

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW
Zakład Diagnostyki Nawierzchni

SPRAWOZDANIE
z realizacji pracy TD-46 pt.:
**„Weryfikacja stosowania kruszywa dolomitowego
w warstwie ścieralnej nawierzchni
ze względu na jej właściwości przeciwpoślizgowe”**

Zleceniodawca GDDP, umowa nr 23/99

Opracowali:

mgr inż. Tomasz MECHOWSKI
prof. dr inż. Dariusz SYBILSKI
doc. dr inż. Janusz ZAWADZKI

Kierownik Zakładu
Diagnostyki Nawierzchni

mgr inż. Tomasz MECHOWSKI

Warszawa, listopad 1999

SPIS TREŚCI

1.	Wprowadzenie. Podstawa i cel pracy	
	3	
2.	Metodyka badawcza	3
3.	Odcinki wytypowane do badań	7
4.	Zestawienie wyników badań	8
5.	Analiza wyników badań	14
5.1	Wpływ technologii wykonania warstwy ścieralnej	14
5.2	Zmiany właściwości przeciwpoślizgowych w czasie	
	15	
5.3	Odporność próbek z mieszanek mineralno-asfaltowych na polerowanie	18
5.4	Analiza zależności pomiędzy różnymi metodami badawczymi	19
5.5	Polerowalność grysów	21
5.6	Porównanie wyników pomiarów współczynnika przyczepności z kryteriami Oceny wg SOSN i z wymaganiami dot. nowych dróg	22
6.	Zakończenie i wnioski	22
	Piśmiennictwo	24
	Załącznik nr 1 - Wyniki pomiarów współczynnika przyczepności nawierzchni zestawem SRT-3	
	Załącznik nr 2 - Wyniki badań wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim oraz głębokości tekstury metodą piasku kalibrowanego	
	Załącznik nr 3 - Wyniki badań zdolności polerowania kruszyw (PSV) wg BS 812/114	
	Załącznik nr 4 – Opracowanie składów mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych do badań wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim	

1 Wprowadzenie. Podstawa i cel pracy

Zły stan nawierzchni jest niejednokrotnie główną przyczyną występowania wypadków drogowych. Bezpośredni związek z bezpieczeństwem ruchu mają cechy powierzchniowe nawierzchni, takie jak: właściwości przeciwpoślizgowe, równość, głębokość kolein oraz zdolność odbijania i pochłaniania światła. Największe znaczenie ze względu na wagę skutków mają właściwości przeciwpoślizgowe, co zmusza do zaostrzenia wymagań jakościowych w stosunku do materiałów i technologii wykonania nowych warstw ścieralnych oraz stosowania odpowiednich zabiegów utrzymaniowych dla nawierzchni eksploatowanych.

Niniejsza praca została wykonana na zlecenie GDDP (umowa nr 23/99). Jej przedmiotem jest ocena własności przeciwpoślizgowych warstw ścieralnych z kruszywem dolomitowym, wykonanych w okresie ostatnich kilku lat na wybranych odcinkach dróg krajowych. Do oceny wytypowano nawierzchnie wykonane w technologii betonu asfaltowego oraz SMA, przy różnej zawartości kruszywa dolomitowego w mieszance mineralnej. Na podstawie analizy wyników pomiarów przeprowadzonych na wybranych odcinkach oraz badań laboratoryjnych podjęto próbę weryfikacji zaleceń stosowania kruszywa dolomitowego w batonie asfaltowym oraz w mieszance SMA do warstwy ścieralnej, w celu zapewnienia odpowiedniej przyczepności nawierzchni.

2 Metodyka badawcza

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni zależą od wielu, często złożonych czynników. Wśród nich do najważniejszych należy zaliczyć: rodzaj i stan techniczny nawierzchni, prędkość ruchu pojazdu, głębokość i stan rzeźby bieżnika opony, głębokość filmu wodnego na powierzchni jezdni oraz nierówności podłużne, powodujące chwilową utratę kontaktu opony z drogą.

Administracje drogowe w różnych krajach stosują zróżnicowane metody oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni, dostosowane do użytkowanej aparatury pomiarowej. Metody te można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- Pomiar współczynnika przyczepności nawierzchni,
- Pomiar tekstury nawierzchni.

Współczynnik przyczepności nawierzchni jest to stosunek siły tarcia rozwijanej między kołem pomiarowym a nawierzchnią drogi do wartości reakcji normalnej, w warunkach pełnej lub częściowej blokady koła pomiarowego. Pomiar współczynnika przyczepności wykonywany jest obecnie na świecie z zastosowaniem trzech grup aparatów. Z założenia służą one do oceny tego samego zjawiska, jednak zróżnicowanie konstrukcyjne układów pomiarowych sprawia, że pomiarowi podlegają różne charakterystyki fizyczne. Z zastosowaniem aparatów poszczególnych grup wykonywany jest pomiar:

- sił oporu działających prostopadle do płaszczyzny koła pomiarowego, odchylonego o kąt 20° względem kierunku ruchu. Pomiar wykonywany jest aparatami typu SCRIM (Sideway Force Coefficient Routine Investigation Machine). W wyniku określany jest współczynnik przyczepności tarcia bocznego SFC,
- sił hamujących, działających na koło pomiarowe zablokowane w 80 - 90%, którego płaszczyzna obrotu jest zgodna z kierunkiem ruchu aparatu. Aparatura pomiarowa zapewnia możliwość symulowania systemu ABS (Anti-Block-System). W wyniku

określana jest maksymalna wartość siły tarcia oraz odpowiadający jej maksymalny współczynnik przyczepności podłużnej, lub tzw. BSN (Brake Slip Number),

- sił hamujących, działających na koło pomiarowe zablokowane w 100%, ustawione zgodnie z kierunkiem ruchu aparatu. W wyniku określana jest średnia wartość współczynnika przyczepności tarcia podłużnego, lub tzw. SN (Skid Number).

Tekstura opisuje geometrię nierówności warstwy jezdnej nawierzchni. Makroteksturę tworzą nierówności na powierzchni warstwy ścieralnej spowodowane wystającymi ziarnami kruszywa. Zależy ona od składu materiału, z którego jest wykonana warstwa ścieralna oraz od technologii jej wbudowania. Mikroteksturę natomiast tworzą drobne nierówności o głębokości dziesiątych części milimetra, spowodowane wystającymi ziarnami drobnego kruszywa lub chropowatością powierzchni wystających grubych ziaren. Pomiar tekstury nawierzchni wykonywany jest obecnie na świecie najróżniejszymi metodami, bazującymi zarówno na starych, wypróbowanych sposobach jak i wykorzystujących najnowsze zdobycze techniki. Generalnie urządzenia i metody pomiaru tekstury można, tak jak w przypadku pomiaru współczynnika przyczepności, podzielić na trzy grupy:

- pomiar wykonywany z dużą prędkością - bazujące głównie na rejestracji nierówności urządzeniami wykorzystującymi laser oraz wykorzystującymi kamery CCD,
- pomiar stacjonarny lub z małą prędkością na suchej nawierzchni - są to m.in.: metoda piasku kalibrowanego (ASTM E-965), fotografia stereograficzna, metoda kalibrowanych kulek szklanych,
- pomiar stacjonarny lub z małą prędkością na mokrej nawierzchni - metoda bazująca na pomiarze czasu wypływu znormalizowanej ilości cieczy oraz metoda wahadła angielskiego.

W niniejszej pracy, do oceny właściwości przeciwpoślizgowych warstwy ścieralnej z kruszywem kwarcytowym przyjęto następujące metody badań:

- pomiar współczynnika przyczepności zestawem SRT-3,
- pomiar wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim,
- badanie głębokości tekstury metodą piasku kalibrowanego.

Wykonano również badanie odporności na polerowanie wg BS 812/114 grysów dolomitowych oraz dla celów porównawczych grysów innych kruszyw.

Pomiar współczynnika przyczepności zestawem SRT-3

Badanie przyczepności nawierzchni drogowych ma w Polsce już ponad 30-letnią historię. Aktualnie pracuje w kraju już 10 zestawów pomiarowych SRT-3 (rys. 1) mierzących współczynnik przyczepności przy pełnej blokadzie koła pomiarowego. W skład zestawu pomiarowego SRT-3 wchodzi:

- jednokołowa przyczepka dynamometryczna,
- samochód holujący,
- elektroniczna aparatura kontrolno-pomiarowa.

Pomiar współczynnika przyczepności zestawem SRT-3 odbywa się na zwilżonej wodą nawierzchni, przy pełnej blokadzie koła pomiarowego dwoma metodami - poprzez pomiar momentu hamującego oraz poprzez bezpośredni pomiar siły hamującej (siły przyczepności) - wolnej od oddziaływania momentu stycznych sił bezwładności. W celu uściślenia wartości reakcji normalnej pod kołem pomiarowym rejestrowana jest siła w zawieszeniu przyczepy dynamometrycznej. Obecnie do możliwości urządzenia należy również pomiar maksymalnej wartości współczynnika przyczepności (przy danej prędkości pomiarowej).

Automatyzacja procesu hamowania i rejestracja wyników pomiarów odbywa się przy użyciu komputera pokładowego i specjalnie skonstruowanego układu kontrolno-pomiarowego. Wszystkie wyniki pomiarów uwidaczniane są w czasie rzeczywistym na ekranie monitora. Podawane są następujące wartości z każdego hamowania:

- prędkość pomiarowa,
- współczynnik przyczepności określony w torze pomiaru momentu - miM ,
- współczynnik przyczepności określony w torze pomiaru siły przyczepności - miF ,
- współczynnik przyczepności skorygowany stosownie do zmian reakcji w zawieszeniu przyczepy dynamometrycznej w czasie pomiarów - mik ,
- stosunek uśrednionej reakcji dynamicznej do statycznej w zawieszeniu przyczepy dynamometrycznej w czasie pomiarów - Fz ,
- droga przebyta przez zestaw - $dyst$,
- informacje diagnostyczne - err .

Na żądanie operatora istnieje możliwość zapamiętania i wizualizacji wszystkich przebiegów danego procesu hamowania.

Rys. 1 Zestaw pomiarowy SRT-3

Badanie głębokości tekstury metodą piasku kalibrowanego

do pomiaru tekstury tzw. metodę piasku kalibrowanego. Pomiar polega na określeniu powierzchni koła utworzonego z rozsypanego na nawierzchni piasku o granulacji 0,15 do 0,30 mm o objętości 25 cm^3 . Piasek rozgarnia się w taki sposób aby dokładnie wypełnić wszystkie drobne wgłębienia na jak największej powierzchni. Objętość piasku podzielona przez powierzchnię utworzonego przez piasek koła daje średnią głębokość nierówności, którą przyjęto za miarę tekstury nawierzchni.

Pomiar wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim

Badanie wahadłem angielskim polega na rejestracji wychylenia ramienia aparatu wraz z umieszczoną na nim stopką z kauczukiem. W czasie ruchu wahadła stopka ociera się gumową częścią o badaną powierzchnię lub próbkę. Odczytywane na wyskalowanej tarczy końcowe wychylenie wahadła określa wielkość siły tarcia pomiędzy gumą a powierzchnią.

Aparat ustawia się na badanej powierzchni w taki sposób aby wahadło kołysało się w kierunku ruchu na drodze. Kąt nachylenia powierzchni nie powinien być większy niż 6%. Temperatura powierzchni w chwili pomiaru powinna się zawierać w przedziale 5 - 40°C. Wyniki badania są korygowane do wartości w temperaturze odniesienia 20°C przy użyciu nomogramu [16].

Rys. 2 Schemat wahadła angielskiego

Badanie polerowalności metodą angielską wg normy BS 812/114

Badanie polerowalności wykonuje się w aparacie do przyspieszonego polerowania grysów, skonstruowanego w Brytyjskim Instytucie Drogowym (TRRL). Głównym założeniem konstrukcyjnym aparatu było odtworzenie w możliwie dużym stopniu warunków panujących na drodze. Na Rys. 3 przedstawiono schemat budowy tego urządzenia.

Na obwodzie koła „drogowego” o średnicy 406 mm jest osadzonych 14 próbek (12 próbek badawczych trzech rodzajów grysów oraz 2 próbki wzorcowe). Próbki sporządza się z grysów frakcji 8/9,5 mm lub 10/12 mm. Ziarna grysów osadzone są w zaprawie cementowo-

piaskowej lub w żywicy syntetycznej. Koło drogowe obraca się z szybkością 320 ± 5 obr/min. Po ścieżce z próbek na obwodzie koła drogowego toczy się koło z gładką oponą pneumatyczną o wymiarach 8x12 cali. Pomiędzy koła w czasie pracy aparatu sypany jest na próbki ścierny proszek korundowy. Zastosowane jest również zraszanie wodą. Polerowanie grysów trwa 6 godzin i składa się z dwóch faz, trwających po 3 godziny każda:

- faza I – ścieranie i wygładzanie nierówności,
- faza II – polerowanie.

Po zakończeniu cyklu mierzy się na mokro wahadłem typu RRL tarcie na wypolerowanej powierzchni próbek, wyrażone bezwymiarową liczbą, jako poszukiwana wielkość PSV (miernik polerowalności). Wynik stanowi średnią z pomiarów wykonanych na czterech próbkach. Przy pomiarze tym używa się stoppek gumowych o wymiarach 32x25,2 mm.

Rys. 3 Schemat budowy aparatu do przyspieszonego polerowania grysów typu RRL

a – proszek ścierny, b – wibrator zasilający, c – koło ogumione, d – woda,
e – obciążnik, f – koło „drogowe” z próbkami

3 Odcinki wytypowane do badań

Do pomiarów współczynnika przyczepności, głębokości tekstury oraz wskaźnika szorstkości wytypowano 9 odcinków nawierzchni, na których warstwa ścieralna wykonana została w różnych technologiach z zastosowaniem kruszywa dolomitowego oraz dla celów porównawczych 1 odcinek z kruszywem bazaltowym. Wszystkie badane odcinki występowały na terenie byłego DODP Kraków, a informacje o nich uzyskano z Laboratorium Drogowego GDDP w Krakowie.

Dane dotyczące lokalizacji odcinków badawczych, roku wykonania, zastosowanego kruszywa oraz technologii wykonania warstwy ścieralnej zestawiono poniżej:

Odcinek nr 1 – Droga nr 4 Kraków-Rzeszów, km 545+000 do 545+450, wykonany w roku 1995 w technologii SMA 0/12,8 z Cariflexem, grubość warstwy ścieralnej 3 cm, kruszywo dolomitowe z kamieniołomu Dubie.

Odcinek nr 2 – Droga nr 98 Limanowa-Nowy Sącz, km 108+000 do 108+450, wykonany w roku 1995 w technologii mieszanki o nieciągłym uziarnieniu 0/9,6, grubość warstwy ścieralnej 2 cm, kruszywo dolomitowe z kamieniołomu Dubie.

Odcinek nr 3 – Droga nr 4 Kraków-Rzeszów, km 456+000 do 456+450, wykonany w roku 1995 w technologii BA 0/12,8, grubość warstwy ścieralnej 4 cm, kruszywo bazaltowe z kamieniołomu Niemodlin.

Odcinek nr 4 – Droga nr 1 Bielsko-Cieszyn, km 612+600 do 612+150, wykonany w roku 1996 w technologii BA 0/12,8, grubość warstwy ścieralnej 4 cm, kruszywo dolomitowe.

Odcinek nr 5 – Droga nr 7 Kraków-Chyżne, km 734+500 do 734+050, wykonany w roku 1996 w technologii BA 0/12,8, grubość warstwy ścieralnej 4 cm, kruszywo dolomitowe z kamieniołomu Trzebionka, frakcja 0/5 mm granitowo-piaskowcowa.

Odcinek nr 6 – Droga nr 975 Dąbrowa Tarnowska-Dąbrowa, km 30+000 do 30+450, wykonany w roku 1997 w technologii BA 0/20, grubość warstwy ścieralnej 6 cm, kruszywo dolomitowe.

Odcinek nr 7 – Droga nr 4 Kraków-Rzeszów, km 443+300 do 443+750, wykonany w roku 1997 w technologii SMA 0/12,8 z włóknem celulozowym, grubość warstwy ścieralnej 2,5 cm, kruszywo dolomitowe z kamieniołomu Dubie, 36% diabaz z kamieniołomu Niedźwiedzia Góra.

Odcinek nr 8 – Droga nr 950 Tychy-Wadowice, km 45+100 do 44+650, wykonany w roku 1998 w technologii BA 0/12,8, grubość warstwy ścieralnej 4 cm, kruszywo dolomitowe z dodatkiem 24% bazaltu z kamieniołomu Lubań Śląski.

Odcinek nr 9 – Droga nr 4 Kraków-Rzeszów, km 461+100 do 461+550, wykonany w roku 1998 w technologii SMA 0/9,6, grubość warstwy ścieralnej 2,5 cm, kruszywo dolomitowe z kamieniołomu Dubie, 36% diabaz.

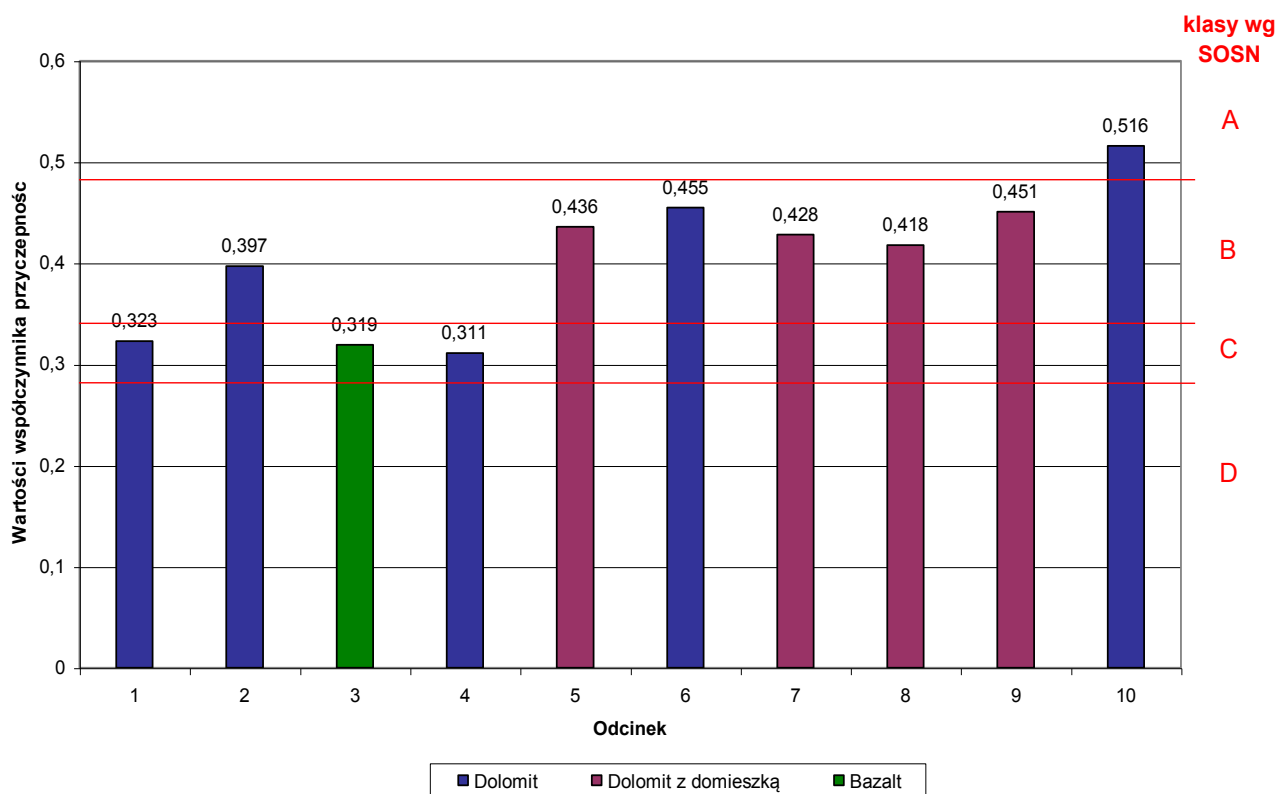
Odcinek nr 10 – Droga nr 7 Warszawa-Kraków, km 622+000 do 621+550, wykonany w roku 1999 w technologii BA 0/20 z polimeroasfaltem, kruszywo dolomitowe z kamieniołomu Dubie.

4 Zestawienie wyników badań

Pomiar współczynnika przyczepności wykonywano przy prędkości pomiarowej 60 km/h, w trzech przejazdach, na mokrej nawierzchni. Wyniki pomiarów przyczepności nawierzchni na wytypowanych odcinkach zestawiono w załączniku nr 1. Wartości średnie dla poszczególnych przejazdów i dla odcinków badawczych zestawiono w tabelicy 1 oraz na rysunku 4.

Tablica 1 Wyniki badań przeprowadzonych na odcinkach badawczych

Nr odcinka	Rodzaj warstwy, rok wykonania, kruszywo	Współczynnik przyczepności (SRT-3)			Badanie Wahadłem Angielskim	Tekstura met. piasku kalibrowan.
		średni	miarodajny			
			wg SOSN	wg Ustawy		
1	SMA 0/12 1995r dolomit	0,333	0,323	0,317	35	0,60
2	MNU 0/9,61995r dolomit	0,416	0,397	0,384	56	1,15
3	BA 0/12, 1995r bazalt	0,332	0,319	0,310	40	0,24
4	BA 0/12, 1996r dolomit	0,324	0,311	0,302	31	0,42
5	BA 0/12, 1996r dolomit + granit	0,450	0,436	0,427	52	0,60
6	BA 0/20, 1997r dolomit	0,469	0,455	0,445	45	0,70
7	SMA 0/12, 1997r dolomit + diabaz	0,439	0,428	0,420	42	0,78
8	BA 0/12, 1998r dolomit + bazalt	0,438	0,418	0,405	47	0,38
9	SMA 0/9,6 1998r dolomit + diabaz	0,459	0,451	0,446	51	0,62
10	BA 0/20, 1999r dolomit	0,530	0,516	0,506	54	0,53



Rysunek 4 Wyniki badań wsp. przyczepności zestawem SRT-3

W klasyfikacji nawierzchni pod względem współczynnika przyczepności w Systemie Oceny Stanu Nawierzchni (SOSN) stosuje się tzw. miarodajny współczynnik przyczepności. Odpowiada on trzeciemu najniższemu wynikowi z dziesięciu pomiarów wykonanych zestawem SRT-3 przy prędkości $v = 60$ km/h w punktach co 100 m na odcinku jednego kilometra. W przypadku innej liczby pomiarów można z dobrym przybliżeniem przyjąć, że miarodajny współczynnik przyczepności wynosi:

$$\mu = \mu_{\text{śr}} - 0,6s \quad (1)$$

gdzie:

- μ - miarodajny współczynnik przyczepności,
- $\mu_{\text{śr}}$ - wartość średnia współczynnika przyczepności (z pomiarów),
- s - odchylenie standardowe wyników pomiaru współczynnika przyczepności.

Zgodnie z wytycznymi SOSN [8], klasyfikację nawierzchni pod względem współczynnika przyczepności prowadzi się w oparciu o wielkość miarodajnego współczynnika przyczepności, tablica 2.

Tablica 2 Klasyfikacja nawierzchni wg SOSN, pod względem przyczepności nawierzchni

Klasa przyczepności wg SOSN	Wartości graniczne miarodajnego współczynnika przyczepności	Ocena stanu nawierzchni
A	powyżej 0,48	Dobry
B	0,35 ÷ 0,48	Zadowalający
C	0,29 ÷ 0,34	Niezadowalający
D	0,28 lub mniej	Zły

Klasyfikacja nawierzchni pod względem współczynnika przyczepności podana w tablicy 2 dotyczy pomiaru przy użyciu opony gładkiej z obwodowymi rowkami, stosowanej w badaniach od lipca 1996 roku.

Opublikowane w marcu br. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dziennik Ustaw nr 43, Poz. 430) w Załączniku 6, pkt 4 reguluje zasady prowadzenia odbiorów nowych nawierzchni pod względem właściwości przeciwpoślizgowych.

Pomiar wykonuje się nie rzadziej niż co 50 m na nawierzchni zwilżonej wodą, z pełną blokadą koła pomiarowego. Za miarodajny przyjmuje się współczynnik przyczepności obliczony ze wzoru:

$$\mu = E(\mu) - D \quad (2)$$

gdzie:

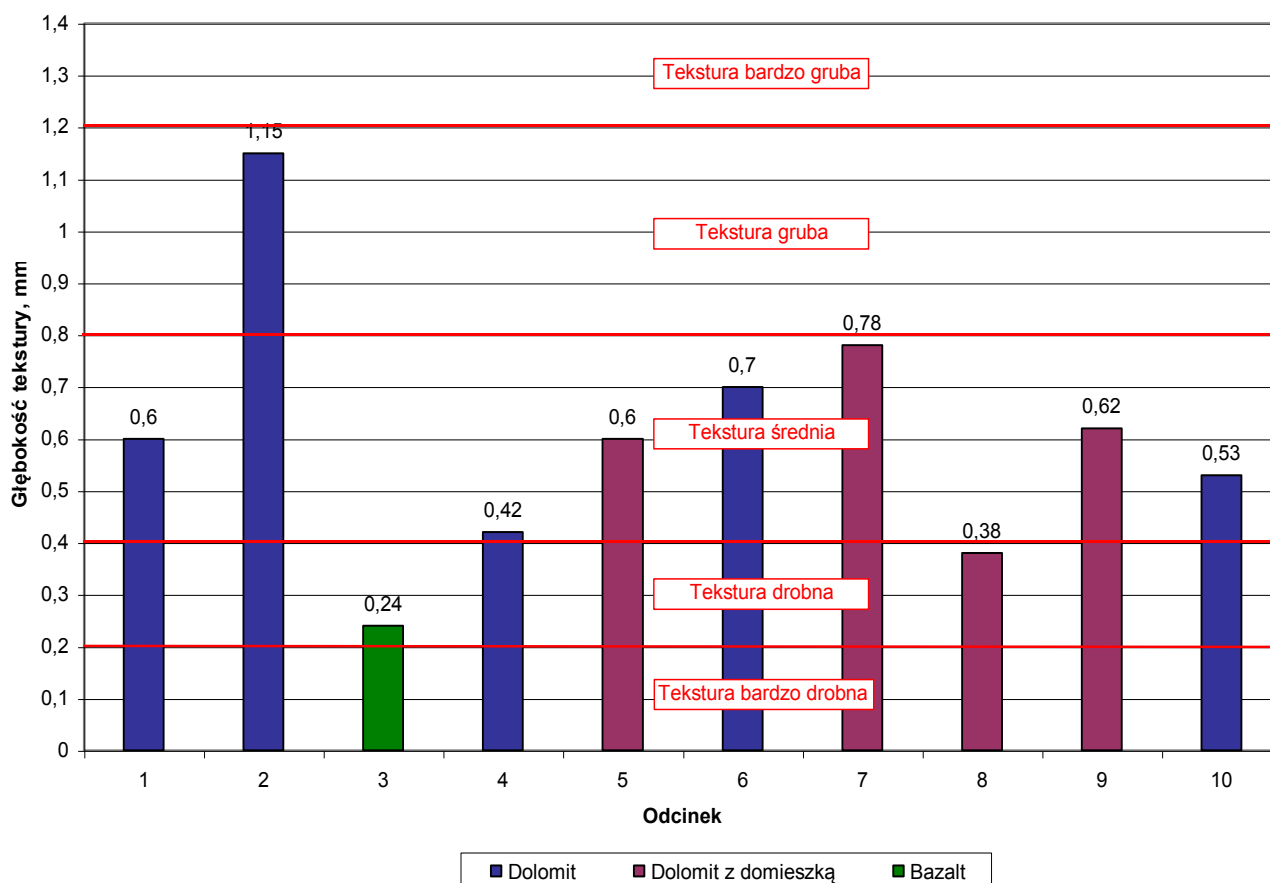
- μ - miarodajny współczynnik przyczepności,
- $E(\mu)$ - wartość średnia współczynnika przyczepności,
- D - odchylenie standardowe wyników pomiaru współczynnika przyczepności.

Parametry miarodajnego współczynnika przyczepności nawierzchni wymagane po dwóch miesiącach od oddania drogi do użytkowania określa tablica 3.

Tablica 3 Wymagane wartości wsp. przyczepności nowych nawierzchni

Klasa drogi	Element nawierzchni	Miarodajny współczynnik przyczepności			
		30 km/h	60 km/h	90 km/h	120 km/h
A	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe i awaryjne	0,52	0,46	0,42	0,37
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,52	0,48	0,44	–
S, GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, utwardzone pobocza	0,48	0,39	0,32	0,30

Na wszystkich wytypowanych odcinkach badawczych wykonano, w pięciu punktach, pomiar głębokości tekstury metodą piasku kalibrowanego. Wyniki badań zestawiono w załączniku nr 2. Wartości średnie dla poszczególnych odcinków zestawiono w tablicy 1 oraz na rysunku 5.



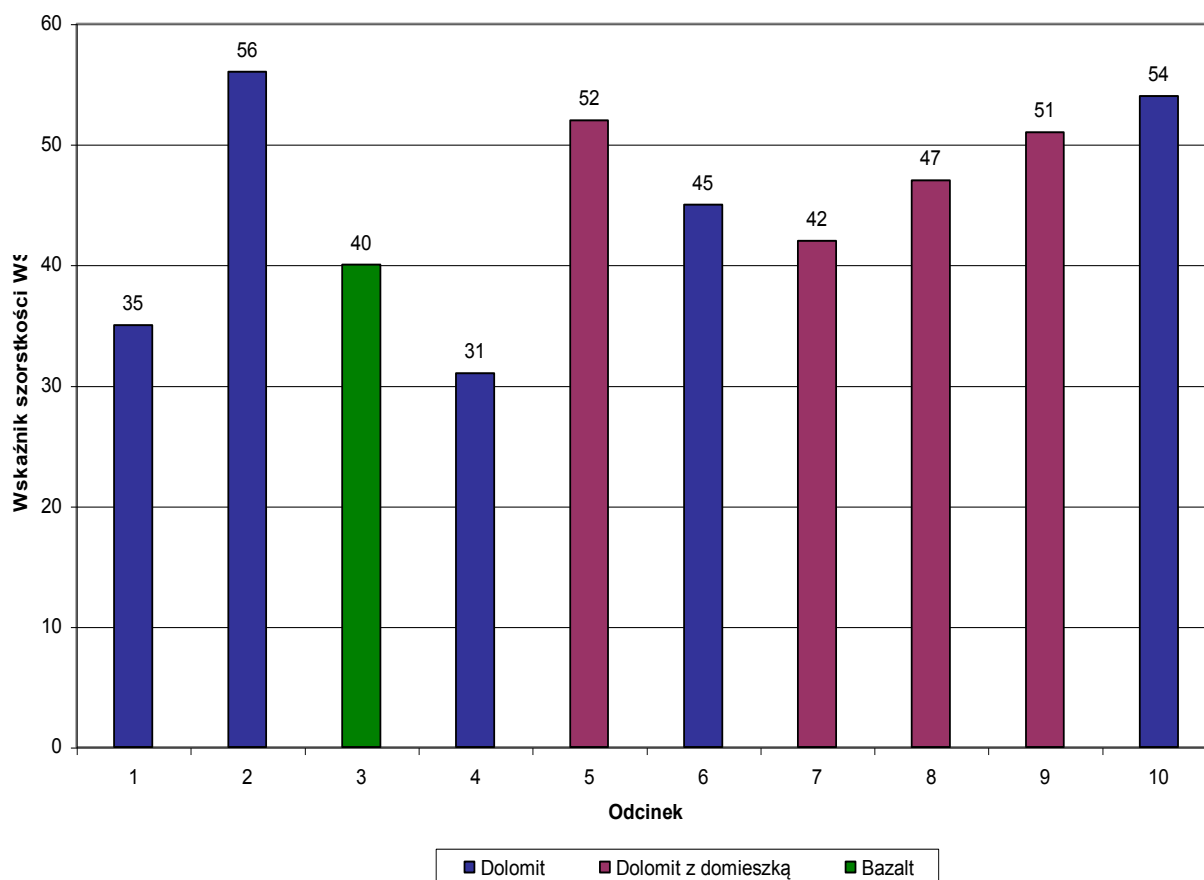
Rysunek 5 Wyniki pomiaru tekstury metodą piasku kalibrowanego

Ogólną, stosowaną w wielu krajach, klasyfikację nawierzchni pod względem głębokości tekstury, pomierzonej metodą piasku kalibrowanego przedstawiono w tablicy 4

Tablica 4 Podział nawierzchni pod względem tekstury

Głębokość tekstury, mm	Ocena nawierzchni
$HS \leq 0,2$	Nawierzchnie o teksturze bardzo drobnej – nie powinny być dopuszczone do ruchu
$0,2 < HS \leq 0,4$	Nawierzchnie o teksturze drobnej – nawierzchnie, na których prędkość jazdy nie przekracza 80 km/h
$0,4 < HS \leq 0,8$	Nawierzchnie o teksturze średniej - są to nawierzchnie normalne, na których prędkość jazdy mieści się w granicach 80-120 km/h
$0,8 < HS \leq 1,2$	Nawierzchnie o teksturze grubej – nawierzchnie, na których prędkość utrzymuje się powyżej 120 km/h
$HS > 1,2$	Nawierzchnie o teksturze bardzo grubej – nawierzchnie tego typu stosowane są w przypadkach specjalnych, np. strefy niebezpieczne występujące po odcinkach prostych, na których prędkość są bardzo duże, strefy częstego występowania oblodzenia

Na wszystkich wytypowanych odcinkach badawczych wykonano również pomiar wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim, na każdym odcinku po 10 punktów pomiarowych. Wyniki badań zestawiono w załączniku nr 2. Wartości średnie dla poszczególnych odcinków zestawiono w tablicy 1 oraz na rysunku 6.

**Rysunek 6 Wyniki badania wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim**

W laboratorium IBDiM sporządzono próbki z mieszanki SMA oraz z betonu asfaltowego z różną zawartością kruszywa dolomitowego. Zbadano na nich wartość wskaźnika szorstkości metodą wahadła angielskiego. Składy mieszanek zestawiono w załączniku nr 4, natomiast średnie wyniki badania wskaźnika szorstkości w tablicy 5.

Tablica 5 Wyniki oznaczenia wskaźnika szorstkości WS betonu asfaltowego z różnymi rodzajami grysów przy pomocy wahadła angielskiego (pomiar stopką wąską na próbkach $\varnothing = 101$ mm wypolerowanych proszkiem drobnym, korundowym)

Nr recepty	Rodzaj i ilość kruszywa łamanego w mieszance mineralnej, % (m/m)	WS
1/TD-TN	Grysy dolomitowe - 54,0 Piasek łamany dolomitowy - 36,0	22
2/TD-TN	Grysy dolomitowe - 26,0 Grysy granitowe - 26,0 Piasek łamany dolomitowy - 19,2 Piasek łamany granitowy - 19,2	25
3/TD-TN	Grysy granitowe - 54,0 Piasek łamany granitowy - 36,8	27
4/TD-TN	Grysy granitowe - 74,0 Piasek łamany granitowy - 14,0	30
5/TD-TN	Grysy dolomitowe - 38,0 Grysy granitowe - 38,0 Piasek łamany dolomitowy - 6,0 Piasek łamany granitowy - 6,0	26

Przed pomiarem wskaźnika szorstkości krawędzie gumowe stopki (guma z sierpnia 1999 r.) zostały przysposobione (prytarte 15 – ma wahnięciami po powierzchni z betonu cementowo-piaskowego), zgodnie z zaleceniem normy brytyjskiej BS 812.

Pomiar wskaźnika szorstkości wykonano w temperaturze pokojowej. Powierzchnia próbki w trakcie pomiaru była zwilżona wodą.

Badanie wykonano przy zastosowaniu stopki wąskiej, ze względu na wielkość powierzchni czołowej próbki zagęszczanej w formie $\varnothing = 101$ mm. Powierzchnię pomiarową uzyskano w wyniku przecięcia poprzecznego tarczą diamentową próbki walcowej $\varnothing = 101$ mm, h = 100 mm i wypolerowaniu przeciętej powierzchni proszkiem kwarcowo – korundowym 0/0,1 mm w obecności wody w ciągu 5 minut. Z tego powodu makrotekstura powierzchni próbki była gładka i jej wpływ na pomiar wskaźnika szorstkości należy pominąć. Dlatego wskaźnik szorstkości odzwierciedla tylko mikroteksturę, czyli odporność na polerowanie.

Na zlecenie IBDiM laboratorium firmy DROMEX wykonało badanie odporności na polerowanie (PSV) wg normy BS 812/114 grysów dolomitowych (z kamieniołomu Wymysłów) oraz czterech innych kruszyw stosowanych w drogownictwie: diabazu, granitu, bazaltu oraz melafiru. Wyniki przeprowadzonych badań zestawiono w załączniku nr 3 oraz w tablicy 6.

Tablica 6 Wyniki polerowalności grysów z różnych kruszyw

Lp	Kruszywo i jego pochodzenie	Miernik polerowalności PSV
1	DOLOMIT – Wymysłów	37
2	DIABAZ – Niedźwiedzia Góra	56
3	GRANIT – Graniczna	53
4	BAZALT – Wilków	50
5	MELAFIR – Rybnica Leśna	65

5 Analiza wyników badań

5.1 Wpływ technologii wykonania warstwy ścieralnej

Wybrane do badań odcinki nie reprezentują oczywiście wszystkich technologii wykonywania nawierzchni drogowych stosowanych w Polsce. Uzyskanie pełnego obrazu zastosowania dolomitów w produkcji warstw ścieralnych wymagałoby przeprowadzenia badań na dużo większej liczbie odcinków oraz dodatkowych analiz w ramach każdej z technologii. Celem było uzyskanie ogólnego poglądu o zakresie współczynnika przyczepności warstwy ścieralnej z kruszywem dolomitowym jaki można uzyskać stosując daną technologię.

Odcinki badawcze reprezentują trzy technologie: betonu asfaltowego (6 odcinków), SMA (3 odcinki) oraz mieszanki o nieciąglym uziarnieniu (1 odcinek). Należy być świadomym, że jest to próbka losowa i od uzyskanych wyników mogą być pewne odstępstwa.

Wpływ technologii na współczynnik przyczepności nawierzchni, wynikający z analizy wyników badań przeprowadzonych w ramach pracy, można sformułować następująco:

- najwyższe wartości współczynnika przyczepności uzyskano na odcinkach w technologii betonu asfaltowego gruboziarnistego 0/20 (odcinek 6 – 0,455 oraz odcinek 10 – 0,516). Świadczyć to może o tym, że większy wpływ na wartość współczynnika przyczepności ma, w przypadku kruszyw dolomitowych makrotekstura występująca na powierzchni grysów niż ich mikrotekstura, związana z odpornością na polerowanie.
- technologia SMA wykonywana w Polsce bez uszorstnienia nie zapewnia uzyskania lepszych właściwości przeciwpoślizgowych niż technologia betonu asfaltowego. Średnie wartości współczynnika przyczepności uzyskane dla obu tych technologii są do siebie zbliżone – ok. 0,40. Podobnie rzecz się ma ze średnimi wartościami wskaźnika szorstkości mierzonymi wahadłem angielskim – ok. 44. Podobne wnioski sformułowano na podstawie badań przeprowadzonych w ramach pracy [7].
- Porównując odcinki tylko z kruszywami dolomitowymi o uziarnieniu 0/12,8 oraz odcinki z mieszanką kruszywa dolomitowego z innym materiałem kamiennym (również o uziarnieniu 0/12,8) można zauważyć, że te ostatnie osiągają znacznie lepsze właściwości przeciwpoślizgowe. W przypadku średniego współczynnika przyczepności jest to różnica rzędu 10 SN (0,10), a w przypadku średniego wskaźnika szorstkości ok. 14 jednostek.
- odcinek cienkiej warstwy na gorąco z mieszanki o nieciąglym uziarnieniu MNU wykazał wartość współczynnika przyczepności zbliżoną do średnich wartości uzyskanych na SMA i betonie asfaltowym. Odcinek ten charakteryzował się jednocześnie najwyższą wartością wskaźnika szorstkości oraz tekstury. Świadczy to o tym, że dla tego typu mieszanek o właściwościach przeciwpoślizgowych nawierzchni w największym stopniu decyduje rozwinięta makrotekstura.

5.2 Zmiany właściwości przeciwpoślizgowych w czasie

Aby uzyskać pełny obraz zmienności właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni z kruszywem dolomitowym w czasie należy prowadzić systematyczne badania na wybranych odcinkach od chwili wbudowania przez kilka kolejnych lat. W przeprowadzonej analizie posłużono się wynikami pomiarów przeprowadzonych na odcinkach o różnej technologii wykonania, różnej wielkości ruchu oraz z zastosowaniem różnych materiałów jako domieszek do kruszyw dolomitowych. Dlatego też wyniki te trudno uznać za w pełni miarodajne. Jednak uzyskane informacje mogą wskazywać na pewne charakterystyczne właściwości warstw ścieralnych z kruszywami dolomitowymi.

Do analizy przyjęto odcinki wykonane w technologii betonu asfaltowego oraz SMA (8 odcinków) z zastosowaniem grysów dolomitowych. Nawierzchnie te wykonywane były w latach 1995 – 1999. Można więc było zbadać zmienność właściwości przeciwpoślizgowych w 5-cio letnim okresie eksploatacji.

Wyniki przeprowadzonych analiz, odrębnie dla różnych metod oceny właściwości przeciwpoślizgowych, przedstawiono na rysunkach 7 – 9.

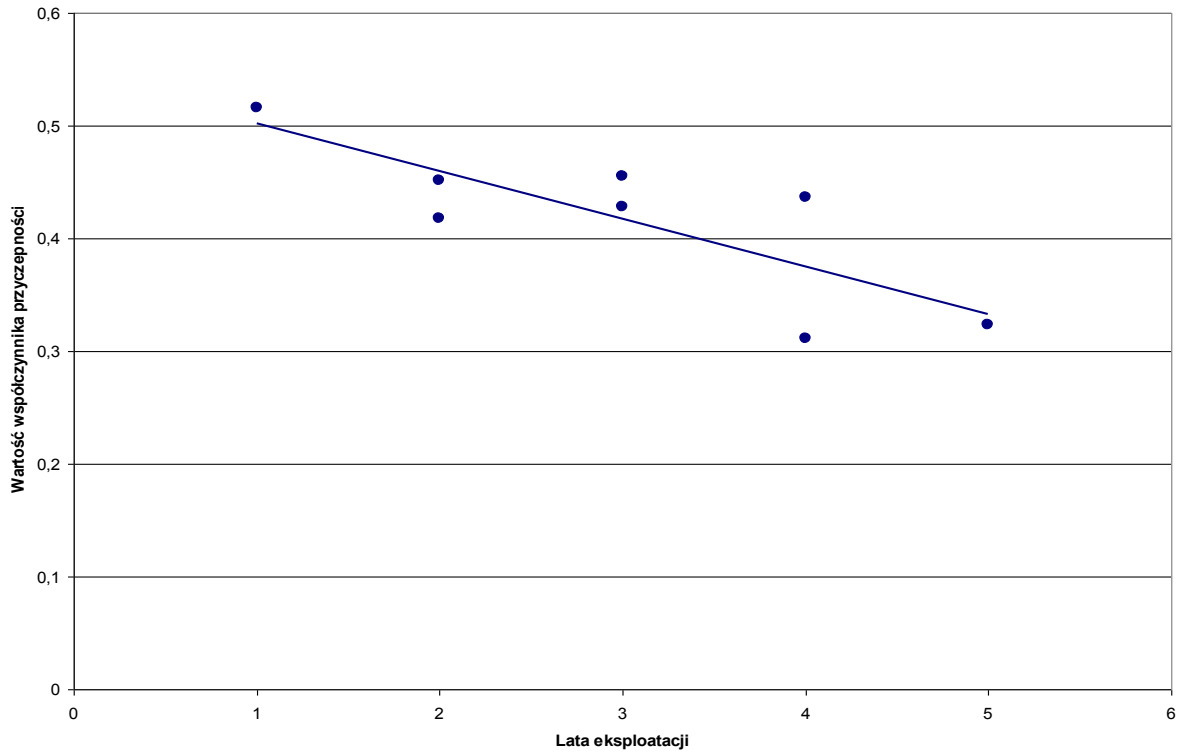
W badaniach współczynnika przyczepności zestawem SRT-3 oraz wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim stwierdzono istotne obniżenie właściwości przeciwpoślizgowych w czasie eksploatacji. W obu badaniach (rysunek 7 i 8) zmiany te, przedstawione w postaci linii trendu, mają podobny charakter.

Inaczej wygląda zmienność głębokości tekstury w funkcji czasu eksploatacji – zależność tych parametrów jest bardziej przypadkowa i stwierdzić można (rysunek 9) nawet pewne „polepszenie” właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni.

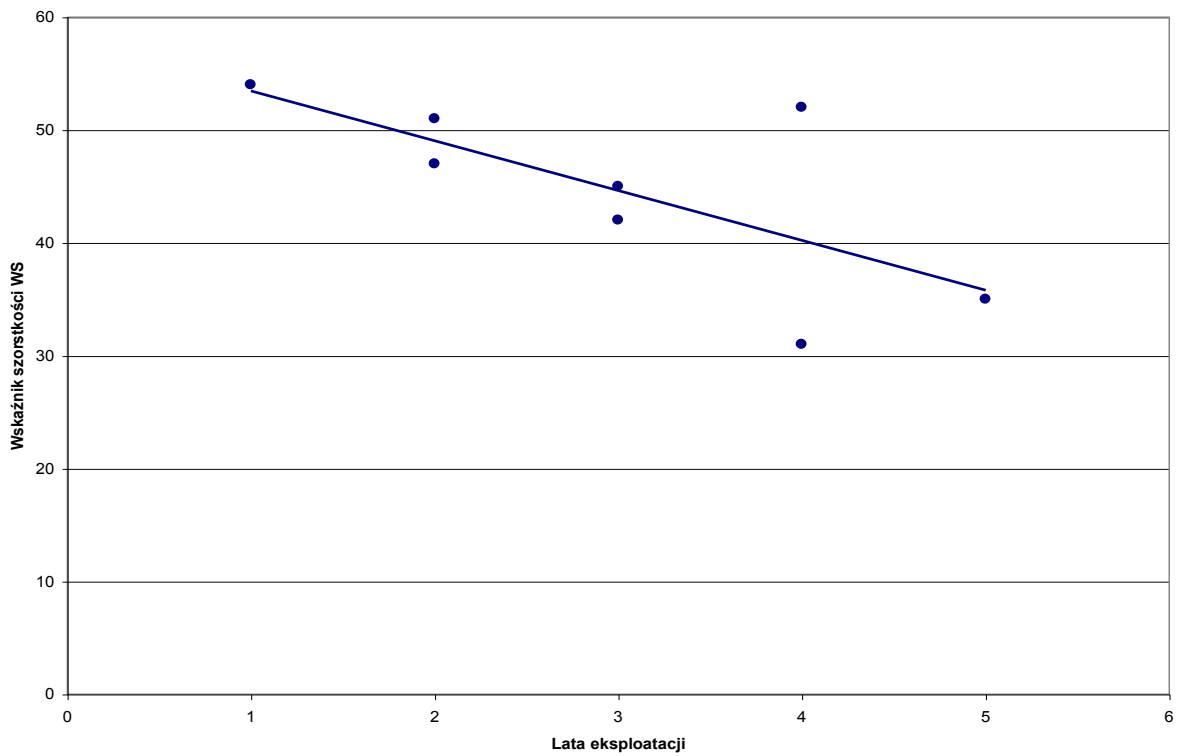
Porównano również zmienność w czasie współczynnika przyczepności warstw ścieralnych nawierzchni z zastosowaniem różnych kruszyw. W tym celu wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych w pracy [7], w roku 1997. Przeanalizowano zmienność współczynnika przyczepności dla trzech rodzajów kruszyw: dolomitowych, granitowych oraz bazaltowych (rysunek 10), w 6-cio letnim okresie eksploatacji. Zmienność została opisana za pomocą linii trendu.

Wszystkie trzy grupy nawierzchni charakteryzują się spadkiem współczynnika przyczepności w czasie. Jednak zdecydowanie największy spadek notuje się dla warstw ścieralnych z kruszywem dolomitowym – aż 15 jednostek (0,15) w ciągu 4 lat eksploatacji.

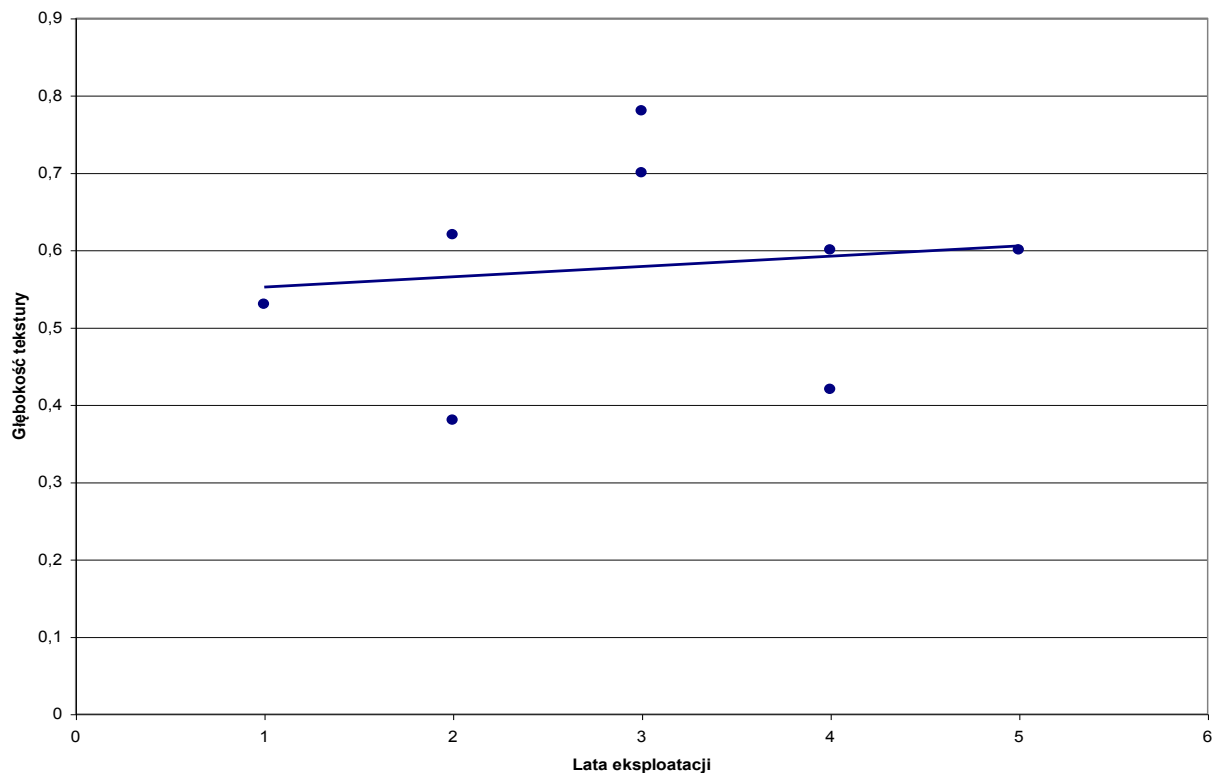
Wyniki pracy [7] wykorzystano również do porównania zmienności współczynnika przyczepności w czasie dla nawierzchni tylko z kruszywami dolomitowymi oraz z mieszanką kruszywa dolomitowego z innymi materiałami kamiennymi (rysunek 11). Z analizy przeprowadzonej dla 14-stu odcinków wynika, że zdecydowanie bardziej stałe w czasie są właściwości przeciwpoślizgowe dla kruszyw dolomitowych z domieszką innych kruszyw. Uzyskują też one wartość współczynnika przyczepności na dobrym poziomie (ok. 0,43).



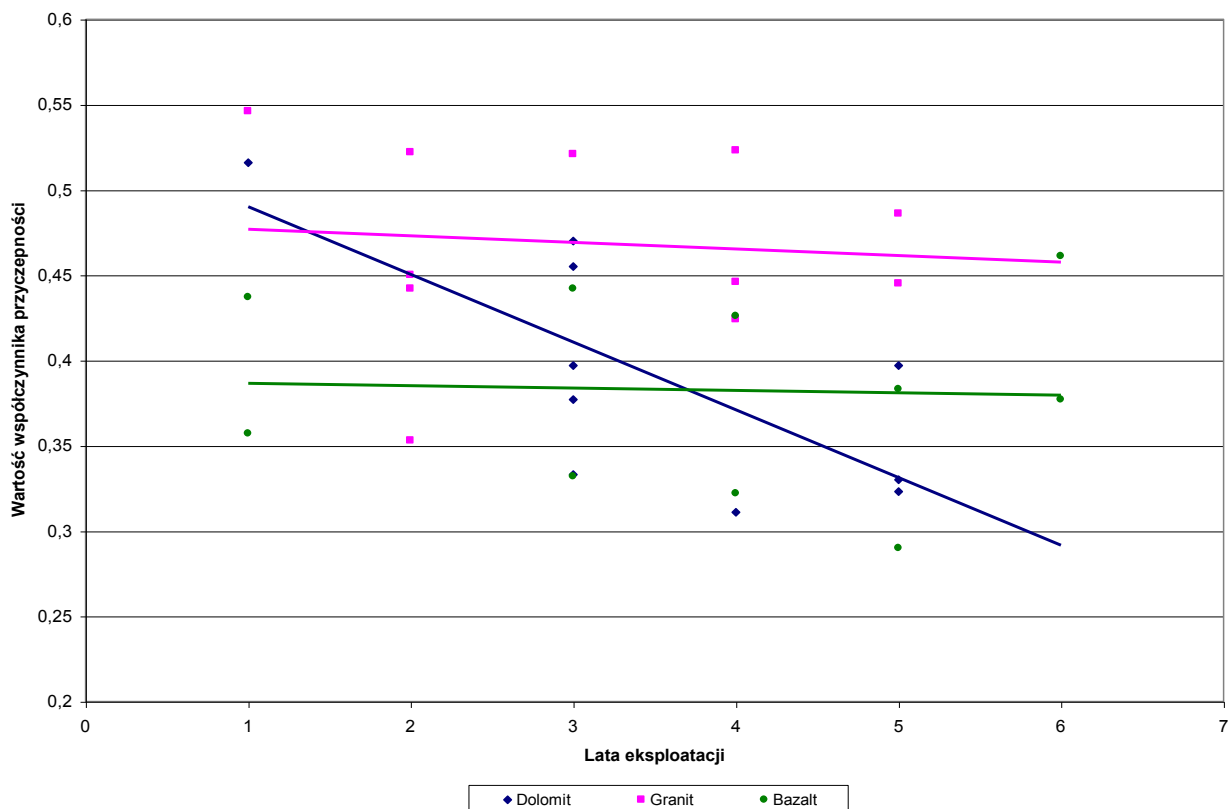
Rysunek 7 Zmienność wartości współczynnika przyczepności nawierzchni z kruszywami dolomitowymi w czasie



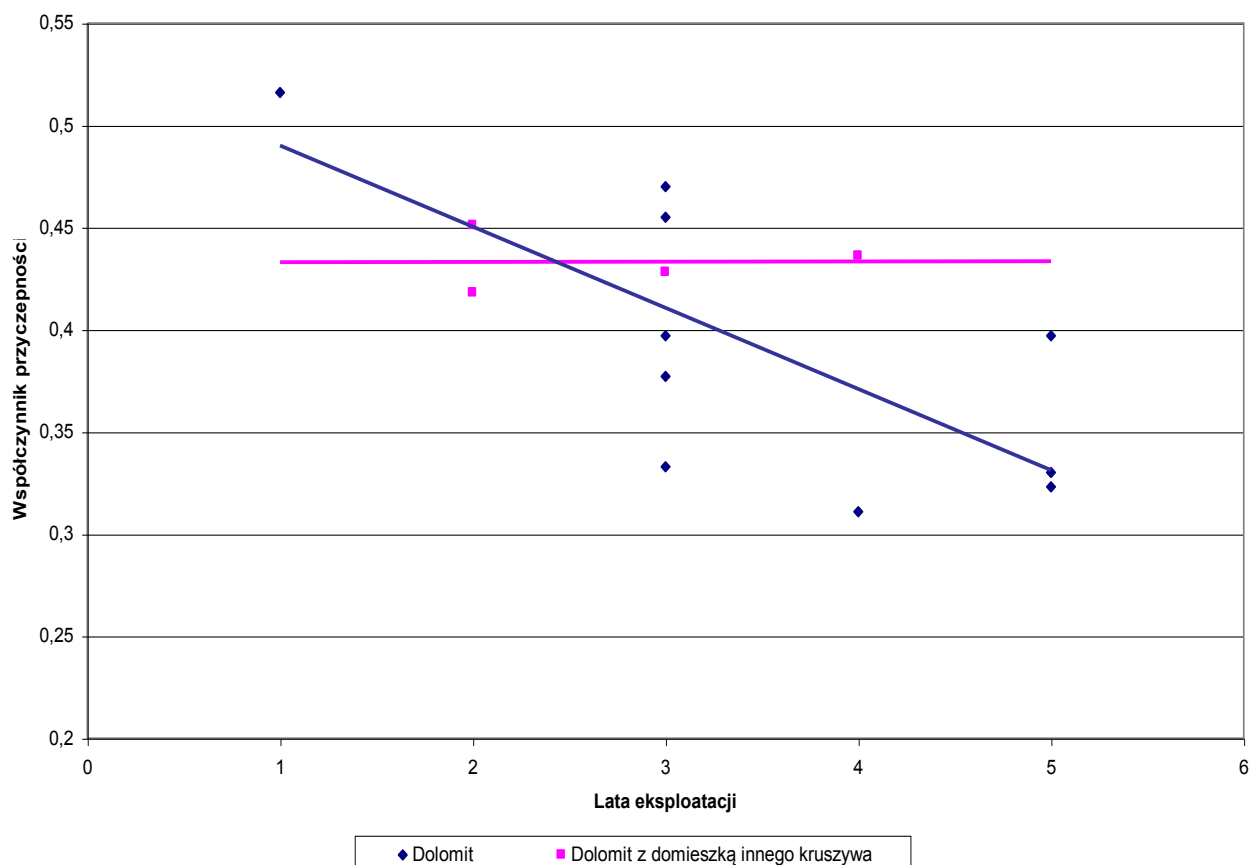
Rysunek 8 Zmienność wartości wskaźnika szorstkości nawierzchni z kruszywami dolomitowymi w czasie



Rysunek 9 Zmienność głębokości tekstury nawierzchni z kruszywami dolomitowymi w czasie



Rysunek 10 Zmienność wielkości współczynnika przyczepności nawierzchni z różnymi kruszywami w czasie



Rysunek 11 Zmienność współczynnika przyczepności nawierzchni z kruszywami dolomitowymi oraz z mieszankami kruszywa dolomitowego z innym materiałem kamiennym w czasie eksploatacji

5.3 Odporność próbek z mieszanek mineralno-asfaltowych na polerowanie

Ponieważ powierzchnię pomiarową uzyskano przez przecięcie próbek ($\varnothing = 101$ mm, $h = 100$ mm) i wypolerowanie przeciętej, zwilżonej wodą powierzchni proszkiem kwarcowo – korundowym należy przyjąć, że makrotekstura powierzchni próbki była gładka i jej wpływ na pomierzony wskaźnik szorstkości jest pomijalnie mały. Wskaźnik szorstkości charakteryzuje więc tylko mikroteksturę, czyli odporność na polerowanie.

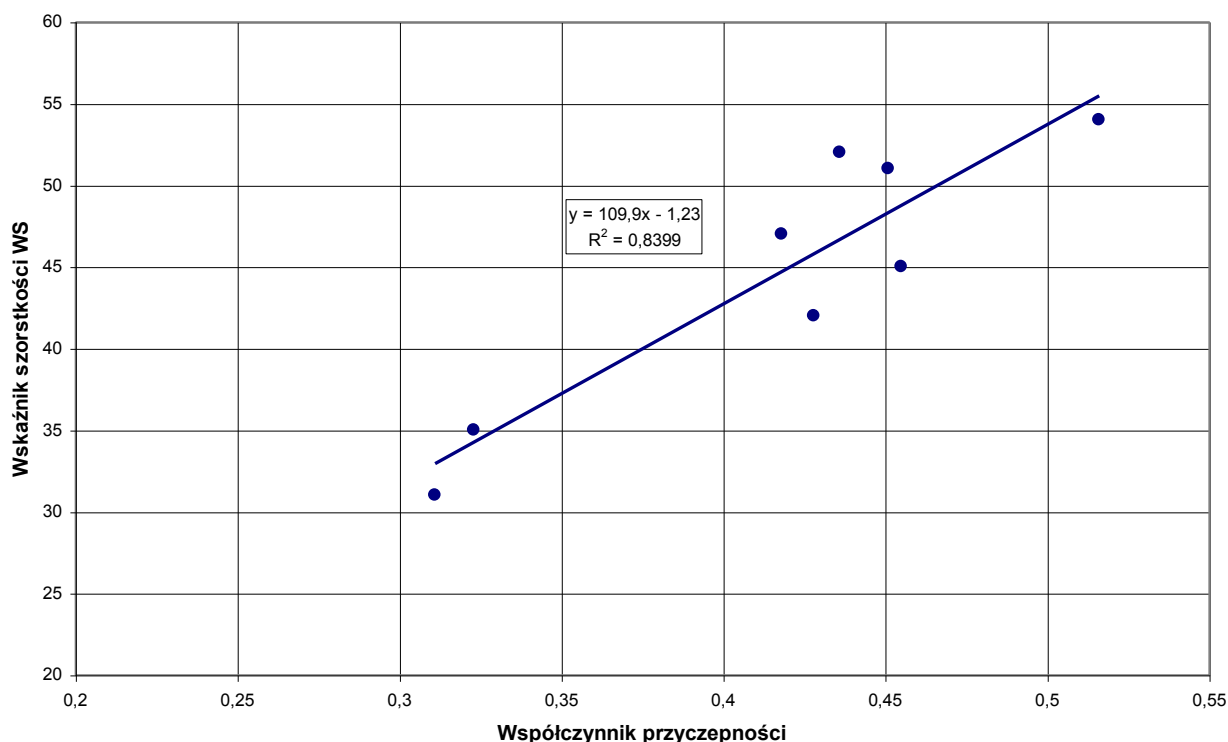
Ze względu na zastosowaną metodę badania próbek wyniki mogą być analizowane tylko przez wzajemne porównanie. Wyniki te potwierdzają, że beton asfaltowy sporządzony z samych tylko grysów dolomitowych – recepta 1/TD-TN (oprócz mączki i asfaltu) charakteryzuje się najmniejszym wskaźnikiem szorstkości spośród pozostałych zbadanych mieszanek. Oznacza to, że warstwa ścieralna wykonana z takiego betonu asfaltowego może po wypolerowaniu się przez koła samochodów być śliska, aczkolwiek potwierdziły by to dopiero badania tą samą metodą próbek wyciętych z nawierzchni wykonanej tylko z udziałem grysów dolomitowych. Większą szorstkością charakteryzuje się beton asfaltowy i SMA zawierający mieszaninę grysów dolomitowych i granitowych (recepty nr 2/TD-TN i 5/TD-TN). W tym przypadku wskaźnik szorstkości wyniósł z 22 (tylko grysy dolomitowe) do 25 ÷ 26 (mieszanka grysów dolomitowych i granitowych).

Beton asfaltowy i SMA z samymi grysami granitowymi (recepty nr 3/TD-TN i 4/TD-TN) jest jeszcze bardziej szorstki ($WS = 27 \div 30$), przy czym można zauważyć, że korzystnie na szorstkość wpływa w tym przypadku większa zawartość grubych ziaren (recepta nr 4/TD-TN). Grysy granitowe pochodziły z kamieniołomu Graniczna i charakteryzowały się strukturą grubokrystaliczną, typową dla skały z tego kamieniołomu.

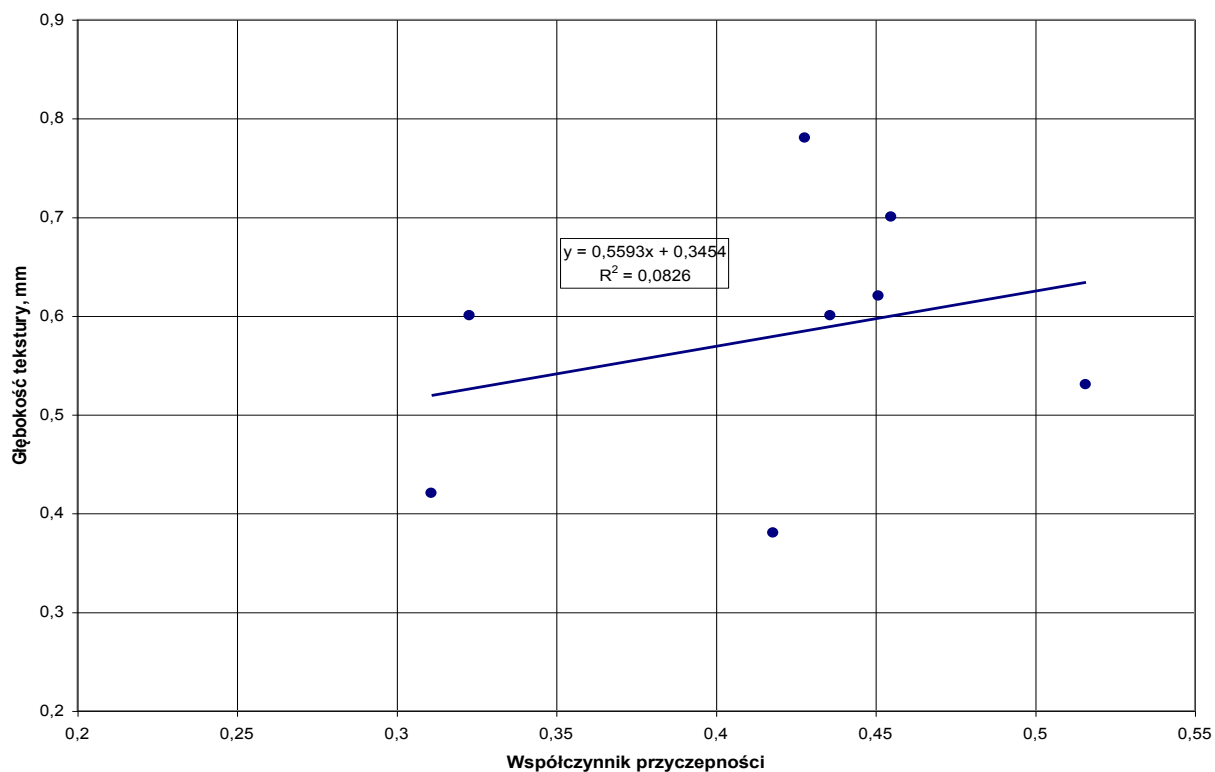
5.4 Analiza zależności pomiędzy różnymi metodami badawczymi

Wyniki pomiarów współczynnika przyczepności nawierzchni zestawem SRT-3, wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim oraz głębokości tekstury badanej metodą piasku kalibrowanego poddano analizie statystycznej (rys. 12 – 14) w celu ustalenia zależności pomiędzy wartościami tych parametrów. Stwierdzono, że:

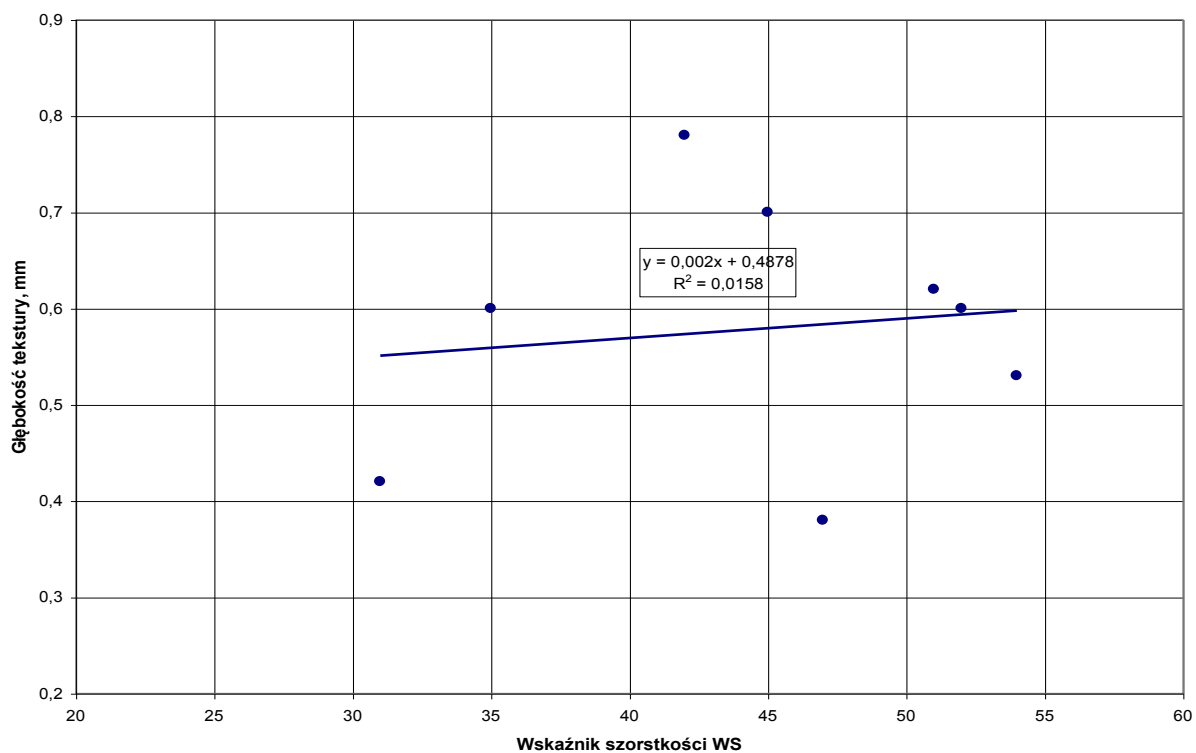
- występuje bardzo dobra korelacja wyników pomiarów wskaźnika tekstury mierzonego wahadłem angielskim oraz współczynnika przyczepności badanego zestawem pomiarowym SRT-3 (rysunek 12). Otrzymano współczynnik determinacji $R^2 = 0,84$,
- bardzo niską korelację uzyskano z porównania wyników badania głębokości tekstury metodą piasku kalibrowanego oraz współczynnika przyczepności nawierzchni (rysunek 13). Podobny wynik daje porównanie wyników pomiaru głębokości tekstury oraz wskaźnika szorstkości oznaczonego wahadłem angielskim (rysunek 14). Świadczy to o wzajemnej niezależności wyników badań ocenianych parametrów. Wniosek ten potwierdzają analizy przedstawione w pracach [1] i [7].



Rysunek 12 Zależność wskaźnika szorstkości (wahadło angielskie) od współczynnika przyczepności (SRT-3) dla warstw ścieralnych z kruszywem dolomitowym



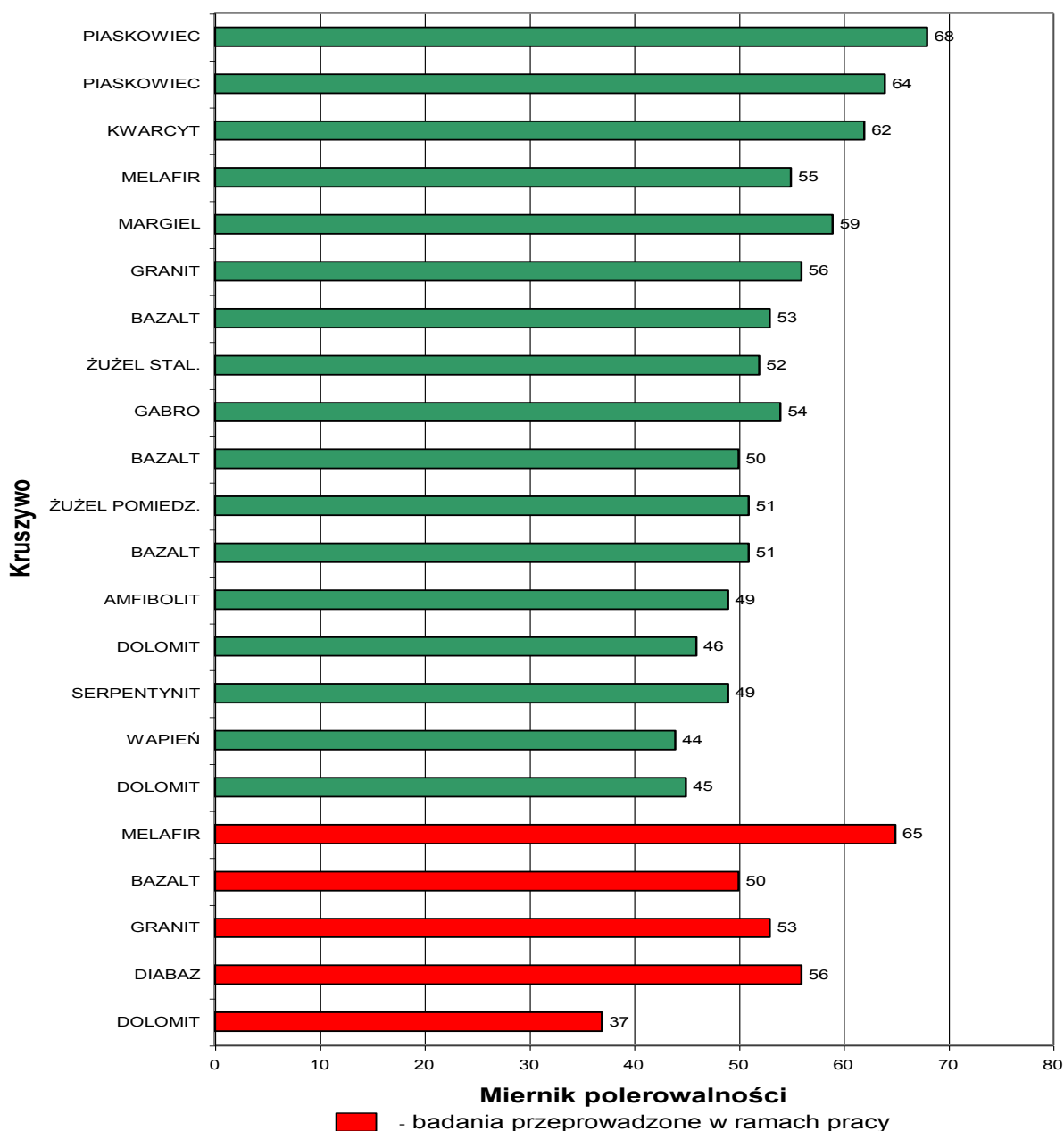
Rysunek 13 Zależność głębokości tekstury (metoda piasku kalibrowanego) od współczynnika przyczepności (SRT-3) dla warstw ścieralnych z kruszywem dolomitowym



Rysunek 14 Zależność głębokości tekstury (metoda piasku kalibrowanego) od wskaźnika szorstkości (wahadło angielskie) dla warstw ścieralnych z kruszywem dolomitowym

5.5 Polerowalność grysów

Obszerne badania dotyczące wpływu kruszywa na właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni wykonał w ubiegłych latach J. Zawadzki [16]. Badania wykonane w tej pracy potwierdzają, że kruszywo, jego pochodzenie i kształt, ma bardzo duży wpływ na wielkość współczynnika przyczepności warstwy ścieralnej nawierzchni. Największe wartości współczynnika uzyskano wówczas, gdy zastosowane było kruszywo wykazujące dużą mikroteksturę i małą polerowalność. W ramach niniejszej pracy wykonano serię badań odporności na polerowanie grysów różnego pochodzenia. Uzyskane dane zestawiono łącznie z wynikami otrzymanymi w pracy [16] na rysunku 15.



Rysunek 15 Wyniki pomiarów miernika polerowalności dla różnych rodzajów kruszyw

Z przedstawionego na rysunku 15 zestawienia wynika, że grysy ze skał dolomitowych cechują się małą odpornością na polerowanie w porównaniu z innymi stosowanymi w drogownictwie kruszywami. Dolomity charakteryzują się również dużym spadkiem miernika w czasie cyklu polerowania – ponad 35 jednostek. Świadczy to o tym, że początkowe dobre właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni mogą w stosunkowo krótkim czasie ulec pogorszeniu pod wpływem ruchu pojazdów. Dużą odporność na polerowanie mają grysy ze skał o strukturze jawnokrystalicznej i o składzie mineralnym wskazującym na jego zróżnicowanie pod względem twardości minerałów. Odporne na polerowanie są zwłaszcza skały zawierające kwarc. Zwiększenie odporności na polerowanie łączy się jednocześnie z pogorszeniem innych właściwości fizycznych skał, takich jak: porowatość, nasiąkliwość, ścieralność.

5.6 Porównanie wyników pomiarów współczynnika przyczepności z kryteriami oceny wg SOSN i z wymaganiami wobec nowych dróg

Odniesienie wyników pomiarów współczynnika przyczepności do klasyfikacji nawierzchni stosowanej w SOSN oraz do wymagań stawianych nowym nawierzchniom przedstawia się następująco:

- tylko jeden spośród badanych odcinków można zakwalifikować do klasy A, czyli do nawierzchni o stanie dobrym; jest to odcinek drogi nr 7, z warstwą ścieralną wykonaną w 1999 roku z betonu asfaltowego z kruszywem dolomitowym 0/20 mm; jest to potwierdzenie wcześniejszego wniosku, że nowe nawierzchnie z grysami dolomitowymi cechują się w początkowym okresie eksploatacji dobrymi właściwościami przeciwpoślizgowymi,
- żaden z dziesięciu badanych odcinków nie został zakwalifikowany do klasy D, czyli nawierzchni śliskich, wymagających natychmiastowego wykonania zabiegu utrzymaniowego,
- wszystkie cztery badane odcinki warstw ścieralnych z mieszanką grysów dolomitowych z innymi kruszywami spełniły wymagania klasy B wg SOSN, a wartości miarodajnego współczynnika przyczepności osiągały podobny, zadowalający poziom wynoszący średnio 0,43; odcinki te spełniły również kryterium dla nowych nawierzchni wg [19] (przy prędkości pomiarowej 60 km/h współczynnik przyczepności powinien wynosić powyżej 0,39),
- najstarsze spośród badanych odcinków nawierzchni (odcinki nr 1, 3 i 4) cechują się gorszymi właściwościami przeciwpoślizgowymi, nie spełniają wymagania dla nowych dróg, a także wymagają wykonania zabiegu poprawiającego stan nawierzchni (klasa C),
- wśród najstarszych odcinków pozytywnym wyjątkiem jest cienka warstwa z mieszanki o nieciąglym uziarnieniu MNU (odcinek 2), która wykazała wysoki współczynnik przyczepności (klasa B) i wskaźnik szorstkości oraz grubą teksturę,
- dobrymi właściwościami przeciwpoślizgowymi cechowała się nawierzchnia wykonana w 1997 roku w technologii betonu asfaltowego z kruszywem dolomitowym 0/20 mm (odcinek nr 6); zakwalifikowana została do klasy B wg SOSN (wsp. przyczepności 0,455) oraz spełniła wymagania dla nowych nawierzchni.

6 Zakończenie i wnioski

Przeprowadzona ocena właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni wykonanych z zastosowaniem grysów dolomitowych pozwoliła na uzyskanie cennych informacji

dotyczących możliwości zastosowania tych kruszyw w budownictwie drogowym, jak również umożliwiła weryfikację zaleceń technologicznych wg „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” dotyczących stosowania kruszyw dolomitowych w betonie asfaltowym i mieszance SMA do warstwy ścieralnej.

Wykonana praca pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- warstwy ścieralne z grysami dolomitowymi odznaczają się znacznym pogorszeniem właściwości przeciwpoślizgowych w czasie eksploatacji, na badanych odcinkach stwierdzono spadek współczynnika przyczepności mierzony zestawem SRT-3 aż o 0,15 w ciągu 4 lat eksploatacji,
- warstwy ścieralne z mieszanki SMA i betonu asfaltowego, z grysami dolomitowymi o drobnym i średnim uziarnieniu charakteryzują się niedostatecznymi właściwościami przeciwpoślizgowymi,
- wysokie wartości współczynnika przyczepności uzyskano na odcinkach w technologii betonu asfaltowego gruboziarnistego 0/20, w tym przypadku większy wpływ na wartość współczynnika przyczepności ma makrotekstura wystających na powierzchni grysów dolomitowych niż ich mikrotekstura, związana z niską odpornością na polerowanie,
- technologia SMA wykonywana w Polsce bez uszorstnienia nie gwarantuje uzyskania lepszych właściwości przeciwpoślizgowych niż technologia betonu asfaltowego; średnie wartości współczynnika przyczepności mierzonego zestawem SRT-3 i wskaźnika szorstkości są do siebie zbliżone; należy oczekiwać, że upowszechnienie uszorstnienia SMA drobnym kruszywem znacznie zwiększy współczynnik przyczepności,
- zwiększenie tekstury warstwy, stosując mieszankę o nieciągłym uziarnieniu MNU w warstwie ścieralnej poprawi właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni,
- stosowanie mieszanki grysów dolomitowych oraz kruszyw z innego surowca skalnego pozwala na osiągnięcie dobrych i stabilnych w czasie eksploatacji właściwości przeciwpoślizgowych; zapis w „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” dotyczący zalecenia stosowania kruszywa dolomitowego w mieszance z innymi kruszywami jest więc w pełni uzasadniony.

PIŚMIENNICTWO:

- [1] Antle Ch., Wambold J., Henry J.J.: International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid-Resistance Measurements. PIARC Technical Committee on Surface Characteristics C1, 1995
- [2] Czarnecki K., Szpinek S.: Monitoring szorstkości nawierzchni drogowych na sieci dróg krajowych w celu poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. IBDiM, 1994
- [3] Fortuna E., Szwabik B.: Badania przyczepności nawierzchni drogowych. Prace IBDiM 4/1985
- [4] Fortuna E., Szwabik B.: Nowa generacja urządzeń do badania przyczepności nawierzchni drogowych. Prace IBDiM 1/1986
- [5] Klim M., Szczęsna J., Szrajber W.: Wstępna analiza wyników pomiarów współczynnika szepności wybranych odcinków sieci dróg państwowych. Prace IBDiM 3/1993
- [6] Mechowski T.: Praca naukowo-badawcza związana z potrzebą unowocześnienia czterech zestawów do badania przyczepności nawierzchni poprzedniej generacji tzw. SRT-2. IBDiM, 1996
- [7] Mechowski T., Sybilski D., Hanula W.: Zalecenia doboru technologii wykonania warstwy ścieralnej nawierzchni asfaltowych ze względu na jej właściwości przeciwoślizgowe, sprawozdanie z realizacji pracy TD-36, wykonanej na zlecenie GDDP. IBDiM 1997
- [8] System Oceny Stanu Nawierzchni „SOSN”, Wytyczne stosowania. GDDP, 1989
- [9] Szwabik B., Pokorski J.: Przesłanki teoretyczne a techniczne środki pomiaru współczynnika przyczepności nawierzchni drogowych. Konstrukcja, badania, eksploatacja, technologia pojazdów samochodowych i silników spalinowych, Zeszyt 8, Polska Akademia Nauk, Kraków 1996
- [10] Szwabik B., Pokorski J., Hanula W.: Zestawy pomiarowe SRT-3. Podstawowe urządzenia do badania przyczepności nawierzchni drogowych w Polsce. Seminarium naukowo-techniczne „Diagnostyka i ocena stanu dróg”. Polska Akademia Nauk, Politechnika Szczecińska, 1997.
- [11] Wojdanowicz S., Fortuna E., Zapaśnik W.: Pomiar i ocena parametrów nawierzchni drogowych wpływających na ich stan techniczny. Prace IBDiM 4/1987
- [12] Wojdanowicz S.: Ocena szorstkości nawierzchni za pomocą piasku kalibrowanego. Prace IBDiM 4/1977
- [13] Wojdanowicz S.: Instrukcja pomiaru tekstury nawierzchni za pomocą piasku kalibrowanego. Prace IBDiM 4/1977

- [14] Wojdanowicz S. i zespół: Badania zależności szorstkości nawierzchni od składu mas mineralno-bitumicznych, użytych materiałów i technologii wykonania. IBDiM 1977.
- [15] Zawadzki J.: Polerowalność grysów z różnych rodzajów skał. Zbiór referatów z II Międzynarodowej Konferencji „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”. Kielce 1996
- [16] Zawadzki J.: Odporność na polerowanie się grysów kamiennych w nawierzchniach drogowych. Prace IBDiM 2/1978
- [17] Procedura badań laboratoryjnych, IBDiM TN-3/4. Badanie szorstkości wahadłem angielskim. Warszawa 1996
- [18] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1997r w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych. Dziennik Ustaw nr 62, Poz. 392.
- [19] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw nr 43, Poz. 430.