

SPRAWOZDANIE

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych Część I

Temat Nr TN-232

Zleceniodawca: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
ul. Żelazna 59, 00 – 958 Warszawa

Umowa: Nr 457/2003 z 24.06.2003 r.

Opracowali: Kierownik Tematu - dr inż. Zenon Szczepaniak
dr inż. Zenon Szczepaniak
mgr inż. Paweł Wysocki

Kierownik Zakładu Technologii Nawierzchni

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, sierpień 2003

SPIS TREŚCI

1 WYTYPOWANIE DO BADAŃ KILKU ŚRODKÓW ADHEZYJNYCH DO MODYFIKACJI ASFALTÓW.	5
1.1 Wprowadzenie	5
1.2 Preparaty znajdujące się w zastosowaniu na rynku krajowym	5
1.3 Charakterystyka preparatów	6
1.4 Wybór preparatów	11
2 PRZEPROWADZENIE BADAŃ WPŁYWU DODATKU WYBRANYCH ŚRODKÓW ADHEZYJNYCH NA PARAMETRY REOLOGICZNE ASFALTÓW ZWYKŁYCH I MODYFIKOWANYCH O PENETRACJI 50 I 70 0,1 MM.....	12
2.1 Kwalifikacyjne badania laboratoryjne.....	12
2.2 Materiały do badań.....	12
2.3 Badanie wpływu na penetrację, temperaturę mięknięcia i łamliwości	13
2.4 Podsumowanie.....	17
3 OKREŚLENIE ODPORNOŚCI TERMICZNEJ WYBRANYCH ŚRODKÓW ADHEZYJNYCH W CIENKIEJ WARSTWIE I W CZASIE MAGAZYNOWANIA.....	18
3.1 Badania termostabilności	18
3.2 Materiały do badań.....	19
3.3 Badania przyczepności.....	20
3.4 Badanie termostabilności	29
3.5 Odporność termiczna w czasie magazynowania.....	30
3.6 Podsumowanie.....	32
4 OPRACOWANIE METODY OZNACZANIA TRWAŁOŚCI ŚRODKA ADHEZYJNEGO W MIESZANCE MINERALNO-ASFALTOWEJ PODCZAS PRZYŚPIESZONEGO STARZENIA	34
4.1 Wprowadzenie.....	34
4.2 Zasada metody.....	34
4.3 Przygotowanie próbek laboratoryjnych	34

4.4	Ocena próbek	35
4.5	Warunek wstępny badania próbek	35
4.6	Badania	36
4.7	Wyniki prób	36
4.8	Wnioski.....	37
5	PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ WYKONANYCH W LABORATORIUM I W WYTWÓRNI MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH.....	38
5.1	Badanie mieszanek m-a z próby drogowej	38
5.2	Badania mieszanek m-a wykonanych w laboratorium.....	40
5.3	Podsumowanie.....	41

Przedmiot badań i program pracy

Przedmiot badań

Przedmiotem badań były środki adhezyjne stosowane do ulepszania właściwości lepiszczy w mieszankach mineralno-asfaltowych. Krótko i długo terminowy korzystny wpływ dodatku środka adhezyjnego do asfaltu w mieszankach mineralno-asfaltowych na gorąco jest znany lecz niekiedy kwestionowany. Wprowadzane na rynek drogowy nowe typy i rodzaje asfaltów w różny sposób reagują na modyfikację ich właściwości adhezyjnych coraz to bardziej termostabilnymi środkami adhezyjnymi. Nie jest wyjaśniona do końca potrzeba stosowania środka adhezyjnego w przypadku asfaltów modyfikowanych. W przypadku stosowania kruszyw o dobrej adhezji biernej do asfaltów może to nie być konieczne, ale jak zaobserwowano we wcześniejszych badaniach, dodatek środka adhezyjnego w ilości 0,2 – 0,3 % (m/m) zawsze wpływa korzystnie na trwałość mieszanki mineralno-asfaltowej. Konieczne są dalsze badania w celu ustalenia tych zależności i opracowania odpowiednich zaleceń.

Program pracy

Zgodnie z programem praca składa się z dwóch etapów:

Etap I

1. Wytypowanie do badań kilku środków adhezyjnych do asfaltów.
2. Przeprowadzenie badań wpływu dodatku wybranych środków adhezyjnych na parametry reologiczne asfaltów zwykłych i modyfikowanych o penetracji 50 i 70 0,1 mm.
3. Określenie odporności termicznej wybranych środków adhezyjnych w cienkiej warstwie i w czasie magazynowania.
4. Opracowanie metody oznaczania trwałości środka adhezyjnego w mieszance mineralno-asfaltowej podczas przyspieszonego starzenia.
5. Porównanie wyników badań mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanych w laboratorium i w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych.

Etap II

1. Ocena wpływu dodatku środka adhezyjnego na mechaniczne właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej.
2. Określenie celowości stosowania dodatku środka adhezyjnego w przypadku mieszanek mineralno-asfaltowych wyprodukowanych z zastosowaniem polimeroasfaltu.
3. Opracowanie metodyki postępowania w celu określenia potrzeby stosowania środka adhezyjnego i wielkości jego niezbędnego dodatku dla poprawy przyczepności.
4. Opracowanie warunków technicznych „Środki adhezyjne do mieszanek mineralno-asfaltowych”.
5. Sprawozdanie z wykonanych badań

Sprawozdanie to jest realizacją etapu I.

1 Wytypowanie do badań kilku środków adhezyjnych do modyfikacji asfaltów.

1.1 Wprowadzenie

Adhezja między asfaltem i kruszywem jest ważnym czynnikiem trwałości nawierzchni bitumicznych. Bardzo często przyczyną uszkodzeń nawierzchni drogi jest niedostateczna adhezja lub odmywanie lepiszcza z powierzchni kruszywa. W pewnych warunkach woda ma zdolność odmywania asfaltu z kruszywa i raz zapoczątkowany proces, nasilany przez ruch, postępuje w czasie. Większość kruszyw jest łatwiej zwilżana przez wodę niż przez asfalt. W wielu przypadkach procesowi odmywania można zapobiec przez użycie środków adhezyjnych, które są dodawane do lepiszcza we względnie małych ilościach. Środki adhezyjne mogą być także osadzone na powierzchni kruszywa. Koszt użycia środków adhezyjnych w celu ulepszenia adhezji na granicy faz: lepiszcze - kruszywo jest bardzo małą częścią całkowitego kosztu nawierzchni asfaltowej.

Środki adhezyjne powinny być stosowane jedynie w przypadkach niezadawalających właściwości adhezyjnych lepiszcza bitumicznego lub materiału kamiennego (kruszywa). W kraju decyzją Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad środki adhezyjne są stosowane jako dodatki do asfaltów stosowanych w warstwach ścieralnych nawierzchni drogowych. Decyzja ta została powzięta na podstawie wyników badań IBDiM, w których stwierdzono niezadawalające właściwości adhezyjne asfaltów produkowanych przez krajowe rafinerie nafty.

Podstawowym zastosowaniem środków adhezyjnych w krajowym drogownictwie są mieszanki mineralno-bitumiczne wytwarzane i wbudowywane na gorąco. Dlatego też jednym z głównych parametrów, na które zwraca się szczególną uwagę, jest termostabilność środka adhezyjnego rozumiana, jako zachowanie ulepszonych właściwości adhezyjnych asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego po ogrzewaniu w podwyższonej temperaturze.

1.2 Preparaty znajdujące się w zastosowaniu na rynku krajowym

Środki adhezyjne, jako dodatek ulepszający lepiszcza asfaltowe, są stosowane w naszym kraju od połowy lat osiemdziesiątych. Ich stosowanie nie jest już przez nikogo kwestionowane, a zalety ich stosowania powszechnie znane. Stosowanie środków adhezyjnych w budownictwie drogowym pierwotnie sankcjonowane było przez Świadectwa dopuszczenia do stosowania, a po 1995 r przez Aprobaty Techniczne IBDiM.

Wyroby, które posiadają Aprobaty Techniczne zestawiono w tablicy 1-1.

Tablica 1-1 Środki adhezyjne posiadające aprobaty techniczne IBDiM

Lp.	Nazwa środka adhezyjnego	Producent	Numer Aprobaty Technicznej	Data ważności Aprobaty Technicznej
1	2	3	4	5
1	Wetfix BE	Akzo Nobel, Szwecja	AT/99-04-0649	31.07.2004
2	Wetfix I	Akzo Nobel, Szwecja	AT/2002-04-1326	13.08.2007
3	Teramin 14	ICSO Chemical Production, Kędzierzyn-Koźle	AT/2003-04-0333	31.03.2008
4	Teramin 12	ICSO Chemical Production, Kędzierzyn-Koźle	AT/2000-04-0900	07.08.2005
5	Teramin 10C	ICSO Chemical Production, Kędzierzyn-Koźle	AT/2000-04-0790	23.02.2005
6	Teramin Gripper Eco	Kao, Hiszpania	AT/2003-04-1503	03.06.2008

Badane w IBDiM i stosowane w kraju były także środki adhezyjne firmy CECA z Francji, jak np. Polyram L-200, jednak producent nie wystąpił o wydanie aprobaty technicznej.

1.3 Charakterystyka preparatów

W tablicy 1-2 zamieszczono wyniki badań właściwości fizycznych i chemicznych środka WETFIX BE.

Tablica 1-2 Właściwości fizyczne i chemiczne środka WETFIX BE

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metoda badania
1	2	3	4	5
1	Liczba aminowa	mg HCl/g	160	Akzo Nobel, metoda 234
2	Liczba kwasowa	mg KOH/g	< 10	PN-C-04066:1985
3	Gęstość	g/cm ³	0,985	PN-C-81551:1982
4	Temperatura krzepnięcia	°C	- 2	PN-C-04018:1977
5	Temperatura zapłonu	°C	105	PN-C-4008:1982

W tablicy 1-3 zamieszczono wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen Płock z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka WETFIX BE.

Tablica 1-3 Wyniki badań asfaltu 50/70 Orlen z dodatkiem środka WETFIX BE

Lp.	Właściwość	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego,	0,1 mm	9	Prace IBDiM, Nr 4, 1990 PN-C-04134:1984
2	Przyczepność do kruszywa bazaltowego	%	95	TWT-91/GDDP-4 (Św.dop nr 125/91)
3	Przyczepność do kruszywa granitowego	%	75	TWT-91/GDDP-4 (Św. dop nr 125/91)
4	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163°C, do kruszywa bazaltowego	%	0	Prace IBDiM, Nr 4, 1990
5	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80°C,	%	15	Procedura IBDiM, TN-3/1/96

W tablicy 1-4 zamieszczono wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen Płock z dodatkiem 0,5 % (*m/m*) środka WETFIX I (lp.1 do lp. 4) oraz dla mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltu zawierającego dodatek do asfaltu 0,3 % (*m/m*) środka WETFIX I (lp. 5).

Tablica 1-4 Wyniki badań asfaltu 50/70 Orlen z dodatkiem środka WETFIX I

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego	0,1 mm	- 5	PN-EN 1426:2001
2	Przyczepność do kruszywa bazaltowego	%	100	Procedura IBDiM TN-3/6/99
3	Przyczepność do kruszywa granitowego	%	95	Procedura IBDiM TN-3/6/99
4	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163 °C, do kruszywa bazaltowego	%	2	Prace IBDiM Nr 4, 1990

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
5	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 180 °C, do kruszywa bazaltowego	%	30	Prace IBDiM Nr 4, 1990
6	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach prze-trzymywania ich w wodzie w temperaturze 80 °C	%	≤ 10	Procedura IBDiM, TN-3/1/96

W tablicy 1-5 zamieszczono wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen Płock z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka TERAMIN 14 (lp.1 do lp. 4) oraz dla mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltu zawierającego dodatek 0,3 % (m/m) środka TERAMIN 14 (lp. 5).

Tablica 1- 5 Wyniki badań asfaltu 50/70 Orlen z dodatkiem środka TERAMIN 14

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego	0,1 mm	- 8	PN-EN 1426:2001
2	Przyczepność do kruszywa bazaltowego	%	100	Procedura IBDiM TN-3/6/99
3	Przyczepność do kruszywa granitowego	%	85	Procedura IBDiM TN-3/6/99
4	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163 °C, do kruszywa bazaltowego	%	3	Prace IBDiM Nr 4, 1990
5	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 180 °C, do kruszywa bazaltowego	%	12	Prace IBDiM Nr 4, 1990
6	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80 °C	%	≤ 10	Procedura IBDiM, TN-3/1/96

W tablicy 1-6 zamieszczono wyniki badań właściwości fizycznych i chemicznych środka TERAMIN 12.

Tablica 1-6 Właściwości fizyczne i chemiczne środka TERAMIN 12

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zasadowość	mg HCl/g	0,15	PN-85/C-04066
2	Zawartość substancji kationowo aktywnych	%	98,0	Procedura IBDiM TN-3/8/2000
3	Gęstość	g/cm ³	0,993	PN-C-81551:1982
4	Temperatura krzepnięcia	°C	14	PN-C-04018:1977
5	Temperatura zapłonu	°C	185	PN-C-04008:1982

W tablicy 1-7 zamieszczono wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen Płock z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka TERAMIN 12 (lp.1 do lp. 4) oraz dla mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltu zawierającego dodatek 0,3 % (m/m) środka TERAMIN 12 (lp. 5) .

Tablica 1-7 Wyniki badań asfaltu 50/70 Orlen z dodatkiem środka TERAMIN 12

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego	0,1 mm	- 5	Prace IBDiM Nr 4, 1990 PN-84/C-04134
2	Przyczepność do kruszywa bazaltowego	%	100	Procedura IBDiM TN-3/6/99
3	Przyczepność do kruszywa granitowego	%	90	Procedura IBDiM TN-3/6/99
4	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163 °C, do kruszywa bazaltowego	%	10	Prace IBDiM Nr 4, 1990
5	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80 °C	%	≤ 10	Procedura IBDiM, TN-3/1/96

W tablicy 1-8 zamieszczono wyniki badań właściwości fizycznych i chemicznych środka TERAMIN 10C.

Tablica 1-8 Właściwości fizyczne i chemiczne środka TERAMIN 10C

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zasadowość	mg HCl/g	0,2	PN-C-04966:1985
2	Zawartość substancji kationowo aktywnych	%	52	Procedura IBDiM TN-3/8/2000
3	Gęstość	g/cm ³	0,965	PN-C-81551:1982
4	Temperatura krzepnięcia	°C	4	PN-C-04018:1977
5	Temperatura zapłonu	°C	185	PN-C-04008:1982

W tablicy 1-9 zamieszczono wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen Płock z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka TERAMIN 10C.

Tablica 1-9 Wyniki badań asfaltu 50/70 Orlen z dodatkiem środka TERAMIN 10C

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego,	0,1 mm	6	Prace IBDiM Nr 4, 1990 PN-EN 1426 :2001
2	Przyczepność do kruszywa bazaltowego	%	95	Procedura IBDiM TN-3/6/99
3	Przyczepność do kruszywa granitowego	%	85	Procedura IBDiM TN-3/6/99
4	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163 °C, do kruszywa bazaltowego	%	0	Prace IBDiM Nr 4, 1990
5	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 180 °C, do kruszywa bazaltowego	%	15	Prace IBDiM Nr 4, 1990
6	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80 °C, nie większy niż	%	15	Procedura IBDiM, TN-3/1/96

W tablicy 1-10 zamieszczono skrócone zestawienie wyników z tablic 1-3, 1-5,1-6 oraz tablicy 1- 8.

Tablica 1-10 Zestawienie wyników badań wybranych środków adhezyjnych

Lp.	Właściwości, jednostki	W-BE	W-I	T-14	T-12	T-10C
1	2	6	7	5	4	3
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego, 0,1 mm	9	-5	-8	-5	6
2	Przyczepność do kruszywa bazaltowego, %	95	100	100	100	95
3	Przyczepność do kruszywa granitowego, %	75	95	85	90	85
4	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163°C, do kruszywa bazaltowego, %	0	2	3	10	0
5	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 180 °C, do kruszywa bazaltowego, %	-	30	12	-	15
6	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80°C, %	15	10	10	10	15

1.4 Wybór preparatów

Analizując wyniki badań właściwości różnych preparatów i ich popularność na rynku krajowym wytypowano do badań jako główne dwa ciekłe środki adhezyjne Teramin 14 i Wetfix BE. Nie zrezygnowano jednak z badań innych środków adhezyjnych, które będą pojawiały się w pracy.

2 Przeprowadzenie badań wpływu dodatku wybranych środków adhezyjnych na parametry reologiczne asfaltów zwykłych i modyfikowanych o penetracji 50 i 70 0,1 mm

2.1 Kwalifikacyjne badania laboratoryjne

Badania właściwości środków adhezyjnych prowadzone są w oparciu o następujące kryteria:

- rozpuszczalność w asfalcie drogowym,
- wpływ dodatku środka adhezyjnego do asfaltu na zwiększenie adhezji biernej do 4 kruszyw mineralnych,
- niewielki wpływ dodatku środka adhezyjnego do asfaltu na zmianę jego właściwości reologicznych,
- utrzymanie poprawionych właściwości adhezyjnych asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego po ogrzewaniu w cienkiej warstwie przez 5 h w temperaturze 163 °C lub 180 °C,
- korzystny wpływ na właściwości mieszanki mineralno-bitumicznej w badaniach starzeniowych.

Poniżej przedstawiono badania wpływu na własności reologiczne asfaltów zwykłych i modyfikowanego sześcioma środkami adhezyjnymi.

W próbkach asfaltu ze środkiem adhezyjnym oznaczano:

- penetrację w 25°C,
- temperaturę mięknięcia metodą "Pierścień i kula",
- temperaturę łamliwości wg Fraassa.

2.2 Materiały do badań

W badaniach własności reologicznych asfaltów z dodatkiem środków adhezyjnych wykorzystano następujące środki adhezyjne:

1. Teramin 14
2. Wetfix BE
3. Teramin 10C
4. Teramin Gripper Eco
5. Wertfix I
6. Polyram L-200

oraz asfalty:

1. asfalt zwykły z PKN Orlen o penetracji 35/50 x 0,1 mm
2. asfalt zwykły z PKN Orlen o penetracji 50/70 x 0,1 mm
3. asfalt modyfikowany Olexobit SMA z BP

2.3 Badanie wpływu na penetrację, temperaturę mięknięcia i łamliwości

Wykonano badania środków adhezyjnych. W pierwszej kolejności sprawdzono wpływ dodatku środka adhezyjnego na właściwości asfaltu. W tablicach 2-1 i 2-2 podano wyniki badań asfaltów 35/50 oraz 50/70 z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14. Tablica 2-3 zawiera wyniki badań asfaltu modyfikowanego OLEXOBIT SMA z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14.

Tablica 2-1 Wyniki badań asfaltu 35/50 z PKN Orlen z dodatkiem środka TERAMIN 14

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14 w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25 ⁰ C, 0,1 mm				
2	Temperatura mięknięcia PiK, ⁰ C				
3	Temperatura łamliwości, ⁰ C				

Tablica 2-2 Wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen z dodatkiem środka TERAMIN 14

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14 w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25 ⁰ C, 0,1 mm	68	63	60	61
2	Temperatura mięknięcia PiK, ⁰ C	50,0	50,0	51,0	51,0
3	Temperatura łamliwości, ⁰ C	- 16,0	- 16,0	- 15,5	- 15,5

Tablica 2-3 Wyniki badań asfaltu modyfikowanego OLEXOBIT SMA z dodatkiem środka TERAMIN 14

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14 w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25 ⁰ C, 0,1 mm				

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14 w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
2	Temperatura mięknięcia PiK, °C				
3	Temperatura łamliwości, °C				

W tablicach 2-4 i 2-5 podano wyniki badań wpływu dodatku środka adhezyjnego WETFIX BE na właściwości reologiczne asfaltu 35/50 oraz 50/70 z PKN Orlen. Tablica 2-6 zawiera wyniki badań asfaltu modyfikowanego OLEXOBIT SMA z dodatkiem środka adhezyjnego WETFIX BE.

Tablica 2-4 Wyniki badań asfaltu 35/50 z PKN Orlen z dodatkiem środka WETFIX BE

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego WETFIX BE w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25°C, 0,1 mm				
2	Temperatura mięknięcia PiK, °C				
3	Temperatura łamliwości, °C				

Tablica 2-5 Wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen z dodatkiem środka WETFIX BE

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego WETFIX BE w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25°C, 0,1 mm	68	75	77	78
2	Temperatura mięknięcia PiK, °C	50,0	50,0	49,0	48,5
3	Temperatura łamliwości, °C	- 12,0	- 12,0	- 17,0	- 11,0

Tablica 2-6 Wyniki badań asfaltu modyfikowanego OLEXOBIT SMA z dodatkiem środka WETFIX BE

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 14 w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25 ⁰ C, 0,1 mm				
2	Temperatura mięknięcia PiK, ⁰ C				
3	Temperatura łamliwości, ⁰ C				

W tablicy 2-7 podano wyniki badań wpływu dodatku środka adhezyjnego TERAMIN 10C na właściwości reologiczne asfaltu 50/70 z PKN Orlen.

Tablica 2-7 Wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen z dodatkiem środka TERAMIN 10C

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN 10C w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25 ⁰ C, 0,1 mm	61	61	63,5	66
2	Temperatura mięknięcia PiK, ⁰ C	50,0	50,0	51,0	51,5
3	Temperatura łamliwości, ⁰ C	-14,5	-14,5	-15,0	-14,5

W tablicy 2-8 podano wyniki badań wpływu dodatku środka adhezyjnego TERAMIN GRIPPER ECO na właściwości reologiczne asfaltu 35/50 z rafinerii gdańskiej LOTOS. Ze względu na wysoką aktywność środka adhezyjnego TERAMIN GRIPPER ECO, zastosowano mniejsze ilości dodatku do asfaltu.

Tablica 2-8 Wyniki badań asfaltu 35/50 z Gdańska z dodatkiem środka TERAMIN GRIPPER ECO

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN GRIPPER ECO w ilości		
			0,1 %	0,3 %	0,5 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25 ⁰ C, 0,1 mm	59	58	51	52

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego TERAMIN GRIPPER ECO w ilości		
			0,1 %	0,3 %	0,5 %
1	2	3	4	5	6
2	Temperatura mięknięcia PiK, °C	52,0	52,0	52,5	52,0
3	Temperatura łamliwości, °C	- 14,0	- 11,0	- 16,0	- 14,5

W tabelicy 2-9 podano wyniki badań wpływu dodatku środka adhezyjnego WETFIX I na właściwości reologiczne asfaltu 50/70 z PKN Orlen.

Tabela 2-9 Wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen z dodatkiem środka WETFIX I

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu			
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego WETFIX I w ilości		
			0,2 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6
1	Penetracja w temp. 25°C, 0,1 mm	71	66	66	64
2	Temperatura mięknięcia PiK, °C	49,5	52,0	52,0	53,0
3	Temperatura łamliwości, °C	- 13,5	- 16,0	- 17,5	- 15,0

W tabelicy 2-10 podano wyniki badań wpływu dodatku środka adhezyjnego POLYRAM L-200 (CECA) na właściwości reologiczne asfaltu 50/70 z PKN Orlen.

Tabela 2-10 Wyniki badań asfaltu 50/70 z PKN Orlen z dodatkiem środka POLYRAM L-200

Lp.	Właściwości, jednostki	Wyniki badań asfaltu				
		bez środka adhezyjnego	z dodatkiem środka adhezyjnego POLYRAM L-200 w ilości			
			0,2 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6	7
1	Penetracja w temp. 25°C, 0,1 mm	71	69	69	71	74
2	Temperatura mięknięcia PiK, °C	49,0	49,0	49,0	49,0	47,0
3	Temperatura łamliwości, °C	-19,0	-19,0	-15,0	-15,0	-15,0

2.4 Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań 6 środków adhezyjnych wynika, że dodatek w ilości 0,2 – 0,8 % (m/m) wpływa na parametry reologiczne asfaltu. Wpływ jest różny dla różnych środków adhezyjnych.

Przede wszystkim ocenia się wpływ na penetrację asfaltu. Środki zwiększające penetrację, jak Wetfix BE(silniej) i Teramin 10C(słabiej) czasami uważane są za niekorzystnie wpływające na stabilność mieszanek mineralno-asfaltowych.

Teramin 14, Wetfix I i Teramin Gripper Eco obniżają wartość penetracji, co świadczy o zachodzących reakcjach pomiędzy składnikami asfaltu a środkiem adhezyjnym.

Polyram L 200 nie wpływa na penetrację asfaltu.

Temperatura mięknięcia PiK w zasadzie nie zmienia się; zmiany jeśli są, to jedynie w zakresie 1-2 °C.

Środki adhezyjne z grupy Teramin nie wpływają na wartość temperatury łamliwości wg Fraassa, Wetfixy obniżają ją, a Polyram L 200 - podwyższa.

Próby przeprowadzone z 3 rodzajami asfaltów wykazały wpływ dodatku środka adhezyjnego na jego własności reologiczne, niezależnie od wartości penetracji wyjściowej.

3 Określenie odporności termicznej wybranych środków adhezyjnych w cienkiej warstwie i w czasie magazynowania.

3.1 Badania termostabilności

Podstawowym zastosowaniem krajowych środków adhezyjnych w drogownictwie są mieszanki mineralno-bitumiczne wbudowywane na gorąco tj. w temperaturze 160 – 180 °C. Dlatego też jednym z głównych parametrów, na które zwraca się szczególną uwagę, jest termostabilność środka adhezyjnego rozumiana jako zachowanie ulepszonych właściwości adhezyjnych asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego po ogrzewaniu w podwyższonej temperaturze.

Spadek właściwości adhezyjnych asfaltu może być spowodowany rozkładem lub wyparowaniem środka adhezyjnego oraz na skutek reakcji chemicznych ze składnikami asfaltu. Asfalty zawierają różne ilości składników kwasowych, które mogą reagować z aminami tłuszczowymi. Reakcje te przebiegają bardzo powoli w temperaturze poniżej 100 °C i w takiej temperaturze asfalty z dodatkiem środka adhezyjnego mogą być przechowywane przez czas dłuższy. W wyższej temperaturze szybkość reakcji zwiększa się i poprawione właściwości adhezyjne asfaltu szybko zanikają. W gorącym asfalcie, początkowa reakcja pomiędzy aminami tłuszczowymi i asfaltem prowadzi do utworzenia soli amin, które są jeszcze aktywne jako środki adhezyjne. Dalszym stadium reakcji jest utworzenie nieaktywnych amidów, nie wykazujących właściwości adhezyjnych.

Podczas produkcji mieszanek mineralno-bitumicznych w wytwórniach stosowane są temperatury asfaltu 140 – 170 °C i temperatury mieszanek 150 – 190 °C. Środki adhezyjne dodawane są zwykle do zbiorników asfaltu, gdzie są mieszane z asfaltem i mogą być magazynowane w podwyższonej temperaturze nawet do kilku dni. W przypadku takiego sposobu dodawania środka adhezyjnego do asfaltu powinien on charakteryzować się wysoką termostabilnością. Innym sposobem dodawania środka adhezyjnego do asfaltu, coraz bardziej rozpowszechnionym w kraju, jest wtrysk środka do przewodu, którym asfalt podawany jest bezpośrednio do mieszalnika otaczarki. W tym przypadku czas przebywania asfaltu ze środkiem adhezyjnym w wysokiej temperaturze jest stosunkowo krótki i pokrycie wszystkich cząstek mieszanki mineralnej nastąpi lepszym o zwiększonej adhezji.

Od tego momentu asfalt występuje w bardzo cienkiej błonie na powierzchni kruszywa. Powierzchnia ta jest wielokrotnie większa i oddziaływanie tlenu na asfalt nabiera istotnego znaczenia. W laboratorium warunki te symuluje badanie odporności termicznej metodą wygrzewania w cienkiej warstwie. Środek adhezyjny ma za zadanie nie tylko zmniejszyć kąta zwilżania kruszywa lepiszczem, a przez to poprawić adhezję, ale również oddziaływać w długim okresie czasu chroniąc nawierzchnię drogową przed wymywaniem asfaltu z powierzchni ziaren kruszywa. Dlatego tak istotna jest termostabilność środków adhezyjnych stosowanych w technologiach na gorąco.

Ocenę termostabilności przeprowadza się oznaczając adhezję bierną lepiszczą po wygrzewaniu w podwyższonej temperaturze, do kruszywa.

W tym celu przygotowuje się 0,5 kg próbki asfaltu ze środkiem adhezyjnym dodanym w ilości 0,1, 0,3; 0,5 i 0,8 % (m/m).

Kruszywa do badań adhezji biernej przygotowane są przez odsianie frakcji 4,0 - 6,3 mm, przemycie wodą destylowaną i wysuszenie w suszarce.

Oznaczenie adhezji biernej (przyczepności) wykonywano metodą gotowania w wodzie przez 5 min i oceniano wizualnie nie odmytą powierzchnię kruszywa.

WYKONANIE

Do parownicy porcelanowej o średnicy 10 - 12 cm odważyć 0,8 g asfaltu i ogrzać do temperatury 140 °C w suszarce w ciągu 0,5 h. Równolegle ogrzewać 30 g kruszywa frakcji 6,3 - 10 mm. Po wyjęciu z suszarki wsypać kruszywo do parownicy i mieszać bagietką do całkowitego pokrycia asfaltem wszystkich ziaren kruszywa, po czym przełożyć do zlewki o pojemności 150 ml i pozostawić najlepiej do następnego dnia (minimum na 4 h).

Następnie próbkę zalać 50 ml wody destylowanej i ogrzać do temperatury wrzenia w ciągu 10 ± 1 min. Od chwili zagotowania utrzymywać wodę w stanie łagodnego wrzenia przez 5 min. Odląć wodę, a próbkę przenieść ze zlewki na arkusz bibuły. Po wyschnięciu ocenić wizualnie wielkość powierzchni kruszywa, z której nie nastąpiło odmycie asfaltu.

Za wynik należy przyjąć średnią arytmetyczną z dwóch równoległych oznaczeń różniących się między sobą nie więcej niż o 10%.

3.2 Materiały do badań

W badaniach adhezji biernej (przyczepności) asfaltu 35/50 BITUROX z PKN Orlen wykorzystano następujące kruszywa, najczęściej stosowane w drogownictwie:

1. granit, kamieniołom GRANICZNA,
2. bazalt, kamieniołom WILKÓW
3. wapień, kamieniołom SZCZUKOWSKIE GÓRKI
4. porfir, kamieniołom OKRZESZYN
5. kwarcyt, kamieniołom WIŚNIÓWKA
6. melafir, kamieniołom CZARNY BÓR
7. dolomit, kamieniołom RUDAWA
8. diabaz, kamieniołom NIEDŹWIEDZIA GÓRA
9. amfibolit, kamieniołom OGORZELEC

oraz oceniono wpływ następujących środków adhezyjnych na przyczepność asfaltów do ww. kruszyw:

1. Teramin 10C ICSO Kędzierzyn-Koźle
2. Teramin 12 ICSO Kędzierzyn-Koźle
3. Teramin 14 ICSO Kędzierzyn-Koźle
4. Wetfix BE Akzo Nobel Szwecja

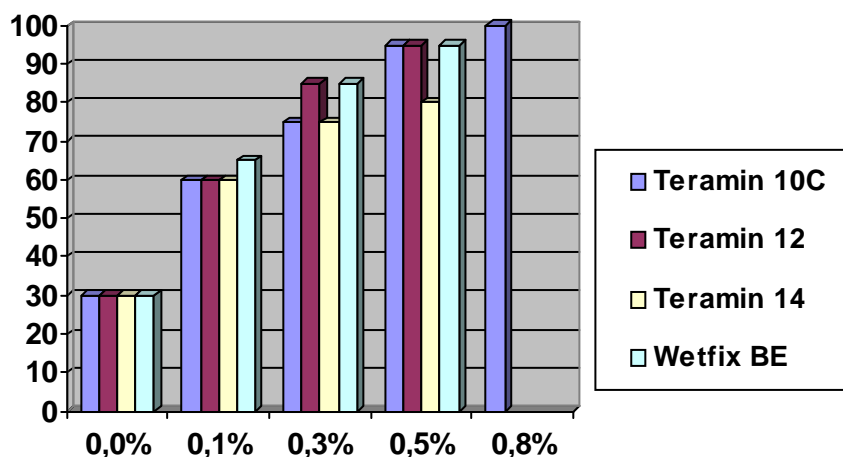
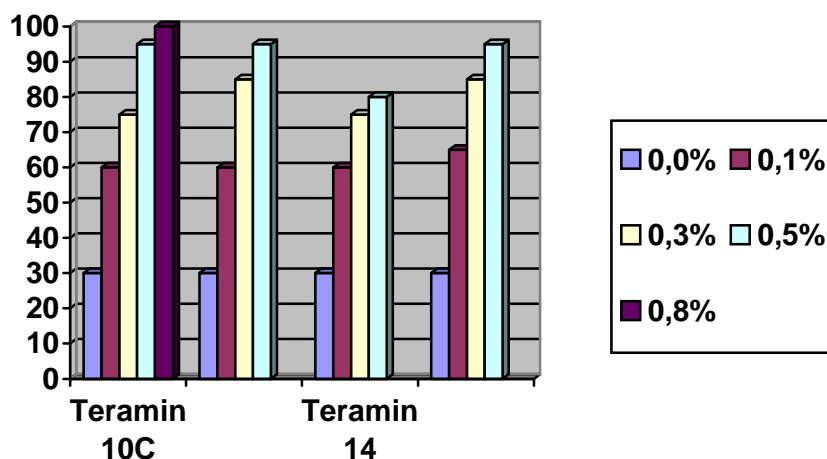
3.3 Badania przyczepności

W tabelicy 3-1 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX z PKN Orlen i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (m/m) środków adhezyjnych do granitu.

Tablica 3-1 Przyczepność do granitu

Lp.	Środek\Ilość	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	30	60	75	95	100
2	Teramin 12	30	60	85	95	-
3	Teramin 14	30	60	75	80	-
4	Wetfix BE	30	65	85	95	-

GRANIT



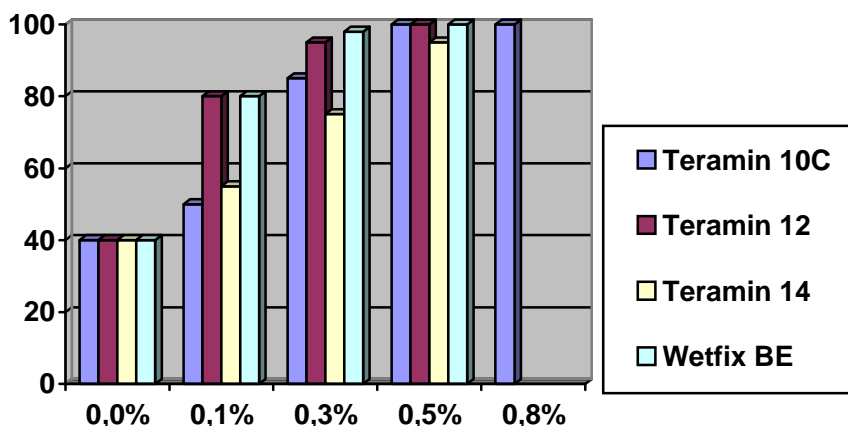
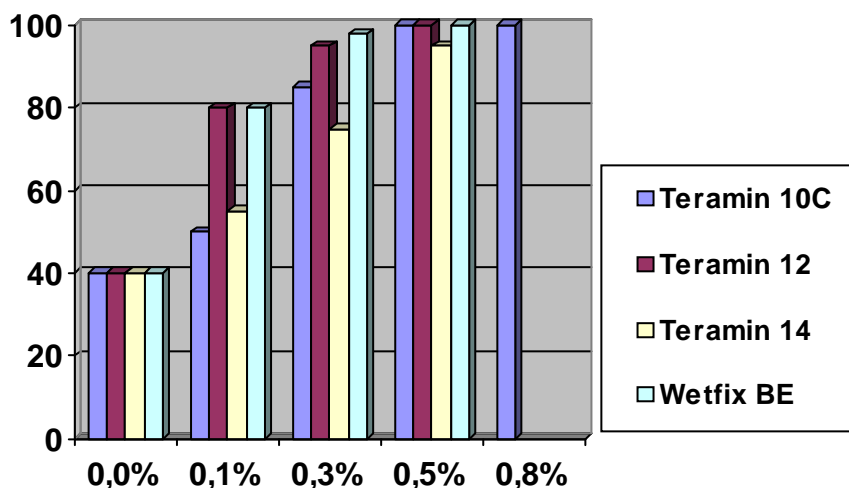
85 % adhezję uzyskuje się przy zastosowaniu 0,3 % Teraminu 12 i Wetfixu BE, zaś 100 % w przypadku zastosowania dodatku 0,8 % Teraminu 10C.

W tabelicy 3-2 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (m/m) środków adhezyjnych do bazaltu.

Tabela 3-2 Przyczepność do bazaltu

Lp.	Środek\Ilość	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	40	50	85	100	100
2	Teramin 12	40	80	95	100	-
3	Teramin 14	40	55	75	95	-
4	Wetfix BE	40	80	98	100	-

BAZALT



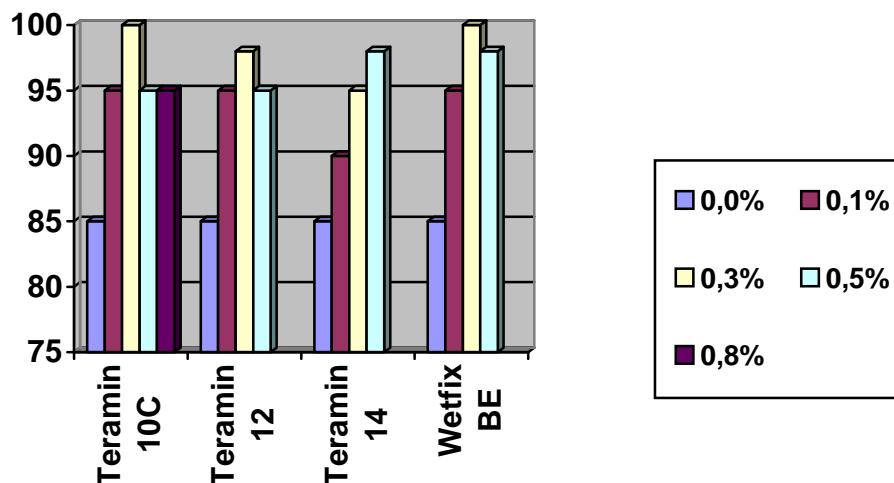
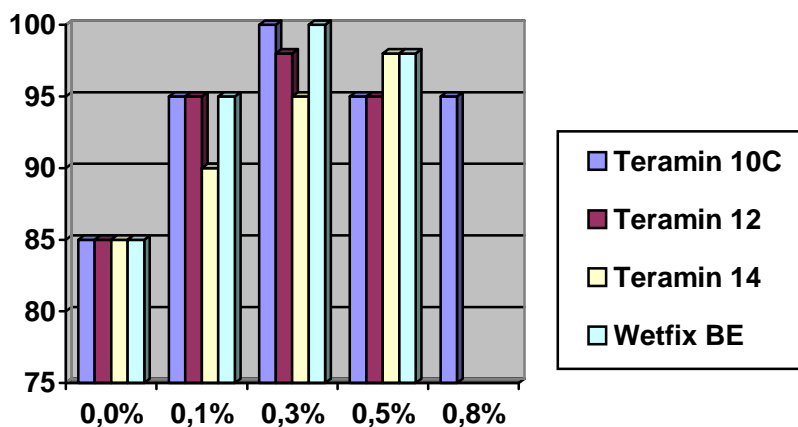
80 % adhezję otrzymuje się przy zastosowaniu 0,1 % Teraminu 12 i Wetfixu BE, natomiast 100 % przy zastosowaniu 0,5 % Teraminów 10C i 12 oraz Wetfixu BE.

W tabelicy 3-3 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (m/m) środków adhezyjnych do wapienia.

Tabela 3-3 Przyczepność do wapienia

Lp.	Środek\Ilość	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	85	95	100	95	95
2	Teramin 12	85	95	98	95	-
3	Teramin 14	85	90	95	98	-
4	Wetfix BE	85	95	100	98	-

WAPIEŃ



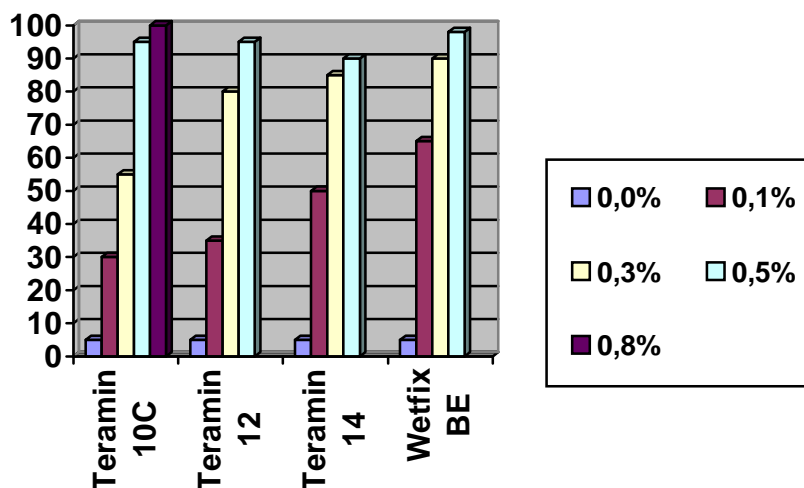
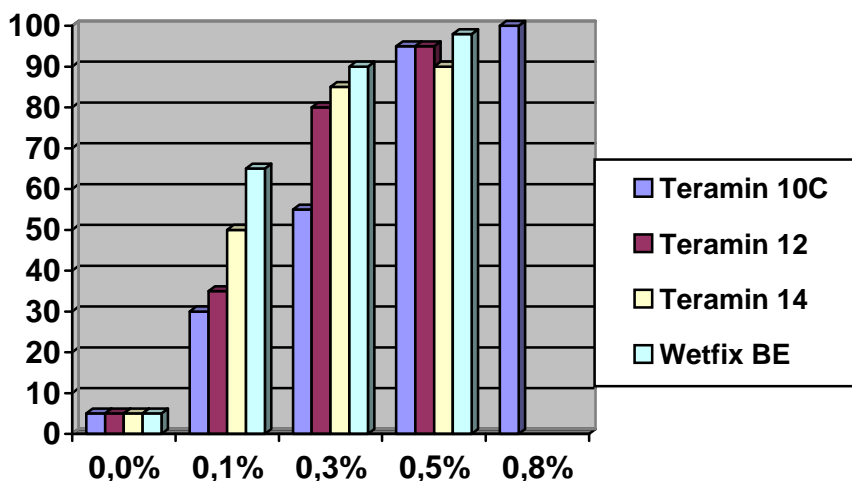
85 % adhezji otrzymuje się bez stosowania środków adhezyjnych zaś 100% przy zastosowaniu 0,3 % Teraminu 10C i Wetfixu BE.

W tabelicy 3-4 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (*m/m*) środków adhezyjnych do porfiru.

Tabela 3-4 Przyczepność do porfiru

Lp.	Środek	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,5 %	0,8 %
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	5	30	55	95	100
2	Teramin 12	5	35	80	95	-
3	Teramin 14	5	50	85	90	-
4	Wetfix BE	5	65	90	98	-

PORFIR



80 % adhezję uzyskuje się przy zastosowaniu 0,3 % Teraminu 12, Teraminu 14 i Wetfixu BE, zaś 100 % z 0,8 % Teraminu 10C.

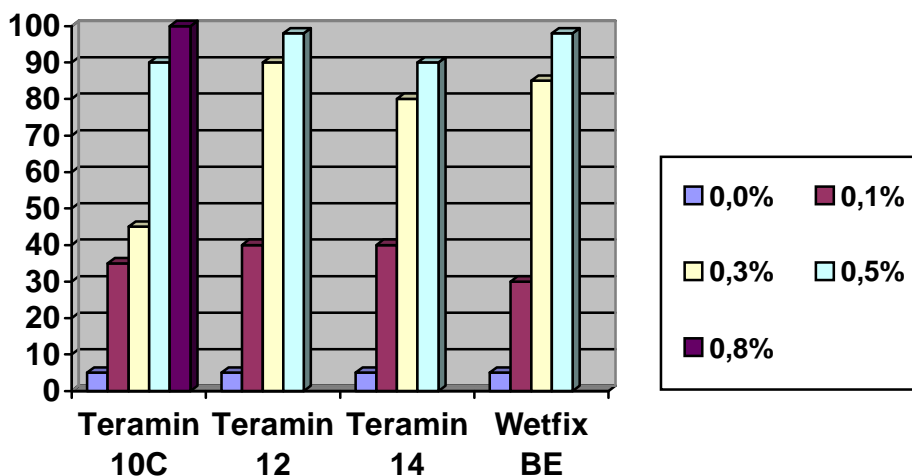
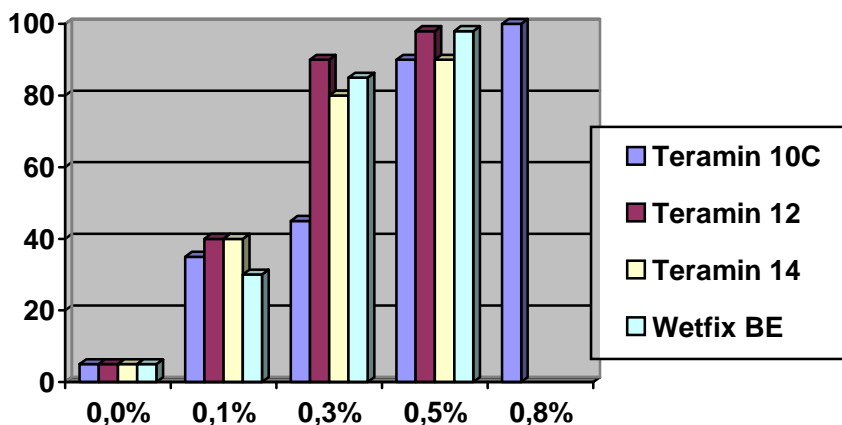
Porfir bez zastosowania środków adhezyjnych nie nadaje się do wytwarzania mieszanek mineralno-bitumicznych.

W tablicy 3-5 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (m/m) środków adhezyjnych do kwarcytu

Tablica 3-5 Przyczepność do kwarcytu

Lp.	Środek\Ilość	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,8%
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	5	35	45	90	100
2	Teramin 12	5	40	90	98	-
3	Teramin 14	5	40	80	90	-
4	Wetfix BE	5	30	85	98	-

KWARCYT



80 % adhezję otrzymuje się przy zastosowaniu 0,3% Teraminu 12, Teraminu 14 i Wetfixu BE, zaś >90 % w przypadku każdego z badanych środków w ilości 0,5 %.

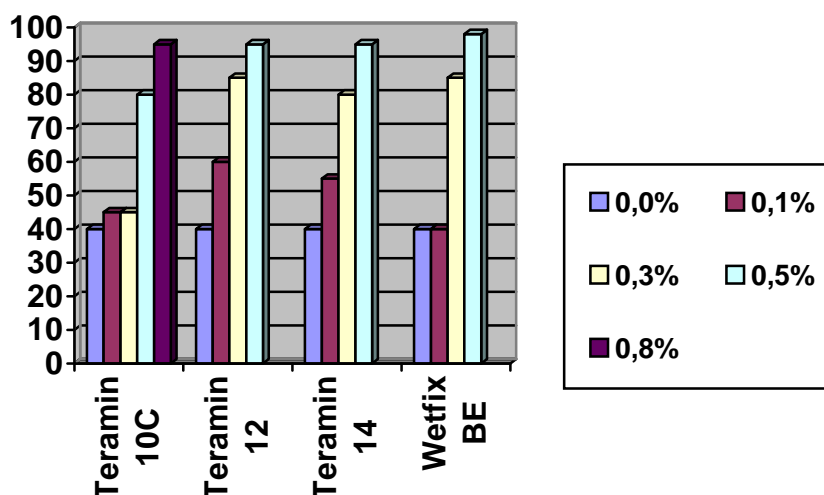
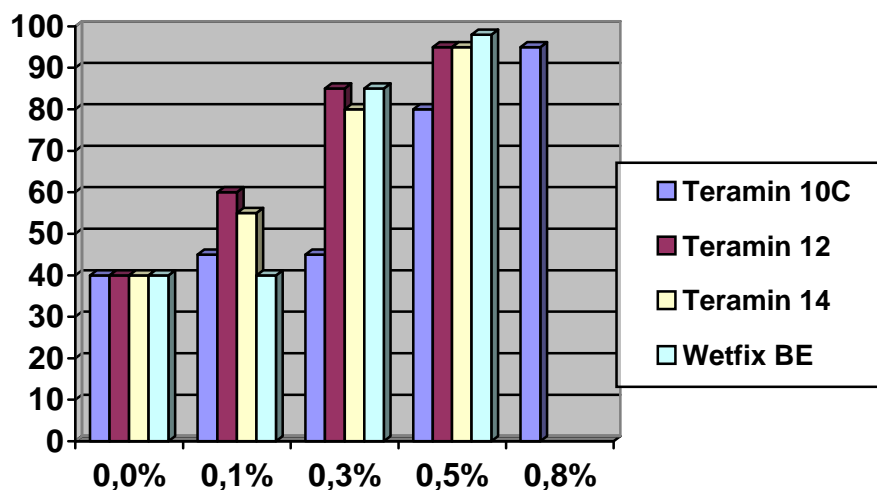
Kwarcyt bez zastosowania środków adhezyjnych nie nadaje się do wytwarzania mieszanek mineralno-bitumicznych.

W tablicy 3-6 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (*m/m*) środków adhezyjnych do melafiru

Tablica 3-6 Przyczepność do melafiru

Lp.	Środek/Ilość	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,8%
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	40	45	45	80	95
2	Teramin 12	40	60	85	95	-
3	Teramin 14	40	55	80	95	-
4	Wetfix BE	40	40	85	98	-

MELAFIR



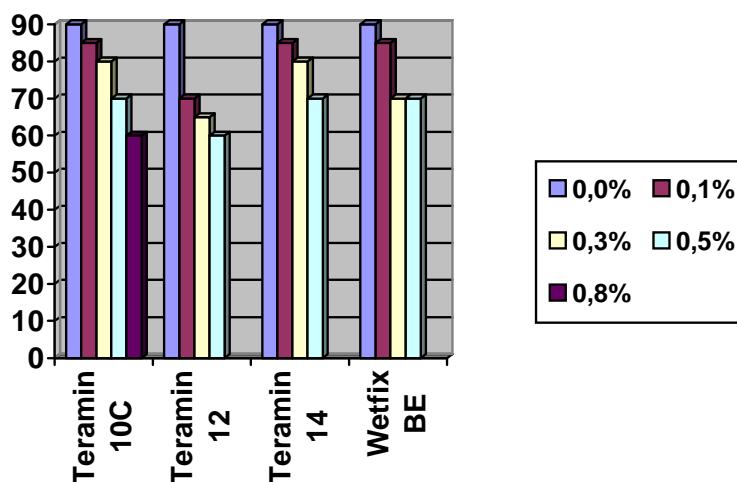
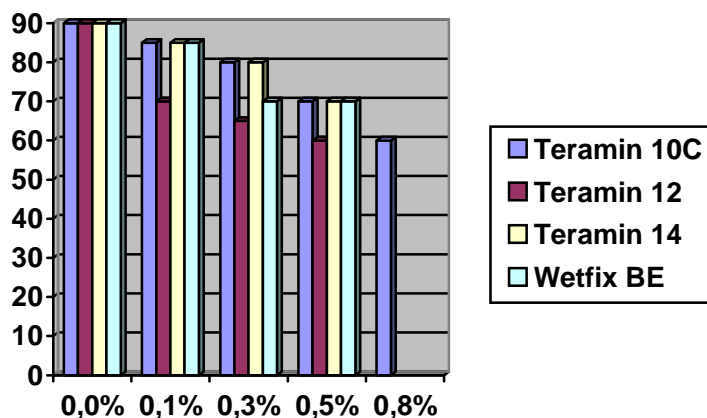
80 % adhezję otrzymuje się przy zastosowaniu 0,3 % Teraminu 12, Teraminu 14 i Wetfixu BE.

W tabelicy 3-7 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (m/m) środków adhezyjnych do dolomitu.

Tabela 3-7 Przyczepność do dolomitu

Lp.	Środek\Ilość	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,8%
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	90	85	80	70	60
2	Teramin 12	90	70	65	60	-
3	Teramin 14	90	85	80	70	-
4	Wetfix BE	90	85	70	70	-

DOLOMIT



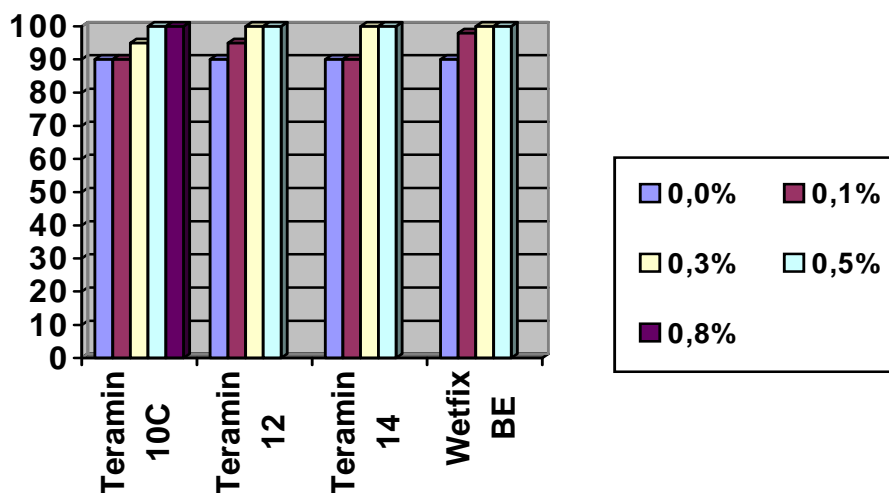
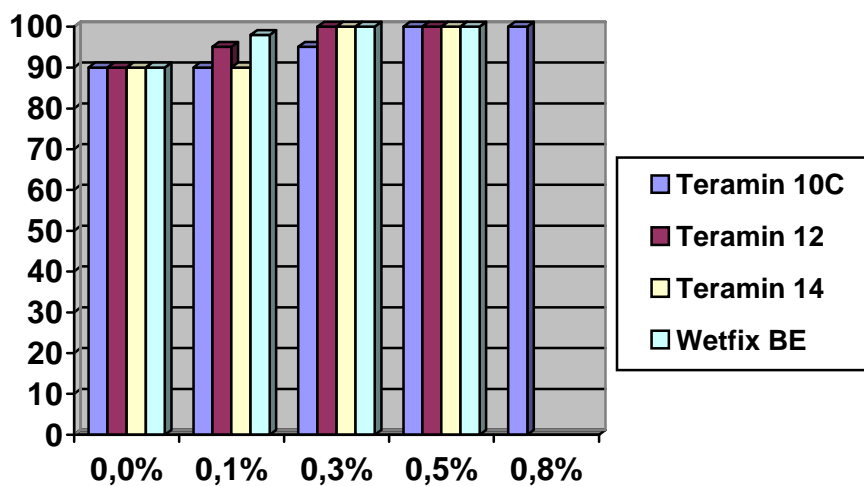
W przypadku tej próbki dolomitu środki adhezyjne nie są potrzebne.

W tablicy 3-8 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (m/m) środków adhezyjnych do diabazu.

Tablica 3-8 Przyczepność do diabazu

Lp.	Środek Ilość	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,8%
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	90	90	95	100	100
2	Teramin 12	90	95	100	100	-
3	Teramin 14	90	90	100	100	-
4	Wetfix BE	90	98	100	100	-

DIABAZ



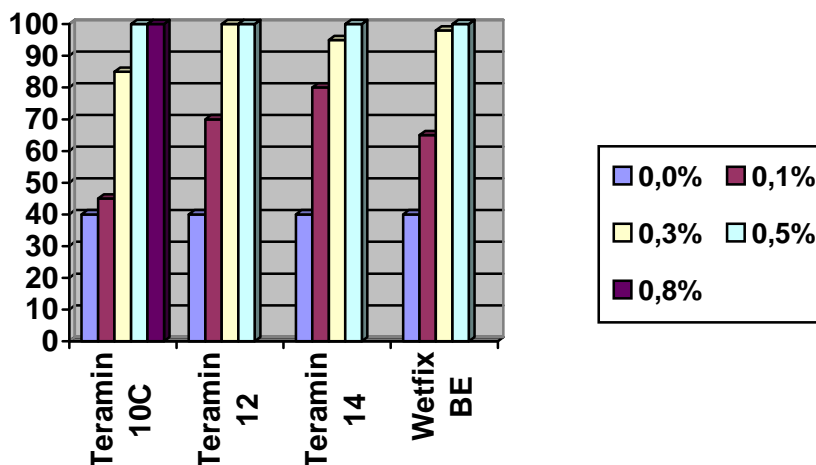
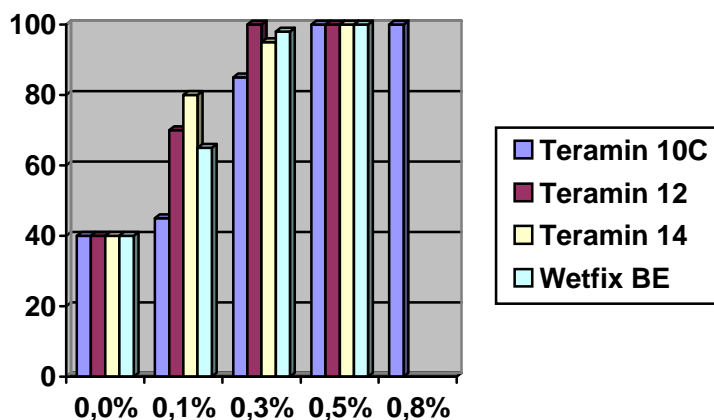
W przypadku diabazu, środki adhezyjne nie są potrzebne, mimo że wyraźnie poprawiają i tak już bardzo wysoką przyczepność. 100 % adhezji otrzymuje się przy zastosowaniu 0,3 % Teraminu 12 i Wetfixu BE

W tabelicy 3-9 zestawiono wyniki badania przyczepności czystego asfaltu 35/50 BITUROX i próbek sporządzonych z dodatkiem 0,1 – 0,8 % (*m/m*) środków adhezyjnych do amfibolitu.

Tabela 3-9 Przyczepność do amfibolitu

Lp.	Środek Ilość	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,8%
1	2	3	4	5	6	7
1	Teramin 10C	40	45	85	100	100
2	Teramin 12	40	70	100	100	-
3	Teramin 14	40	80	95	100	-
4	Wetfix BE	40	65	98	100	-

AMFIBOLIT



80 % adhezji otrzymuje się przy zastosowaniu 0,1 % Teraminu 14 zaś 95 % adhezji otrzymuje się przy zastosowaniu 0,3 % Teraminu 12, Teraminu 14 oraz Wetfixu BE.

3.4 Badanie termostabilności

Badanie odporności termicznej symulującej warunki w mieszalniku otaczarki wykonano stosując metodę cienkiej warstwy (3 mm, 5h).

Badanie wykonano dla asfaltu z dodatkiem 0,5 % środków adhezyjnych WETFIX BE i Teramin 14 w dwóch temperaturach tj. 163 °C i 180°C. Oceny trwałości dokonano przez wykonanie oznaczenia adhezji biernej lepiscza do 4 kruszyw po ogrzewaniu przez 5 h w cienkiej warstwie. Wyniki zestawiono w tablicach 3-10 i 3-11.

Tablica 3-10 Wyniki badania adhezji biernej asfaltu 50/70 ze środkiem adhezyjnym WETFIX BE

Lp.	Asfalt	Temperatura, °C	Adhezja bierna, % powierzchni nieodmytej			
			granit	bazalt	wapień	porfir
1	2	3	4	5	6	7
	50/70	-	5	40	45	5
	50/70+0,5 % Wetfixu BE	bez wygrzewania	80	100	70	70
1	50/70+0,5 % Wetfixu BE	163	55	70	60	50
2	50/70+0,5 % Wetfixu BE	180	20	60	50	45

Tablica 3-11 Wyniki badania adhezji biernej asfaltu 50/70 ze środkiem adhezyjnym TERAMIN 14

Lp.	Asfalt	Temperatura, °C	Adhezja bierna, % powierzchni nieodmytej			
			granit	bazalt	wapień	porfir
1	2	3	4	5	6	7
1	50/70	-	5	40	45	5
2	50/70+0,5 % Teraminu 14	bez wygrzewania	75	98	95	75
3	50/70+0,5 % Teraminu 14	163	60	95	75	65
4	50/70+0,5 % Teraminu 14	180	50	95	85	65

Termostabilność środka WETFIX BE badana w temperaturze 163 °C była zadowalająca. W porównaniu z wartościami uzyskanymi bez wygrzewania w cienkiej warstwie wszystkie wartości obniżają się o 10 – 30 %, ale pozostają wciąż na przyzwoitym poziomie.

Wzrost temperatury badania do 180 °C wpłynął na pogorszenie wyników, szczególnie w przypadku granitu, co świadczy o przekroczeniu granicy stosowalności.

Termostabilność środka WETFIX BE jest porównywalna z Teraminem 12 (wg danych literaturowych).

Termostabilność Teraminu 14 badana w temperaturze 163°C była zadowalająca. Praktycznie można stwierdzić, że Teramin 14 dodany do asfaltu w ilości 0,5%, badany w temperaturze 163°C zachowuje swoje poprawione właściwości adhezyjne. W przypadku bazaltu i porfiru jest to minimalny spadek o 3-10% %, w przypadku granitu i wapienia nieco większy.

Wzrost temperatury badania do 180°C nie wpłynął istotnie na pogorszenie wyników, a więc Teramin 14 jest środkiem wytrzymującym ogrzewanie w asfalcie w podwyższonej temperaturze.

Zgodnie z danymi literaturowymi termostabilność Teraminu 14 jest porównywalna z termostabilnością Teraminu 10C, uznawanego jako najbardziej termostabilny środek adhezyjny do asfaltu, do czasu pojawienia się Teraminu Gripper Eco.

Ponadto wykonano badanie termostabilności nowego środka adhezyjnego Teramin Gripper Eco w temperaturze 190 i 200°C. Badania wykonane w temperaturze 160 i 180°C wykazały 100 % odporność na działanie temperatury. Zastosowano dodatek środka adhezyjnego 0,3 %, a nie 0,5 % jak w poprzednich badaniach, dlatego że ten środek wykazuje dużą aktywność. W tablicy 3-12 zamieszczono wyniki tych badań.

Tablica 3-12 Wyniki badania adhezji biernej asfaltu 50/70 ze środkiem adhezyjnym TERAMIN GRIPPER ECO

Lp.	Asfalt	Temperatura, °C	Adhezja bierna, % powierzchni nieodmytej			
			granit	bazalt	wapień	porfir
1	2	3	4	5	6	7
1	50/70	-	5	20	65	5
2	50/70+0,3 % Teraminu Gripper Eco	bez wygrzewania	100	100	100	100
3	50/70+0,3 % Teraminu Gripper Eco	190	100	98	98	98
4	50/70+0,3 % Teraminu Gripper Eco	200	85	98	95	90

3.5 Odporność termiczna w czasie magazynowania

W celu określenia termostabilności środków adhezyjnych w asfalcie zbadano przyczepność kruszywa granitowego i bazaltowego do asfaltu 35/50 BITUROX bez oraz z dodatkiem środka adhezyjnego wygrzewanego w grubej warstwie. Porównano termostabilność dwóch środków adhezyjnych: Wetfix BE i Teramin 14.

Zbadano przyczepność asfaltu 35/50 BITUROX (czystego i z dodatkiem środków adhezyjnych) wygrzewanego w grubej warstwie w temperaturze 160°C

przez 5 dób do kruszywa granitowego i bazaltowego. Badanie to symuluje przechowywanie asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego w zbiorniku magazynowym.

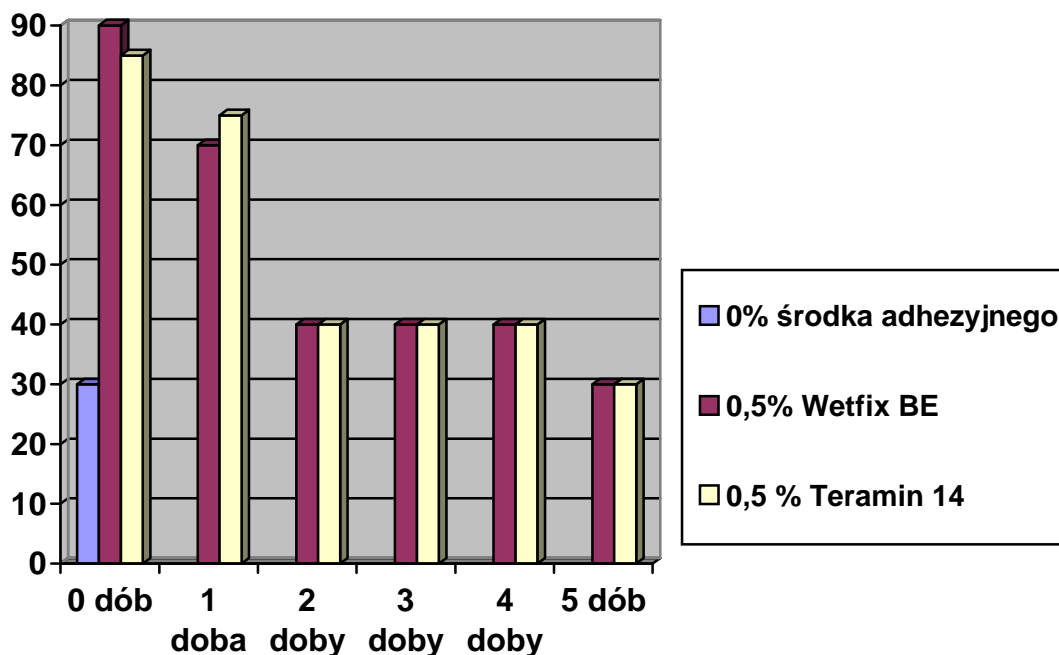
Użyto oba środki adhezyjne w ilości 0,5 % w stosunku do asfaltu. Z wcześniejszych badań było wiadomo, że są to preparaty o najwyższej odporności termicznej spośród innych środków adhezyjnych.

W tablicy 3-11 zestawiono wyniki badania przyczepności asfaltu 35/50BITUROX przed i po wygrzewaniu w grubej warstwie w temperaturze 160 °C do granitu.

Tablica 3-11 Przyczepność przed i po wygrzewaniu do kruszywa granitowego

Lp.	Czas wygrzewania, doby	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8
1	35/50 BITUROX czysty, %	30	-	-	-	-	-
2	35/50 BITUROX + 0,5 % Wetfix BE, %	90	70	40	40	40	30
3	35/50 BITUROX + 0,5 % Teramin 14, %	85	75	40	40	40	30

GRANIT



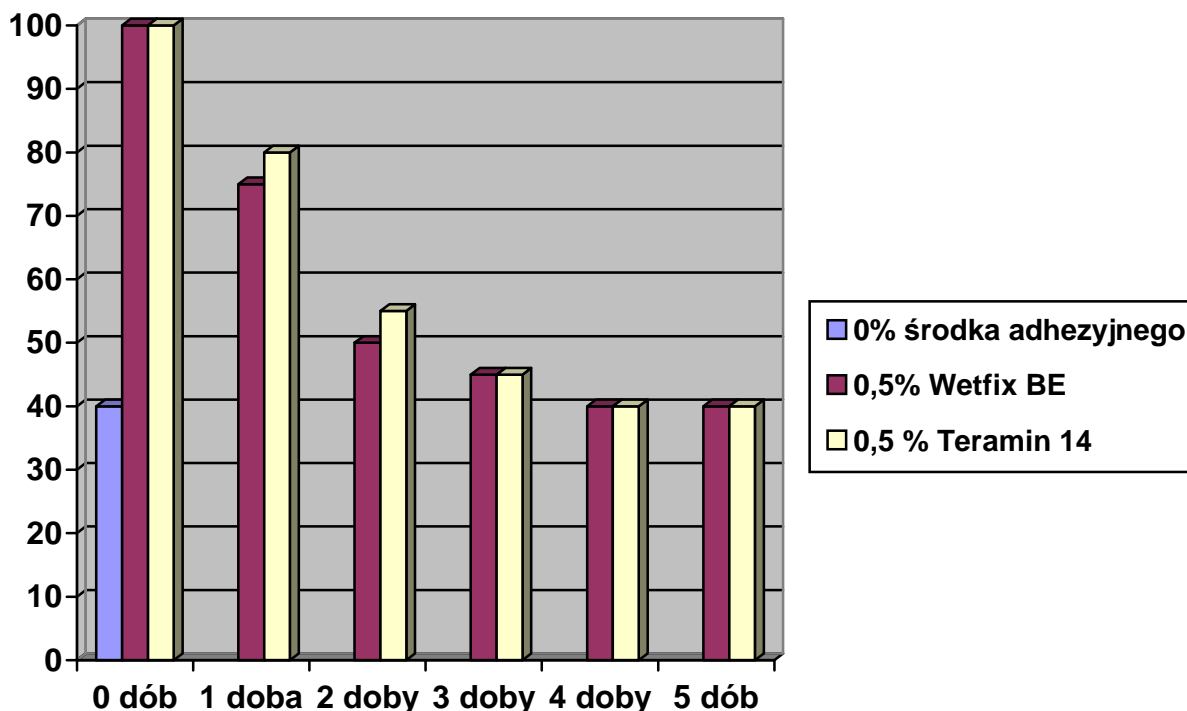
Asfalt z dodatkiem Wetfixu BE i Teraminu 14 tracą polepszone właściwości adhezyjne w stosunku do granitu po 2 dobach wygrzewania asfaltu ze środkiem w temperaturze 160°C. Z danych literaturowych wiadomo, że Teramin 10C „wytrzymuje: 3 doby.

W tablicy 3-12 zestawiono wyniki badania przyczepności asfaltu 35/50 BITUROX przed i po wygrzewaniu w temperaturze 160 °C, do bazaltu.

Tablica 3-12 Przyczepność przed i po wygrzewaniu do kruszywa bazaltowego

Lp.	Czas wygrzewania, doby	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8
1	35/50BITUROX czysty, %	40	-	-	-	-	-
2	35/50 BITUROX + 0,5 % Wetfix BE, %	100	75	50	45	40	40
3	35/50 BITUROX + 0,5 % Teramin 14, %	100	80	55	45	40	40

BAZALT



Asfalt z Wetfixem BE i Teraminem 14 tracą poprawione właściwości adhezyjne w stosunku do bazaltu po 3 dobach wygrzewania asfaltu ze środkiem w temperaturze 160°C.

3.6 Podsumowanie

Badania termostabilności rozpoczęto od szeroko zaplanowanych prób oznaczenia przyczepności, które wykonano z użyciem 9 rodzajów kruszyw i 4 rodzajów środków adhezyjnych. Uzyskane wyniki pozwalają określić efektywność działania środków adhezyjnych na różnych kruszywach. Ponieważ są to różne związki chemiczne lub ich mieszaniny, uzyskiwane efekty są zmienne. Opierając się na uzyskanych wyniki można określić niezbędną i optymalną ilość środka adhezyjnego.

Jednak ten pozytywny efekt wzrostu przyczepności może zostać zmniejszony pod wpływem temperatury, w której przetrzymywany jest asfalt i później mieszanka

mineralno-asfaltowa. Stąd też badania odporności termicznej wybranych układów lepizcza ze środkiem adhezyjnym.

Środek adhezyjny może być dodawany do zbiornika z asfaltem. Stąd badanie w grubej warstwie, z którego wynika, że w temperaturze 160°C asfalt ze środkiem adhezyjnym może być przetrzymywany 2-3 dni.

Badania adhezji po wygrzewaniu asfaltu ze środkiem adhezyjnym w cienkiej warstwie dają odpowiedź, czy ulepszone właściwości adhezyjne asfaltu nie zostaną utracone. Wyniki wskazują, że Wetfix BE może być stosowany w temperaturze 163°C, Teramin 14 w temperaturze 180°C, a Teramin Gripper Eco w temperaturze 200°C.

4 Opracowanie metody oznaczania trwałości środka adhezyjnego w mieszance mineralno-asfaltowej podczas przyspieszonego starzenia

4.1 Wprowadzenie

Badaniem laboratoryjnym najbliższym rzeczywistym warunkom występującym na drodze jest badanie mieszanki mineralno-asfaltowej.

Znanych jest kilka metod oceny właściwości mieszanki podczas przyspieszonego starzenia. Niektóre laboratoria wykonują badania według starej normy ASTM lub według nowej normy AASHTO T 283-89. IBDiM wykonywał badania według własnej procedury opracowanej w oparciu o starą normę ASTM, znacznie zmodyfikowaną.

W zasadzie wszystkie metody różnią się jedynie sposobami przygotowania i starzenia próbki. Ostatecznie badanie wytrzymałości wykonywane jest metodą pośredniego rozciągania przy zgniataniu tzw. metodą brazylijską.

Poniżej opisano nową w kraju metodę przyspieszonego badania wg AASHTO T 283-89.

4.2 Zasada metody

Badane są próbki sporządzone z mieszanek kruszywa i asfaltu zwykłego oraz z asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego. Każdy zestaw próbek dzielony jest na dwa podzestawy. Pierwszy z podzestawów jest badany metodą pośredniego rozciągania po przechowywaniu na powietrzu (w stanie suchym). Próbki z drugiego podzestawu są poddawane szeregu zabiegom: nasyceniu wodą pod próżnią, cyklem zamrażania i cyklem ogrzewania w podwyższonej temperaturze przed badaniem metodą pośredniego rozciągania. Obliczany jest stosunek pozostałej wytrzymałości próbek poddanych starzeniu do wytrzymałości próbek suchych.

4.3 Przygotowanie próbek laboratoryjnych

1. Przygotować minimum sześć próbek, jedną połowę do badań na sucho i drugą połowę do badań starzeniowych.

UWAGA 1 Jest zalecane przygotowanie dwóch dodatkowych próbek. Próbki te mogą być wykorzystane do oceny nasycenia wodą pod próżnią.

2. Przeważnie są stosowane próbki średnicy 101,6 mm i grubości 63,5 mm. Próbki o innych wymiarach mogą być stosowane jeśli zachodzi taka potrzeba i powinny być formowane jeśli stosowane w mieszance mineralnej kruszywo jest większe niż 25,0 mm.
3. Po wymieszaniu, mieszanka powinna być wyłożona w aluminiowej brytfannie o powierzchni 48400 – 64500 mm² w podstawie i głębokości w przybliżeniu 25 mm (1 cal) i przechowywana w chłodnym pomieszczeniu przez 2 ± 0,5 godziny.

Następnie mieszanka powinna być umieszczona w 60 °C w suszarce do suszenia na 16 godzin. Brytfanka powinna być umieszczona w przestrzeni, gdzie przewidywany jest wymuszony obieg powietrza pod brytfanką jeśli półki nie są perforowane.

4. Przygotować mieszankę w większej ilości, wystarczającej do sporządzenie minimum 3 próbek lub alternatywnie jednej próbki na raz. Jeśli przygotowuje się mieszankę na kilka próbek, rozdzielanie jej na pojedyncze porcje powinno nastąpić przed włożeniem do suszarki.
5. Po wysuszeniu, umieścić mieszankę w brytfance w temperaturze 135 °C na 2 godziny przed zagęszczeniem.
6. Zagęścić próbki zgodnie z jedną z metod. AASHTO T 245, T 247, czy ASTM D 3387. Mieszanka powinna być zagęszczana do uzyskania wolnej przestrzeni równej 7 ± 1 % lub na oczekiwanym poziomie zawartości wolnej przestrzeni na drodze. Poziom zawartości wolnej przestrzeni może być osiągnięty przez zastosowanie zmniejszonej liczby uderzeń młotka w ubijaku. Dokładna procedura musi być określona doświadczalnie dla każdej mieszanki przed rozłożeniem dla każdej próbki.
7. Po wyjęciu z form, próbki badane powinny być przechowywane przez 72 do 96 godzin w temperaturze pokojowej.

4.4 Ocena próbek

W przygotowanych próbkach należy:

1. oznaczyć gęstość właściwą,
2. oznaczyć wysokość próbki,
3. oznaczyć gęstość strukturalną,
4. oznaczyć zawartość wolnej przestrzeni,
5. podzielić próbki na dwa zestawy, co najmniej po 3 próbki, dobierając je tak, aby w każdym zestawie średnia zawartość wolnej przestrzeni była w przybliżeniu równa.

4.5 Warunek wstępny badania próbek

1. Pierwszy zestaw będzie badany na sucho, drugi poddany starzeniu.
2. Pierwszy zestaw należy przechowywać w temperaturze pokojowej aż do badania. Próbki powinny być owinięte w folię lub umieszczone w dużej szczelnej plastikowej torbie. Następnie należy umieścić je w łaźni wodnej o temperaturze 25 °C na minimum 2 godziny przed badaniem.
3. Drugi zestaw powinien być przechowywany jak opisano poniżej:
 - Próbkę umieścić w próżniowym pojemniku powyżej dna na podstawie. Wypełnić pojemnik wodą destylowaną o temperaturze pokojowej, tak aby próbki znajdowały się minimum 1 cal pod powierzchnią wody. Zastosować próżnię 13-67 kPa w krótkim czasie (5 do 10 minut). Usunąć próżnię i pozostawić próbkę zanurzoną w wodzie przez 5 do 10 minut.
 - Oznaczyć gęstość strukturalną. Porównać masy próbek powierzchniowo suchych nasyconych wodą pod ciśnieniem atmosferycznym i pod próżnią.

- Określić stopień nasycenia przez porównanie wartości pochłoniętej wody z wartością wolnej przestrzeni. Jeśli wartość wypełnienia wodą jest między 55 % i 80 % wolnej przestrzeni, kontynuować jak opisano w kolejnym punkcie. Jeśli wartość wypełnienia wodą jest mniejsza niż 55 %, powtórzyć procedurę od początku stosując większą próżnię lub dłuższy czas nasycania.
- Dalej postępować wybierając jedną z poniższych procedur:
 - umieścić próbki w łaźni z wodą destylowaną o temperaturze 60 ± 1 °C na 24 godziny,
 - jeśli cykl mrożenie-odmrażanie jest konieczny, każdą z próbek nasyconych pod próżnią pokryć dokładnie folią. Umieścić każdą tak zabezpieczoną próbkę w plastikowej torbie zawierającą 10 ml wody i szczelnie ją zamknąć. Umieścić plastikowe torby zawierające próbki w zamrażarce o temperaturze -18 ± 3 °C na minimum 16 godzin. Po wyjęciu z zamrażarki, umieścić próbki w łaźni z wodą destylowaną o temperaturze 60 ± 1 °C na 24 godziny. Tak samo możliwie szybko po kąpeli wodnej, usunąć plastikowe torby i folię z każdej próbki,
 - Po 24 ± 1 godzinach w łaźni wodnej w temperaturze 60 °C, wyjąć próbki i umieścić je w innej łaźni wodnej o temperaturze $25 \pm 0,5$ °C na 2 godziny. Może być konieczne wsypanie lodu do kąpeli wodnej w celu utrzymania temperatury i nie przekroczenia 25 °C. Łaźnia wodna powinna osiągnąć temperaturę 25 °C w czasie nie dłuższym niż 15 minut. Badanie próbek opisano w punkcie 4.6.

4.6 Badania

1. Oznaczyć na prasie wytrzymałość na pośrednie rozciąganie przy zgniataniu obu zestawów próbek: przetrzymywanych na powietrzu i poddanych starzeniu, w temperaturze 25 °C (77 °F).
2. W tym celu wyjąć próbki z łaźni wodnej o temperaturze 25 °C i umieścić pomiędzy płytami nośnymi prasy. Obciążenie musi być przyłożone dokładnie wzdłuż średnicy próbki. Przyłożone obciążenie do średnicy próbki powinno odbywać się ze stałą prędkością tłoka 50 mm na minutę.
3. Zapisać maksymalną siłę ściskającą i kontynuować obciążenie aż do pojawienia się pionowych spękań. Wyjąć próbkę z maszyny i rozszczepić ją na dwie części. Obejrzeć wnętrze powierzchni przełamanej i zapisać obserwacje.

4.7 Wyniki prób

Przeprowadzono serię prób wg opisanej powyżej metodyki. Wyniki przedstawiono w tablicy 4-1.

Tablica 4-1 Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym TERAMIN 14 wykonane w laboratorium

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane (A)		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego T14, kondycjonowane (B)	
		w powietrzu	w wodzie	w powietrzu	w wodzie
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,48	2,47	2,48	2,48
2	Wolna przestrzeń, %	8,0	8,1	8,0	7,9
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,02	1,05	0,89	1,14
4	Odkształcenie, mm	2,8	3,1	2,8	2,8
5	Stosunek wytrzymałości r/R	1,03		1,28	

4.8 Wnioski

Z przeprowadzonych prób wynika, że zastosowane metody starzenia próbki nie są wystarczająco drastyczne i próbka mieszanki wykonana z asfaltu standardowego po cyklu starzeniowym pozostaje nie osłabiona. W takim przypadku nie jest możliwe wykazanie skuteczności działania środka adhezyjnego.

W związku z tym zrezygnowano ze stosowania metody opisanej powyżej i przeprowadzono dalsze badania dwoma innymi metodami, które zostaną opisane w II części sprawozdania.

5 Porównanie wyników badań mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanych w laboratorium i w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych

5.1 Badanie mieszanek m-a z próby drogowej

Wyniki prób uzyskane w laboratorium powinny zostać potwierdzone w skali makro tj. w trakcie produkcji i w budowania na drodze. Niekiedy obserwuje się problemy przy zwiększaniu skali, jednak najczęściej mieszanka pobrana z otaczarki charakteryzuje się lepszymi parametrami, niż sporządzona w laboratorium, głównie z powodu lepszego wymieszania w mieszalniku otaczarki.

Metoda oznaczania zastosowana w tym badaniu zostanie szczegółowo opisana w części II Sprawozdania.

Z próby przemysłowej przeprowadzonej w KPRD w Lublinie, pobrano próbki mieszanki mineralno-asfaltowej (kruszywo dolomitowe 0/20 mm, asfalt 35/50 Orlen, zawartość asfaltu 4,8 %)

A – bez dodatku środka adhezyjnego,

B – z dodatkiem 0,3 % (m/m) środka TERAMIN 14,

C – z dodatkiem 0,3 % (m/m) środka TERAMIN GRIPPER ECO.

Sporządzono 3 serie próbek po 8 szt. Próbkę zagęszczano stosując 15 uderzeń na stronę w ubijaku wg Marshalla. Zawartość wolnej przestrzeni wynosiła 7 ± 1 % (V/V).

Przeprowadzono także próbę przemysłową z zastosowaniem środka adhezyjnego WETFIX BE, gdzie zastosowany on został do budowy Autostrady A4, w warstwie podbudowy z mieszanki mineralno-asfaltowej BA – 0/25. Mieszankę wykonała i wbudowała Firma DROMEX, której Laboratorium Centralne dostarczyło wyniki badań zamieszczone w tablicy 5-5.

Badania przeprowadzono metodą pośredniego rozciągania (indirect tensile test). Wyniki badań prób ze środkami TERAMIN 14 i TERAMIN 10C zamieszczono w tablicach 5-1 i 5-2, ze środkiem Wetfix BE w tablicy 5-3.

Tablica 5-1 Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym TERAMIN 14

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane (A)		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego T14, kondycjonowane (B)	
		w powietrzu	w temp. 80°C	w powietrzu	w temp. 80°C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,406	2,396	2,393	2,389
2	Wolna przestrzeń, %	6,9	7,2	7,3	7,5
3	Wytrzymałość rozciągania, MPa	1,47	1,02	1,56	1,50

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane (A)		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego T14, kondycjonowane (B)	
		w powietrzu	w temp. 80°C	w powietrzu	w temp. 80°C
1	2	3	4	5	6
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,5	2,7	2,5	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,69		0,96	

Tablica 5-2 Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym TERAMIN GRIPPER ECO

Lp.	Właściwości	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane (A)		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego Gripper L, kondycjonowane (C)	
		w powietrzu	w temp. 80°C	w powietrzu	w temp. 80°C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,406	2,396	2,413	2,409
2	Wolna przestrzeń, %	6,9	7,2	6,7	6,7
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,47	1,02	1,52	1,28
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,5	2,7	2,8	3,2
5	Stosunek wytrzymałości, r/R	0,69		0,84	

Tablica 5-3 Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym WETFIX BE

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego W BE, kondycjonowane	
		w powietrzu	w temp. 80°C	w powietrzu	w temp. 80°C
1	2	3	4	5	6
1	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,30	0,96	1,37	1,21
2	Stosunek wytrzymałości r/R	0,74		0,88	

5.2 Badania mieszanek m-a wykonanych w laboratorium

Następnie sporządzono próbki w laboratorium wg receptury z próby drogowej.

Otrzymano wyniki zamieszczone w tablicach 5-4 i 5-5.

Tablica 5-4 Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym TERAMIN 14 wykonane w laboratorium

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane (A)		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego T14, kondycjonowane (B)	
		w powietrzu	w temp. 80°C	w powietrzu	w temp. 80°C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,41	2,40	2,40	2,39
2	Wolna przestrzeń, %	6,9	7,1	7,2	7,4
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,36	0,91	1,45	1,23
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,7	2,8	2,4	2,8
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,67		0,85	

Tablica 5-5 Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym TERAMIN GRIPPER ECO wykonane w laboratorium

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego, kondycjonowane (A)		Próbki z dodatkiem środka adhezyjnego Gripper L, kondycjonowane (C)	
		w powietrzu	w temp. 80°C	w powietrzu	w temp. 80°C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,40	2,39	2,40	2,40
2	Wolna przestrzeń, %	7,0	7,1	6,9	6,9
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,47	1,02	1,45	1,16
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,5	2,7	2,9	3,3
5	Stosunek wytrzymałości, r/R	0,69		0,80	

5.3 Podsumowanie

Wykonane próby potwierdzają skuteczność trzech zbadanych środków adhezyjnych tj. TERAMIN 14, TERAMIN GRIPPER ECO i WETFIX BE, zarówno w próbach laboratoryjnych jak i w próbach drogowych. Utrata wytrzymałości próbek zachodząca pod wpływem przyspieszonego starzenia jest znacznie zmniejszona w próbkach zawierających środek adhezyjny w porównaniu z próbkami bez dodatku środka.

Przyjęto jako wymaganie wartość pozostałej wytrzymałości po teście przyspieszonego starzenia 75 % (0,75). Wszystkie próbki spełniają to wymaganie, co świadczy o tym, że degradacja warstw nawierzchni w czasie na skutek wpływu warunków atmosferycznych (woda) zostanie spowolniona. Jest to tzw. długoterminowy wpływ środka adhezyjnego na właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej.