

Załącznik 7

Informacje z przeprowadzonych badań i dotychczasowych doświadczeń

1. Liczba przeprowadzonych badań w zakresie oznaczenia reaktywności alkalicznej kruszyw w okresie 2015-2018 w ramach realizacji projektu ASR-RID:

Liczba próbek poddanych badaniu w ICiMB:

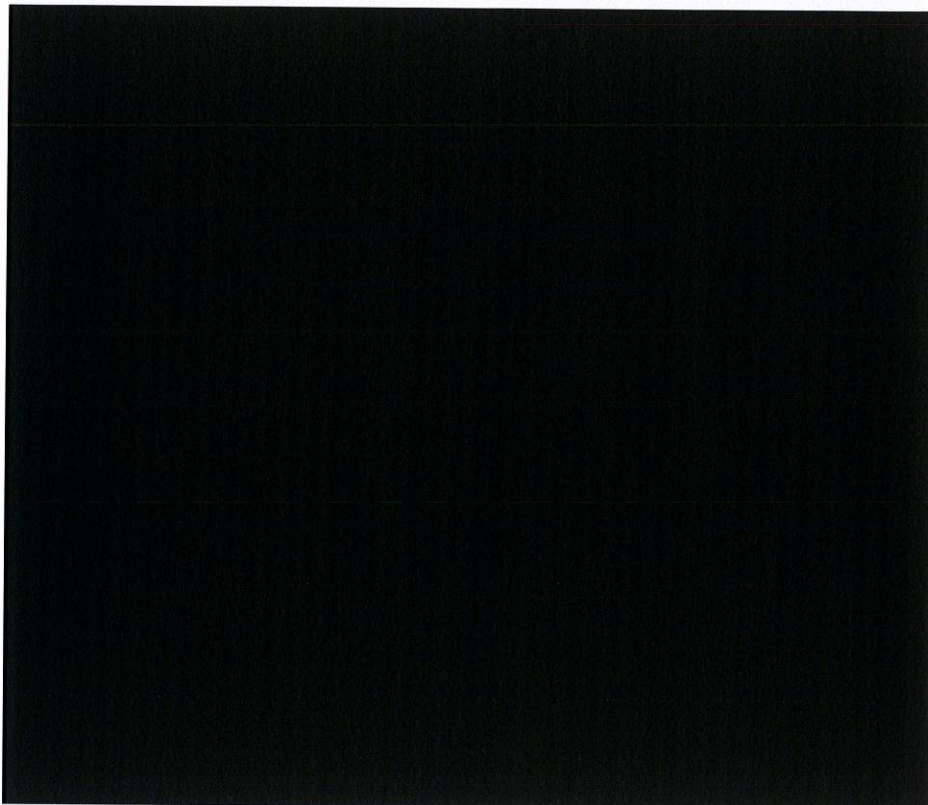
- kruszywa przekruszonego, litego krzemionkowego – 15,
- kruszywa przekruszonego, litego krzemionkowo-wapiennego – 7,
- kruszywa przekruszonego, litego wapiennego – 7,
- kruszywa przekruszonego, okruchowego krzemionkowego – 50,
- kruszywa przekruszonego, okruchowego krzemionkowo-wapiennego – 78.

Ogółem 157 prób naturalnego kruszywa przekruszonego.

W IPPT PAN badaniu i analizie poddano 45 różnych kruszyw:

- grubych, 31 (27 ze skał litych oraz 4 przekruszonych ze złóż polodowcowych),
- drobnych, 14 (4 pochodzenia rzecznoego, 9 kopalnych i 1 łamany).

Na rysunkach Z7.1 i 2 przedstawiono lokalizację miejsc poboru próbek w ramach projektu ASR-RID w aspekcie ich kategorii reaktywności. W tabelach Z7.1-4 zestawiono wyniki badań reaktywności kruszyw przeprowadzonych w ramach programu badawczego Projektu ASR-RID.



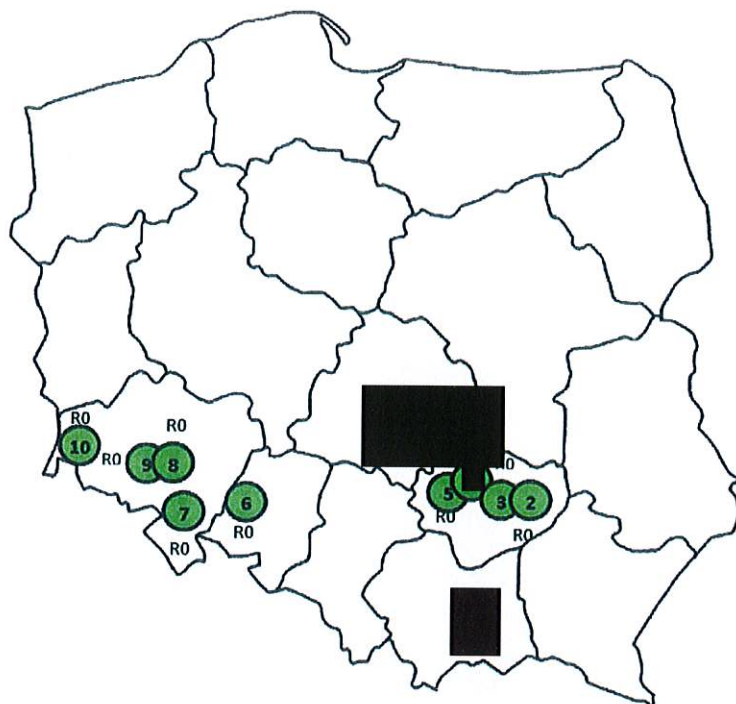
Kategoria reaktywności kruszywa

R0 – niereaktywne

R1 – umiarkowanie reaktywne

R2-R3 – silnie i bardzo silnie reaktywne

Rysunek Z7.1. Rozmieszczenie kruszyw łamanych pochodzących z przekruszenia skał o genezie lodowcowej i rzeczno-lodowcowego w Polsce z podziałem na kategorie reaktywności



2 – Piskrzyn (R0), 3 – Łągów (R0), 5 – Miedzianka (R0), 6 – Gracze (R0), 7A – Piława Górna (R0), 7B – Słupiec (R0), 8 – Graniczna (R0), 9 – Rogoźnica (R0), 10 – Księginki (R0),

Kategoria reaktywności kruszywa

R0 – niereaktywne

R1 – umiarkowanie reaktywne

R2-R3 – silnie i bardzo silnie reaktywne

Rysunek Z7.2. Rozmieszczenie kruszyw łamanych ze skal litych w Polsce z podziałem na kategorie reaktywności

Tabela Z7.1. Klasyfikacja kruszywa wg kategorii reaktywności - OSiMB

Badane kruszywo		Parametry reaktywności kruszywa						
		Sc [mmol/l]	Reaktyw- ność	Ekspansja zaprawy [%]	Ekspansja betonu [%]	Klasyfikacja kruszyw wg Tablicy 1 Wytycznych Technicznych		
		ASTM C289	Analiza petrografi- czna wg RILEM AAR-1	ASTM C 1260 po 14 dniach	ASTM C1293 po 365 dniach			
Kruszywo ze skały litej	Skały Magmowe	Granit	Eurovia Kopalnia Graniczna	15,2-16,4	II-S	0,043 - 0,034	0,014	R0
			Colas Kopalnia Rogoźnica	15,9	II-S	0,048	nb	R0
			[REDACTED]	28,1	II-S	0,124	nb	R1
			Glensanda Szkocja	nb	II-S	0,051	nb	R0
			Szwecja	nb	II-S	0,058	nb	R0
		Granodioryt	[REDACTED]	nb	II-S	0,11	nb	R1
			Granodioryt Litwa	nb	II-S	0,050	0,013	R0
		Bazalt	Eurovia Bazalty Kopalnia Księgniki II	31,4-33,5	II-S	0,002-0,02	0,000	R0
			Kopalnia Gracze	13,5	II-S	0,002	nb	R0
		[REDACTED]	nb	II-S	0,223-0,264	nb	R1	
	[REDACTED]	nb	II-S	0,162-0,227	nb	R1		
	Gabro	Kopalnia Gabro Słupiec	nb	II-S	0,014	nb	R0	
		Braszowice	nb	II-S	0,012	nb	R0	
	[REDACTED]	nb	II-S	0,16-0,241	nb	R1		
	[REDACTED]	nb	II-S	0,191-0,127	0,008	R1 ^{*)}		
Skały metamorficzne	Amfibolit	Kopalnia Piława Górna	10,5	II-S	0,009	0,025	R0	
	Gnejs	Halsvik Norwegia	nb	II-S	0,061	nb	R0	
		OSTER PUKK OG SAND Norwegia	nb	II-S	0,089	nb	R0	
		[REDACTED]	23-55,7	II-S	0,284-0,360	0,036	R1	

ZAŁĄCZNIKI do Wytucznych technicznych klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania reakcji alkalicznej
w betonie stosowanym w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich, czerwiec 2019

			110,3	II-S	0,276	nb	R1
	Dolomit krystaliczny	KD Sandomierz Kopalnia Piskrzyn	430	I	-0,001	0,030	R0
	Wapień krystaliczny	Bruk – Bet Kopalnia Wapienia Łagów	14	I	-0,015	0,015	R0
		Wapień Miedzianka Lafarge	2,4	I	0,000	0,001	R0
Kruszywa pochodzenia rzecznołódzowego		ZPK Rupińscy Zakład Osowa	1,44-4,88	II-S	0,05-0,096	0,033	R0
			nb	II-S	0,135-0,20	nb	R1
		ZKP SUWAŁKI	nb	II-S	0,08-0,083	nb	R0
			8,2	II-SC	0,224	nb	R1
			3,8-4,1	II-SC	0,172-0,227	nb	R1
			nb	III-S	0,171-0,279	0,082	R1
			nb	II-SC	0,291-0,382	nb	R2
			nb	II-SC	0,244-0,281	nb	R1
			nb	II-SC	0,218-0,242	nb	R1
			105,6	II-S	0,199	nb	R1
			97,4-101,2	II-S	0,229	nb	R1
			146-225	II-S	0,334	0,11	R2
			24,2-44,6	II-S	0,238-0,267	nb	R1
			104-109	II-S	0,089-0,123	nb	R1
			nb	II-SC	0,255	nb	R1
		nb	II-SC	0,339-0,396	0,085	R2	
Nb- niebadane							

Tabela Z7.2. Klasyfikacja kruszywa grubego wg kategorii reaktywności – IPPT PAN

Lp.	nazwa kruszywa	kopalnia	ekspansja próbek zapraw, %		ekspansja próbek betonowych, %	kategoria reaktywności kruszywa
			Metoda przyspieszona PB/1/18 (w 80°C i 1 M NaOH)		Metoda długotermionowa PB/2/18 (w 38°C i RH >95%)	
			cement Na ₂ O _{eq} = 0,88%	cement Na ₂ O _{eq} = 1,12%	cement Na ₂ O _{eq} = 0,88%	
			14 dni	14 dni	365 dni	
1	bazalt	Gracze	0,01	0,01	0,03	R0
2			0,15	0,16	0,04	R1
3			0,19	nb	nb	R1
4			0,19	nb	nb	R1
5			0,19	nb	nb	R1
6	granit	Graniczna	0,05	0,07	0,04	R0
7	granit	Rogoźnica	0,05	0,08	0,03	R0
8			0,08	0,10	0,05	R1*
9			0,06	0,08	0,05	R1*
10	granit	Strzelin	0,07	0,09	0,04	R0
11	granit	Skalda, Litwa	0,04	0,04	nb	R0
12	gabro	Słupiec	0,02	0,02	nb	R0
13	gabro	Braszowice	0,00	0,01	nb	R0
14			0,09	0,13	0,025 (180 dni)	R1
15			0,26	0,27	0,09	R1
16			0,31	0,27	nb	R2
17			0,27	nb	nb	R1
18			0,34	nb	nb	R2
19	wapień	Jaźwica	0,03	0,04	0,03	R0
20	wapień	Miedzianka	0,00	nb	0,03	R0
21	wapień	Trzuskawica	0,03	nb	0,020 (180 dni)	R0
22	wapień	Kujawy	0,00	nb	nb	R0
23	wapień dolomityczny	Imielin	0,01	nb	nb	R0
24	dolomit	Piskrzyn	0,06	nb	0,03	R0
25			nb	0,36	nb	R2
26			0,13	0,17	nb	R1
27	amfibolit	Piława Górna	0,05	nb	0,028 (180 dni)	R0

28	grys ze skał polodowcowych	Osowa	0,09	0,09	0,03	R0
29			0,26	0,25	0,05	R1
30			0,08	0,09	0,04	R1
31			0,11	nb	nb	R1

*** Uwagi dotyczące szczególnego przypadku reaktywności granitów**

W obszarze obowiązywania „Katalogu typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów” (Ministerstwo Infrastruktury, 13.06.2019) stwierdza się, że „krajowe doświadczenia potwierdzają przydatność kruszyw grubych łamanych ze skał, takich jak: bazalt, granit, amfibolit, gabro”. Mimo to występują przypadki niezgodności oceny reaktywności alkalicznej kruszyw ze skał granitowych określanej różnymi metodami. Nie jest oczywiste, że metoda długoterminowa badania ekspansji próbek betonowych jest tu decydująca, jeżeli długoletnie obserwacje obiektów inżynierskich potwierdzają oczekiwaną trwałość. Dane literaturowe podają [1], że granity występujące w różnych krajach, np. Portugalia, Norwegia czy Malezja mogą wykazywać podatność na reakcję alkaliczną, ale wynika ona z różnych powodów. Stwierdzono, że w reakcji bierze udział kwarc w stanie naprężeń i mikrokryształiczny kwarc, również że żel ASR tworzy się w gruboziarnistym i zasadniczo pozbawionym odkształceń kwarcu. Zróżnicowanie reaktywności może być związane ze zróżnicowaniem kąta wygaszania w ziarnach kwarcu w stanie naprężeń. W przypadku dwóch kruszyw granitowych (wiersz 8 i 9 w tabeli 2) stwierdzono niezgodność klasyfikacji na podstawie ekspansji próbek zaprawy i betonu, przy wydłużeniach bliskich kryterium R0. W takim przypadku wymagana jest ocena eksperta, która powinna być oparta m.in. o rozpoznanie produktów reakcji w betonie. Należy wziąć pod uwagę jednorodność mineralogiczną kruszywa oraz dane historyczne, dotyczące zastosowania tego kruszywa w już istniejących drogowych obiektach inżynierskich i betonowych nawierzchniach dróg.

- [1] D. Józwiak-Niedźwiedzka, A. Antolik, K. Dziedzic, M.A. Glinicki, K. Gibas, Weryfikacja odporności wybranych kruszyw ze skał magmowych na reakcję z alkalią, Roads and Bridges - Drogi i Mosty, 18, 1, 2019, 67-83; doi: 10.7409/rabdim.019.005

Tabela Z7.3. Klasyfikacja reaktywności kruszywa drobnego – OSiMB i IPPT PAN

Lp.	jednostka przeprowadzająca badanie	nazwa kruszywa	kopalnia	ekspansja próbek zapraw, %		ekspansja próbek betonowych, %	przyczyna ekspansji, reaktywny składnik	kategoria reaktywności kruszywa
				ekspansja w 80°C i 1 M NaOH wg OST Zał. 1 (PB/1/18)		ekspansja w 38°C i RH >95% wg OST Zał. 2(PB/2/18)		
				CEMENT Na ₂ O _{eq} = 0,88%	CEMENT T Na ₂ O _{eq} = 1,12%	CEMENT Na ₂ O _{eq} = 0,88%		
				14 dni	14 dni	365 dni		
1	IPPT PAN			0,24	0,27	—	kwarc krypto., mikro	R1
2				0,27	0,30	—	kwarc krypto., mikro	R1
3		piasek	Borowce	0,04	0,07	—	—	R0
4		piasek	Wręcza	0,12	—	—	—	R0
5		piasek	Pawłów Górny	0,14	—	—	—	R0
6		piasek	Biała Góra	0,09	—	—	—	R0
7				0,23	—	—	kwarc krypto., mikro	R1
8				0,18	—	—	kwarc krypto., mikro	R1
9		piasek	Radziwiłłów	0,08	—	—	—	R0
10				0,32	—	—	kwarc krypto., mikro	R2
11		piasek	Zastawie	0,14	—	—	—	R0
12		piasek	Gąsów	0,15	—	—	—	R0
13				0,28	—	—	kwarc krypto., mikro	R1
14		piasek	Miedzianka	0,01	0,02	—	—	R0
15	OSiMB			0,26	—	—	nb	R1
16		piasek	Łabiszyn	0,14	—	—	—	R0
17		piasek	Wręcza	0,13	—	—	—	R0

nb – nie badano

Tabela Z7.4. Wyniki badania reaktywności mieszaniny kruszyw mineralnych w betonie w warunkach cyklicznego oddziaływania temperatury 60°C i zewnętrznego dostępu alkaliów wg PB/5/18– IPPT PAN

Lp.	kruszywo grube		kruszywo drobne		cement	zawartość cementu, kg/m ³	w/c	ekspansja próbek betonowych, %	
	nazwa kruszywa	kopalnia	nazwa kruszywa	kopalnia					
1	granit	Skalda, Litwa	piasek wapienny	Miedzianka	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,026	
2			[REDAKTOWANE]			CEM I 42,5 R	360	0,45	0,037
3			[REDAKTOWANE]			CEM I 42,5 R	360	0,45	0,087
4	granit	Siedlimowice	piasek wapienny	Miedzianka	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,024	
5	granit	Sobótka	piasek wapienny	Miedzianka	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,021	
6	granit	Rogoźnica	piasek wapienny	Miedzianka	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,016	
7	[REDAKTOWANE]				CEM I 42,5 R	360	0,45	0,032	
8	[REDAKTOWANE]				CEM I 42,5 R	360	0,45	0,076	
9	amfibolit	Ogorzelec	piasek wapienny	Miedzianka	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,018	
10			piasek kwarcowy kopalny	Borowce	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,026	
11			[REDAKTOWANE]			CEM I 42,5 R	360	0,45	0,045
12	amfibolit	Piława Górna	piasek kwarcowy kopalny	Borowce	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,027	
13			[REDAKTOWANE]			CEM I 42,5 R	360	0,45	0,045

ZAŁĄCZNIKI do Wytocznych technicznych klasyfikacji kruszyw krajowych i zapobiegania reakcji alkalicznej
w betonie stosowanym w nawierzchniach dróg i drogowych obiektach inżynierskich, czerwiec 2019

14				CEM I 42,5 R	360	0,45	0,112	
15				CEM I 42,5 R	360	0,45	0,053	
16				CEM I 42,5 R	360	0,45	0,042	
17	wapień	Jaźwica	piasek wapienny	Miedzianka	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,023
18			piasek kwarcowy kopalny	Borowce	CEM I 42,5 R	360	0,45	0,029