

*powinowactwo, asfalt, kruszywo, środek adhezyjny,
metoda butelkowa, metoda statyczna, metoda gotowania*

Monika ZIĘBA¹

Weronika LEWANDOWSKA²

POWINOWACTWO POMIĘDZY ASFALTEM A KRUSZYWEM. METODY BADAWCZE I WYMAGANIA W NIEKTÓRYCH KRAJACH

Istotnym elementem podczas projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych jest powinowactwo fizykochemiczne lepiszcza asfaltowego do kruszywa. Istnieje wiele metod badawczych, stosowanych do jego określenia, jednak otrzymane wyniki mogą być zupełnie odmienne. Podczas kilkuletnich badań ustalono wpływ różnych czynników na wynik badania oraz możliwość spełnienia wymagań zgodnie z dokumentami technicznymi obowiązującymi w Polsce oraz w niektórych krajach europejskich.

1. WPROWADZENIE

Kruszywo mineralne i lepiszcze asfaltowe przewidziane do zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych powinny wykazywać powinowactwo fizykochemiczne, zapewniające odpowiednią adhezję lepiszcza asfaltowego do kruszywa i odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na działanie wody. W celu poprawy powinowactwa lepiszcza asfaltowego do kruszywa stosuje się środki adhezyjne dobrane w odpowiedniej ilości do konkretnej pary kruszywo–lepiszcze asfaltowe.

¹ TPA Sp. z o.o., Laboratorium Badawcze, Pruszków, monika.zieba@tpaqi.com

² lewandowskaw@gmail.com

Pierwsze badania przyczepności asfaltu do kruszywa w Polsce były wykonywane zgodnie z PN-84/B-06714/22 – Oznaczanie przyczepności bitumów. Jako poziom wymagań podawano wartość minimum 80% pokrycia kruszywa asfaltem po „teście gotowania”. W wymaganiach WT-2:2008 podano, że ocenę przyczepności asfaltu do kruszywa należy określać na podstawie badania wg PN-EN 12697-11: 2008 – część C (metoda obmywania w gotującej wodzie), a wartość wymagań określono na minimum 80%. Zasugerowano się prawdopodobnie zbliżoną nazwą badania do metody opisanej wg PN-84/B-06714/22PN, ale zasada obu metod jest zdecydowanie odmienna.

Obecnie w Polsce ocenę przyczepności asfaltu do kruszywa należy określać na podstawie badania wg PN-EN 12697-11:2008 metodą A („obracanej butelki”). Zgodnie z zapisami w WT-2:2014, przyczepność asfaltu do kruszywa powinna wynosić minimum 80% po sześciu godzinach wykonywania badania.

W Niemczech przyjęto analogiczną metodykę badawczą, ale podzielono kompetencję wśród uczestników procesu budowlanego. Producent kruszywa do mieszanki mineralno-asfaltowej wykonuje badanie z użyciem asfaltu 50/70 i deklaruje wynik po sześciu godzinach badania, zaś producent mieszanki mineralno-asfaltowej wykonuje badanie z użyciem asfaltu stosowanego w określonej mieszance i deklaruje wynik po dwudziestu czterech godzinach badania (jeżeli wynik badania jest mniejszy od 60%, badanie należy powtórzyć z dodatkiem wybranego środka adhezyjnego w odpowiedniej ilości).

W Austrii przyjęto odmienną metodykę badawczą niż w Niemczech. Wprowadzono dodatkowo modyfikację. Temperatura przechowywania próbek kruszywa otoczonego asfaltem (40 ± 1 °C) jest wyższa niż normowa (19 ± 1 °C), zaś oceny wymaganego stopnia pokrycia kruszywa asfaltem (min. 80%) dokonuje się wizualnie (procentowa powierzchnia pokryta asfaltem), a nie ilościowo (liczba ziaren z ubytkiem powłoki asfaltowej).

2. METODYKI BADAWCZE

Analizując metody badawcze służące do określenia powinowactwa pomiędzy kruszywem, a asfaltem należy zacząć od tej najstarszej normy, tj. PN-84/B-06714/22. Badanie jest przeprowadzane na kruszywie otoczonym asfaltem (~3% masy próbki); ilość asfaltu jest niezależna od rodzaju kruszywa. Próbkę ogrzewa się (10 ± 1 min) w wodzie destylowanej, a następnie gotuje przez 3 min. Podczas tego procesu zbierane jest lepiszcze unoszące się na powierzchni wody. Wynikiem badania jest wizualne określenie nieodmytej ilości kruszywa w procentach.

Oznaczenie powiązania między kruszywem, a asfaltem zalecane jest obecnie w Polsce wg wskazanej w normie PN-EN 12697-11:2008 metody A. Metoda ta polega na powiązaniu kruszywa ze skorygowaną ilością asfaltu (zależną od gęstości kruszywa) w warunkach opisanych w normie. Następnie kruszywo otoczone lepiszczem

asfaltowym umieszcza się w trzech specjalnych butelkach razem z bagietką i wodą destylowaną (o temperaturze 5 °C). Butelki obraca się z określoną prędkością. Ocena stopnia pokrycia ziaren kruszywa asfaltem wykonywana jest po 6 i 24 godzinach badania, niezależnie przez dwóch laborantów. Zgodnie z zapisami normowymi temperatura przygotowania próbki kruszywa otoczonego asfaltem powinna być o 25 °C wyższa od temperatury referencyjnej mieszanki określonej wg PN-EN 12697-35+A1:2008.

W maju 2012 roku ukazało się nowe wydanie normy PN-EN 12697-11:2012, w której dla metody A obniżono temperaturę przygotowywania próbki do temperatury referencyjnej danej mieszanki określonej w ww. normie. Wyniki badań stopnia pokrycia asfaltem w przypadku zastosowania wymagań z 2009 i 2012 roku są porównywalne. Temperatura wygrzewania i mieszania próbki nie miała dużego wpływu na wyniki badania.

Określenie powiązania między kruszywem, a asfaltem metodą B (statyczną) polega na otoczeniu 150 ziaren kruszywa z użyciem 4% lepiszcza asfaltowego w warunkach normowych. Kruszywo zalewa się wodą destylowaną i kondycjonuje przez 48 godzin w temperaturze 19 ± 1 °C. Po tym czasie dokonuje się oceny kruszywa, ustalając liczbę ziaren kruszyw nie w pełni pokrytych.

Określenie powiązania między kruszywem, a asfaltem metodą C, polega na otoczeniu kruszywa skorygowaną ilością lepiszcza zgodnie z normą. Kruszywo otoczone asfaltem poddawane jest odmywaniu w gorącej wodzie. Stopień pokrycia ziaren kruszywa asfaltem określa się na podstawie zużycia odczynnika chemicznego (kwasu chlorowodorowego HCl lub kwasu fluorowodorowego HF_{aq}), które jest proporcjonalne do powierzchni kruszywa niepokrytej asfaltem, w odniesieniu do krzywej kalibracji. Badanie to nie jest odpowiednie dla wszystkich rodzajów kruszyw.

3. WYNIKI BADAŃ

W latach 2012–2014 w TPA wykonano program badawczy dotyczący określenia powiązania pomiędzy kruszywem a asfaltem, którego celem było porównanie wszystkich metod badawczych oraz interpretacja otrzymanych wyników badań pod względem spełnienia wymagań ustalonych w różnych krajach (Górski i in. 2012; Górski & Zięba 2013; Lewandowska i in. 2013). Do badań wykorzystano kruszywa o różnej zawartości krzemionki SiO₂ (dolomit, wapień, bazalt, gabro, melafir, kruszywo naturalne i kwarcyt), różne lepiszcza asfaltowe oraz różne środki adhezyjne w ilościach 0,0%, 0,2% i 0,4% w stosunku do asfaltu. Badania przeprowadzono opierając się na normach PN-84/B-06714/22 oraz PN-EN 12697-11. W przypadku pierwszej z norm wykonano „test gotowania”, zaś w przypadku normy europejskiej badania wykonano wg metody A, B i C. Wyniki powiązania pomiędzy kruszywem, a asfaltem wg PN-EN 12697-11:2012 metodą A przedstawiono po 6 i 24 godzinach badania, by móc odnieść się do normowych wymagań w Polsce i Niemczech. Ze względu na mało rygorystycz-

ne warunki badania oraz wymagania w Austrii badania wg metody B przeprowadzono również przy zwiększonej temperaturze przechowywania próbki (40 °C). W dalszej części przedstawiono wyniki badań tylko z jednym, powszechnie stosowanym, środkiem adhezyjnym na bazie amin.

Metoda oznaczenia przyczepności bitumów wg PN-84/B-06714/22 polega na oddziaływaniu gotującej się wody i wizualnej ocenie nieodmytej powierzchni kruszywa. Przykładowe wyniki badań obrazują wykresy (rys. 1–2), na których naniesiono poziom wymagań przyjmowany w specyfikacjach technicznych (80%).

W przypadku metody A, tzw. obracanej butelki dochodzi do mechanicznego ścierania powierzchni kruszywa podczas wykonywania badania przy wzroście temperatury wody w butelkach na skutek tarcia. Na wykresach (rys. 3–6) naniesiono poziom wymagań przyjęty w Polsce (80% po 6 godzinach badania) oraz Niemczech (60% po 24 godzinach badania).

W metodzie B (statycznej) można dostrzec oddziaływanie wody na kruszywo, bez działania czynników zewnętrznych. Ze względu na mało restrykcyjne normowe warunki przechowywania kruszywa otoczonego asfaltem (temp. wody 19 ± 1 °C) nie stwierdzono ubytków w otoczce asfaltowej kruszywa, dlatego badania powtórzono przy temperaturze podwyższonej do 40 ± 1 °C wg poziomu wymagań przyjętego w Austrii (rys. 7–8).

Metoda C polega na oddziaływaniu gotującej się wody na kruszywo. W celu oceny stopnia pokrycia asfaltem wykonuje się krzywą kalibracji, a następnie miareczkuje się kruszywo używając odpowiednich odczynników. Ocena stopnia pokrycia asfaltem odbywa się na podstawie zużycia odczynnika chemicznego, który bywa odmienny od oceny wzrokowej. Metoda ta nie jest odpowiednia dla wszystkich rodzajów kruszyw ze względu na brak reakcji niektórych kruszyw z odpowiednim kwasem. Na rysunkach 9–10 przedstawiono wyniki badań określone na podstawie zużytego odczynnika, a na rysunkach 11–12 wg oceny wzrokowej.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Badania powinowactwa asfaltu do kruszywa są powszechnie wykonywane w Polsce od kilkunastu lat. Najczęściej spotykanym poziomem wymagań była granica minimum 80% pokrycia kruszywa asfaltem po „teście gotowania”. Na podstawie badań wykonanych wg PN-84/B-06714/22 zaobserwowano, że żadne z kruszyw używanych do badań, otoczonych asfaltem 35/50 bez dodatku środka adhezyjnego nie spełnia tego wymagania, a dodatek 0,2% środka adhezyjnego do asfaltu pozwala uzyskać wymagany poziom dla wszystkich kruszyw. W przypadku zastosowania asfaltu PMB 45/80-55 otoczone kruszywa wapienne, bazaltowe i gabrowe bez dodatku środka

adhezyjnego spełniają wymaganie 80% przyczepności, lecz dla pozostałych kruszyw było konieczne zastosowanie minimum 0,2% środka adhezyjnego.

Zgodnie z wymaganiami WT-2:2014 badanie przyczepności należy wykonywać zgodnie z PN-EN 12697-11: 2012 metodą A. Nie jest to jednak metoda uwzględniająca zachowanie się kruszywa w mieszance mineralno-asfaltowej. Wyniki badań powiązania pomiędzy kruszywem, a asfaltem wg tej normy dla kruszyw o wysokiej odporności na rozdrabnianie metodą Los Angeles (gabro, bazalt, kwarcyt) otoczonych asfaltem 35/50 bez dodatku środka adhezyjnego są niższe niż dla kruszyw o niskiej odporności na rozdrabnianie. W przypadku stosowania środków adhezyjnych, im wyższa jest odporność na rozdrabnianie, tym wyniki badań są korzystniejsze.

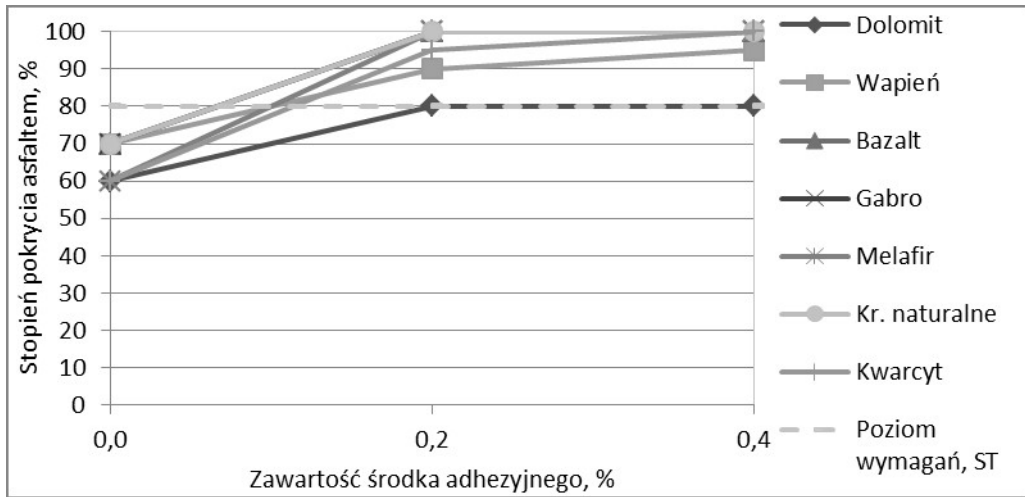
W związku ze zmianą w normie PN-EN 12697-11:2012 metodą A, dotyczącą obniżenia o 25 °C temperatury otaczania kruszywa asfaltem stwierdzono, że nie ma to żadnego wpływu na uzyskiwane wyniki badań. W metodzie B (statycznej) przy zachowanych normowych warunkach kondycjonowania próbki nie zauważono ubytków w otoczce asfaltowej. Po podwyższeniu temperatury (40±1 °C) uległa zmianie ilość ziaren z ubytkiem w otoczce asfaltowej. Zmienione warunki normowe lepiej obrazują warunki, jakim poddawane jest kruszywo otoczone asfaltem w nawierzchni. Metoda C jest w części pierwszej zbliżona do metody z PN-84/B-06714/22, jednak określenie wyniku odbywa się w sposób chemiczny, na podstawie miareczkowania i krzywej kalibracyjnej. Niestety nie ukazuje to spójnych wyników z wizualnym ocenianiem kruszywa. Wyniki badań dla kruszywa dolomitowego, bazaltowego, gąbrowego oraz naturalnego są rozbieżne z oceną wzrokową. Wyraźne podobieństwo oceny ilościowej i wizualnej zauważono wyłącznie dla wapieni, melafiru i kwarcytu.

Wyniki badań otrzymane przy zastosowaniu różnych metod badawczych różnią się od siebie krańcowo. Również wymagania ustalone w różnych krajach powodują różnice w ilości stosowanych środków adhezyjnych.

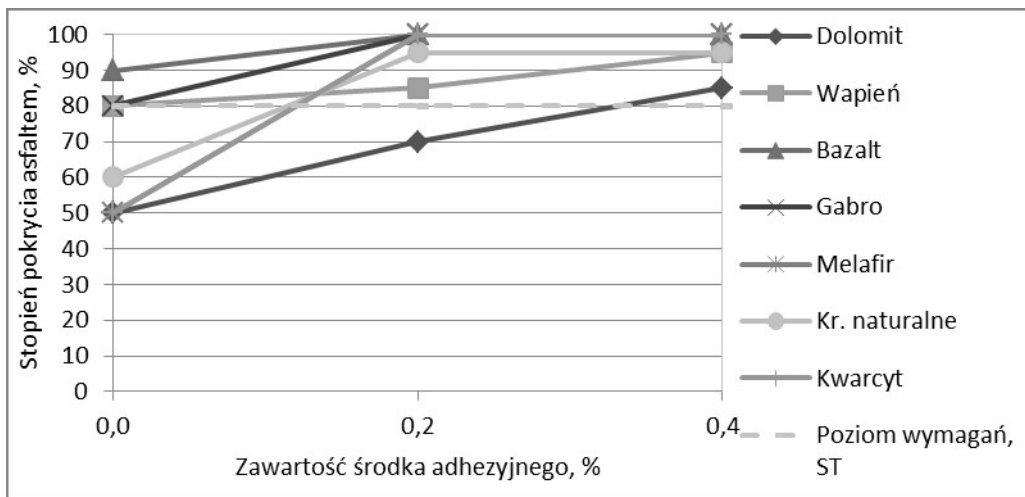
Spełnienie wymagań w Polsce (80% pokrycia asfaltem po 6 godz. badania) dla wszystkich kruszyw może wymagać użycia nawet 0,4% lub więcej środka poprawiającego adhezję. Poziom tych wymagań w Niemczech zbliżony jest do przyjętego w Polsce. Zatem ilość środka adhezyjnego używanego w Niemczech powinna być podobna do ilości stosowanych w naszym kraju (przy zachowaniu zbliżonej jakości używanych asfaltów).

Sposób badania przyjęty w Austrii (wyższa temperatura kondycjonowania próbki) jest bardziej zbliżony do warunków rzeczywistych, jednakże sposób oceny odmycia asfaltu z kruszywa opisany w normie PN-EN 12697-11:2012 (metoda B) budzi wiele wątpliwości.

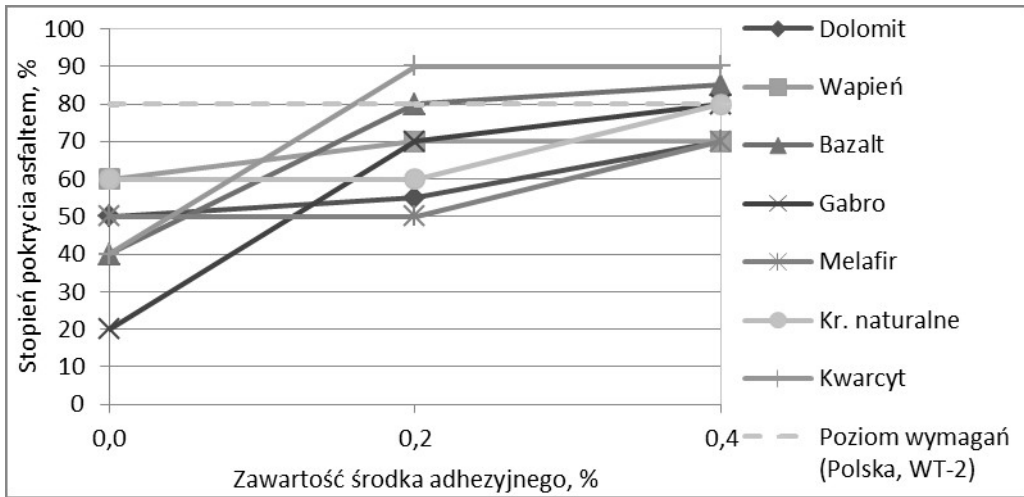
W projekcie zmiany normy PN-EN 13043:2004 przywołane zostało badanie powinowactwa wyłącznie wg metody A, które może być tematem do dyskusji nie tylko w Polsce.



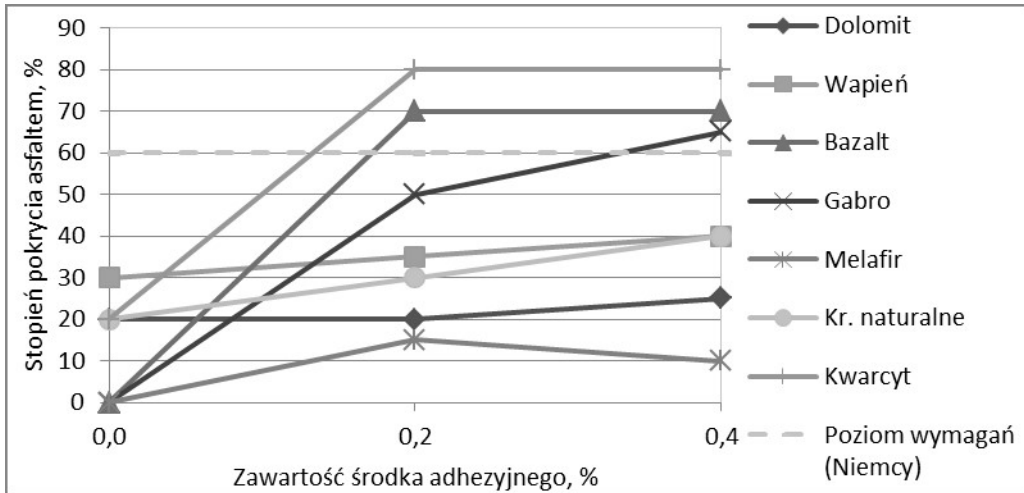
Rys. 1. Wyniki badań wg normy PN-84/B-06714/22, asfalt 35/50
 Fig. 1. The test result in acc. with PN-84/B-06714/22, bitumen 35/50



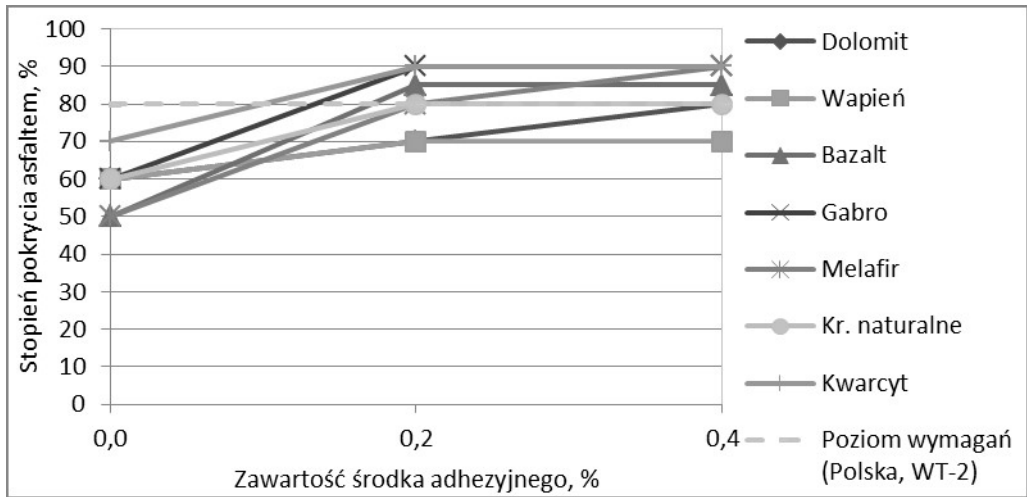
Rys. 2. Wyniki badań wg normy PN-84/B-06714/22, asfalt PMB 45/80-55
 Fig. 2. The test result in acc. with PN-84/B-06714/22, bitumen PMB 45/80-55



Rys. 3. Wyniki badań wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 6 h badania), asfalt 35/50
 Fig. 3. The test result in acc. with PN-EN 12697-11:2012 (after 6 hrs of testing), method A, bitumen 35/50

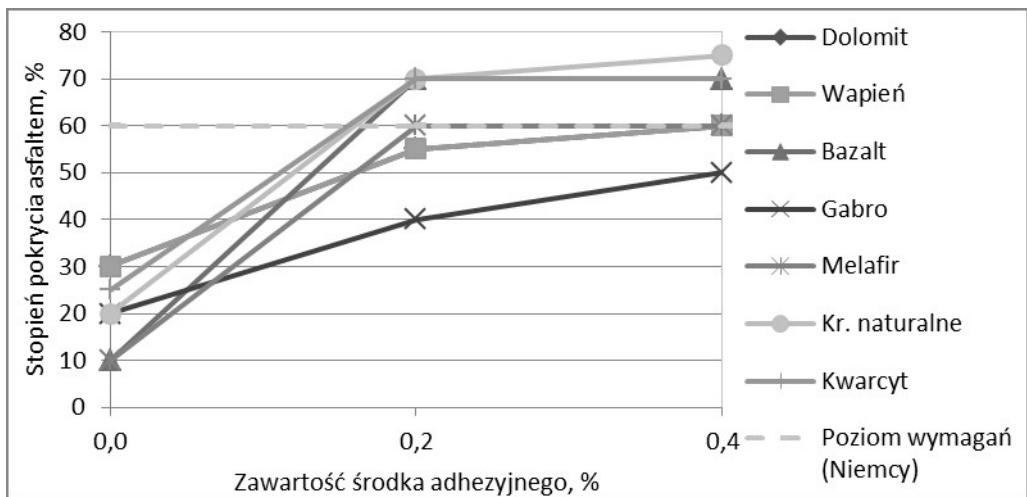


Rys. 4. Wyniki badań wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 24 h badania), asfalt 35/50,
 Fig. 4. The test result in acc. with PN-EN 12697-11:2012 (after 24 hrs of testing), method A, bitumen 35/50



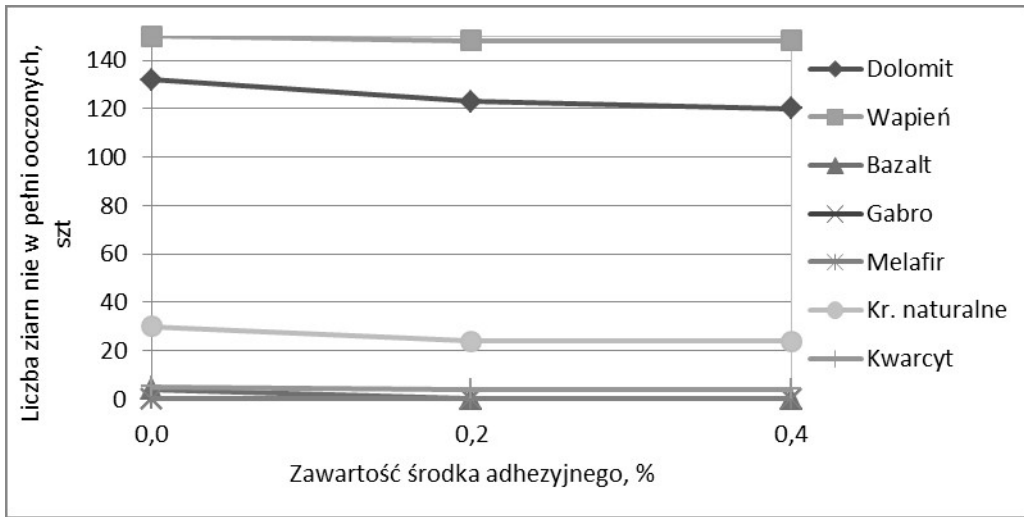
Rys. 5. Wyniki badań wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 6 h badania), asfalt PMB 45/80-55

Fig. 5. The test result in acc. with PN-EN 12697-11:2012 (after 6 hrs of testing), method A, bitumen PMB 45/80-55



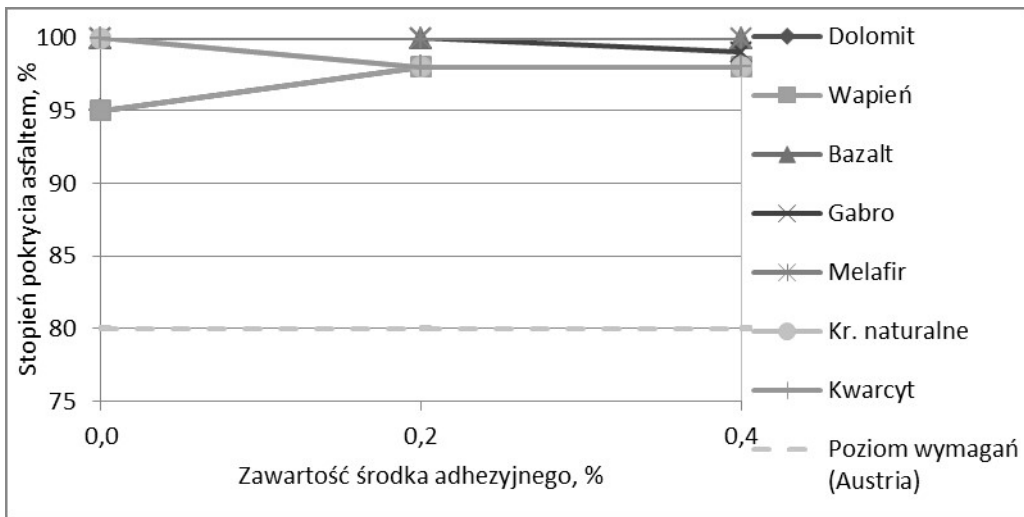
Rys. 6. Wyniki badań wg PN-EN 12697-11:2012, metoda A (po 24 h badania), asfalt PMB 45/80-55

Fig. 6. The test result in acc. with PN-EN 12697-11:2012 (after 24 hrs of testing), method A, bitumen PMB 45/80-55



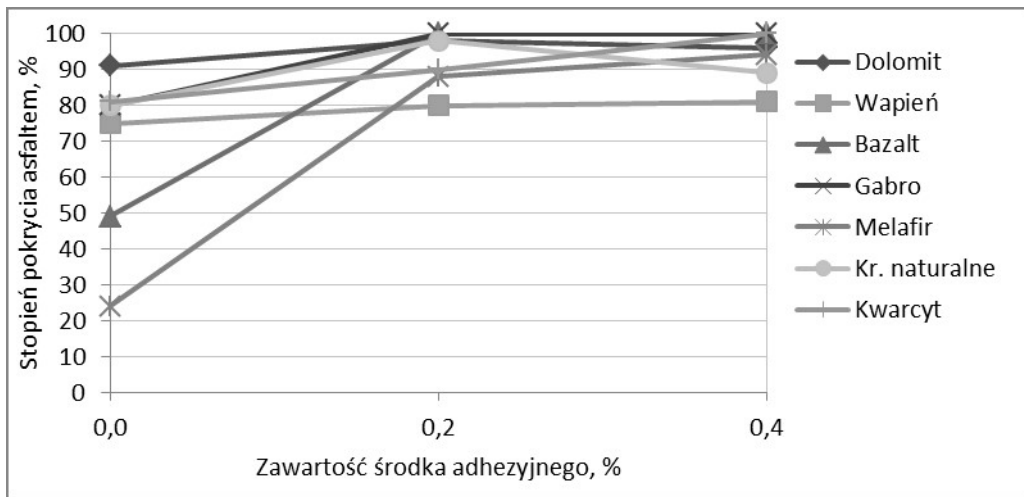
Rys. 7. Wyniki badań (ocena ilościowa) wg PN-EN 12697-11:2012, metoda B przy zwiększonej temperaturze (40 ± 1 °C), asfalt 20/30

Fig. 7. The test result (quantitative estimation) in acc. with PN-EN 12697-11:2012, method B at increased temperature (40 ± 1 °C), bitumen 20/30



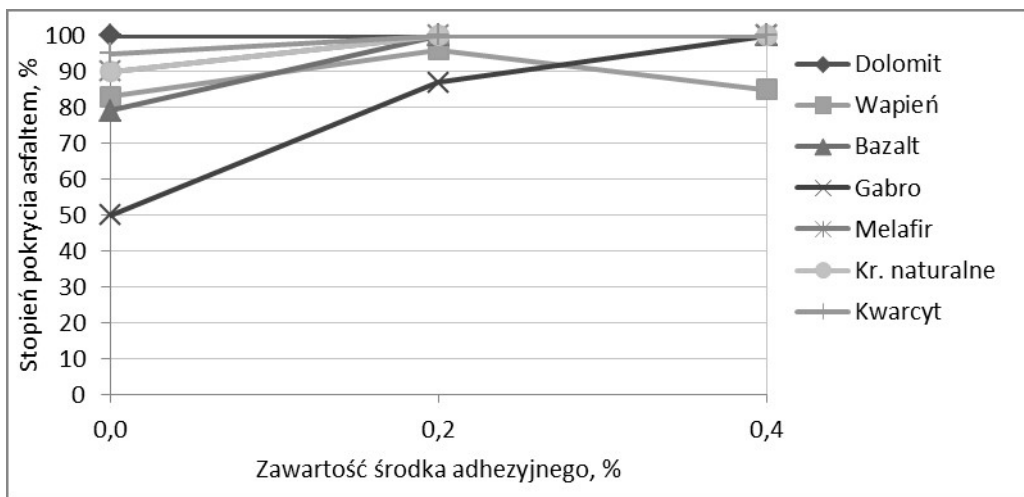
Rys. 8. Wyniki badań (ocena wzrokowa) wg PN-EN 12697-11:2012, metoda B przy zwiększonej temperaturze (40 ± 1 °C), asfalt 20/30

Fig. 8. The test result (visual evaluation) in acc. with PN-EN 12697-11:2012, method B at increased temperature (40 ± 1 °C), bitumen 20/30



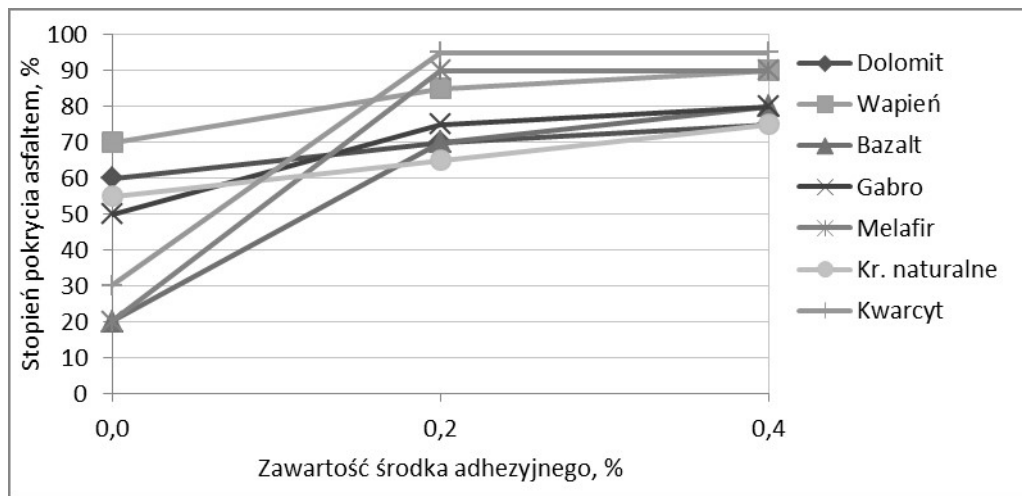
Rys. 9. Wyniki badań (na podst. zużytego odczynnika) wg PN-EN 12697-11:2012, metoda C, asfalt 35/50

Fig. 9. The test result (based on used reagent) in acc. with PN-EN 12697-11:2012, method C, bitumen 35/50

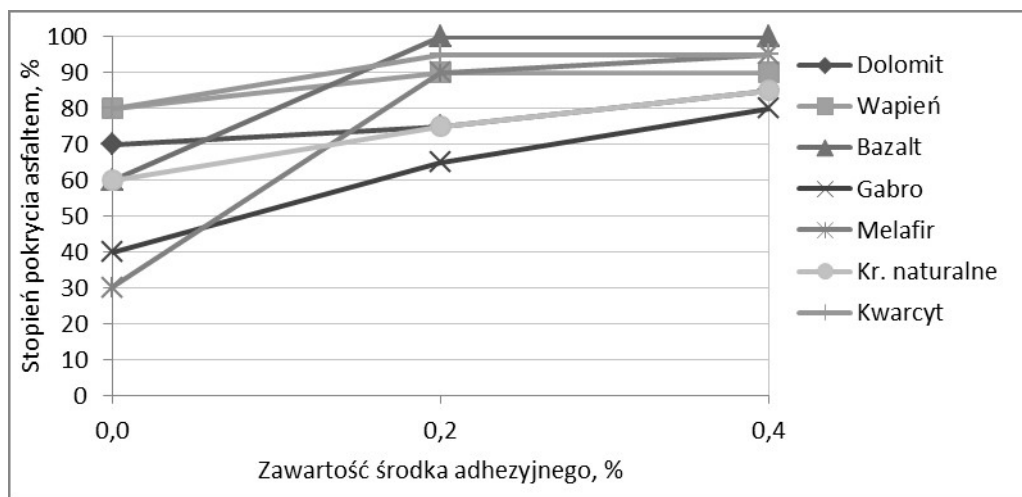


Rys. 10. Wyniki badań (na podst. zużytego odczynnika) wg PN-EN 12697-11:2012, metoda C, asfalt PMB 45/80-55

Fig. 10. The test result (based on used reagent) in acc. with PN-EN 12697-11:2012, method C, bitumen PMB 45/80-55



Rys. 11. Wyniki badań (ocena wzrokowa) wg PN-EN 12697-11:2012, metoda C, asfalt 35/50
 Fig. 11. The test result (visual evaluation) in acc. with PN-EN 12697-11:2012, method C, bitumen 35/50



Rys. 12. Wyniki badań (ocena wzrokowa) wg PN-EN 12697-11:2012, metoda C, asfalt PMB 45/80-55
 Fig. 12. The test result (visual evaluation) in acc. with PN-EN 12697-11:2012, method C, bitumen PMB 45/80-55

LITERATURA

- GÓRSKI K., ORLIK A., ZIĘBA M., 2012, *Określenie powiązania pomiędzy kruszywem a asfaltem wg PN-EN 12697-11:2009 oraz PN-84/B-06714/22*, Program badawczy, TPA Pruszków.
- GÓRSKI K., ZIĘBA M., 2013, *Powinowactwo pomiędzy kruszywem i asfaltem. Teoria i praktyka*, Nawierzchnie asfaltowe, nr 2, s. 3–7.
- LEWANDOWSKA W., ORLIK A., ZIĘBA M., 2013, *Określenie powiązania pomiędzy kruszywem a asfaltem wg PN-EN 12697-11:2012*, Program badawczy, TPA Pruszków.
- PN-84/B-06714/22 *Oznaczenie przyczepności bitumów.*
- PN-EN 12697-11:2009 *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 11: Oznaczenie powinowactwa pomiędzy kruszywem i asfaltem.*
- PN-EN 12697-11:2012 *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 11: Oznaczenie powinowactwa pomiędzy kruszywem i asfaltem.*
- PN-EN 12697-35+A1:2008 *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 35: Mieszanie laboratoryjne.*
- PN-EN 13043:2004/Ap1:2010 *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych.*
- WT-2:2008, *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych*, Wymagania Techniczne, GDDKiA, Warszawa.
- WT-2:2010, *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych*, Wymagania Techniczne, GDDKiA, Warszawa.
- WT-2:2014, *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych*, Wymagania Techniczne, GDDKiA, Warszawa.

TERMINATION OF AFFINITY BETWEEN AGGREGATE AND BITUMEN.
RESEARCH METHODS AND REQUIREMENTS IN DIFFERENT COUNTRIES

Mineral aggregate and asphalt binder for asphalt mixes shall demonstrate physic-chemical affinity sufficient for required adhesion of asphalt binder and aggregate. In order to increase asphalt and aggregate affinity – agents that increase the adhesion should be used. The type and amount of adhesive agent should be correlated with given aggregate and asphalt binder.

The tests were performed by four methods acc. with PN-EN 12697-11:2012 method A, method B, method C and PN-84/B-06714. In testes there were used aggregates with different SiO₂ content (dolomite, limestone, basalt, gabbro, melaphyre, quartzite and post-glacial), different asphalt binders and different adhesive agents.

The main aim of tests was to find correlation between different available methods for different asphalt binders and aggregates.

Keywords: *affinity, asphalt, aggregate, adhesive, bottled method, static method, method of cooking*