graniczna zawartości $Na_2O_{eq\ max}$ na 1 m³ betonu wg tablic nr 4-7 Wytycznych Technicznych jest zróżnicowana – wynosi 3,0; 2,4 lub 1,8 kg/m³. Maksymalną wartość $Na_2O_{eq\ max}$ dla zawartości alkaliów w cemencie wyznacza się uwzględniając wyniki analizy statystycznej zawartości alkaliów w cementach stosowanych do produkcji mieszanki betonowej. Dla zawartości średniej deklarowanej przez producenta dla produktu rynkowego maksymalną zawartość $Na_2O_{eq\ max}$ w cemencie oblicza się: $Na_2O_{eq\ max} = Na_2O_{eq\ \text{średnie}} \times (1 + 2V_c) \text{ [kg/m}^3\text{]}$ Gdzie: $Na_2O_{eq\ \text{średnie}}$ - średnia zawartość wszystkich alkaliów wprowadzanych do betonu w postaci jego składników, $Na_2O_{eq\ max}$ - maksymalna zawartość alkaliów wprowadzanych do betonu w postaci jego składników – dla zawartości alkaliów w cemencie stosuje się maksymalną wartość z analizy statycznej, V_c - współczynnik zmienności dla zbioru zawartości alkaliów w stosowanym i proponowanym do wykorzystania w cemencie, gdzie zawartość reprezentuje produkcję za okres 3 tygodni lub dłuższy. Wykorzystuje się zbiór na podstawie analizy statystycznej próbek cementu przeprowadzonej przez producenta cementu. Jeżeli w okresie 3 lub więcej tygodni przeprowadzono więcej analiz oznaczenia zawartości alkaliów należy wybrać wartość najwyższą. Analogiczny sposób obliczania $Na_2O_{eq\ max}$ przyjmuje się dla wszystkich składników mieszanki betonowej. Do obliczeń przyjmuje się wartość $Na_2O_{eq\ max}$ wyliczoną dla wartości $Na_2O_{eq\ \text{średnie}}$ skorygowaną współczynnikiem zmienności V_c składnika.

ASR-RID 2022 – załącznik 6
2. Metoda obliczenia zawartości alkaliów w betonie
Obliczanie zawartości alkaliów w betonie odnosi się do zawartości alkaliów wyrażonej jako Na_2O_{eq}, dopuszczanej w określonej kategorii środowiska E, klasie obiektu S i kategorii reaktywności kruszywa R. Obliczenia powinny uwzględniać zawartość Na_2O_{eq} we wszystkich składnikach mieszanki. Wartość graniczna zawartości Na_2O_{eq} na 1 m³ betonu wg tablic nr 4-7 Wytycznych Technicznych jest zróżnicowana – wynosi 3,5; 3,0; 2,4 lub 1,8 kg/m³.

PRZYKŁADY WYLICZEŃ ZAWARTOŚCI ALKALIÓW

$$Na_2O_{eq\ max} = Na_2O_{eq\ \acute{s}rednie} \times (1 + 2V_c) \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Składnik	Zawartość alkaliów tygodniami Na_2O_{eq} [%]												Średnia zawartość alkaliów Na_2O_{eq} [%]	Maksymalna zawartość alkaliów $Na_2O_{eq\ max}$ [%]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
CEM I 42,5R-NA	0,55	0,52	0,58	0,50	0,48	0,52	0,55	0,56	0,40	0,40	0,52	0,52	0,51	0,57
CEM II/B-S 42,5R-NA	0,72	0,68	0,65	0,73	0,71	0,70	0,63	0,66	0,68	0,64	0,70	0,67	0,68	0,72
Klinkier	0,60	0,58	0,55	0,61	0,55	0,58	0,57	0,62	0,61	0,54	0,58	0,57	0,58	0,61
Granulowany żużel wielkopiecowy	0,85	0,90	0,82	0,76	0,91	0,85	0,82	0,86	0,84	0,82	0,84	0,81	0,84	0,91
Gips	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00
Domieszka upłynniająca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	2,00
Domieszka napowietrzająca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00
Woda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00005	0,00005
Kruszywo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00

PRZYKŁADY WYLICZEŃ ZAWARTOŚCI ALKALIÓW

Receptury betonu			
1		2	
Składnik betonu	Zawartość [kg/m ³]	Składnik betonu	Zawartość [kg/m ³]
Cement CEM I 42,5R-NA	420	Cement CEM II/B-S 42,5R-NA	420
Domieszka upłynniająca	2,5	Domieszka upłynniająca	2,5
Domieszka napowietrzająca	1,5	Domieszka napowietrzająca	1,5
Kruszywo	1810	Kruszywo	1810
Woda	155	Woda	155

PRZYKŁADY WYLICZEŃ ZAWARTOŚCI ALKALIÓW – RECEPTURA 1

ASR-RID 2019				ASR-RID 2022				
Składnik Betonu	Ilość składnika [kg/m³]	Maksymalna zawartość alkaliów [%]	Zawartość alkaliów [kg/m³]	Składnik Betonu	Ilość składnika [kg/m³]	Zawartość alkaliów [%]	Na ₂ O _{eq} aktywne [%]	Zawartość alkaliów [kg/m³]
CEM I 42,5R-NA	420	0,57	2,394	CEM I 42,5R-NA	420	0,51	0,51*0,85 = 0,44	1,848
Domieszka Upł.	2,5	2,0	0,050	Domieszka Upł.	2,5	2,0	2,0*1,0 = 2,0	0,050
Domieszka Nap.	1,5	1,0	0,015	Domieszka Nap.	1,5	1,0	1,0*1,0 = 1,0	0,015
Woda	155	0,00005	0,000	Woda	155	0,00	0,00	0,000
Kruszywo	1810	0,00	0,000	Kruszywo	1810	0,00	0,00	0,000
Na ₂ O _{eq} max ogółem [kg/m³]			2,459	Na ₂ O _{eq} w mieszance betonowej [kg/m³]				1,913

PRZYKŁADY WYLICZEŃ ZAWARTOŚCI ALKALIÓW – RECEPTURA 2

ASR-RID 2019					ASR-RID 2022				
Składnik Betonu		Ilość składnika [kg/m³]	Maksymalna zawartość alkaliów [%]	Zawartość alkaliów [kg/m³]	Składnik Betonu	Ilość składnika [kg/m³]	Zawartość alkaliów [%]	Na ₂ O _{eq} aktywne [%]	Zawartość alkaliów [kg/m³]
CEM II/B-S 42,5R-NA	Klinkier 71%	298	0,61	1,818	CEM II/B-S 42,5R-NA	420	0,68	0,68*0,70 = 0,476	1,999
	Żużel 25%	105	0,91*0,1 = 0,091	0,096					
	Gips 4%	17	0,00	0,000					
Domieszka Upł.		2,5	2,0	0,050	Domieszka Upł.	2,5	2,0	2,0*1,0 = 2,0	0,050
Domieszka Nap.		1,5	1,0	0,015	Domieszka Nap.	1,5	1,0	1,0*1,0 = 1,0	0,015
Woda		155	0,00005	0,000	Woda	155	0,00	0,00	0,000
Kruszywo		1810	0,00	0,000	Kruszywo	1810	0,00	0,00	0,000
Na ₂ O _{eq} max ogółem [kg/m³]				1,979	Na ₂ O _{eq} w mieszance betonowej [kg/m³]				2,064

PODSUMOWANIE

- Aktualizacja Warunków Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych M-13.01.00 v04 Sierpień 2022
- Aktualizacja ASR-RID Marzec 2022
- Konsekwencje Aktualizacji





Cement Ożarów
A CRH COMPANY

Dziękuję za uwagę