



MARCIN STIENSS

Politechnika Gdańska  
marcin.stienss@  
wilis.pg.gda.pl



JÓZEF JUDYCKI

Politechnika Gdańska  
j.judycki@drotest.com.pl

## Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło<sup>1</sup> – przegląd dodatków

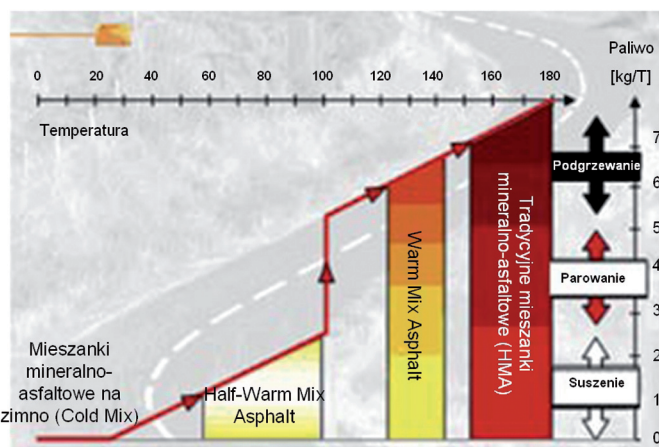
Nie ulega wątpliwości, że w dzisiejszych czasach jakakolwiek gałąź techniki powinna uwzględniać w swoim działaniu nie tylko kwestie jak najlepszego rozwiązywania stawianych przez społeczeństwo zadań, ale również szeroko pojęty wpływ, jaki będzie przy tym wywierać to rozwiązanie na otaczające środowisko. Powyższe zobowiązanie dotyczy również drogownictwa. Unikanie przebiegu nowo projektowanych tras przez tereny cenne środowiskowo, przejścia dla zwierząt, systemy oczyszczania wód opadowych spływających z powierzchni jezdni, sposoby wzmocnienia istniejącego pod-

łoża bez konieczności wykonywania wymiany gruntu – to tylko kilka przykładów przedsięwzięć służących ochronie środowiska naturalnego. Ale droga przyjazna środowisku to nie tylko trasa zaprojektowana przy uwzględnieniu wyżej wymienionych rozwiązań; to również droga, przy budowie której zastosowano technologie oszczędzające surowce naturalne i energię oraz technologie zapewniające mniejszą emisję szkodliwych substancji do atmosfery. Z tego powodu powstały technologie recyklingu odzyskanych materiałów drogowych (kruszyw, destruktu asfaltowego, itp.) lub technologie pozwalające na użycie w budowlach drogowych odpadów przemysłowych (np. popiołów, żużli, miazgi gumowego pochodzącego z opon samochodowych). Duży potencjał w zakresie zmniejszenia zużycia energii i emisji szkodliwych związków ma również sam proces wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych (mma). Wytwórnice mieszanek wyposażane są wprawdzie w coraz dokładniejsze systemy sterowania, oszczędniejsze palniki oraz filtry zapobiegające przedostawaniu się pyłów do atmosfery – stając się przy tym niewątpliwie bardziej przyjazne środowisku – jednak sama istota produkcji pozostaje niezmienną. Konieczne jest podgrzanie składników mieszanki (kruszywa i asfaltu) do odpowiedniej temperatury zapewniającej odpowiednie zmniejszenie lepkości asfaltu i właściwy stopień otoczenia poszczególnych ziaren kruszywa. W zależności od rodzaju produkowanej mieszanki oraz użytego rodzaju asfaltu temperatura ta zawiera się w przedziale 150–195°C, lub nawet 230°C przy wytwarzaniu i wbudowywaniu mieszanki asfaltu lanego. Możliwość obniżenia temperatury produkcji, nawet

o rząd 20–30°C, dałaby zatem już wyraźne zmniejszenie zużycia energii. Dlatego też od połowy lat 90. XX w. [1] prowadzi się prace nad opracowaniem technologii umożliwiających wyprodukowanie, wbudowanie i zagęszczenie mieszanki mineralno-asfaltowej w temperaturze niższej niż dotychczas, ale o identycznych parametrach fizykomechanicznych. W terminologii angielskiej mieszanki takie oznaczane są skrótem WMA – „Warm Mix Asphalt” – („mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło”) – w odróżnieniu od tradycyjnych mieszanek HMA „Hot Mix Asphalt” („mieszanki mineralno-asfaltowe na gorąco”). Ogólna zasada produkcji WMA opiera się na uzyskaniu odpowiednio małej lepkości asfaltu bez konieczności podgrzania go do dotychczas stosowanej wysokiej temperatury otaczania. Efekt ten uzyskuje się w dwójki sposób:

- poprzez dodanie do asfaltu środków chemicznych modyfikujących jego lepkość lub
- spienienie asfaltu w obecności wody.

Mieszanek typu WMA nie należy utożsamiać z mieszankami mineralno-asfaltowymi na zimno („Cold Mix”), produkowanymi najczęściej na bazie emulsji asfaltowych. Zakresy temperatury wytwarzania różnych rodzajów mieszanek przedstawiono na rysunku 1. Zaznaczono na nim również mieszanki rodzaju „Half-Warm Mix Asphalt”. Proces ich produkcji wykorzystuje spienianie asfaltu wraz z jednoczesnym niewielkim podgrzaniem – poniżej temperatury parowania wody – kruszywa i/lub destruktu asfaltowego (temp. 60–100°C). Mieszanki tego rodzaju wytwarzane są zwykle na drodze w technologii recyklingu istniejących warstw nawierzchni, a więc nie są wytwarzane w wytwórniach mma, które są przedmiotem niniejszego artykułu.



Rys. 1. Zakresy temperatury produkcji poszczególnych rodzajów mieszanek mineralno-asfaltowych [2]

<sup>1</sup> W języku angielskim – Warm Mix Asphalt, w skrócie WMA. Autorzy używają terminu mieszanki mineralne na ciepło, w skrócie mma na ciepło, jako dokładne tłumaczenie terminu angielskiego.

## Korzyści wynikające z obniżenia temperatury produkcji mma

Obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych przynosi szereg korzyści środowiskowych i technologicznych [1], [3]. Jedną z głównych zalet jest niewątpliwie zmniejszenie zużycia energii niezbędnej do podgrzania głównych materiałów składowych mieszanki, tj. kruszywa i asfaltu. W zależności od technologii produkcji (środki modyfikujące lepkość asfaltu, spienianie) i stosowanego paliwa w wytwórni (olej opałowy, gaz ziemny) redukcja temperatury produkowanej mieszanki o wielkość rzędu 30°C skutkuje zmniejszeniem zużycia paliwa o 20–35% [3], [4]. W niektórych przypadkach, przy wykorzystaniu wysoko wyspecjalizowanych technologii produkcji mieszanek WMA opierających się na procesie spieniania asfaltu (WAM-Foam, LEA) oszczędności te mogą sięgać nawet 50% [3]. Przekłada się to na istotną redukcję emitowanego przez wytwórnię dwutlenku węgla, odpowiedzialnego za efekt cieplarniany. Przewaga mieszanek WMA nad tradycyjnymi uwidacznia się w jeszcze większym stopniu w przypadku analizy ilości emitowanych szkodliwych związków. W trakcie badań przeprowadzonych w Niemczech, w czasie produkcji mieszanki tradycyjnej oraz mieszanki WMA z dodatkiem zeolitu poziom emisji oparów i aerozoli w powietrzu zmierzony w wytwórni wytwarzającej mma o temperaturze 168°C wynosił odpowiednio 350,7 mg/m<sup>3</sup> – i jedynie 90,4 mg/m<sup>3</sup> przy redukcji temperatury do 142°C za pomocą dodawanego środka obniżającego lepkość asfaltu w wysokiej temperaturze [5]. Oznacza to około 75-procentowy spadek poziomu emisji szkodliwych związków, co nie tylko poprawia jakość powietrza w sąsiedztwie samej wytwórni, trudną do oszacowania w wymiarze finansowym, lecz niewątpliwie ważną dla środowiska i okolicznych mieszkańców, ale również poprawia warunki pracy operatorów, kierowców i innych pracowników biorących udział w wykonywaniu nawierzchni. Jednocześnie niższa temperatura produkcji oznacza mniejsze starzenie technologiczne asfaltu, powodując tym samym mniejsze usztywnienie mieszanki w trakcie eksploatacji nawierzchni. Ponadto przy stosowaniu mma na ciepło można uzyskać szereg innych korzyści technologicznych, szczególnie ważnych z punktu widzenia wykonawców robót, takich jak:

- wydłużenie sezonu wykonawczego, ponieważ wartości temperatury w której uklada i zagęszcza się mieszanki typu WMA są niższe niż temperatura wbudowywania mieszanek tradycyjnych,
- wydłużenie czasu transportu z wytwórni na miejsce wbudowania bez ryzyka nie osiągnięcia właściwego poziomu zagęszczenia, wynikającego z nadmiernego ochłodzenia się mieszanki,
- skrócenie czasu niezbędnego do ochłodzenia się nowo ułożonej warstwy mma, a tym samym możliwość szybszego dopuszczenia jej do ruchu lub ułożenia kolejnej warstwy, – co jest szczególnie ważne w przypadku krótkoterminowych remontów odcinków dróg silnie obciążonych ruchem (skrzyżowania i ulice w miastach) lub lotnisk,
- możliwość zwiększenia ilości destruktu asfaltowego dodawanego w trakcie recyklingu na gorąco w wytwórni, ponieważ ryzyko przegrzania błonki asfaltu znajdującej się na ziarnach destruktu jest mniejsze,

- technologie WMA pozwalają również na obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych modyfikowanych miazem gumowym.

## Sposoby obniżenia temperatury produkcji mma

Aby uzyskać mieszankę mineralno-asfaltową o właściwych parametrach, kluczowym zagadnieniem jest dokładne otoczenie wszystkich ziaren mieszanki mineralnej warstwą asfaltu o określonej grubości. Możliwe jest to jedynie wtedy, gdy lepkość asfaltu w trakcie procesu otaczania jest odpowiednio mała, tj. na poziomie około 0,2 Pa·s. Natomiast za maksymalny poziom lepkości asfaltu, przy którym następuje koniec efektywnego zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej uznaje się 20 Pa·s [6]. Lepkość asfaltu zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury, a zatem w celu osiągnięcia przytoczonego wyżej poziomu 0,2 Pa·s należy go podgrzać do temperatury 150–195°C. Podgrzewaniu podlega również drugi główny składnik mieszanki, którym jest kruszywo w celu dokładnego usunięcia wilgoci zawartej w porach ziaren, co jest warunkiem niezbędnym do zapewnienia odpowiedniej adhezji pomiędzy asfaltem a powierzchnią ziaren mieszanki mineralnej. Należy jednak zaznaczyć, że podgrzewanie kruszywa do temperatury 150–195°C wynika jedynie z konieczności doprowadzenia jego temperatury do poziomu temperatury asfaltu, a nie dokładnego wysuszenia, ponieważ parowanie wody z kruszywa odbywa się już w temperaturze 100°C. Gdyby możliwe było uzyskanie odpowiednio niskiej lepkości lepiszcza asfaltowego już w temperaturze 120–130°C również do tego poziomu należałoby podgrzewać kruszywo, oszczędzając tym samym ilość energii konieczną do podwyższenia temperatury mieszanki mineralnej o kolejne 30–40°C. Ogólny bilans energetyczny procesu podgrzewania składników mma w trakcie produkcji można jeszcze bardziej polepszyć, stosując dość proste sposoby zabezpieczania składowanego w wytwórni kruszywa przed opadami atmosferycznymi (np. zadaszenia zasieków z kruszywem).

W chwili obecnej rozwijane są dwa główne kierunki obniżania lepkości asfaltu:

- dodawanie środków chemicznych modyfikujących jego lepkość,
- spienianie asfaltu w obecności wody.

Wśród środków modyfikujących lepkość asfaltu największą grupę stanowią różnego rodzaju dodatki organiczne o długich łańcuchach węglowodorowych, które po rozpuszczeniu charakteryzują się bardzo małą lepkością, tym samym po dodaniu do asfaltu obniżają lepkość całej mieszaniny. Pierwszym handlowo dostępnym dodatkiem działającym na powyższej zasadzie był wprowadzony w 1997 r. Sasobit [1]. Inne dodatki o podobnym działaniu to Asphaltan-B i Licomont BS 100. Skład i dokładny sposób działania pozostałych dostępnych na rynku środków modyfikujących lepkość – Rediset WMX, CECA Base RT oraz Colas 3E LT – jest chroniony przez producentów ww. dodatków.

Drugi rodzaj technologii pozwalający otrzymać lepiszcze asfaltowe o mniejszej lepkości opiera się na zjawisku gwałtownego spieniania się gorącego asfaltu po dodaniu do niego wody. Pierwsze badania z asfaltem spienionym zrealizowano w 1956 r. na Uniwersytecie Iowa eksperymentując z dodawa-



niem do gorącego asfaltu pary wodnej w celu uzyskania lepizcza służącego do stabilizacji gruntów [1]. W trakcie dalszego rozwoju technologii parę wodną zastąpiono wodą. Technologia ta stała się wówczas bardziej praktyczna i w dniu dzisiejszym jest często wykorzystywana przy wzmacnianiu podłoża gruntowego bądź recyklingu istniejącej nawierzchni. Zastosowanie jej do produkcji mieszanek WMA jest najnowszą formą wykorzystania asfaltu spienionego.

Powyższe dwa sposoby obniżania temperatury określają również zakres niezbędnych modyfikacji wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych koniecznych do przeprowadzenia, w przypadku podjęcia produkcji mieszanek WMA. W przypadku sporadycznej produkcji mieszanek WMA możliwe jest nawet ręczne podawanie środków w postaci granulek bądź proszku (Sasobit, Licomont BS 100, Asphaltan-B, Rediset WMX) wprost do mieszalnika wytwórni mma. Wariant ten należy jednak traktować jako prowizoryczny i możliwy do zastosowania jedynie w skali eksperymentalnej. W celu zapewnienia odpowiedniej dokładności i standardu produkcji konieczne jest zainstalowanie w wytwórni dozatorów, które będą odmierzały odpowiednie ilości ww. środków i dozowały je do technologicznej instalacji podającej lepizzcze asfaltowe. Dodatek w postaci płynnej (CECA Base RT) może być dozowany za pośrednictwem instalacji dozowania środków adhezyjnych. Natomiast adaptacja istniejącej wytwórni, aby możliwe było wytwarzanie mieszanek WMA z asfaltem spienionym, wiąże się z montażem komór spieniania bądź innych podzespołów umożliwiających dodawanie wody do mieszanki. W przypadku technologii proponowanej przez firmę ASTEC konieczny jest zakup całej kompletnej wytwórni o działaniu ciągłym.

Obecnie znane technologie produkcji WMA przedstawiono w tabeli 1, dzieląc je według sposobu działania. Dodatkiem mogącym sprawić kłopot przy chęci jednoznacznego zakwalifikowania go do jednej z dwóch grup jest zeolit – minerał glinokrzemianowy dodawany do mieszanki mineralno-asfaltowej w postaci proszku. Zeolit ma budowę krystaliczną zawierającą pomiędzy siecią kryształów do 21% wody, która po zadozowaniu zeolitu do mieszalnika wytwórni mma i zetknięciu z gorącym kruszywem i asfaltem zostaje uwolniona w postaci pary wodnej, która spienia asfalt. Jednak z uwagi na brak konieczności stosowania specjalistycznego osprzętu (z wyjątkiem dozatora) wg autorów należy go kwalifikować jako dodatek do mieszanki mineralno-asfaltowej.

Tabela 1. Istniejące obecnie sposoby wytwarzania mieszanek typu WMA

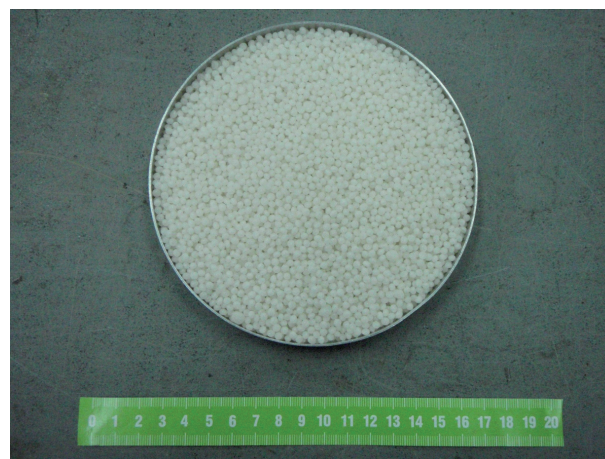
WAM – Warm Mix Asphalt	
<i>Dodatki do asfaltu/Specjalne lepizcza</i>	<i>Specjalistyczne technologie produkcji/spienianie asfaltu</i>
Sasobit	Shell WAM-Foam
Asphaltan-B	ASTEC Double Barrel Green
Licomont BS 100	Evotherm
Rediset WMX	LEA – Low Energy Asphalt
CECA Base RT	Inne – Colas 3E DM, Nynas LT Asphalt, LEAB
Inne – Colas 3E LT	
Zeolit – dodatek do mma spieniający asfalt	

W dalszej części artykułu scharakteryzowano dodatki do asfaltu podane w tabeli 1.

## Przegląd wybranych środków do obniżania temperatury mma

### Sasobit

Producentem środka Sasobit jest południowo-afrykański koncern chemiczny Sasol, który w 1997 r. wprowadził go na europejski rynek jako środek polepszający urabialność słabo zagęszczalnych mieszanek mineralno-asfaltowych [1]. Pod względem chemicznym jest to syntetyczny wosk (inaczej nazywany parafiną) produkowany metodą Fischera-Tropscha. Dla wielu polskich inżynierów, którzy wiele słyszeli o gorszych właściwościach asfaltów parafinowych, dodawanie parafiny do asfaltu może uchodzić za herezję. Tak jednak nie jest, ponieważ różne typy parafiny mają bardzo różniące się cechy. Taki rodzaj wosku (parafiny), jakim jest Sasobit nie wpływa szkodliwie na właściwości asfaltu [7]. Cechą odróżniającą go od innych parafin, których obecność w asfalcie jest niepożądana, jest większa długość łańcuchów węglowodorowych oraz drobniejsza struktura krystaliczna (pojedyncze łańcuchy węglowodorowe, brak pierścieni lub odgałęzień). Łańcuchy węglowodorowe parafin naturalnie występujących w asfalcie zawierają od 15 do 50 atomów węgla, natomiast w przypadku Sasobitu ilość ta wynosi od 40 do 115 [1]. Skutkuje to wyższą temperaturą topnienia Sasobitu (98°C) w porównaniu z naturalnymi parafinami [8]. Sasobit rozpuszcza się całkowicie w asfalcie w temperaturze powyżej 115°C [2]. Po dodaniu do asfaltu Sasobit obniża lepkość całej mieszaniny, tym samym pozwalając na właściwe otoczenie ziaren kruszywa mieszanki mineralnej już w niższej temperaturze niż tradycyjna. Natomiast w temperaturze poniżej punktu topnienia (a więc w zakresie, w jakim eksploatowana jest nawierzchnia drogowa) łańcuchy Sasobitu tworzą w asfalcie przestrzenną strukturę, usztywniając lepizzcze asfaltowe, a tym samym zwiększając odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na deformacje trwałe [1]. Postać handlowa Sasobitu to kuliste granulki (fot. 1) lub płatki o średnicy 1–5 mm. Do wytwórni dostarczane są one w 50-kilogramowych workach lub dużych, 600-kilogramowych opakowaniach typu „big-bag”.



Fot. 1. Granulki Sasobitu



Fot. 2. Widok ogólny dozatora Sasobitu [9]



Fot. 3. Zasobnik dozatora [9]

Sasobit stosowany jest zarówno w Europie, jak i Stanach Zjednoczonych oraz Kanadzie. Jak wcześniej wspomniano, przy niewielkiej skali produkcji mieszanki WMA możliwe jest dodawanie Sasobitu ręcznie wprost do mieszalnika wytwórni mma w postaci wcześniej odważonych porcji. Przy takim sposobie dozowania – oprócz pracochłonności i małej dokładności wynikającej z możliwości wystąpienia błędu ludzkiego – zawsze występuje ryzyko nierównomiernego rozkładu Sasobitu w całej objętości mieszanki. Dlatego docelowym rozwiązaniem powinno być jednak wyposażenie wytwórni w dozator, który metodą pneumatyczną będzie dostarczał granulki do środka wprost w strumień asfaltu, jeszcze przed wtrysnięciem go do mieszalnika. Niewątpliwie, dokładność dozowania jak i rozpuszczenia Sasobitu w gorącym lepiszczu jest wtedy większa. Przykładowy dozator stosowany w Stanach Zjednoczonych składający się z zasobnika mieszającego zapas środka oraz mechanizm pneumatyczny pokazano na fotografii 2 i 3.

W zależności od ilości dodawanego Sasobitu umożliwia on obniżenie temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 20–30°C. W Europie, ilość dodawanego Sasobitu zawiera się zwykle w przedziale 2,5–3% w stosunku do masy lepiszcza asfaltowego, natomiast w Stanach Zjednoczonych wartość ta jest mniejsza i oscyluje w przedziale 1–1,5%. Firma Sasol oferuje również dodatek stanowiący połączenie środka obniżającego temperaturę (Sasobit) i elastomeru Stydien-Butadien-Styren (SBS) pod nazwą Sasoflex. Sasoflex nie tylko obniża temperaturę mma, ale działa podobnie jak elastomer SBS.

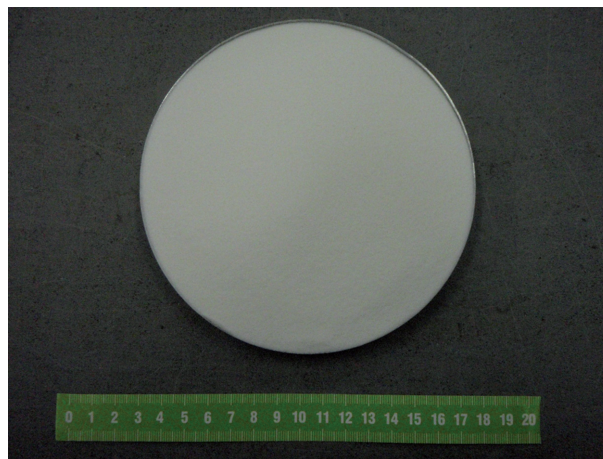
### Asphaltan-B

Innym środkiem obniżającym temperaturę produkcji i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych, działającym na takiej samej zasadzie jak Sasobit, jest Asphaltan-B, produkowany przez niemiecką firmę Romonta GmbH. Produkcja Asphaltanu-B – inaczej wosku Montana – odbywa się poprzez ekstrakcję rzadko spotykanego gatunku węgla brunatnego, którego złoża występują m.in. w niemieckiej miejscowości Amsdorf [1]. Podobnie jak Sasobit, Asphaltan-B jest parafiną o długich łańcuchach węglowodorowych. Temperatura topnienia zawiera się w przedziale 95–105°C. Formą handlową Asphaltanu-B są granulki lub pastylki dostarczane w workach o różnej wielkości. Producent zaleca dodawanie Asphaltanu-B w ilości od 2 do 4% w stosunku do asfaltu, co pozwa-

la na obniżenie temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 20–30°C przy jednoczesnym zwiększeniu odporności ułożonej nawierzchni na deformację trwałe. Firma Romonta oferuje również dodatek Asphaltan-A – przeznaczony do obniżania temperatury asfaltu lanego. Różni się on od Asphaltanu-B wyższą temperaturą topnienia, wynoszącą 133–143°C. Niestety, w literaturze brak jest informacji na temat szerszego użycia Asphaltanu, również poza granicami Niemiec.

### Licomont BS 100

Licomont BS 100 produkowany jest przez szwajcarski koncern chemiczny Clariant. Mechanizm jego działania jest identyczny, jak w przypadku pozostałych środków o pochodzeniu organicznym. Licomont BS 100 stanowiąc mieszaninę amidów kwasów tłuszczowych [3] o niewielkiej lepkości (< 0,05 Pas w temperaturze 150°C) po dodaniu do asfaltu obniża lepkość całej mieszaniny, zaś w trakcie eksploatacji nawierzchni zwiększa odporność na koleinowanie. Środki o podobnej budowie chemicznej były już stosowane na przełomie lat 70. i 80. XX w. jako modyfikatory lepkości asfaltów stosowanych w systemach izolacyjnych pokryć dachowych [3]. Temperatura topnienia Licomontu jest nieco wyższa niż Sasobitu czy Asphaltanu-B i wynosi 141–146°C. Licomont BS 100 występuje w postaci bardzo drobnego proszku (fot. 4) bądź granulek, dostarczanego według uznania odbiorcy w małych, 25-kilogramowych workach bądź dużych opakowaniach, 500 kg. Producent deklaruje możliwość obniżenia temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 20–30°C przy zawartości 3% Licomontu w stosunku do asfaltu. Dodawanie Licomontu BS 100 do mieszanki może odbywać się wprost do mieszalnika wytwórni mma z użyciem pośredniego zasobnika wagowego służącego do odmierzenia żądanej ilości środka, która jest potrzebna do wykonania jednego zarobu (fot. 5). Transport granulek Licomontu do zasobnika wagowego odbywa się drogą pneumatyczną.



Fot. 4 – Licomont BS 100 w postaci bardzo drobnego proszku

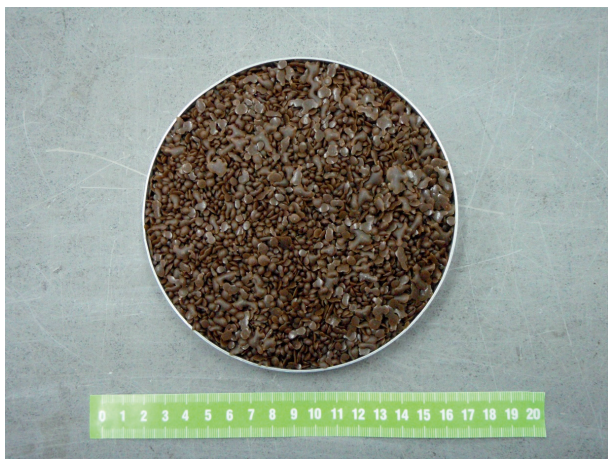




Fot. 5 – Zasobnik wagowy służący do odmierzania niezbędnej ilości środka – wytwórnia mma w Niemczech [3]

### Rediset WMX

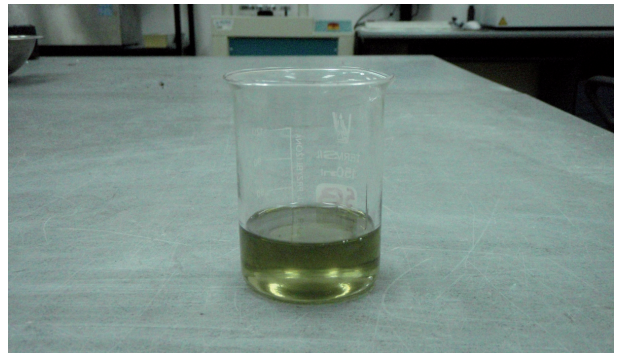
Firma Akzo Nobel, znana jako producent środków adhezyjnych, oferuje środek obniżający temperaturę produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o nazwie Rediset WMX. Dokładna formuła składu objęta jest tajemnicą wytwórcy. Rediset WMX pełni podwójną rolę – zarówno modyfikatora lepkości lepiszcza asfaltowego, jak i środka adhezyjnego poprawiającego zwilżanie i przyczepność asfaltu do kruszywa [10]. Ilość dozowanego środka jest mniejsza niż w przypadku wcześniej wymienionych i wynosi od 1 do 2% w stosunku do masy lepiszcza. Pozwala to na obniżenie temperatury produkcji o 20–30°C. Rediset WMX występuje w postaci brązowych lub żółtych płatków (fot. 6), które można dodawać bezpośrednio do mieszanki mineralno-asfaltowej lub uprzednio do asfaltu.



Fot. 6. Płatki Rediset WMX

### CECA Base RT

Jedynym dostępnym płynnym środkiem do obniżania temperatury produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych jest CECA Base RT produkowany przez francuski koncern CECA. CECA Base RT jest oleistą cieczą o zielonkawej barwie (fot. 7). Podobnie jak Rediset WMX, skład chemiczny tego środka jest zastrzeżony. Jego cechą charakterystyczną jest bardzo niewielka ilość (od 0,3 do 0,5% masy asfaltu) potrzebna do obniżenia temperatury produkcji mieszanki do 130–120°C. Wbudowywanie może odbywać się wtedy w temperaturze 120–100°C. Niewątpliwą zaletą CECA Base RT w stosunku do pozostałych środków występujących w postaci proszku bądź granulek jest możliwość wykorzystania istniejącej instalacji do dodawania płynnych środków adhezyjnych.



Fot. 7. Środek CECA Base RT

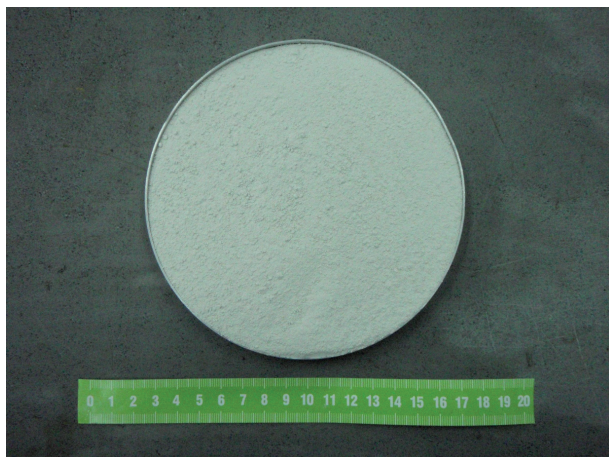
### Zeolit

Technologia produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze z zastosowaniem zeolitu została opracowana przez firmę Eurovia z Francji [3]. Zastosowanie zeolitów w budownictwie nie jest niczym nowym, ponieważ od dość dawna znana jest możliwość jego zastosowania jako wypełniacza poprawiającego urabialność zapraw budowlanych. Pod względem chemicznym zeolit jest minerałem zaliczanym do grupy krzemianów. Dzięki budowie krystalicznej (fot. 8) zeolit ma możliwość magazynowania wody (do 21% w stosunku do swojej masy). W momencie zetknięcia z kruszywem i asfaltem o wysokiej temperaturze zawarta w zeolicie



Fot. 8 – Kryształy zeolitu w powiększeniu [9]

woda uwalniana jest w postaci pary wodnej bez zmiany struktury minerału. Właściwością tą charakteryzują się zarówno zeolity pozyskiwane ze złóż naturalnych, jak i produkowane syntetycznie. Dodanie zeolitu do gorącej mieszanki mineralno-asfaltowej powoduje uwolnienie wody, która w postaci pary wodnej spienia asfalt, zmniejszając jego lepkość i polepszając zdolność do dokładnego otoczenia ziaren kruszywa. Zjawisko to nie następuje gwałtownie, ale trwa przez okres 2–3 godzin, przez co efekt zwiększonej urabialności trwa w trakcie produkcji, transportu i w budowywania mieszanki [3].



Fot. 9. Zeolit w postaci dodawanej do mieszanki mineralno-asfaltowej

Zeolit dodawany jest w postaci drobnego proszku (fot. 9) w stosunku 0,3% do masy całej mieszanki mineralno-asfaltowej. Z uwagi na charakter swojego działania ważna jest kolejność dozowania poszczególnych składników mieszanki. W przypadku wytwórni mma o działaniu cyklicznym zeolit dodawany jest do mieszalnika wytwórni w momencie zadozowania asfaltu do kruszywa i wypełniacza. Odpowiednią ilość zeolitu dozuje się przy zastosowaniu zasobnika wagowego (fot. 10). W wytwórniach o działaniu ciągłym zeolit dostarczany jest wprost drogą pneumatyczną z silosa (fot. 11) do pierścienia, przez który dozowany jest destruktaf asfaltowy do wytwarzania mma. Technologia wykorzystująca dodatek zeolitu umożliwia obniżenie temperatury produkcji do 130–145°C, a końcowa temperatura przy wbudowaniu wynosi 100°C.



Fot. 10. Zasobnik wagowy służący do odmierzenia ilości zeolitu [3]



Fot. 11. Przewoźny silos zeolitu współpracujący z wytwórnią mma o działaniu ciągłym [11]

## Podsumowanie

Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło zdobywają od kilku lat coraz większe zastosowanie, zarówno w Europie, jak i w Stanach Zjednoczonych i wydają się wyznaczać przyszły kierunek rozwoju technologii produkcji mma. Również w Polsce można odnotować ich kilkukrotne zastosowanie, jednak w większości o charakterze jednorazowym, wynikającym z wyjątkowych okoliczności (najczęściej konieczność długiego czasu transportu z wytwórni na miejsce wbudowania). Mieszanki te charakteryzują się identycznymi, a w niektórych aspektach lepszymi parametrami fizykomechanicznymi w stosunku do tradycyjnych mieszanek produkowanych na gorąco. Dokładnego wyjaśnienia wymaga kwestia zachowania się mieszanek mineralno-asfaltowych typu WMA w trakcie długotrwałego okresu eksploatacji. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie biorąc pod uwagę ewentualne szersze wprowadzenie mieszanek WMA do stosowania w Polsce, gdzie warunki klimatyczne pracy nawierzchni mogą być bardziej niekorzystne, niż w krajach, w których dotychczas zebrano z nimi pozytywne doświadczenia.

## Bibliografia

- [1] Button J. W., Estakhri C., Wismatt A.: A Synthesis of Warm-Mix Asphalt. Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, 2007
- [2] Olard F.: LEA® (Low Energy Asphalts): A new generation of half-warm mix asphalts. The experience of EIFFAGE Travaux Publics. EIFFAGE Travaux Publics Research & Development Department, LEA-CO Technical Committee, 2007
- [3] D'Angelo J., Corrigan M., Harman T., Jones W., Newcomb D., Prowell B. i inni: Warm-Mix Asphalt: European Practice. Report No. FHWA-PL-08-007, 2008
- [4] Valery L., Beghin A.: Les enrobés tièdes. Seminaire „Route durable”, Saint-Médard-en-Jalles, 2008
- [5] Barthel W., Marchand J.P., Devivere M.: Warm Asphalt Mixes by Adding a Synthetic Zeolite. Proceedings of the 22nd World Road Congress, PIARC, Durban South Africa, 2003
- [6] Błażejowski K., Styk S.: Technologia warstw asfaltowych. WKŁ, 2004
- [7] Thorsten Butz: Warm Asphalt Mix – Technologies, Research and Experience. Materiały konferencyjne I Polskiego Kongresu Drogowego, Warszawa, 2006
- [8] Edwards Y.: Swedish Experience of modified binders and asphalt mixtures. Proceedings of 5th International Transport Conference, Wuppertal, 2008
- [9] Corrigan M.: Warm Mix Asphalt Technology. AASHTO Standing Committee on Highways Technical Meeting, Nashville, 2005
- [10] Naidoo P.: Akzo Nobel – Rediset Warm-Mix Solutions. Materiały informacyjne firmy Akzo Nobel
- [11] Soliman S., Żymelka D.: Warm Mixes with Zeolite. Materiały konferencji „Drogi przyjazne środowisku”, Warszawa, 2008 ■