

dr inż. Andrzej Duszyński\*  
 dr Wiktor Jasiński\*  
 mgr inż. Aneta Pryga-Szulec\*

# Odporność na polerowanie (PSV) kruszyw i właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych jako element bezpieczeństwa na drogach

## *Polished stone value (PSV) of aggregates and skid resistance of road surfacing as a road safety feature*

**P**odstawowymi problemami bezpieczeństwa ruchu drogowego wg Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego [Praca zbiorowa pod red. Sekretariatu Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej): Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013 – 2020, Warszawa 2013 r.] są:

- niebezpieczne zachowania uczestników ruchu drogowego;
  - niska jakość infrastruktury drogowej;
  - brak efektywnego systemu zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego.
- W Polsce w 2011 r. zarejestrowano łącznie 48% zabitych na odcinkach dróg tranzytowych przechodzących przez miejscowości, na skrzyżowaniach i na łukach poziomych, co stanowi 2011 zabitych.

Wprowadzenie w Polsce badania odporności na polerowanie kruszyw PSV wg PN-EN 1097-8 *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Część 8: Oznaczenie polerowalności kamienia* odnosi się do właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych i stanowi jeden z elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego. Metoda pochodzi z Wielkiej Brytanii i tam stosowana jest znacznie dłużej niż w Polsce.

Podstawą oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych jest miarodajny współczynnik tarcia określany i oceniany w Systemie Oceny Stanu Nawierzchni (SOSN) [Wytyczne stosowania – Załącznik D. GDDP, Warszawa, luty 2002. <http://gddkia.gov.pl>].

\* Instytut Badawczy Dróg i Mostów – Filia Wrocław, Pracownia Betonów i Kruszyw

### Wymagane wartości PSV wg WT-1 Kruszywa

Obecne Wytyczne Techniczne WT-1 [Kruszywa do mieszank mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utwaleń na drogach krajowych, Załącznik nr 2 do Zarządzenia nr 102 GDDKiA z 19 listopada 2010 r.] określają dla warstwy ściernalnej, w zależności od rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej (BA, SMA, BBTM, AL, PA, PU) oraz od kategorii ruchu KR1 ÷ KR6, poziomy wymagania odporności na polerowanie jako minimalne wartości PSV (tabela 1). Wartość PSV jest określona wg PN-EN 1097-8 na normowej frakcji kruszywa przechodzącego przez sito 10 mm i pozostającego na sicie prętowym 7,2 mm. Należy podkreślić, że wartość PSV dotyczy kamienia (surowca skalnego) badanego na kruszywie z normalnej produkcji, określa stan końcowy wypolerowania kruszywa przy proceduralnym odwzorowaniu ruchu drogowego i nie odnosi się w sposób bezpośredni do aktualnej eksploatacji nawierzchni drogowej z tym kruszywem (współczynnik tarcia).

W celu zagwarantowania deklarowanej wartości PSV należy prowadzić odpowiedni system zarządzania złożem. Prowadzi to również do konieczności wzajemnej kontroli przez odbiorcę każdej partii kruszywa. W 2013 r. przewiduje się uaktualnienie WT-1 z dopuszczeniem mieszanki kruszyw o średniej ważonej wartości PSV z kruszywami o PSV nie mniejszym niż 45. Inna korekta dotyczy asfaltu porowatego PSV<sub>50</sub> przeznaczanego do kategorii ruchu KR3 ÷ KR6. Zaproponowane zmiany to przede wszystkim działania związane z podażą kruszyw.

Tabela 1. Minimalne wartości PSV wg WT-1 Kruszywa

Rodzaj kruszywa i rodzaj mieszank mineralno-asfaltowych	Kategoria ruchu		
	KR1 ÷ KR2	KR3 ÷ KR4	KR5 ÷ KR6
Kruszywo grube: D ≤ 45 mm i d ≥ 2 mm			
– Beton asfaltowy (BA)	PSV <sub>Dekl.</sub>	PSV <sub>Dekl. ≥ 48</sub>	PSV <sub>50</sub>
– Mieszanki SMA i BBTM	PSV <sub>Dekl.</sub>	PSV <sub>Dekl. 48</sub>	PSV <sub>50</sub>
– Asfalt lany (AL)	PSV <sub>Dekl.</sub>	PSV <sub>50</sub>	PSV <sub>50</sub>
– Asfalt porowaty (PA)	–	–	PSV <sub>Dekl. ≥ 54</sub> *)
– Powierzchniowe utwalenie (PU)	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>50</sub>	
Kruszywo niełamane i łamane drobne lub o ciągłym uziarnieniu do D ≤ 8 mm			
– Asfalt lany (AL)	–	–	–

\*) dla kategorii ruchu KR4 + KR6  
 Dekl. – deklarowana wartość PSV

### Właściwości przeciwpoślizgowe w SOSN

Zasady pomiaru i oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni bitumicznych w Systemie Oceny Stanu Nawierzchni (SOSN) dla dróg krajowych klasy A, S, GP oraz G określa załącznik D do SOSN. Właściwości przeciwpoślizgowe określono jako zdolność do wytwarzania sił tarcia między nawierzchnią drogi a kołami pojazdów w warunkach wzajemnego poślizgu. Ocenę stanu nawierzchni pod względem właściwości przeciwpoślizgowych klasyfikuje się w załączniku D do SOSN dla miarodajnego współczynnika tarcia (tabela 2). Załącznik ten nie określa po-

Tabela 2. Klasyfikacja stanu nawierzchni dróg krajowych pod względem właściwości przeciwpoślizgowych (dla opony Barum Bravura) wg SOSN

Klasa nawierzchni	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia [μ <sub>m</sub> ]
A	dobry	≥ 0,52
B	zadowalający	0,37 + 0,51
C	niezadowalający	0,30 + 0,36
D	zły	≤ 0,29

miaru głębokości tekstury. Istotna jest procedura badania współczynnika tarcia nawierzchni. Jego pomiary wykonuje się w lewym śladzie kół, na zewnętrznym pasie ruchu pojazdów, przy prędkości urządzenia pomiarowego  $v = 60$  km/h i grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym  $h = 0,5$  mm.

### Minimalne wartości PSV wg przepisów brytyjskich

Zgodnie z brytyjskimi przepisami [1, 2] zastosowanie kruszyw do miejsc wymagających ulepszonych właściwości przeciwpoślizgowych zależy m.in. od kategorii miejsca na drodze, wielkości ruchu oraz poziomu badań. W Wielkiej Brytanii wyróżnia się następujące kategorie miejsc na drodze:

- autostrady, tam gdzie ruch jest generalnie swobodny na stosunkowo prostych odcinkach;
- autostrady, tam gdzie określone hamowanie pojawia się regularnie (np. na 300 m pasach spowolnienia do zjazdów z autostrady);
- droga dwujezdniowa, tam gdzie ruch jest generalnie swobodny na stosunkowo prostych odcinkach;
- droga dwujezdniowa, tam gdzie określone hamowanie pojawia się regularnie (np. na 300 m pasach spowolnienia do zjazdów z jezdni);
- droga jednojezdniowa, tam gdzie ruch jest generalnie swobodny na stosunkowo prostych odcinkach;
- pochyłości  $> 5\%$  dłuższe niż 50 m;
- dojazdy do skrzyżowań z pieszymi i w sytuacjach wysokiego ryzyka;
- dojazdy do głównych i podrzędnych skrzyżowań oraz węzłów na drogach dwujezdniowych i jednojezdniowych, tam gdzie pojawiają się częste lub nagle hamowania, ale na stosunkowo prostych odcinkach;
- powierzchnie ruchu samochodowego na rondzie;
- łuki poziome (promień  $< 500$  m) na wszystkich drogach, włączając autostradowe drogi przelotowe; inne niebezpieczeństwa, które charakteryzują się złożonymi warunkami związanymi z hamowaniem i widocznością.

W wymienionych miejscach, w zależności od ruchu, należy stosować kruszywa o wartości PSV  $50 \pm 68$  i większej, a nawet specjalną dobrze uszorstnioną warstwę jezdni z kruszywem korundowym (z prażonego boksytu). Brytyjskie dokumenty [1, 2] zosta-

ły zgłoszone do Komisji Europejskiej na początku lipca 2013 r. i będą opublikowane jako przewodniki (wytyczne).

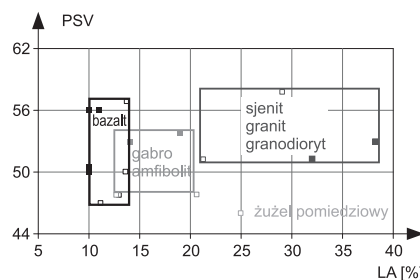
### Baza kruszyw w Polsce i potrzeby związane z odpornością na poślizg nawierzchni drogowych

Podstawą wprowadzenia systemu zapewnienia bezpieczeństwa drogowego opartego na odporności na polerowanie kruszyw w Wielkiej Brytanii są [1, 2]:

- stabilna baza kruszyw w zakresie od PSV 50 do PSV 68;
- mieszanki o szorstkości powyżej PSV 68, m.in. z kruszywem z prażonego boksytu (korund) do stosowania na zimno (z żywicami zazwyczaj epoksydowymi lub poliuretanowymi) i na gorąco (z żywicami termoplastycznymi).

Obecnie w Polsce przetestowano metodę badania odporności na polerowanie kruszywa. Powszechnie wiadomo, na jakim poziomie kształtują się wartości PSV kruszyw stosowanych do nawierzchni drogowych, w zależności od pochodzenia.

Można wyróżnić pewne grupy kruszyw o zbliżonych właściwościach pod względem wartości PSV (rysunek 1), ale również przyjętego w Polsce współczynnika Los Angeles (LA). Średnie wartości PSV oraz odchylenia stan-



Rys. 1. Podstawowe grupy kruszyw stosowanych do mieszank mineralno-asfaltowych i ich odporność na polewanie PSV i rozdrobnienie LA

dardowe w przypadku tych grup kruszyw zamieszczono w tabeli 3 (wyniki pochodzą z własnego źródła). Otrzymana średnia wartość PSV oraz odchylenie standardowe w przypadku wszystkich analizowanych kruszyw wynosi  $50 \pm 5,5$  jed. PSV. Należy zauważyć brak zasadniczej grupy kruszyw niezbędnej w procesie zapewnienia odporności na poślizg nawierzchni drogowych w przypadku określonych kategorii miejsc na drodze, tj. kruszyw o wartości PSV w zakresie od 60 do 68.

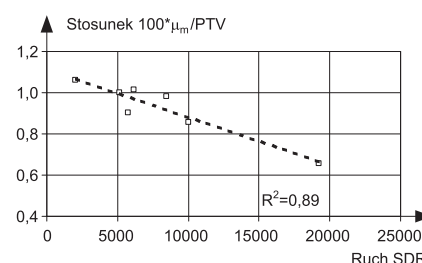
Tabela 3. Wartości PSV dla wydzielonych grup surowców skalnych

Grupa surowców skalnych	Wartość PSV	
	średnia	odchylenie standardowe
Bazalty	52	3
Gabro, amfibolit, melafir	52	4,5
Sjenit, granit, granodioryt, gnejs	52	3
Naturalne, dolomit, wapienie	46	4,5
Szarogłaz	56	20
Wszystkie łącznie	50	5,5

### Badania współczynnika tarcia i wartości PTV na nawierzchni SMA

Miarodajny współczynnik tarcia  $\mu_m$  i wartości PTV (wahadłowy wskaźnik poślizgu) wg PN-EN 13036-4:2004 (U) *Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań. Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: próba wahadła* określają aktualny stan odporności na poślizg badanych nawierzchni. W tabeli 4 zamieszczono wyniki badań tych współczynników w zależności od rodzaju kruszyw (surowca skalnego) dla badanych w 2004 r. odcinków drogowych z nawierzchnią SMA wykonaną w latach 2000 – 2002 (poza odcinkiem 1B wykonanym w 1995 r.) [3]. Przedstawione w tabeli 4 wartości PTV są mniejsze od wartości PSV, poza odcinkiem 1B. Zgodnie z klasyfikacją stanu nawierzchni dróg krajowych pod względem właściwości przeciwpoślizgowych (dla opony Barum Bravura), badane odcinki można zaklasyfikować jako zadowolające lub niezadowolające.

Na rysunku 2 przedstawiono zależność wskaźnika  $100 \cdot \mu_m / PTV$  od ruchu (SRD) na odcinkach drogowych w tej samej technologii SMA po 3-letniej eksploatacji (poza odcinkiem badawczym nr 1B – 9-letnia eksploatacja). Wskaźnik  $100 \cdot \mu_m / PTV$  określa miarodajny współ-



Rys. 2. Zależność wskaźnika  $100 \cdot \mu_m / PTV$  od ruchu (SRD) na odcinkach drogowych z nawierzchnią SMA

Tabela 4. Wyniki badań odcinków drogowych z nawierzchnią SMA

Nr odcinka badawczego	Rodzaj surowca skalnego w mieszance SMA	Liczba pojazdów porównawczych SDR	Miarodajny współczynnik tarcia $\mu_m$	Wartość PTV	Wartość PSV
3	bazalt	8442	0,470	47,9	52
4	gabro + bazalt + sjenit	2000	0,490	46,2	50 – 58
7	bazalt + sjenit	6165	0,500	49,4	47 – 58
8	amfibolit	19 225	0,305	46,5	48
10	bazalt	5123	0,435	43,4	47
11	bazalt	5755	0,345	38,3	47
1B	polodowcowe + amfibolit	10 028	0,475	55,4	48 – 52

czynnik tarcia  $\mu_m$  względem wartości PTV. Jak pokazano na rysunku 2, uzyskano liniową odwrotnie proporcjonalną zależność tego wskaźnika od ruchu ze współczynnikiem dopasowania  $R^2 = 0,89$ . Zależność ta pozwala na grupowanie wyników badań  $\mu_m$  i wartości PTV dla podobnych technologii i warunków eksploatacji.

**Wnioski**

Wprowadzenie w Polsce badania odporności na polerowanie kruszyw wg PN-EN 1097-8 pozwoliło na stworzenie bazy kruszyw przydatnych do poprawy nawierzchni drogowych w zakresie wartości PSV od 50 do 56.

Brakuje materiałów zapewniających odporność na poślizg nawierzchni drogowych w miejscach o specjalnych wymaganiach pod względem bezpieczeństwa ruchu drogowego:

– zasadniczej grupy kruszywo o wartości PSV w zakresie od 60 do 68;

– mieszanek o dużej szorstkości powyżej PSV 68.

Przeprowadzone badania na odcinkach drogowych wykonanych w technologii SMA w 2004 r. wskazują na mniejsze wartości PTV od wartości PSV, a pod względem właściwości przeciwoślizgowych wg SOSN na ocenę od zadowalającej do niezadowolającej. Są to jedne z pierw-

szych badań wykonanych na rzeczywistej nawierzchni i wymagają kontynuacji w celu zapewnienia odporności na poślizg nawierzchni drogowych w miejscach o specjalnych wymaganiach.

**Streszczenie**

Artykuł stanowi przegląd w zakresie przepisów związanych z odpornością na polerowanie kruszyw i badaniami współczynnika tarcia nawierzchni. Wskazano na potrzebę wprowadzenia pełnego systemu zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, a w szczególności związanego z odpornością na polerowanie kruszyw do nawierzchni drogowych. Przedstawiono wyniki badań wartości PSV i odporności na rozdrobnienie LA różnych kruszyw, które pozwalają na ich charakterystyczne pogrupowanie oraz badania wartości PTV (wahadłowego wskaźnika poślizgu) i miarodajnego współ-

czynnika tarcia na odcinkach doświadczalnych wykonanych w technologii SMA.

**Słowa kluczowe:** kruszywo, odporność na polerowanie (PSV), SMA, współczynniki tarcia.

**Abstract**

The paper is a review of the regulations concerning the polished stone value of aggregates and surface skid resistance testing. A need to introduce a complete system to increase road traffic safety, in particular related to the polished stone value of aggregates for road surfacing. The presented results of PSV and LA drum testing for various aggregates allow for a specific grouping. Pendulum test values (PTV) and a reliable skid resistance value for experimental road sections built using SMA are also presented.

**Literatura**

[1] HD 36/06 Surfacing materials for new and maintenance construction, Design Manual for Road and Bridges (DMRB): The Stationery Office (TSO) (<http://www.officialdocuments.co.uk/document/deps/ha/dmrb/index.htm>, Highways Agency's DMRB documents, November 2006

[2] INTERIM ADVICE NOTE (IAN) 156/12 Revision of Aggregate Specification for Pavement Surfacing, Sept 2012, [www.dft.gov.uk/ha/standards/ians/pdfs/ian156.pdf](http://www.dft.gov.uk/ha/standards/ians/pdfs/ian156.pdf).

[3] Duszyński A.: „Optymalizacja czynników wpływających na polerowalność kruszyw oraz możliwości jej zmniejszenia i optymalizacji mieszanek mineralnych pod kątem polerowalności”, symbol pracy IBDiM-TW/55904/TW-24, Żmigród – Węgłowo, sierpień 2004.



11 – 12 grudnia 2013 r. odbędzie się w Żmigrodzie XII Świąteczna Drogo-Mostowa Żmigrodzka Konferencja Naukowo-Techniczna „Przepusty i przejścia dla zwierząt w infrastrukturze komunikacyjnej” zorganizowana przez firmę Infrastruktura Komunikacyjna Badania – Szkolenia – Konsulting Sp. z o.o. we współpracy z „Nowoczesnym Budownictwem Inżynieryjnym”. Pierwsze spotkanie odbyło się w 1999 r., a kolejne są organizowane w cyklu dwuletnim.

**Tematyka konferencji:**

• zagadnienia teoretyczne, metody obliczeń i badania przepustów;

• zagadnienia materiałowe i wykonawstwo, w tym technologie bezwykopowe;

• problem napraw, rekonstrukcji, wzmocnienia i utrzymania przepustów;

• przejścia dla zwierząt w kontekście ekologii (projektowanie, budowa, wyposażenie, monitorowanie, wytyczne i aspekty prawne);

• stan wdrożenia eurokodów w przypadku konstrukcji przepustów i przejść dla zwierząt, w tym konstrukcji gruntowo-powłokowych;

• sposoby prowadzenia inwestycji, m.in. procedury zaprojektuj i zbuduj.

Podczas konferencji odbędzie się Sesja Dyskusyjna umożliwiająca wymianę myśli i doświadczeń oraz prezentację proponowanych, przyszłościowych rozwiązań dotyczących przedmiotowej problematyki.

Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego jest **prof. UZ dr hab. inż. Adam Wysokowski** z Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Więcej informacji [www.nbi.com.pl/tagi-przepusty](http://www.nbi.com.pl/tagi-przepusty) lub pod numerami telefonów: 603 974 417 – **prof. UZ Adam Wysokowski**; 784 086 077 – **Anna Karpińska-Rzepa**.