



SOROCIAK WOJCIECH

Politechnika Śląska
Eurovia Polska S.A.
wojciech.sorociak@polsl.pl
ORCID: 0000-0003-3638-2082



GRĄDZIEL JAKUB

Strabag Sp. z o.o.
jakub.gradziel95@gmail.com



SZOŁTYŚ JOANNA

Politechnika Śląska
joanna.szoltyś@polsl.pl
ORCID: 0000-0001-5596-9546

Wpływ pochodzenia asfaltu na wybrane właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej

Budownictwo drogowe wykorzystuje obecnie szeroki wachlarz rodzajów asfaltów. Oprócz dostępności wielu rodzajów asfaltów drogowych (wyodrębnionych na podstawie zakresu penetracji w normowej temperaturze wg PN-EN 12591 [6]), dzięki rozwojowi technologii możliwe jest także ich modyfikowanie. Poprzez użycie dodatków modyfikujących, takich jak na przykład polimery [3], można w znaczący sposób wpływać na właściwości samych asfaltów oraz w konsekwencji gotowych mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA).

Mnogość modyfikatorów, znacząco zwiększa liczbę dostępnych rodzajów asfaltów. To z kolei poszerza możliwość ich doboru w zależności od oczekiwanych właściwości w procesie produkcyjnym MMA (urabialność, która ma wpływ na temperaturę wytwarzania i temperaturę układania) oraz właściwości użytkowych nawierzchni drogowej (np. odporność na deformacje trwałe) [3].

Innym czynnikiem, który często jest pomijany podczas rozwa-

żeń prowadzonych na temat lepiszcza asfaltowego, a który może mieć istotny wpływ na właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej, jest pochodzenie ropy naftowej. Ma ono istotny wpływ na skład grupowy i sposób produkcji lepiszcza asfaltowego, a w konsekwencji na właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej.

Ropy naftowe wydobywane na świecie różnią się między sobą składem chemicznym. Na podstawie zawartości asfaltu wyróżnia się trzy podstawowe ich typy [3]:

- ropy parafinowe (zawartość frakcji asfaltowych do 10% masy ropy),
- ropy mieszane (zawartość frakcji asfaltowych od 10% do 20% masy ropy),
- ropy asfaltowe (zawartość frakcji asfaltowych powyżej 20% masy ropy).

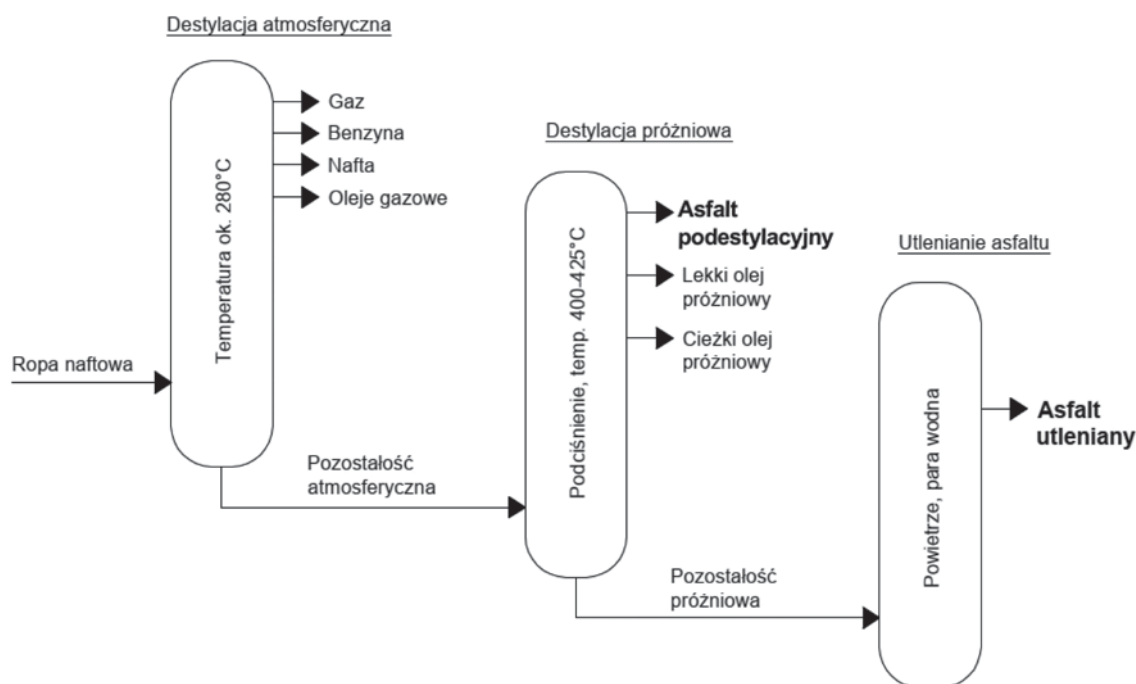
Ropy lekkie, o małej zawartości asfaltu, są najlepszym surowcem do produkcji paliw. Stąd, zwłaszcza w przypadku rafinacji, asfalt może być uznany jako produkt uboczny. Ropy asfaltowe mogą być jednak destylowane głównie w celach produkcyjnych lepiszcza asfaltowego. Dobrym przykładem są ciężkie ropy wenezuelskie, które mogą mieć w swoim składzie nawet 75% asfaltu [3].

Destylacja ropy naftowej prowadzona jest dwustopniowo – pod ciśnieniem atmosferycznym, a następnie próżniowo. Z ropy ciężkiej, już na tym etapie produkcji, można uzyskać asfalt (tzw. podestylacyjny). Z rop rosyjskich, do niedawna najczęściej wykorzystywanych w polskich rafineriach, zawierających głównie parafiny, asfalt drogowy można uzyskać dopiero po utlenieniu pozostałości próżniowej z destylacji. Schemat produkcji asfaltu został zamieszczony na rysunku 1.

Pochodzenie asfaltu warunkuje jednak nie tylko proces jego produkcji. Asfalty tego samego gatunku, a więc mające tę samą penetrację (np. 50/70 – penetracja w temperaturze 25°C od 50 do 70 · 0,1 mm) mogą się różnić także składem chemicznym. Asfalt w głównej mierze zbudowany jest z atomów węgla (82–88%) i wodoru (8–11%). Może dodatkowo zawierać siarkę, tlen i azot, oraz śladowe ilości żelaza, wadnu, niklu, glinu i krzemu [1] [3]. Zbudowane z nich związki chemiczne tworzą układ koloidalny. W układzie tym można wyodrębnić poszczególne frakcje o podobnej naturze chemicznej i masie cząsteczkowej. Są to składniki grupowe, w ramach których wyróżnia się asfalteny, żywice i oleje (malteny) – nasycone i aromatyczne.

Asfalteny najczęściej występują jako nietopliwe ciała stałe. Są twarde, kruche i w porównaniu z pozostałymi składnikami mają największą masę cząsteczkową. Żywice są lżejsze od asfaltenów i w przeciwieństwie do nich są topliwe oraz plastyczne. Najlżejsze są frakcje olejowe czyli węglowodory aromatyczne i nasycone. Są lepкими cieczami barwy ciemnobrązowej (aromatyczne) i jasnej (nasycone) [1] [3].

W układzie koloidalnym asfaltu asfalteny tworzą fazę rozproszoną, natomiast malteny stanowią fazę rozpraszającą. Stosunek składników grupowych wpływa na właściwości asfaltu. Skład grupowy asfaltu może jednak zmieniać się w zależności od źródła lub procesu produkcyjnego, co wpływa na właściwości asfaltu [13]. Przykładowa, procentowa zawartość poszczególnych frakcji w stosunku do całkowitej masy asfaltu została przedstawiona na rysunku 2. Poniższe składy grupowe pochodzą z badań ORLEN Asfalt i uzyskane zostały przy użyciu metody chromatografii adsorpcyjno-elucencyjnej [1]. Na diagramie zaznaczono również dokładność pomiarów.

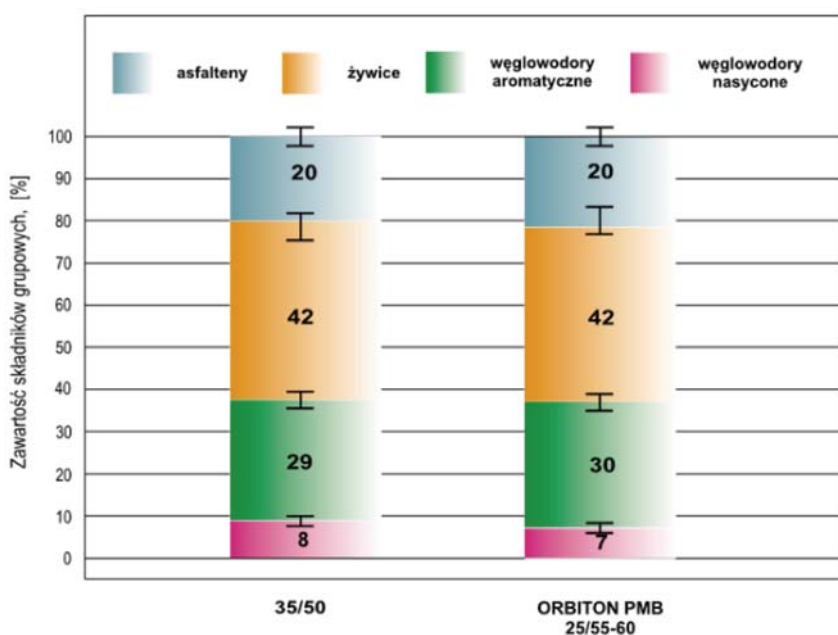


Rys. 1. Schemat produkcji asfaltu [3]

Mimo stosunkowo niewielkiej zawartości procentowej asfaltu w składzie mieszanki mineralno-asfaltowej (około 5%), jego właściwości mają istotny wpływ na trwałość nawierzchni asfaltowej. Z uwagi na fakt, że lepniejsze asfaltowe jest podatne na proces starzenia, jego właściwości zmieniają się. Dochodzi do utwardzenia i zmiany reologicznych właściwości asfaltu pod wpływem jego utleniania, odparowywania lekkich frakcji asfaltowych, absorpcji przez pory w kruszywie składników olejowych oraz fizycznego twardnienia. Ostatecznym efektem procesu starzenia jest zwiększenie

technologiczne jest krótkotrwałe i następuje w trakcie produkcji, transportu oraz wbudowywania MMA. Wszystkie te procesy odbywają się wysokich temperaturach, co sprawia, że starzenie to jest procesem intensywnym.

Starzenie eksploatacyjne jest procesem długotrwałym, w którym decydujące znaczenie ma ekspozycja MMA na powietrze, zwłaszcza w podwyższonej temperaturze. Przyrost temperatury wpływa nieliniowo na zwiększenie utleniania [3]. Warto dodać, że oprócz czynników atmosferycznych na tempo starzenia eksploatacyjnego mają również wpływ rodzaj i zawartość asfaltu, rodzaj i uziarnienie kruszywa, zawartość wolnych przestrzeni w MMA [5].



Rys. 2. Przykładowe składy grupowe asfaltów drogowych uzyskane w wyniku badań ORLEN Asfalt [1]

sztywności asfaltu, przy jednoczesnym zwiększeniu jego kruchości. W konsekwencji asfalt staje się mniej podatny na deformacje trwałe, natomiast zwiększa się jego podatność na spękania, prowadząc do analogicznych uszkodzeń w nawierzchni drogowej [5].

Starzenie, jakiego zostają poddane asfalty znajdujące się w mieszankach mineralno-asfaltowych, wbudowywanych w nawierzchnię drogową, można podzielić na technologiczne i eksploatacyjne. Starzenie

Plan badań mieszanek mineralno-asfaltowych z asfaltem 50/70 o różnym pochodzeniu

Opisane w niniejszym artykule badania skupiają się na porównaniu właściwości dwóch mieszanek mineralno-asfaltowych różniących się jedynie pochodzeniem asfaltu. Jedną z mieszanek została wykonana na asfalcie 50/70 wyprodukowanym przez firmę Lotos Asfalt w 2018 roku i pozyskanym z rafinacji ropy naftowej, głównie pochodzenia rosyjskiego [12], która zalicza się do grupy rop parafinowych, zawierających niewielkie ilości składników asfaltowych (do 10% masy ropy). Druga mieszanka została wykonana na asfalcie dostarczonym przez firmę Nynas, która wyprodukowała go w 2018 roku z ropy pochodzenia wenezuelskiego [14]. Ropy pocho-

denia wenezuelskiego należą do grupy rop asfaltowych nftenowych, które zawierają w swoim składzie 65–75% asfaltu [3]. Nie są znane dokładne proporcje składników grupowych badanych asfaltów. Badania porównują wybrane właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych, zarówno przed, jak i po procesach starzenia, co umożliwia ocenę nie tylko początkowych właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej, ale także ich zmian w czasie eksploatacji nawierzchni drogowej.

Do badań przygotowano próbki mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanej ze składników przedstawionych w tabeli 1. Mieszanka ta odpowiadała wymaganiom warstwy wiążącej AC16W przeznaczonej na ruch KR1–KR2.

Tabela 1. Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej wykorzystywanej podczas badań

Lp.	Rodzaj materiału	Udział % (m/m)
1	Wypełniacz dodany	3,8
2	Kruszywo drobne #0/2 – piasek płukany	14,3
3	Kruszywo o uziarnieniu ciągłym #0/4 – dolomit	21,0
4	Kruszywo grube #4/8 – dolomit	14,3
5	Kruszywo grube #5/11 – dolomit	11,4
6	Kruszywo grube #8/16 – dolomit	30,6
7	Asfalt 50/70	4,6
SUMA:		100,0

Mieszanka mineralno-asfaltowa została wytworzona w warunkach laboratoryjnych zgodnie z normą PN-EN 12697-35 [15], a następnie została poddana badaniom.

W pierwszej kolejności określono gęstość, gęstość objętościową oraz zawartość wolnej przestrzeni, kolejno według norm PN-EN 12697-5 [7], PN-EN 12697-6 [8] oraz PN-EN 12697-8 [9]. Wyniki oznaczeń zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki badań gęstości, gęstości objętościowej oraz zawartości wolnej przestrzeni mieszanki AC16W

Próbka z asfaltem	Gęstość ρ_m [Mg/m ³]	Gęstość objętościowa ρ_b [Mg/m ³]	Zawartość wolnych przestrzeni V_a
Lotos	2,527	2,457	2,8%
Nynas		2,462	2,6%

Uzyskane w ten sposób wartości gęstości objętościowej oraz zawartości wolnej przestrzeni zostały wykorzystane do wykonania próbek do badania sztywności według normy PN-EN 12697-26 [10]. Badanie to zostało wykonane w sposób nieniszczący na belkach prostopadłościennych czteropunktowo zginanych (4PB-PR). Badanie było przeprowadzane w cyklach zmęczeniowych o częstotliwości obciążenia 0,5–10 Hz, w temperaturze 10°C, 13°C oraz 20°C dla obu analizowanych mieszanek. Parametrami analizowanymi podczas tego badania były moduł sztywności oraz kąt przesunięcia fazowego.

Po wykonaniu badań sztywności po zagęszczeniu próbek oraz po starzeniu krótkoterminowym, próbki zostały poddane starzeniu, które miało za zadanie symulować starzenie

eksploatacyjne nawierzchni. Zastosowano belgijską metodę starzenia opisaną w artykule RILEM State of the art z 2013 roku „Advances in interlaboratory testing and evaluation of bituminous materials”, w rozdziale 7 „Hot Recycling of Bituminous Mixtures” [2].

W metodzie tej, starzeniu poddaje się mieszankę wytworzoną w laboratorium, jak również pobraną z wytwórni. W drugim przypadku MMA podczas transportu do laboratorium musi być podgrzewana w temperaturze 110°C nie dłużej niż przez 4 godziny – czas ten nie jest wliczany do procesu starzenia mieszanki [2]. Opisana w artykule metoda badania przeznaczona jest dla luźnej MMA. W tym przypadku z racji wykorzystywania tych samych belek do zginania przed i po starzeniu, zdecydowano się przeprowadzić część procedury dla zagęszczonych próbek.

Na procedurę starzenia mieszanki mineralno-asfaltowej składają się dwie fazy: okres starzenia krótkoterminowego oraz długotrwały okres starzenia. Krótkoterminowe starzenie zostało przeprowadzone przez 4 godziny w wentylowanej suszarce, w temperaturze 135°C (przed badaniem temperatura musi być ustabilizowana przez co najmniej 15 minut). Po tym etapie przystąpiono do formowania i zagęszczania próbek. Tak przygotowane próbki poddano badaniu sztywności belek, a następnie przystąpiono do drugiej fazy starzenia – starzenia długoterminowego. Według zastosowanej procedury kondycjonowano próbki przez 9 dni w temperaturze 85°C [2].

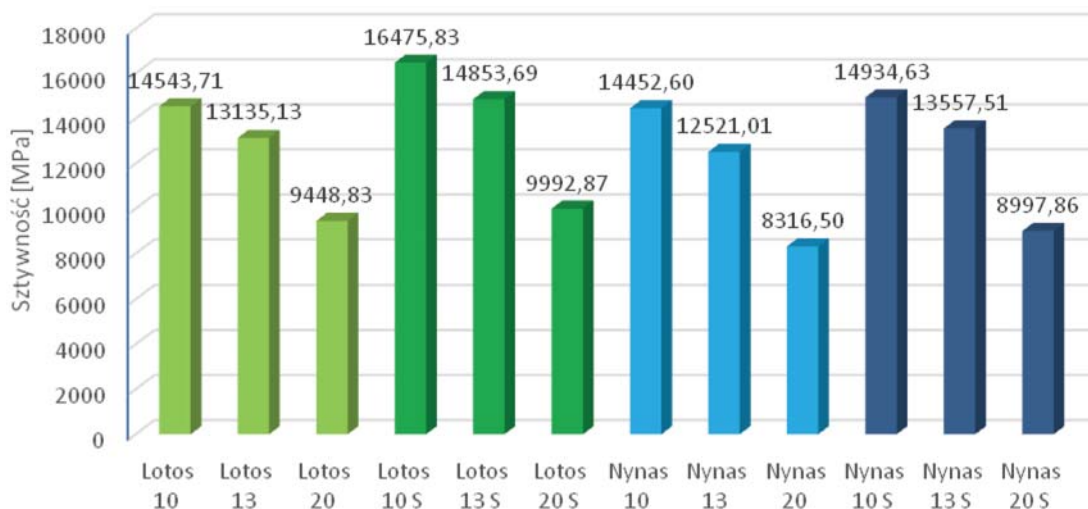
Po wykonaniu obu procesów starzenia ponownie przeprowadzono badanie sztywności metodą belki czteropunktowo zginanej 4PB-PR.

Analiza wyników badań sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych

Porównanie wyglądu belek mieszanki mineralno-asfaltowej po starzeniu krótkoterminowym i po starzeniu długoterminowym przedstawiono na rysunku 3. Belki poddane starzeniu są wyraźnie ciemniejsze, co sugeruje występowanie zmian we właściwościach lepizcza asfaltowego.



Rys. 3. Porównanie wyglądu próbek MMA po starzeniu długoterminowym (górna półka) oraz po starzeniu krótkoterminowym (dolna półka)

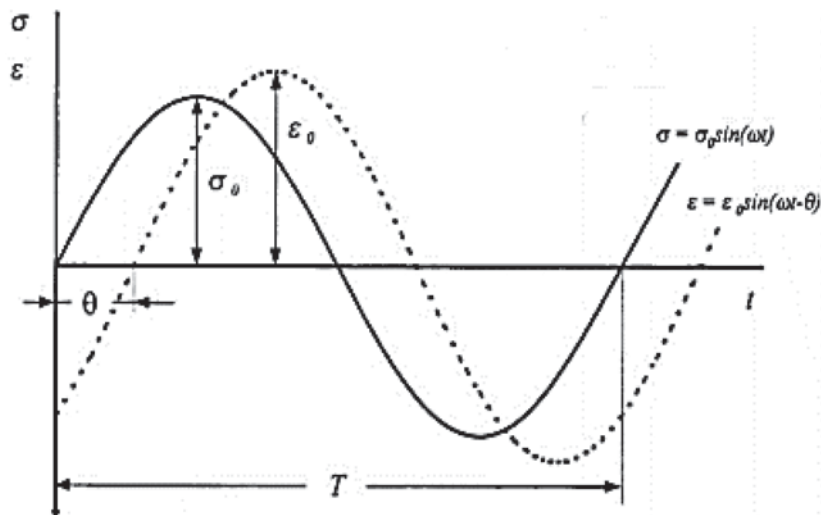


Rys. 4. Porównanie modułów sztywności próbek mieszanki mineralno-asfaltowej zbadanych w temperaturze 10°C, 13°C i 20°C, po starzeniu krótkoterminowym oraz po starzeniu długoterminowym (S)

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badania średniego modułu sztywności próbek zbadanych w poszczególnych temperaturach (10°C, 13°C i 20°C), przy częstotliwości 10 Hz po starzeniu krótkoterminowym oraz po starzeniu eksploatacyjnym (długoterminowym) (oznaczone na rys. 4. symbolem „S” – po starzeniu). Na wykresie widoczne jest, że pod wpływem wzrostu temperatury następuje spadek sztywności mieszanki mineralno-asfaltowej dla obu użytych asfaltów oraz wzrost sztywności MMA pod wpływem starzenia próbek.

Porównując wyniki badań przed procesami starzenia, próbki mieszanki mineralno-asfaltowej zawierającej asfalt wyprodukowany przez Lotos cechują się nieznacznie wyższą sztywnością, niż próbki z asfaltem pochodzącym od Nynas, różnica sztywności jest jednak tym mniejsza, im niższa jest temperatura badania. Przy temperaturze 10°C następuje niemal zrównanie wyniku badania modułu sztywności obu mieszanek. Oznacza to, że w wyższych temperaturach

różnicę w zmianach sztywności po starzeniu mieszanek



Rys. 5. Kąt przesunięcia fazowego w relacji naprężenia i odkształcenia [4]

z lepszem 50/70 różnego pochodzenia. Im wyższa była temperatura badania, tym większa różnica sztywności po starzeniu była widoczna w przypadku asfaltu Nynas, a mniejsza dla asfaltu Lotos. W temperaturze 20°C mieszanka z asfaltem Lotos uzyskała wzrost sztywności o 544 MPa, a mieszanka z asfaltem Nynas o 681 MPa.

Tabela 3. Porównanie przyrostu sztywności MMA pod wpływem starzenia eksploatacyjnego

Próbka	Temp. badania	Szytywność po starzeniu krótkoterminowym [MPa]	Szytywność po starzeniu długoterminowym [MPa]	Przyrost	
				[MPa]	[%]
Lotos	10°C	14543,71	16475,83	1932,12	13,3%
	13°C	13135,13	14853,69	1718,56	13,1%
	20°C	9448,83	9992,87	544,04	5,8%
Nynas	10°C	14452,60	14934,63	482,03	3,3%
	13°C	12521,01	13557,51	1036,50	8,3%
	20°C	8316,50	8997,86	681,36	8,2%

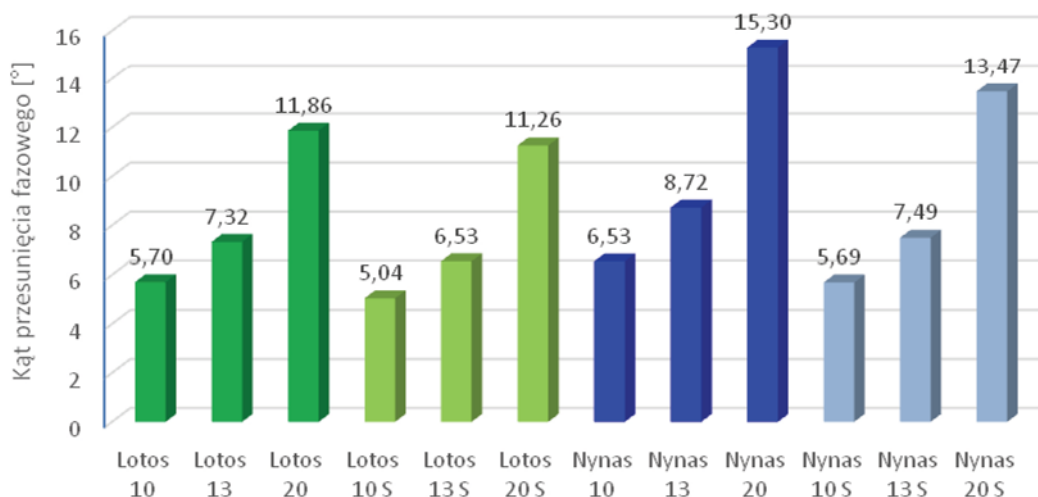
W tabeli 3 przedstawiono podsumowane wyniki badania sztywności, wraz z podanym przyrostem wartości modułu sztywności, w postaci wartości bezwzględnej oraz względnej zmiany sztywności.

Kolejnym analizowanym parametrem jest kąt przesunięcia fazowego. Parametr ten wynika z charakterystyki

ciał lepkosprężystych i ich opóźnionego odkształcenia (ϵ), względem naprężenia (σ). Owe opóźnienie w okresie (T), czyli cyklu zginania podczas badania metodą belki czteropunktowo zginanej, wyrażone jest w stopniach, jako kąt przesunięcia fazowego (θ). Jego interpretację graficzną przedstawiono na rysunku 5.

Kąt fazowy przyjmuje wartości od 0° dla materiałów sprężystych (np. stal) do 90° dla ciał lepkich (np. woda) [4]. Zatem jest to parametr, którego wartość ma odwrotny wpływ na zakres pracy mieszanki mineralno-asfaltowej niż moduł sztywności. Im większy kąt fazowy, a mniejsza sztywność, tym w większym stopniu MMA pracuje w zakresie lepkim, natomiast gdy wartości kąta fazowego są mniejsze, a sztywność większa, mieszanka wykazuje więcej cech sprężystych.

Na poniższym wykresie (rys. 6) przedstawiono zestawienie średnich wyników kąta przesunięcia fazowego dla poszczególnych próbek w poszczególnych temperaturach. Podobnie jak w przypadku modułu sztywności, średnie wartości dla mieszanki mineralno-asfaltowej poddanej starzeniu długoterminowym oznaczono literą „S”.



Rys. 6. Porównanie wartości kąta przesunięcia fazowego próbek mieszanki mineralno-asfaltowej zbadanych w temperaturze 10°C , 13°C i 20°C po starzeniu krótkoterminowym oraz po starzeniu długoterminowym (S)

Tabela 4. Porównanie zmiany kąta fazowego próbek MMA pod wpływem starzenia eksploatacyjnego

Próbka	Temp. badania	Kąt przesunięcia fazowego przed starzeniem eksploatacyjnym [°]	Kąt przesunięcia fazowego po starzeniu eksploatacyjnym [°]	Różnica	
				[°]	[%]
Lotos	10°C	5,70	5,04	-0,66	-11,6%
	13°C	7,32	6,53	-0,79	-10,8%
	20°C	11,86	11,26	-0,60	-5,1%
Nynas	10°C	6,53	5,69	-0,83	-12,8%
	13°C	8,72	7,49	-1,23	-14,1%
	20°C	15,30	13,47	-1,83	-12,0%

Na rysunku 6. można zauważyć powszechnie znane zależności dotyczące zmian kąta przesunięcia fazowego dla asfaltów – wzrost kąta przesunięcia fazowego przy wzroście temperatury badania oraz jego spadek pod wpływem procesów starzeniowych. Ponadto porównując obie zbadane mieszanki, ta z asfaltem Nynas charakteryzuje się znacznie wyższymi wartościami kąta przesunięcia fazowego. Widoczny jest także większy wpływ procesów starzeniowych na kąt przesunięcia fazowego mieszanek z asfaltem Nynas niż Lotos. Próbkę z asfaltem Lotos, wykazały niewielkie zmiany kąta przesunięcia fazowego przy temperaturze 20°C , co widoczne jest w tabeli 4. Pomimo większych zaobserwowanych zmian kąta przesunięcia fazowego, również po procesach starzenia, asfalt Nynas charakteryzował się jego wyższymi wartościami.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania porównujące właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych, do których zastosowano dwa asfalty tego samego rodzaju, ale innego pochodzenia i prawdopodobnie różnego składu grupowego, wykazały się zbliżonymi wartościami w zakresie badań podstawowych, jakim jest badanie zawartości wolnej przestrzeni. Zaobserwowano jednak znaczne różnice w zakresie wyników modułu sztywności i kąta przesunięcia fazowego, jak również w zakresie zmian pod wpływem procesów starzenia. Asfalt pochodzący z rafinacji ropy wenezuelskiej charakteryzował się niższymi modułami sztywności po procesach technologicznych związanych z produkcją i zagęszczaniem mieszanki, szczególnie

w wyższych temperaturach badania (20°C). Podczas starzenia eksploatacyjnego mieszanki te również wykazywały odmienne zachowanie. Pod wpływem starzenia eksploatacyjnego mieszanka zawierająca asfalt pochodzący z ropy rosyjskiej wykazała się większymi względnymi zmianami sztywności w niższych temperaturach badania. Asfalt pochodzący z ropy wenezuelskiej wykazał się natomiast większymi zmianami względnymi sztywności w wyższych temperaturach badania po przeprowadzeniu starzenia eksploatacyjnego.

Przeprowadzone badania nie miały na celu stwierdzenia, który z asfaltów

jest lepszy do stosowania w budownictwie drogowym. Badanie sztywności nie jest też badaniem obligatoryjnie wykonywanym dla wszystkich typów mieszanek według powszechnie stosowanych Wymagań WT-2 [11]. Pozwala ono jednak na obserwację niewidocznych w innych badaniach właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej.

Uzyskane wyniki jednoznacznie pokazują, że zmiana sposobu produkcji lub zmiana źródła pochodzenia surowca do produkcji asfaltów wyraźnie wpływa na parametry finalnej mieszanki mineralno-asfaltowej. Pomimo zastosowania tego samego rodzaju lepiszcza asfaltowego (50/70), wyniki badań mieszanek mineralno-asfaltowych znacząco się różniły. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić znaczny wpływ pochodzenia lepiszcza na zróżnicowaną podatność mieszanki na różnego rodzaju uszkodzenia (spękania, koleinowanie), która dodatkowo zmieniała się w czasie wraz z postępującym starzeniem się lepiszcza w mieszankach.

Szczególnie obecnie, gdy na skutek prowadzonej polityki międzynarodowej, następuje zmiana źródła dostaw ropy naftowej [12], podstawowego surowca do produkcji asfaltów, należy pamiętać o wpływie tych zmian na finalny produkt, jakim jest mieszanka mineralno-asfaltowa. Wiedza o zmianach w składzie chemicznym asfaltów jest istotna, gdyż przy zachowaniu odpowiedniego reżimu technologicznego i wprowadzeniu odpowiedniego przepływu informacji o możliwych zmianach w składzie grupowym asfaltu i potencjalnym wpływie tych zmian na zachowanie mieszanki mineralno-asfaltowej można odpowiednio zapobiec potencjalnym problemom na budowach drogowych na terenie Polski. Wymaga to jednak skoordynowanych działań oraz zrozumienia jednostek administracji, rafinerii, wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych oraz wykonawców nawierzchni asfaltowych.

Bibliografia

[1] Błażejowski K., Wójcik-Wiśniewska M., Baranowska W. (2018): *Poradnik asfaltowy 2018*, ORLEN Asfalt Sp. z o.o.

- [2] de la Roche C., Van de Ven M., Planche J.-P., Van den Bergh W., Grenfell J., Gabet T., Mouillet V., Porot L., Farcas F., Rout C. (2013): *Advances in interlaboratory testing and evaluation of bituminous materials. State-of-the-Art Report of RILEM, Chapter 7 – Hot Recycling of Bituminous Mixtures*, Springer, p. 361-428
- [3] Piłat J., Radziszewski P. (2004): *Nawierzchnie asfaltowe*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności
- [4] Sybilski D., Bańkowski W., Horodecka R., Wróbel A., Mirski K., Jasiński D., Gawenda T., Migdałska J., Michalski T., Komorowski J. (2005): *Sprawozdanie końcowe z tematu TN-235: Wyznaczenie charakterystyk starzeniowych mieszanek mineralno-asfaltowych*, Instytut Badań Dróg i Mostów Zakład Technologii Nawierzchni
- [5] Trzaska E. (2010): Laboratoryjne metody badania procesu starzenia lepiszczy asfaltowych, symulujące starzenie technologiczne i eksploatacyjne, *Nafta-Gaz*, Nr 6/2010, s. 500-506
- [6] PN-EN 12591:2010. Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Wymagania dla asfaltów drogowych, PKN
- [7] PN-EN 12697-5:2018. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań. Część 5: Oznażanie gęstości, PKN
- [8] PN-EN 12697-6:2012. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej, PKN
- [9] PN-EN 12697-8:2018. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni próbek mineralno-asfaltowych, PKN
- [10] PN-EN 12697-26:2018. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań. Część 26: Sztywność, PKN
- [11] WT-2 2014 – Część I: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne, GDDKiA
- [12] <https://www.money.pl/gielda/orlen-szuka-nowych-zrodel-ropy-ale-rosyjski-ural-to-podstawa-inaczej-paliwa-bylyby-drozsze-6623641426226144a.html>
- [13] Chailleux E., Queffelec C., Borghol I., Farcas F., Marceau S., Bujoli B. (2021): Bitumen fractionation: Contribution of the individual fractions to the mechanical behavior of road binders, *Construction and Building Materials*, Volume 271, 121528, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121528>
- [14] <https://www.fuelsandlubes.com/nynas-proposes-ownership-structure-u-s-lift-sanctions/>
- [15] PN-EN 12697-35:2018. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 35: Mieszanie Laboratoryjne, PKN

68. Krynicka Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Gliwice, 24-28 września 2023 r.



Konferencja Krynicka 2023



Wydział Budownictwa
Politechniki Śląskiej

Tradycyjnie konferencja składać się będzie z dwóch części: problemowej i ogólnej. Myślą przewodnią części problemowej 68. edycji konferencji będą **Wyzwania budownictwa na terenach górniczych, pogórnicych i zdegradowanych**. To szeroki temat, obejmujący nie tylko zagadnienia projektowania i wykonawstwa budynków i budowli w takich warunkach, ale także zagrożenia wynikające ze specyfiki terenów przemysłowych lub zdegradowanych w wyniku sposobu ich użytkowania oraz sposoby i możliwości efektywnego i bezpiecznego sposobu ich wykorzystania.

Przedmiotem części ogólnej konferencji będą następujące problemy naukowe:
Budownictwo hydrotechniczne • Budownictwo ogólne • Fizyka budowli • Geotechnika • Inżynieria materiałów budowlanych
• Inżynieria przedsięwzięć budowlanych • Inżynieria komunikacyjna: drogi, koleje, mosty • Inżynieria środowiska
• Konstrukcje betonowe • Konstrukcje metalowe • Mechanika konstrukcji i materiałów • Niezawodność konstrukcji

Biuro Konferencji: mgr inż. Marzena Gaura, mgr Małgorzata Lach – Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa
<https://www.polsl.pl/rb/krynica-gliwice-2023>, e-mail: konferencjakrynicka2023@polsl.pl