

Filia Wrocław
Ośrodek Badań Mostów, Betonów i Kruszyw
**PRACOWNIA KRUSZYW I URZĄDZEŃ
ODWADNIAJĄCYCH**

55-140 Żmigród
tel.: (0-71) 385 38 80 do 82, fax (0-71) 385 38 02
e-mail: ibdim-tw@wr.onet.pl

**Instytut
Badawczy
Dróg
i Mostów**



OPTYMALIZACJA ODPORNOŚCI NA ŚCIERANIE KRUSZYW DO WARSTWY ŚCIERALNEJ NAWIERZCHNI Etap II

SPRAWOZDANIE

(Symbol pracy IBDiM-TW /61205/TW-26)

Zleceniodawca:
**Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
ul. Żelazna 59
00-848 Warszawa**

Kierownik Filii:

doc. dr hab. inż. Adam Wysokowski

Opracował:

dr inż. Andrzej Duszyński

Kierownik Pracowni Kruszyw i Urządzeń
Odwadniających:

mgr inż. Aneta Pryga

Żmigród - Węglewo, listopad 2005

SPIS TREŚCI

<i>Definicje i pojęcia na podstawie stosowanych dokumentów normalizacyjnych</i>	3
1. Wstęp	5
1.1. Przedmiot opracowania	5
1.2. Zakres i cel opracowania	5
2. Podstawa opracowania	5
3. WYKONANIE BADAŃ	7
3.1. Opracowanie składów mieszanek	7
3.2. Przygotowanie kruszyw	7
3.3. Wykonanie próbek do badania PSV i AAV	7
3.3.1. Wykonanie badań PSV	7
3.3.2. Wykonanie badań PSV w zależności od stanu przygotowania prób	9
3.3.3. Wykonanie badań AAV	12
3.4. Badania na odcinku drogowym	12
3.5. Badania wyciętej próbki na odcinku drogowym	14
4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ	17
4.1. Analiza wyników badań PSV i AAV	17
4.2. Analiza wyników badań wahadłowego wskaźnik szorstkości PTV uzyskanego na odcinku drogowym	19
5. 5. ANALIZA KRYTERIÓW I OPRACOWANIE ZALECEŃ	20
5.1. Kryteria wyboru kruszyw - Dokument Aplikacyjny DA/PN-EN 13043	20
5.2. Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni autostrady	21
5.3. Związek PSV z PTV	22
5.4. Określenie kryteriów i zaleceń dla wyboru kruszyw	22
5.5. Analiza i zalecenia dla klasyfikacji kruszyw pod względem kryteriów	23
5.6. Analiza i zalecenia dla klasyfikacji kruszyw pod względem kryteriów	23
6. WNIOSKI OGÓLNE	24

ZAŁĄCZNIK NR 1: WYNIKI BADANIA POLEROWALNOŚCI

Definicje i pojęcia na podstawie stosowanych dokumentów normalizacyjnych

PN-EN 1097-8	Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie polerowalności kamienia
Norma podaje metodę oznaczenia polerowalności kamienia (PSV) kruszywach grubych stosowanych do nawierzchni drogowych. Dodatkowa w załączniku A podana jest metoda oznaczania ścieralności kruszyw (AAV).	

PSV - Wartość polerowalności kamienia (ang. Polished Stone Value) jest określana z różnicy odczytów na skali F przygotowanego **przyrządu do badania tarcia** dla **próbek do badania PSV i próbek z kamienia kontrolnego** po ich uprzednim przygotowywaniu w **maszynie do przyspieszonego polerowania PSV**.

PSV jest miarą odporności grubego kruszywa na polerujące działanie opon pojazdów w warunkach zbliżonych do tych, jakie występują, na powierzchni drogi.



Próbka do badania PSV (90,6x44,5 mm)



Koło drogowe z próbkami



Maszyna do przyspieszonego polerowania PSV

Przyrząd do badania tarcia, którego zasadniczymi częściami są mechanizm z gumowym ślizgaczem zamocowany na końcu ramienia wahadła oraz tarcza z dwoma skalami do badania próbek wypukłych i płaskich.

Przygotowanie przyrządu do badania tarcia próbek do badania PSV polega na przygotowaniu i sprawdzeniu ślizgaczy na **próbce wykonanej z kamienia wzorcowego**.

AAV - Wartość ścierania kruszywa (ang. Aggregate Abrasion Value) jest określana z różnicy mas próbek do badania AAV przed ścieraniem i po ścieraniu po ich w maszynie do ścierania AAV.

AAV stanowi miarą odporności kruszywa na zużywanie się powierzchni przez ścieranie w warunkach ruchu drogowego.

UWAGA:

Metodę AAV zaleca się, stosować, dla kruszyw szczególnie odpornych na poślizg, o wartości PSV ≥ 60 , które mogą być podatne na ścieranie pod wpływem ruchu.



Próbka do badania AAV (92x54 mm)

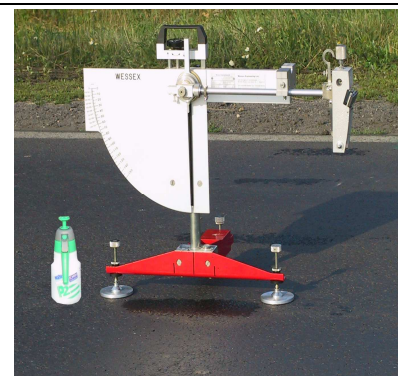


Maszyna do ścierania AAV

PN-EN 13036-4:2004 (U) „Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań. Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: próba wahadła

PTV – Wahadłowy wskaźnik poślizgu jest określany z odczytów na **przyrządzie do badania tarcia** ze skalą F lub skalą C po jego przygotowaniu do badania.

PTV stanowi miarę odporności na poślizg badanej powierzchni jako stratę energii standardowej gumy okrywającej ślizgacz zestawu ślizgającego się.



PN-EN 13036-1:2002 (U) Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań. Część 1: Oznaczanie średniej głębokości makrotekstury nawierzchni

MTD – średnia głębokość makrotekstury nawierzchni w wielu krajach wymagany o bardzo dużej wartości 1, 2 mm a, nawet 1,5 mm dla zabezpieczenia dla odporności na poślizg

Zasad pomiaru i oceny stanu właściwości przeciwpślizgowych nawierzchni bitumicznych w systemie oceny stanu nawierzchni SOSN, System oceny stanu nawierzchni SOSN - Wytyczne stosowania - Załącznik D, System Oceny Stanu Nawierzchni, GDDP, Biuro Studiów Sieci Drogowej, Warszawa luty 2002.

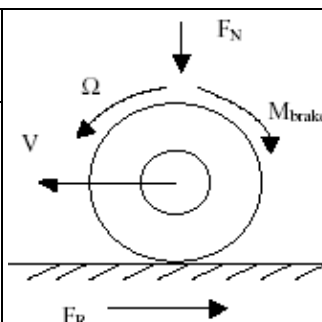
Właściwości przeciwpślizgowe - zdolność do wytwarzania sił tarcia między nawierzchnią drogi a kołami pojazdów w warunkach wzajemnego poślizgu.

Współczynnik tarcia μ - stosunek wypadkowej sił tarcia (F_R) wytwarzanych między hamowanym kołem urządzenia pomiarowego a nawierzchnią drogi do nacisku koła na drogę (F_N).

$$\mu = \frac{F_R}{F_N}$$

Ω – prędkość odśrodkowa koła

M_{brake} – stosowany moment na koło od siły hamowania



Urządzenie pomiarowe (zestaw pomiarowy)- urządzenie dynamometryczne o określonych cechach kinematycznych, konstrukcyjnych i funkcjonalnych, umożliwiające pomiar współczynnika tarcia podłużnego nawierzchni w warunkach 100 % poślizgu koła pomiarowego, z zastosowaniem określonego typu opony testowej.

Pomiar współczynnika tarcia - ustalony sposób pomiaru na pasie ruchu pojazdu z zachowaniem wymagań, wynikających z obowiązującej instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego oraz odpowiednich procedur pomiarowych.



Pomiar współczynnika tarcia nawierzchni zestawem SRT-3

Miarodajny współczynnik tarcia μ_m - statystyczna miara oceny właściwości przeciwpślizgowych nawierzchni równa różnicy wartości średniej wyników pomiarów współczynnika tarcia $E(m_i)$ i odchylenia standardowego Dm .

Odcinkowa ocena stanu - miarodajny współczynnik tarcia obliczony dla odcinka drogi o długości 1 km ze zbioru $n = 10$ wartości współczynnika tarcia w celu klasyfikacji stanu nawierzchni. W przypadkach szczególnych, takich jak początek lub koniec drogi, ocena ta może być wyznaczona dla odcinka o długości od 500 m do 1 499 m ($5 \geq n \geq 14$).

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest polerowalność i ścieralność kruszyw drogowych oraz nawierzchni wykonanych z tych kruszyw.

1.2. Zakres i cel opracowania

Zakres opracowania obejmuje wykonanie i opracowanie wyników badań oraz opracowanie zaleceń na mieszanki mineralno-asfaltowych na podstawie badań wykonanych w IBDiM dotyczących mieszanek kruszyw z różnych surowców skalnych w odniesieniu do przedmiotu opracowania.

Celem opracowania jest etap II tematu oraz wskazanie na możliwości doboru kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych do warstwy ścieralnej pod względem polerowalności PSV dla polepszenia cech nawierzchni związanych z odpornością na poślizg.

Normalizacja oparta na normach PN-EN stwarza możliwość włączenia odporności na poślizg do warunków technicznych projektowania dróg - szczególnie na odcinkach wymagających zwiększonej odporności na poślizg. Pojedyncze badanie polerowalności kruszywa określone przez PSV i AAV jest warunkiem koniecznym, ale nie dostatecznym. Należy stworzyć dla określonych zastosowań możliwość i warunki doboru kruszyw w celu gwarantowania określonej odporności na poślizg nawierzchni. W tym kontekście oraz ze względu na skalę drogownictwa niemałe znaczenie ma aspekt ekonomiczny – związany właśnie z doбором kruszyw. Możliwa jest optymalizacja doboru kruszyw, stosując mieszanki kruszyw z różnych źródeł, w tym z wykorzystaniem kruszyw sztucznych.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie wykonano na zlecenie GDDKiA w Warszawie zgodnie z umową nr 689/2004 z dnia 07.04.2004 r. (symbol tematu TW- 26).

Program tematu TW-26 podzielono na dwa etapy Etap I i Etap II, które składają się z następujących zadań:

Etap I:

Zadanie 1 **Nawiązanie współpracy z wytwórniami mieszanek mineralno-asfaltowych oraz betonów cementowych**

Przegląd i analiza recept pod względem stosowanych kruszyw w wybranych, interesujących pod względem tematu Oddziałach GDDKiA i/lub na wytwórniach.

W przypadku udostępnionych bieżących wyników badań, pobranie próbek kruszyw do przedmiotowych badań.

Zakup kruszyw wzorcowych i kontrolnych z Wielkiej Brytanii.

Wnioski.

Zadanie 2 **Zgromadzenie i przygotowanie materiałów składowych oraz oznaczenie ich podstawowych właściwości**

Opracowanie procedury metody badania kruszyw do doboru kruszyw do warstwy nawierzchniowej z uwagi na optymalizację określonych cech kruszywa i pod względem polerowalności w oparciu o normę PN-EN 1079-8:2002.

Przewiduje się zastosowanie kruszywa diametralnie różnych pod względem cech wytrzymałościowych lub trwałościowych w odniesieniu do polerowalności, a więc, np.:

- wapiennego - z żużla stalowniczego
 - granitowego - kwarcytowego
- Zadanie obejmuje zgromadzenie materiałów oraz wykonanie niezbędnych badań kruszyw (gęstość, przyczepność asfaltu, ścieralność bębnie Los Angeles, ...).

Etap II:

Zadanie 3 Wykonanie badań

- Opracowanie składów.
- Przygotowanie próbek kruszyw.
- Wykonanie próbek do badania PSV i AAV.
- Wykonanie badań.
- Opracowanie wyników badań.

Zadanie 4 Opracowanie wyników badań i zaleceń

- Określenie kryteriów wyboru kruszyw.
- Analiza i klasyfikacja kruszyw pod względem kryteriów.
- Wstępny tytuł zaleceń: Optymalizacja kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności.

Niniejsze opracowanie zawiera Etap II.

Podstawę do sporządzenia niniejszego opracowania stanowiły następujące **dokumenty techniczne** :

- 1) Optymalizacja czynników wpływających na polerowalność kruszyw oraz możliwości jej zmniejszenia i optymalizacji mieszanek mineralnych pod kątem polerowalności. Etap I: Przygotowanie do badań. Sprawozdanie., Symbol pracy IBDiM-TW /53303/TW-24, Żmigród - Węglewo, październik 2003.
- 2) Optymalizacja czynników wpływających na polerowalność kruszyw oraz możliwości jej zmniejszenia i optymalizacji mieszanek mineralnych pod kątem polerowalności. Etap I: Przygotowanie do badań terenowych. Sprawozdanie., Symbol pracy IBDiM-TW /55904/TW-24, Żmigród - Węglewo, sierpień 2004
- 3) Optymalizacja odporności na ścieranie kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni. Etap II Sprawozdanie, Symbol pracy IBDiM-TW /23704/TW-26, Żmigród-Węglewo, listopad 2004
- 4) Karty odcinków drogowych, wykonane po wizji lokalnej w czerwcu 2004 r. oraz na podstawie zebranych informacji.
- 5) Wyniki badań laboratoryjnych i terenowych na wybranych odcinkach drogowych wykonane przez IBDiM.
- 6) Normy i literatura techniczna z zakresu budownictwa komunikacyjnego

ZADANIE 3

3. WYKONANIE BADAŃ

Wykonane w ramach etapu II prace dotyczą:

- badań laboratoryjnych,
- badań wykonanych na odcinku drogowym.

3.1. Opracowanie składów mieszanek

Badania kruszyw przeprowadzono dla składów kruszyw zamieszczonych w tablicy 1.

Tablica 1: Kruszywa do badań

Skład	Rodzaj skały	Pochodzenie	Oznaczenie
I	pomiedziowy żużel szybowy	KGHM METALE S.A.	z-M
	bazalt	Kopalnia Targowica	b-T
II	bazalt	Góra Kamienista	b-Kg
	granit	Siedlimowice	g-S

3.2. Przygotowanie kruszyw

Próbki kruszyw dla składu I pobrano w Toruniu na wytwórni mas bitumicznych na budowie Południowej Obwodnicy Torunia, dzięki uprzejmości Biuro Budowy Herman Kirchner Bauunternehmung GmbH. W zakresie warstwy ścieralnej budowa dotyczyła przygotowania do 0/11 SMA.

Próbki kruszyw dla składu II pobrano bezpośrednio w kopalniach w zakładach przeróbczych kruszyw.

3.3. Wykonanie próbek do badania PSV i AAV

3.3.1. Wykonanie badań PSV

Zamieszczone w tablicy 1 składy stanowiły serie w badaniach polerowalności PSV. Obliczenia wartości PSV' przeprowadzono oddzielnie dla badanych serii I i II.

Pomiary niezbędne do obliczeń dla każdej serii I i II zamieszczono odpowiednio w tablicach 2 i 3. Obliczenia przeprowadzono dla poszczególnych rodzajów skał w każdej serii wg równania:

$$PSV'_c = S' + (52,5) - C'$$

Obliczone wartości PSV' mają znaczenie porównawcze i nie wyznaczają wartości PSV wg normy PN-EN 1097-8.

Wyniki obliczeń zamieszczono dla każdej serii I i II odpowiednio w tablicach 4 i 5.

Tablica 2: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości PSV' – seria I

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		

1	W	-	45	60	60	60	60	61	60	60,2	-
2	C	13	41	50	51	50	50	50	50	50,0	51,5
		14	41	53	53	53	53	53	53	53,0	
		1	40	59	59	59	59	59	59	59,0	
6	z-M	4	39	46	46	46	45	46	46	45,7	47,5
		3	37	50	50	49	49	50	50	49,3	
7	b-T	8	39	50	49	49	49	49	49	49,0	49,5
		7	38	50	50	50	50	50	50	50,0	
8	bz-TM	12	20/	51	50	50	50	50	51	50,0	49,0
		11	20/	49	49	48	48	48	48	48,0	

Tablica 3: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości PSV' – seria II

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	62	62	62	62	62	62	62,0	-
2	C	14	41	53	53	53	53	53	53	53,0	54,0
		13	38	54	55	55	55	55	55	55,0	
6	b-Gk	4	40	50	49	50	50	50	50	50,0	50,0
		3	39	50	50	50	50	50	50	50,0	
7	g-S	8	38	57	57	57	57	57	57	57,0	57,2
		7	37	58	58	58	57	57	57	57,3	
8	bg-GkS	12	18/17	49	50	50	50	49	50	49,7	49,5
		11	18/18	50	50	50	49	49	49	49,3	

Tablica 4: Wyniki obliczeń wartości PSV' względem kamienia kontrolnego TRL dla kruszyw oznaczonych jako Z, B, ZB dla serii I

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Średnie wartości	Wartość PSV' _c
1	W	60,2	-
2	C	C=51,5	-
3	z-M	S=47,5	48,5
4	b-T	S=49,5	50,5
5	bz-TM	S=49,0	50,0

Tablica 5: Wyniki obliczeń wartości PSV' względem kamienia kontrolnego TRL dla kruszyw oznaczonych jako B, G, BG dla serii II

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Średnie wartości	Wartość PSV'
1	W	62,0	-
2	C	C=54,0	-
3	b-Gk	S=50,0	48,5
4	g-S	S=57,2	55,7
5	bg-GkS	S=49,5	48,0

3.3.2. Wykonanie badań PSV w zależności od stanu przygotowania próbek

Przeprowadzono etapowe badania polerowalności w celu określenia zależności wartości F od czasu trwania badania. Wyróżniono następujące stany próbki przy pomiarze wartości F przyrządem do badania tarcia:

1 - Przed ścieraniem,

- 2 - Po ścieraniu,
3 - Po polerowaniu.

Badania przeprowadzono z kamieniem kontrolnym TRL dla składników określonych w tablicy 1 wraz z mieszankami wykonanymi z tych składników w zakresie poszczególnych składów. Pomiar niezbędne do obliczeń dla każdej serii I i II zamieszczono odpowiednio dla serii I w tablicach 6, 7 i 8 oraz dla serii II w tablicach 9, 10 i 11. Zestawienia zbiorcze dla poszczególnych serii zamieszczono w tablicach 12 i 13.

Tablica 6: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C - przed ścieraniem – seria I

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	64	63	63	63	63	63	63,1	-
2	C	14	41	62	62	62	62	62	62	62,0	63,7
		13	41	66	66	66	65	65	66	65,3	
3	z-M	4	39	63	63	64	63	63	63	63,3	64,8
		3	37	67	66	67	66	66	66	66,3	
4	b-T	8	39	56	56	56	56	57	56	56,3	59,3
		7	38	62	62	62	63	62	62	62,3	
5	bz	12	20/20	70	70	70	70	69	69	69,7	68,9
		11	20/20	68	68	68	68	68	68	68,0	

Tablica 7: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C - po ścieraniu – seria I

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	60	60	60	60	60	60	60,0	-
2	C	14	41	61	61	61	60	60	60	60,3	61,2
		13	41	62	62	62	62	62	62	62,0	
3	z-M	4	39	50	50	50	59	59	59	56,0	53,7
		3	37	52	52	52	51	51	51	51,3	
4	b-T	8	39	51	51	51	50	50	50	50,3	50,7
		7	38	52	52	51	51	51	51	51,0	
5	bz	12	20/20	51	51	52	51	51	51	51,3	50,7
		11	20/20	51	51	50	50	50	50	50,0	

Tablica 8: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C - po polerowaniu – seria I

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	60	60	60	60	61	60	60,2	-
2	C	14	41	50	51	50	50	50	50	50,0	51,5

		13	41	53	53	53	53	53	53	53,0	
3	z-M	4	39	46	46	46	45	46	46	45,7	47,5
		3	37	50	50	49	49	50	50	49,3	
4	b-T	8	39	50	49	49	49	49	49	49,0	49,5
		7	38	50	50	50	50	50	50	50,0	
5	bz-TM	12	20/	51	50	50	50	50	51	50,0	49,0
		11	20/	49	49	48	48	48	48	48,0	

Tablica 9: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C - przed ścieraniem – seria II

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	63	63	63	63	63	63	63,0	-
2	C	14	41	69	69	69	68	68	68	68,3	67,7
		13	38	67	67	67	67	67	67	67,0	
3	b-Gk	4	40	65	65	65	65	65	65	65,0	65,0
		3	39	65	65	65	65	65	65	65,0	
4	g-S	8	38	72	72	72	71	71	71	71,3	72,8
		7	37	75	75	75	74	74	74	74,3	
5	bg-GkS	12	18/17	68	68	68	68	68	68	68,0	67,9
		11	18/18	68	68	68	68	67	67	67,7	

Tablica 10: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C - po ścieraniu – seria II

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	63	63	63	63	63	63	63,0	-
2	C	14	41	66	66	63	63	63	63	63,0	64,0
		13	38	65	65	65	65	65	65	65,0	
3	b-GK	4	40	60	59	59	60	60	60	59,7	59,7
		3	39	60	60	59	60	60	60	59,7	
4	g-S	8	38	68	67	67	68	68	68	67,7	67,4
		7	37	67	67	67	67	67	67	67,0	
5	bg-GkS	12	18/17	65	65	65	65	65	65	65,0	63,0
		11	18/18	61	61	61	61	61	61	61,0	

Tablica 11: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C - po polerowaniu – seria II

Lp.	Oznaczenie kruszywa	Nr próbki	Liczba ziarn	Pomiar						Średnia dla próbki	Średnia
				1	2	3	4	5	6		
1	W	-	45	62	62	62	62	62	62	62	
2	C	14	41	53	53	53	53	53	53	53,0	54,0
		13	38	54	55	55	55	55	55	55,0	
3	b-GK	4	40	50	49	50	50	50	50	50,0	50,0

		3	39	50	50	50	50	50	50	50,0	
4	g-S	8	38	57	57	57	57	57	57	57,0	57,2
		7	37	58	58	58	57	57	57	57,3	
5	bg-GkS	12	18/17	49	50	50	50	49	50	49,7	49,5
		11	18/18	50	50	50	49	49	49	49,3	

Tablica 12: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C w zależności od stanu przygotowania próbek – seria I

Lp.	Surowiec Pochodzenie	Oznaczenie	Stan przygotowania próbki		
			1	2	3
1	Kamień kontrolny TRL	C	63,7	61,2	51,5
2	Żużel pomiedziowy KGHM	z-M	64,8	53,7	47,5
3	Bazalt Targowica	b-T	59,3	50,7	49,5
4	Mieszanka 2/3	bz-TM	68,9	50,7	49,0

Tablica 13: Wyniki pomiarów do obliczeń wartości Si i C w zależności od stanu przygotowania próbek – seria II

Lp.	Surowiec Pochodzenie	Oznaczenie	Sta przygotowania próbki		
			1	2	3
1	Kamień kontrolny TRL	C	67,7	64,0	54,0
2	Bazalt Kamienista Góra	b-Gk	65,0	59,7	50,0
3	Granit Siedlimowice	g-S	72,8	67,4	57,2
4	Mieszanka 2/3	bg-GkS	67,9	63,0	49,5

3.3.3. Wykonanie badań AAV

Badanie ścieralności AAV dla składników badanych składów (tablica 1) przeprowadzono zgodnie z załącznikiem A w normie PN-EN 1097-8, ale bez wyznaczania gęstości objętościowej w warunkach nasycenia i powierzchniowego osuszania. Wyniki badania ścieralności AAV przedstawiono w postaci względnego ubytku masy $(A-B) \cdot 100/A$. Wyniki badań i obliczeń zamieszczono w tablicy 14.

Tablica 14: Wyniki pomiarów ścieralności AAV

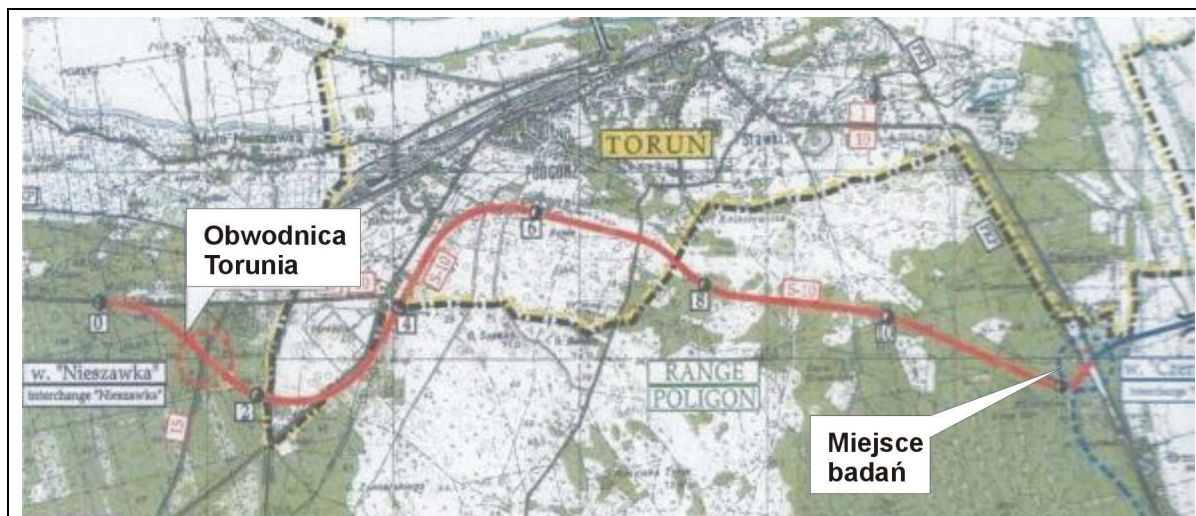
Lp.	Surowiec Pochodzenie	Ozn.	Masa próbki		Różnica mas	Względny ubytek masy		
			przed badaniem A	po badaniu B		próbki	średni dla:	
							próbek	badania
			g	g	g	%	%	%
1	Żużel pomiedziowy KGHM	z-M	161,2	158,0	3,2	2,0	2,1	2,1
2			164,8	161,2	3,6	2,2		
3			156,6	153,5	3,1	2,0	2,1	
4			159,6	156,0	3,6	2,3		
5	Bazalt	b-T	152,3	150,1	2,2	1,4	1,5	1,5
6	Targowica		156,6	154,1	2,5	1,6		
7	Bazalt	b-Kg	168,7	165,9	2,8	1,7	1,5	1,5
8	Kamienista Góra		166,8	164,5	2,3	1,4		
9	Granit	g-S	148,9	145,0	3,9	2,6	2,7	2,7
10	Siedlimowice		148,2	144,0	4,2	2,8		

3.4. Badania na odcinku drogowym

Badania przeprowadzono na budowie Południowej Obwodnicy Torunia na odcinku próbnym - Węzeł Czerniewice (łącznica Ł3). Warstwę ścieralną wykonano jako 0/11 SMA o następujących składnikach grysowych:

- 4/8 mm - żużel pomiedziowy KGHM,
- 6,3/12,8 mm - bazalt Targowica.

Po wykonaniu warstwy ścieralnej powierzchnia została posypana drobnym grysem 2/4 mm z gabra w celu zwiększenia szorstkości.



Rys. 1. Miejsce badań na południowej obwodnicy Torunia

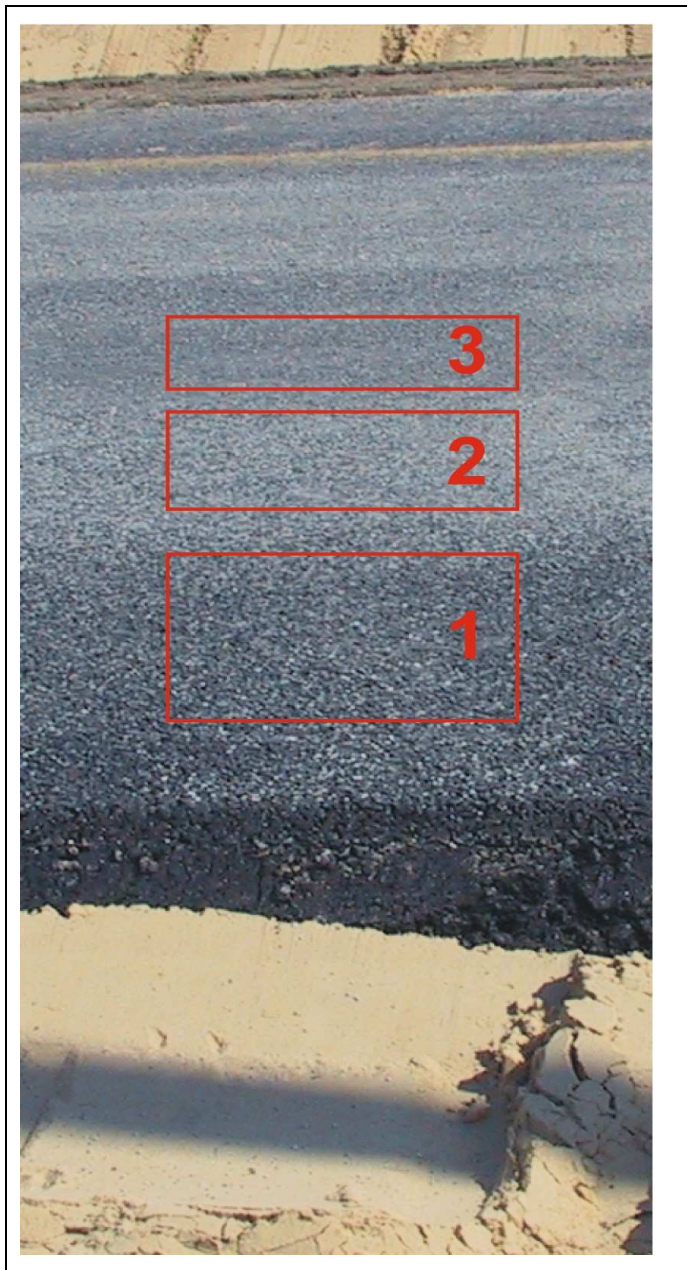
Wykonano następujące badania nawierzchni:

1. Głębokość makrotekstury MTD wg PN-EN 13036-1:2005 „Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową:
Charakterystyki badania: Objętość materiału ziarnistego (kulek szklanych) 25000 mm³
2. Opory poślizgu/poślizgnięcia - wahadłowy wskaźnik szorstkości PTV PN-EN 13036-4:2004 (U) „Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań. Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: próba wahadła.
Charakterystyki badania: Szerokość stopki: wąska

Rodzaj gumy: CEN

Badaniu podlegała jedna wyróżniona powierzchnia, na której przeprowadzono pomiary w punktach zlokalizowanych jak na rys. 2. Punkty wybrano w przekroju poprzecznym nawierzchni o zróżnicowanej teksturze wg oznaczenia i lokalizacji jak niżej:

- 1: powierzchnia o bardzo małej zawartości gysu z gablo,
- 2: powierzchnia o dużej zawartości gysu gablo,
- 3: powierzchnia rozjeżdżona przez pojazdy,



Rys. 2. Miejsce badań na odcinku drogowym oraz wyróżnione punkty

Tablica 15: Wyniki badań głębokości makrotekstury MTD dla punktów badawczych

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wyniki		
1	Numer punktu		1	2	3
2	Średnia średnica powierzchni pokrytej materiałem ziarnistym dla punktu	mm	162	175	178
3	Głębokość tekstury dla punktu		1,22	1,04	1,00
4	Głębokość tekstury dla całej badanej powierzchni		1,09		
5	Odchylenie standardowe głębokości tekstury dla całej badanej powierzchni		0,12		

6	Wynik badania głębokości tekstury dla całej badanej powierzchni		1,1
---	---	--	-----

Tablica 16: Wyniki badań wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV dla punktów badawczych

Lp.	Właściwości	Jedn.	Wyniki		
1	Numer punktu		1	2	3
2	Średnia temperatura powierzchni	°C	38,6	33,0	30,0
3	Średni wahadłowy wskaźnik szorstkości PTV dla punktu	-	55,1	65,8	67,0
4	Średni skorygowany wahadłowy wskaźnik szorstkości PTV _{CORR} dla pomiaru	-	57,7	68,1	68,9
5	Odchylenie standardowe skorygowanego wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV _{CORR} dla całej badanej powierzchni		6,2		
6	Wynik badania wahadłowego wskaźnika szorstkości dla całej badanej powierzchni		63		

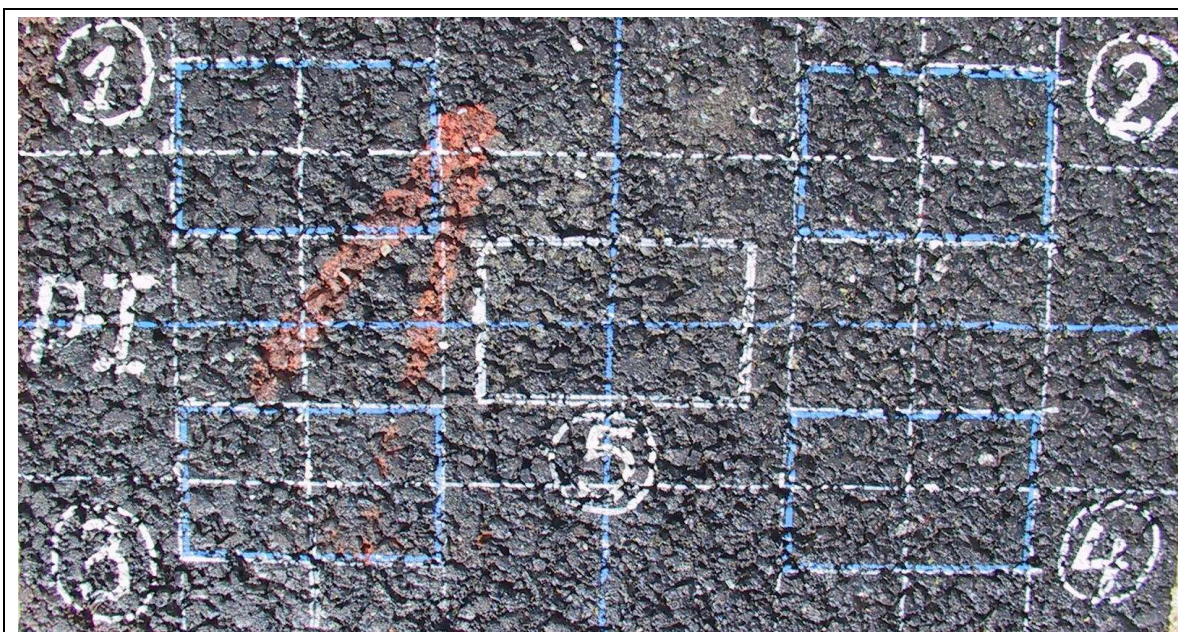
3.5. Badania wyciętej próbki na odcinku drogowym

W związku z wykończeniem powierzchni nawierzchni drobnym grysem gabro określenie wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV dla mieszanki 0/11 SMA zawarte w punkcie 3.4 nie zawiera badania dla czystej powierzchni bez gabro. Dlatego też, badania wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV przeprowadzona na dwóch płytach bez posypki gabro, uzyskanych od wykonawcy nawierzchni, pierwotnie przeznaczonych do badania koleinowania. Badane powierzchnie płyt przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

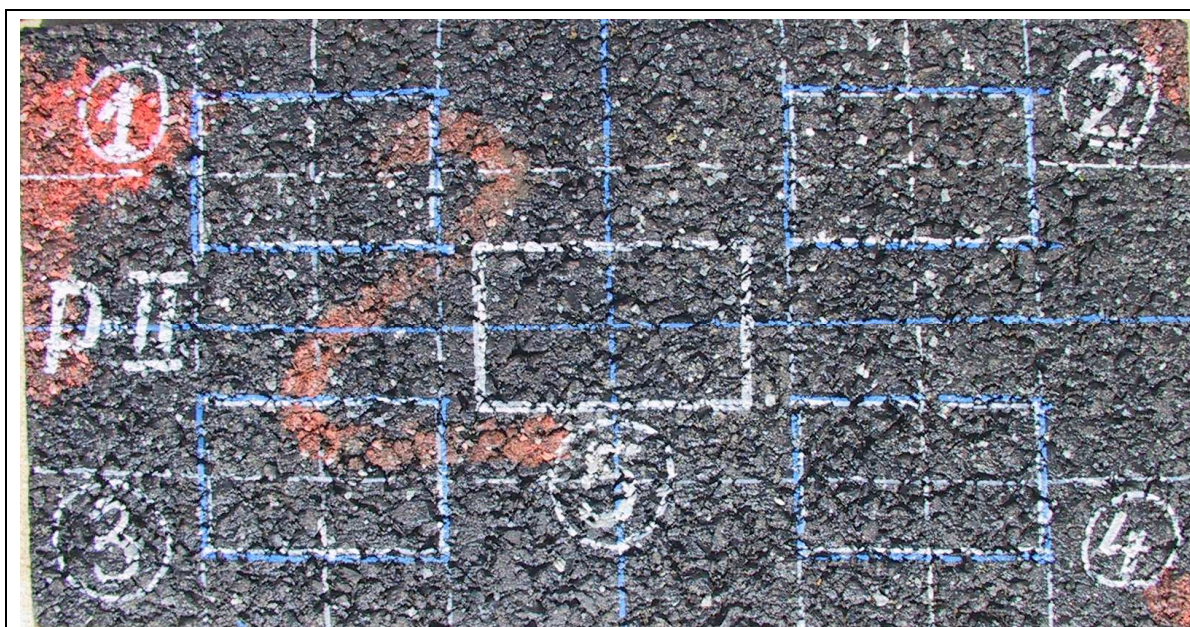
W tablicach 17 i 18 zamieszczono zbiorcze zestawienie wyników badania wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV odpowiednio dla powierzchni nr 1 i 2 wraz z zaznaczonymi pięcioma punktami badawczymi.

W środkowym piątym punkcie badawczym wykonano badanie głębokości makrotekstury MTD. Badane powierzchnie płyt pokryte materiałem ziarnistym przy badaniu głębokości tekstury przedstawiono na rysunkach 5 i 6. W tablicach 19 i 20 zamieszczono wyniki pomiarów głębokości makrotekstury MTD odpowiednio dla powierzchni nr 1 i 2.

Dodatkowym celem wykonanych badań było określenie charakterystyce statystycznych w badaniu wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV.



Rys. 3. Badana powierzchnia próbki nr 1



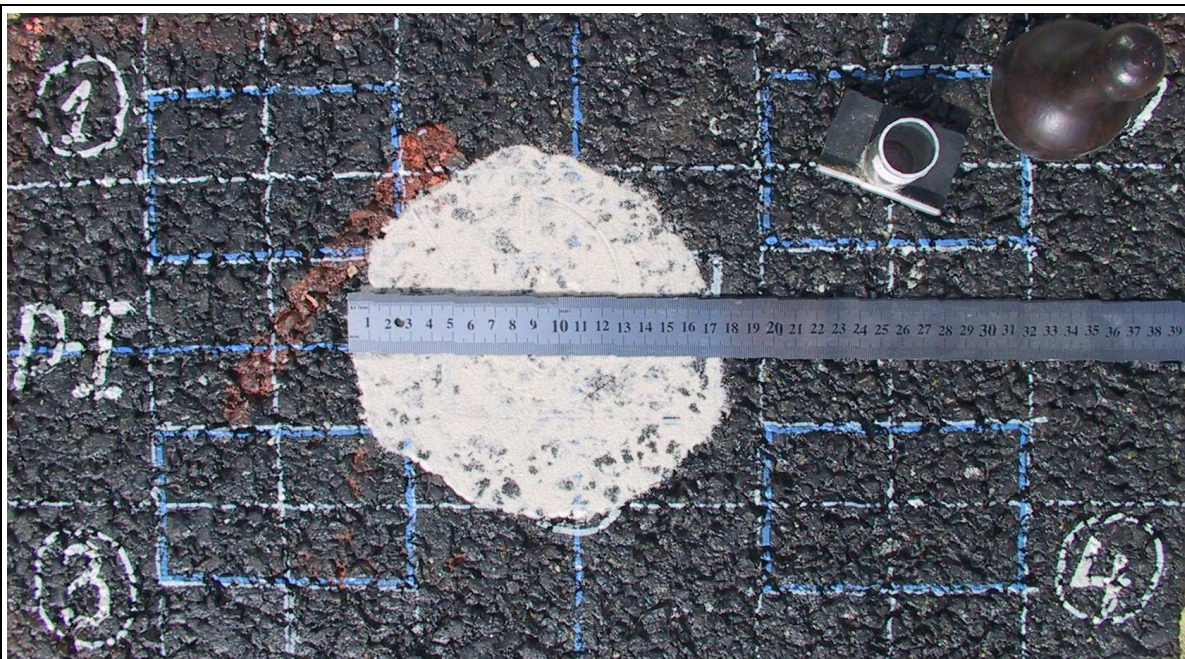
Rys. 4. Badana powierzchnia próbki nr 2

Tablica 17: Zbiorcze zestawienie wyników badania wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV dla powierzchnia próbki nr 1

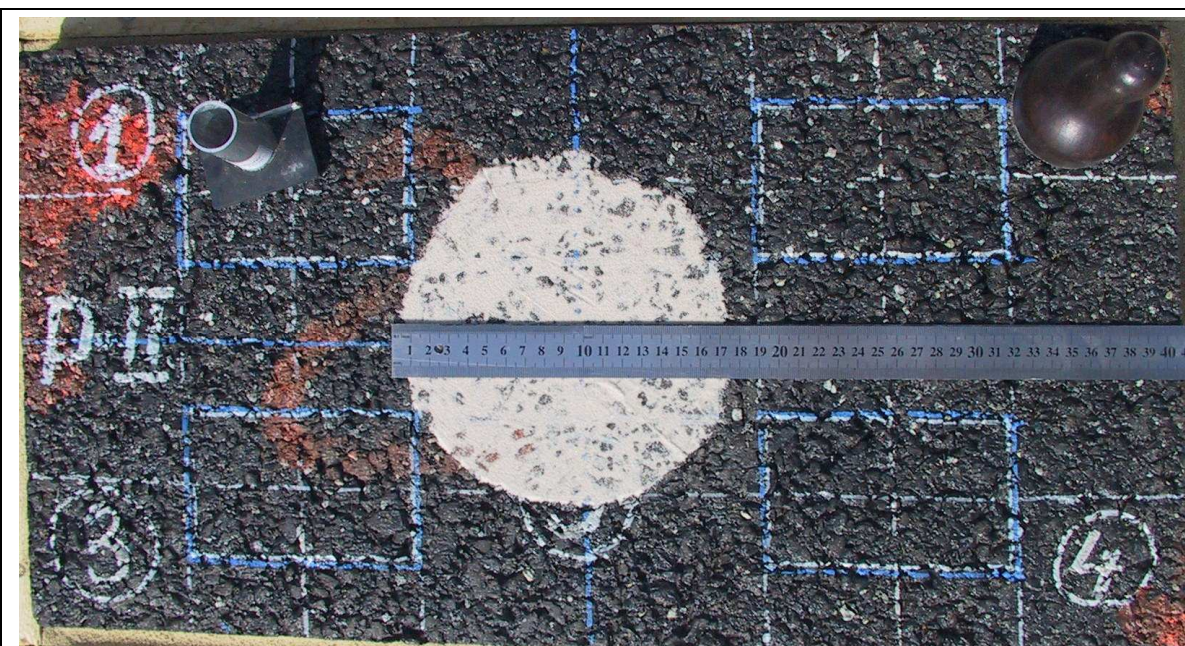
Numer punktu	PTV _{COR} = średni PTV'+1,6			Wynik badania PTV= PTV _{COR} (0)
	dla kierunku		pomiarów	
	w lewo	w prawo		
1	56,4	54,4	55,4	55
2	56,4	55,6	56,0	56
3	55,6	53,4	54,5	55
4	55,0	52,0	53,5	54
5	54,2	55,4	54,8	55
Średni wynik badania dla powierzchni				55

Tablica 18: Zbiorcze zestawienie wyników badania wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV dla powierzchnia próbki nr 2

Numer punktu	PTV _{COR} = średni PTV'+1,6			Wynik badania PTV= PTV _{COR} (0)
	dla kierunku		pomiarów	
	w lewo	w prawo		
1	54,6	54,6	54,6	55
2	56,0	55,6	55,8	56
3	56,0	56,2	56,1	56
4	55,6	54,4	55,0	55
5	55,2	55,2	55,2	55
Średni wynik badania dla powierzchni				55



Rys. 5. Powierzchnia pokryta materiałem ziarnistym w badaniu głębokości makrotekstury MTD dla powierzchni nr 1



Rys. 6. Powierzchnia pokryta materiałem ziarnistym w badaniu głębokości makrotekstury MTD dla powierzchni nr 2

Tablica 19: Wynik badania głębokości makrotekstury MTD dla powierzchni nr 1

Lp.	Określenia	Wyniki [mm]			
		1	2	3	4
1	Numer pomiaru				
2	Średnica powierzchni pokrytej materiałem ziarnistym	171	178	172	175
3	Średnia średnica powierzchni pokrytej materiałem ziarnistym dla punktu	174			
4	Głębokość tekstury dla punktu	1,05			

Tablica 20: Wynik badania głębokości makrotekstury MTD dla powierzchni nr 2

Lp.	Określenia	Wyniki [mm]			
		1	2	3	4
1	Numer pomiaru				
2	Średnica powierzchni pokrytej materiałem ziarnistym	173	186	180	179
3	Średnia średnica powierzchni pokrytej materiałem ziarnistym dla punktu	179,5			
4	Głębokość tekstury dla punktu	0,99			

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

4.1. Analiza wyników badań PSV i AAV

W przypadku składu I (tablica 1) złożonego z pomiedziowego żużla szybowego z KGHM METALE S.A. oraz bazaltu z Kopalni Targowica wartości PSV' dla tych składników niewiele się różniły, a wartość PSV' dla ich mieszanki pozostają bliższe wartości PSV' dla bazaltu (tablica 4). Pod względem polerowalności mieszanka złożona ze składników jak wyżej jest nie przydatna.

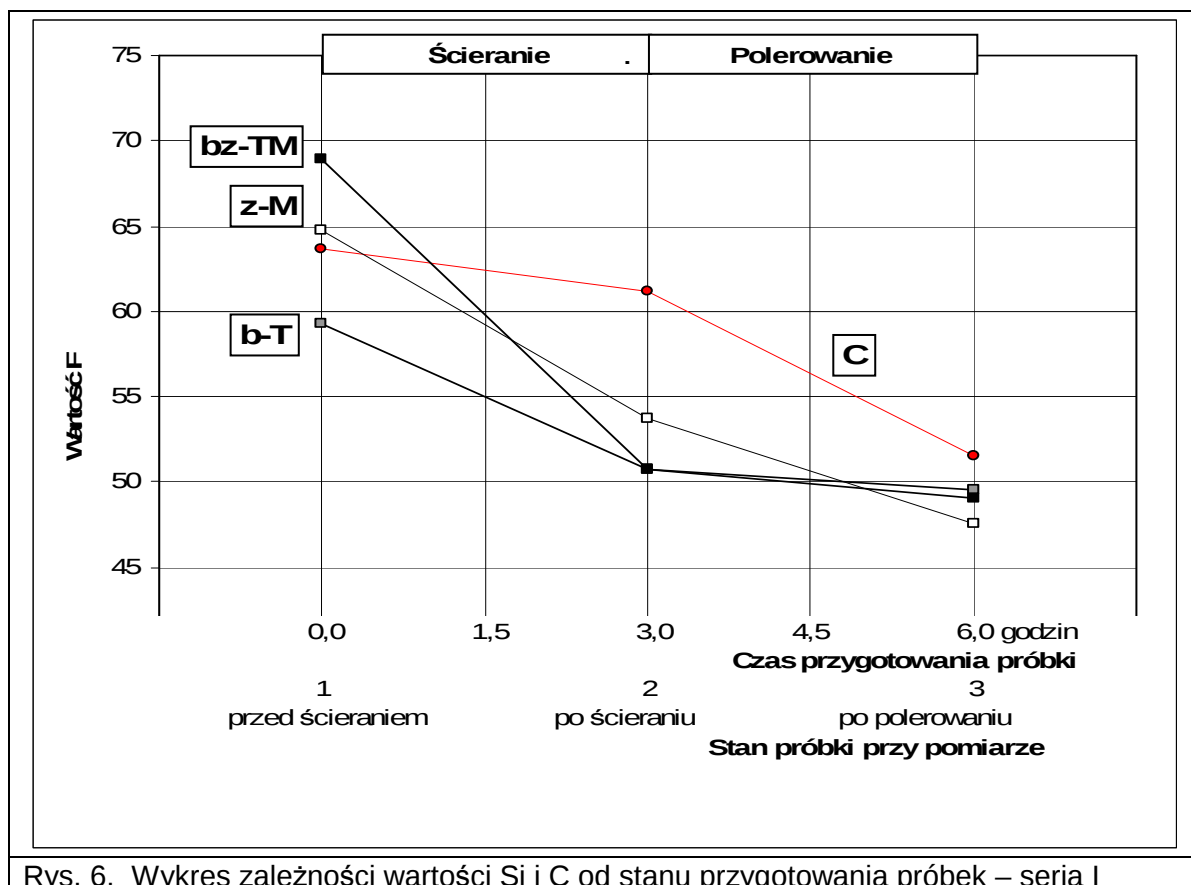
W przypadku składu II (tablica 1) złożonego z bazaltu z Góry Kamienistej oraz granitu z Siedlimowic wartości PSV' dla tych składników różnią się o 7,2, ale wartość PSV' dla ich mieszanki jest bliska wartości PSV' dla bazaltu (tablica 4). Pod względem polerowalności mieszanka o składzie II jest nieefektywna.

Wnioski dla obu mieszanek wymagają wyjaśnienia. Zawarte w punkcie 3.4.2. wyniki badań wartości F w postaci C i S w zależności od stanu przygotowania próbek przedstawiono na rysunkach 6 i 7 odpowiednio dla skład I i II.

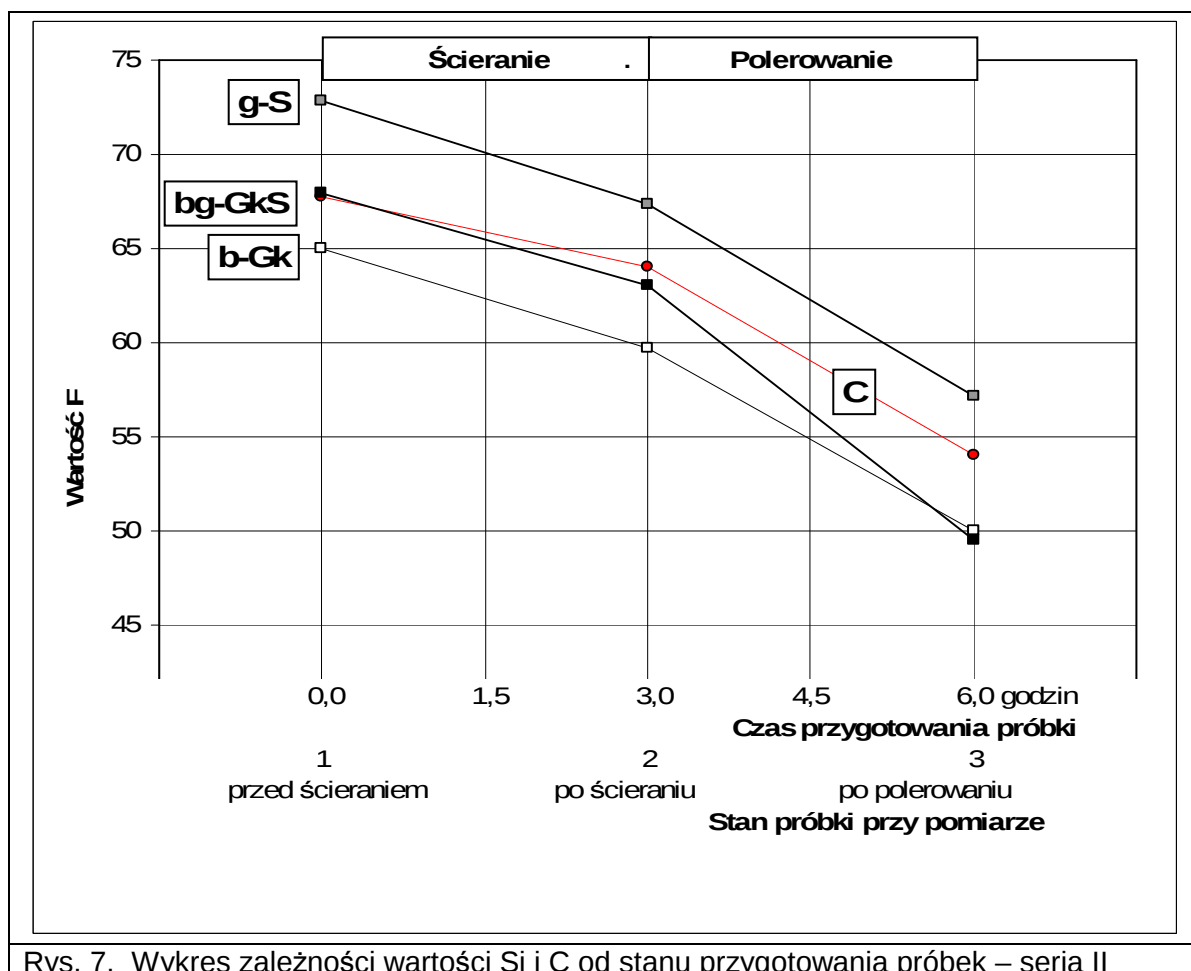
Jak można zauważyć na rysunku 6 mieszanka złożona z pomiedziowego żużla szybowego z KGHM METALE S.A. oraz bazaltu z Kopalni Targowica po ścieraniu osiąga wartość S taką samą jak dla samego bazaltu i dalej proces polerowania jest identyczny.

W przypadku składu II złożonego z bazaltu z Góry Kamienistej oraz granitu z Siedlimowic wartości PSV' przebieg procesów ścierania i polerowania dla tych składników jest identyczny (rysunek 7). Natomiast dla mieszanki proces polerowania wpływa niekorzystnie na nią pod względem otrzymanej wartości F.

Wyniki pomiarów ścieralności AAV zawarte w tablicy 14 również potwierdzają powyższe wyjaśnienia. Względny ubytek masy dla granitu z Siedlimowic wynosi 2,7 %, natomiast dla bazaltów z Kopalni Targowica i z Góry Kamienistej jest jednakowy i wynosi 1,5 %. Względny ubytek masy dla pomiedziowego żużla szybowego z KGHM METALE S.A. jest pośredni.



Rys. 6. Wykres zależności wartości Si i C od stanu przygotowania próbek – seria I



Rys. 7. Wykres zależności wartości Si i C od stanu przygotowania próbek – seria II

4.2. Analiza wyników badań wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV uzyskanego na odcinku drogowym

W tablicy 21 zamieszczono zbiorcze zestawienie wyników badań wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV uzyskane na odcinku drogowym i na próbce wyciętej z nawierzchni. Jak można zauważyć powierzchnie bez gryszy gabra lub z małą ilością gryszy i powierzchnie z grysem gabra różnią się pod względem wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV średnio o 11,4. W związku z tym różnicę w teksturze należy uznać jako istotną, doziarnienie drobnym grysem jako właściwe dla podniesienia szorstkości. Porównanie wahadłowego wskaźnika szorstkości $PTV_{CORR}=55,5$ (tablica 21) do badania polerowalności dla wartości $PSV' = 49,0+52,5-51,5=50,0$ (tablica 12) otrzymanej w badaniu mieszanki na pojedynczym kole daje różnicę 5,5. Biorąc pod uwagę różnicę w procesie polerowania (rys. 6) można wskazać na duży wpływ ścierania mieszanki.

Tablica 21: Zbiorcze zestawienie wyników badań wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV uzyskane na odcinku drogowym i na próbce wyciętej z nawierzchni

Lp.	Wahadłowy wskaźnik szorstkości PTV_{CORR}	Wynik
1	Odcinek drogowy badanie dla powierzchni	-
	- o bardzo małej zawartości gryszy z gabra	57,7
	- o dużej zawartości gryszy gabra	68,1
	- rozjeżdżonej przez pojazdy	68,9
2	Próbka wyciętej z nawierzchni	55,5

W odniesieniu do technologii rozsypywania gryszy drobnego należy zauważyć, że głębokości tekstury MTD wykazuje odwrotną proporcjonalność wobec wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV.

W tablicy 22 zamieszczono zbiorcze zestawienie wyników badań wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV uzyskane na próbkach wyciętych z nawierzchni oraz charakterystyk statystycznych. Średnie wyniki oraz odchylenia standardowe dla próbek są identyczne.

Należy podkreślić, że wynik badania PTV jest związany z współczynnikiem tarcia.

Tablica 22: Wyniki badania oraz charakterystyki statystyczne wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV

Numer punktu	Wynik badania wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV	
	próbka nr 1	próbka nr 2
1	55	55
2	56	56
3	55	56
4	54	55
5	55	55
Średni wynik badania dla próbki	55	55
Odchylenie standardowe dla próbki	1	1

ZADANIE 4

5. ANALIZA KRYTERIÓW I OPRACOWANIE ZALECEŃ

5.1. Kryteria wyboru kruszyw - Dokument Aplikacyjny DA/PN-EN 13043

Dokument Aplikacyjny DA/PN-EN 13043 do normy PN-EN 13043:2004 „Kruszywa do mieszanek bitumicznych oraz nawierzchni dróg, lotnisk i innych powierzchni przeznaczonych dla ruchu” określa kategorie wymagań pod względem wartości odporności na polerowanie i wartości odporności na ścieranie powierzchniowe jak niżej.

4.2.3. Odporność na polerowanie kruszywa grubego stosowanego do warstw ścieralnych

Odporność na polerowanie kruszywa grubego (polerowalność PSV), stosowanego do warstw ścieralnych należy określić wg PN-EN 1097-8, a wynik podać z odpowiednią kategorią wg tablicy 13.

Tablica 13 – Kategorie minimalnych wartości odporności na polerowanie

Wartość odporności na polerowanie	Kategoria PSV
≥ 50	PSV ₅₀
≥ 44	PSV ₄₄

4.2.4 Odporność na ścieranie powierzchniowe

Odporność na ścieranie powierzchniowe (ścieranie AAV), oznacza się wg PN-EN 1097-8, Załącznik A. Badanie to nie jest w Polsce wymagane. Przyjęto kategorię wg tablicy 14.

Tablica 14 – Kategorie maksymalnych wartości odporności na ścieranie powierzchniowe

Wartość odporności na ścieranie powierzchniowe	Kategoria AAV
Brak wymagania	AAV _{NR}

Jako odpowiednik odporności na ścieranie powierzchniowe (ścieranie AAV) przyjęto badanie odporności na rozdrobnienie kruszywa grubego metodą Los Angeles. Badanie ścieralności w bębnie Los Angeles istnieje w tradycji polskiego drogownictwa.

W załączniku A do normy PN-EN 1097-8 dodatkowo podana jest metoda oznaczania ścieralności kruszyw (AAV) określająca miarę odporności kruszywa na ścieranie powierzchniowe w warunkach ruchu drogowego z następującą uwagą:

UWAGA: Metodę AAV zaleca się, stosować, gdy wymagane jest stosowanie kruszyw szczególnie odpornych na poślizg (o wartości PSV 60 lub większej), które mogą być podatne na ścieranie pod wpływem ruchu.

Praktycznie badanie ścierania powierzchniowego AAV dla kruszyw stosowanych powszechnie w Polsce do warstw ścieralnych może być wyeliminowane z następujących powodów:

- przyjętych kategorii wymagań dla odporności na polerowanie kruszywa grubego (polerowalność PSV) w Dokumencie Aplikacyjnym DA/PN-EN 13043
- wartości odporności na polerowanie kruszyw stosowanych powszechnie w Polsce do warstw ścieralnych są niższe od 60,
- a przede wszystkim na podstawie uzyskanych wyników w badaniach IBDiM dla ścierania powierzchniowego AAV, które są niższe od 10, a dla bazaltów i granitów nie przekraczają wartości 5.

Poniżej zamieszczono kategorie wymagań pod względem odporności na rozdrabnianie zawarte w Dokumencie Aplikacyjnym DA/PN-EN 13043.

4.2.2 Odporność na rozdrobnienie kruszywa grubego

Odporność na rozdrobnienie kruszywa grubego należy oznaczyć metodą Los Angeles wg PN-EN 1097-2, a wynik należy podać z odpowiednią kategorią wg tablicy 11.

Tablica 11 – Kategorie maksymalnych wskaźników Los Angeles

Wskaźnik Los Angeles	Kategoria LA
≤ 15	LA ₁₅
≤ 20	LA ₂₀
≤ 25	LA ₂₅
≤ 30	LA ₃₀
≤ 40	LA ₄₀
≤ 50	LA ₅₀

W konsekwencji normalizacji PN-EN do normy PN-S-960025:2000 wprowadzono w DA/PN-EN 13043 zmiany i tak, w odniesieniu do warstwy ścieralnej z SMA.

E.1 Materiały do warstwy ścieralnej z SMA.

E.1.1 Składniki mineralne

Tablica E.1.1.1: Wymagania wobec kruszywa grubego (naturalnego i/lub sztucznego)

Punkt normy PN-EN 13043:2004	Właściwości kruszywa	Wymagania wobec kruszyw w zależności od kategorii ruchu	
		KR 1-2	KR 3-6
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrobnienie wg PN-EN 1097-2, rozdział 5; kategoria nie niższa niż:	LA ₂₅	LA ₂₀
4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa wg PN-EN 1097-8; kategoria nie niższa niż:	PSV _{dekl.}	PSV ₅₀

5.2. Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni autostrady

W Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych, kontrola stanu technicznego nawierzchni autostrady dotyczy każdej jezdni autostrady i obejmuje między innymi badanie właściwości przeciwpoślizgowych, które powinno obejmować i :

- pomiar głębokości makrotekstury,
- pomiar współczynnika tarcia.

Wymagania dla głębokości makrotekstury nawierzchni autostrady bezpośrednio po jej wykonaniu zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1: Wymagania dla głębokości makrotekstury nawierzchni autostrady

Lp.	Element nawierzchni	Miarodajna głębokość makrotekstury [mm]
1	Pasy ruchu zasadnicze i dodatkowe, pasy awaryjne	0,6-1,0
2	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic i PPO	0,8-1,2
3	Jezdnie SPO	0,4-0,6

SPO - stacje poboru opłat urządzone na poszerzonej koronie łącznicy lub w węźle.

PPO - plac poboru opłat urządzony na poszerzonej koronie autostrady

5.3. Związek PSV z PTV

Zgodnie z założeniami metody badania polerowalności określonymi w normach PN-EN można wyróżnić następujące odniesienia wyników badań prowadzonych w tym temacie TW-26:

1. Odporność na polerowanie kruszywa grubego (polerowalność PSV) wg PN-EN 1097-8 odpowiada końcowemu stanowi kruszywa badanego w warunkach laboratoryjnych z symulacją warunków dla nawierzchni drogowej pod względem przygotowania próbek do badania.
2. Opory poślizgu/poślizgnięcia lub inaczej określane jako wahadłowy wskaźnik szorstkości PTV wg PN-EN 13036-4:2004 (U) odpowiada bieżącemu stanowi powierzchni warstwy ścieralnej nawierzchni drogowej.

Komplet do powyższych wartości PSV i PTV stanowi badanie SCRIM, które jest przeprowadzane w warunkach rzeczywistej nawierzchni drogowej. Badanie to nie jest ujęte w tym temacie z uwagi na brak takiego sprzętu badawczego w Polsce. Bez badania SCRIM nie jest możliwa kalibracja odporności na polerowanie w odniesieniu do rzeczywistej mikrotekstury i makrotekstury dla określonej technologii budowy warstwy ścieralnej nawierzchni.

Dlatego też, optymalizacja obu wartości PSV i PTV może prowadzić do właściwej na obecnym etapie odporności na ścieranie i polerowanie.

5.4. Określenie kryteriów i zaleceń dla wyboru kruszyw

Można wyróżnić się następujące rodzaje odcinków drogi:

- Normalne odcinki drogi – liniowe, poza specjalnymi odcinkami drogi,
- Specjalne odcinki drogi, to te które wymagają zwiększonej odporności na poślizg nawierzchni.

Specjalne odcinki dróg to:

- skrzyżowania,
- pasy włączenia i wyłączenia,
- jezdnie łącznic,
- dojazdy do ronda,
- przejścia dla pieszych,
- jednopoziomowe skrzyżowanie drogi z linią kolejową, itd.,

oraz miejsca o przekroczonych wymaganiach geometrycznych pod względem:

- pochylenia niwelety,
- promienia łuku kołowego w planie,
- lub braku ograniczeń prędkości w przypadku takich przekroczeń.

Ścieranie i polerowanie nawierzchni na odcinkach specjalnych będzie zwiększone w wyniku częstszego niż w warunkach odcinków normalnych hamowania lub przyspieszania pojazdów samochodowych.

Metodyka oznaczenia polerowalności kamienia (PSV) na kruszywach grubych stosowanych do nawierzchni drogowych zawarta w normie PN-EN 1097-8 ujmuje proces ścierania i polerowania w warunkach ruchu drogowego i w niekorzystnych warunkach tych procesów poprzez zastosowanie wody.

W związku z tym proponuje się następujące kryteria wyboru kruszyw do warstw ścieralnych nawierzchni wykonanej z SMA:

1. dla normalnych odcinków drogi proponuje się utrzymanie wymagań określonych w Dokumencie Aplikacyjnym DA/PN-EN 13043,
2. dla specyficznych odcinków drogi proponuje się zwiększenie wymagań pod względem odporności na polerowanie grysów poprzez optymalizację mieszanki mineralnej wg przyjętych podstawowych czynników, które mają wpływ na odporność na polerowanie:

- stosowanie kruszyw z różnych skał,
- obniżenie nominalu uziarnienia mieszanki,
- wybór kruszyw o większej wartości ścierania AAV lub rozdrabnianie LA
- powierzchniowe uszarstnianie drobnymi grysami.

5.5. Analiza i zalecenia dla klasyfikacji kruszyw pod względem kryteriów

Istnieje możliwość zwiększenia odporności na polerowanie wg czynników podanych w punkcie 4.3. Wykazano to w dokumentach technicznych wymienionych w punkcie 2. Również w przypadku niekorzystnych właściwości kruszyw pod względem polerowalności jak przedstawiono w punkcie 3.6. w badaniach na odcinku drogowym w Toruniu.

Na potwierdzenie takich efektów pozwalają następujące pełne kryteria:

- laboratoryjne badanie polerowalności PSV kruszyw i mieszanek,
- badania wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV na nawierzchni na odcinkach doświadczalnych.

5.6. Wstępne zlecenia: Optymalizacja kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności i polerowalności

Przed wszystkim, dla specjalnych odcinków dróg pod względem miejsca i przekroczenia projektowych wymagań geometrycznych poniżej podaje się wstępne zalecenia dla optymalizacji kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności i polerowalności.

Dla odcinków drogi, dla których przewiduje się optymalizację kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności i polerowalności należy posiadać następujące dokumenty:

1. „Karta Identyfikacyjna Kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych ze względu na odporność na polerowanie” podaną w Załączniku Nr 1 w opracowaniu „optymalizacja czynników wpływających na polerowalność kruszyw oraz możliwości jej zmniejszenia i optymalizacji mieszanek mineralnych pod kątem polerowalności. Wstępne zalecenia oceny i doboru kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych ze względu na odporność na polerowanie.” (Symbol pracy IBDiM-TW 55904a/TW-24).
2. Wyniki Badań Kruszyw wg Dokumentu Aplikacyjnego DA/PN-EN 13043 według zakresu w zależności od zastosowania.
3. Wyniki Badań Mieszanek mineralno-asfaltowych wg Dokumentu Aplikacyjnego DA/PN-EN 13043 według zakresu w zależności od zastosowania.

Dokumenty wymienione w punktach 1, 2 i 3 mogą stanowić podstawę do opinii technicznej dotyczącej poprawności, zmiany lub wymaganej optymalizacji kruszyw dla zastosowania do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności i polerowalności.

Sprawdzenie wyboru powinno zostać przeprowadzone na Poletku Doświadczalnym przed dopuszczeniem ruchu na nawierzchni oraz w zależności od potrzeb w trakcie okresu gwarancyjnego, w zakresie:

- wahadłowego wskaźnika szorstkości PTV wg PN-EN 13036-4:2004,
- głębokości makrotekstury MTD wg PN-EN 13036-1:2005.
- innych, uzgodnionych badań.

6. WNIOSKI OGÓLNE

Na podstawie badań kruszyw i mieszanek kruszyw przeprowadzonych w laboratorium i na poletku do doświadczalnym w etapie I i II pracy można postawić następujące wnioski ogólne:

1. Uzyskano korelację wahadłowego wskaźnika szorstkości (PTV) od polerowalności PSV w badaniach na drogach krajowych wykonanych z SMA. Potwierdza to istotność związku tych czynników, które mogą być badane, odpowiednio, w laboratorium i na wykonanej nawierzchni.
2. Głębokość makrotekstury MTD wg PN-EN 13036-1:2005 w odniesieniu do tendencji zmniejszania nominalnego ziarna mieszanek mineralnych oraz niektórych technologii związanych z uszorstnianiem powierzchni może nie być zależną proporcjonalną do wahadłowego wskaźnika szorstkości (PTV).
3. Polerowalność PSV z uwagi na warunki badania ujmuje proces ścierania i polerowania oraz przy obecnych technologiach mieszanek mineralno-asfaltowych jest badaniem wystarczającym dla oceny powierzchniowej ścieralności. Ścieralność w bębnie Los Angeles określa właściwości mechaniczne kruszywa w powiązaniu z rodzajem skały.
4. Optymalizacja kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności i polerowalności nie jest procesem automatycznym tzn. w pełni przewidywalnym. I powinna być prowadzone w powiązaniu z projektowaniem mieszanki mineralno-asfaltowej.
5. Przeprowadzone badania charakterystyk związanych z polerowalnością i ścieraniem w laboratorium i na wykonanej nawierzchni potwierdziły możliwość oceny mieszanki mineralno-asfaltowej.

Wdrożeniowy charakter wykorzystania charakterystyk odporności na ścieranie i polerowanie zawierają Wstępne Zlecenia: „Optymalizacja kruszyw do warstwy ścieralnej nawierzchni pod względem ścieralności i polerowalności” zawarte w punkcie 5.6.

W pracy udział wzięli:

dr inż. Andrzej Duszyński
(kierownik tematu TW-26)

doc. dr hab. inż. Adam Wysokowski

techn. Elżbieta Grzechowska-Lis

techn. Kazimierz Płończak

Załącznik nr 1

WYNIKI BADANIA POLEROWALNOŚCI

**Sprawozdanie z badania
polerowalności kamienia**

nr 4/psv/2005

1. Badanie wykonano zgodnie z normą:

**PN-EN 1097-8:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości
kruszyw. Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia**

2. Pobranie próbek

Obwodnica Torunia – Wytwórnia Mas Bitumicznych

3. Identyfikacja i opis pobrania

Rodzaj produkcji: normalna

Procedura pobrania: wg PN-EN 932-2

Rodzaj surowca (wg nomenklatury handlowej): **żużel pomiedziowy**

Pochodzenie: **KGHM METALE**

4. Wartość PSV = ■ dla kruszywa

5. Średnia wartość tarcia dla kamienia kontrolnego C= ■

6. Średnia wartość tarcia dla kamienia wzorcowego $58 \leq 60,0 \leq 66$

7. Wartości zarejestrowane dla pojedynczych próbek do badania

Tablica 1: Średnia wartość C dla czterech próbek kamienia kontrolnego PSV

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	C' _{sp}						C _{sp}	C _s	C
1	I	13	41	53	53	53	53	53	53	53,0	51,5	
2	I	14	41	50	51	50	50	50	50	50,0		

Tablica 2: Średnia wartość S dla czterech próbek badanego kruszywa

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	S' _{sp}						S _{sp}	S _s	S
1	I	3	37	50	50	49	49	50	50	49,3	47,7	
2	I	4	39	46	46	46	46	46	46	46,0		
3												
4												

Sprawozdanie z badania polerowalności kamienia

nr 5/psv/2005

1. Badanie wykonano zgodnie z normą:

PN-EN 1097-8:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia

2. Pobranie próbek

Obwodnica Torunia – Wytwórnia Mas Bitumicznych

3. Identyfikacja i opis próbek

Rodzaj produkcji: normalna

Procedura pobrania: wg PN-EN 932-2

Rodzaj surowca (wg nomenklatury handlowej): **bazalt**

Pochodzenie: **Kopalnia Targowica**

4. Wartość PSV = ■ dla kruszywa

5. Średnia wartość tarcia dla kamienia kontrolnego C= ■

6. Średnia wartość tarcia dla kamienia wzorcowego $58 \leq 60,0 \leq 66$

7. Wartości zarejestrowane dla pojedynczych próbek do badania

Tablica 1: Średnia wartość C dla czterech próbek kamienia kontrolnego PSV

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	C' _{sp}						C _{sp}	C _s	C
1	I	13	41	53	53	53	53	53	53	53,0	51,5	
2	I	14	41	50	51	50	50	50	50	50,0		

Tablica 2: Średnia wartość S dla czterech próbek badanego kruszywa

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	S' _{sp}						S _{sp}	S _s	S
1	I	7	38	50	50	50	50	50	50	50,0	49,5	
2	I	8	39	50	49	49	49	49	49	49,0		
3												
4												

Sprawozdanie z badania polerowalności kamienia

nr 6/psv/2005

1. Badanie wykonano zgodnie z normą:

PN-EN 1097-8:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczanie poierowalności kamienia

2. Pobranie próbek

Obwodnica Torunia – Wytwórnia Mas Bitumicznych

3. Identyfikacja i opis próbek

Rodzaj produkcji: normalna

Procedura pobrania: wg PN-EN 932-2

Rodzaj surowca (wg nomenklatury handlowej): **bazalt + żużel pomiedziowy**

Pochodzenie: **Kopalnia Targowica + KGHM METALE**

4. Wartość PSV = ■ dla kruszywa

5. Średnia wartość tarcia dla kamienia kontrolnego C= ■

6. Średnia wartość tarcia dla kamienia wzorcowego $58 \leq 60,0 \leq 66$

7. Wartości zarejestrowane dla pojedynczych próbek do badania

Tablica 1: Średnia wartość C dla czterech próbek kamienia kontrolnego PSV

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	C' _{sp}						C _{sp}	C _s	C
1	I	13	41	53	53	53	53	53	53	53,0	51,5	
2	I	14	41	50	51	50	50	50	50	50,0		

Tablica 2: Średnia wartość S dla czterech próbek badanego kruszywa

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	S' _{sp}						S _{sp}	S _s	S
1	I	11	20/20	49	49	48	48	48	48	48,0	49,0	
2	I	12	20/20	51	50	50	50	50	51	50,0		
3												
4												

polerowalności kamienia

1. Badanie wykonano zgodnie z normą:

PN-EN 1097-8:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia

2. Pobranie próbek

3. Identyfikacja i opis próbek

Rodzaj produkcji: normalna

Procedura pobrania: wg PN-EN 932-2

Rodzaj surowca (wg nomenklatury handlowej): **granit**

Pochodzenie: **Kopalnia Siedlimowice**

4. Wartość PSV = ■ dla kruszywa

5. Średnia wartość tarcia dla kamienia kontrolnego C= ■

6. Średnia wartość tarcia dla kamienia wzorcowego $58 \leq 62,0 \leq 66$

7. Wartości zarejestrowane dla pojedynczych próbek do badania

Tablica 1: Średnia wartość C dla czterech próbek kamienia kontrolnego PSV

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	C' _{sp}						C _{sp}	C _s	C
3	II	14	41	53	53	53	53	53	53	53,0	54,0	
4	II	13	38	54	55	55	55	55	55	55,0		

Tablica 2: Średnia wartość S dla czterech próbek badanego kruszywa

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	S' _{sp}						S _{sp}	S _s	S
1												
2												
3	II	8	38	57	57	57	57	57	57	57,0	57,2	
4	II	7	37	58	58	58	57	57	57	57,3		

Sprawozdanie z badania polerowalności kamienia

nr 8/psv/2005

1. Badanie wykonano zgodnie z normą:

PN-EN 1097-8:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia

2. Pobranie próbek

3. Identyfikacja i opis próbek

Rodzaj produkcji: normalna

Procedura pobrania: wg PN-EN 932-2

Rodzaj surowca (wg nomenklatury handlowej): **bazalt**

Pochodzenie: **Kopalnia Kamienista Góra**

4. Wartość PSV = ■ dla kruszywa

5. Średnia wartość tarcia dla kamienia kontrolnego C= ■

6. Średnia wartość tarcia dla kamienia wzorcowego $58 \leq 62,0 \leq 66$

7. Wartości zarejestrowane dla pojedynczych próbek do badania

Tablica 1: Średnia wartość C dla czterech próbek kamienia kontrolnego PSV

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	C' _{sp}						C _{sp}	C _s	C
3	II	14	41	53	53	53	53	53	53	53,0	54,0	
4	II	13	38	54	55	55	55	55	55	55,0		

Tablica 2: Średnia wartość S dla czterech próbek badanego kruszywa

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	S' _{sp}						S _{sp}	S _s	S
1												
2												
3	II	4	40	50	49	50	50	50	50	50,0	50,0	
4	II	3	39	50	50	50	50	50	50	50,0		

Sprawozdanie z badania polerowalności kamienia

nr 9/psv/2005

1. Badanie wykonano zgodnie z normą:

PN-EN 1097-8:2002 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia

2. Pobranie próbek

3. Identyfikacja i opis próbek

Rodzaj produkcji: normalna

Procedura pobrania: wg PN-EN 932-2

Rodzaj surowca (wg nomenklatury handlowej): **bazalt + granit**

Pochodzenie: **Kopalnia Kamienista Góra + Kopalnia Siedlimowice**

4. Wartość PSV = ■ dla kruszywa

5. Średnia wartość tarcia dla kamienia kontrolnego $C = \blacksquare$

6. Średnia wartość tarcia dla kamienia wzorcowego $58 \leq 62,0 \leq 66$

7. Wartości zarejestrowane dla pojedynczych próbek do badania

Tablica 1: Średnia wartość C dla czterech próbek kamienia kontrolnego PSV

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	C'_{sp}						C_{sp}	C_s	C
3	II	14	41	53	53	53	53	53	53	53,0	54,0	
4	II	13	38	54	55	55	55	55	55	55,0		

Tablica 2: Średnia wartość S dla czterech próbek badanego kruszywa

Lp.	Numer serii	Numer próbki	Ilość ziarn	Odczyt						Wynik badania tarcia	Średni wynik badania tarcia dla serii	Średni wynik badania
	s	p	z	S'_{sp}						S_{sp}	S_s	S
1												
2												
3	II	12	18/17	49	50	50	50	49	50	49,6	49,5	
4	II	11	18/18	50	50	50	49	49	49	49,3		