



ROBERT JURCZAK

Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie
robert.jurczak@zut.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3149-7497



**DARIA KALINOWSKA-
SZAREJKO**

Absolwentka Zachodniopomorskiego Uniwersytetu
Technologicznego
w Szczecinie
dakalinowska@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7378-3606

Ocena właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno stosowanych do napraw cząstkowych dróg

Istnieje wiele przyczyn tworzenia się uszkodzeń nawierzchni asfaltowych w postaci ubytków i wybojów. Początek ich powstawania przypada na rozpoczynający się okres niesprzyjających warunków atmosferycznych (częstych wahań temperatury powietrza, dużego nawodnienia podłoża i warstw nawierzchni). Wg [1] jedną z głównych przyczyn jest niedostateczna nośność nawierzchni drogowej, która ugina się wielokrotnie pod wpływem cyklicznych obciążeń od kół poruszających się pojazdów. Początkowo dochodzi do powstawania zmęczeniowych pojedynczych pęknięć, a następnie tworzy się siatka pęknięć. Woda, gromadząc się w tych pęknięciach, w powiązaniu z oddziaływaniem niskiej temperatury zamarza,

i warunków pogodowych. Aktualnie, ze względu na rodzaj zastosowanego materiału, rozróżnia się dwa sposoby naprawy [2]: na zimno i na gorąco. W sposobie naprawy na gorąco wykorzystuje się tradycyjną technologię mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii na gorąco. Choć naprawa metodą na gorąco pozwala osiągnąć najdłuższy okres eksploatacji naprawianej nawierzchni, ma jednak istotne ograniczenia ze względu na warunki pogodowe (temperatura powietrza, prędkość wiatru i opady atmosferyczne). Dodatkowo, w okresie zimowym przeprowadza się przeglądy wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych, a w razie potrzeby wykonuje ich naprawy, co znacznie ogranicza możliwość stosowania w tym czasie tego rodzaju mieszanek. W takich warunkach dobrym rozwiązaniem jest naprawa oparta na mieszankach mineralno-asfaltowych (masach asfaltowych) na zimno. Są to gotowe mieszanki mineralno-asfaltowe, które podczas układania nie wymagają podgrzewania.

Inspiracją do podjęcia przez autorów badań były bezpośrednie obserwacje sposobu naprawy cząstkowej ubytków w nawierzchni drogi ekspresowej podczas ubiegłej zimy (fot. 1). W artykule przedstawiono wybrane wstępne wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno, użytej do naprawy tych uszkodzeń.

zwiększając swoją objętość. Następuje rozluźnienie mieszanki mineralno-asfaltowej (spadek jej kohezji), co powoduje w strefie pęknięcia wrywanie, najpierw pojedynczych ziaren kruszywa, a później większych fragmentów. Innym źródłem powstawania ubytków i wybojów mogą być te odcinki nawierzchni, na których występują uszkodzenia powierzchniowe w postaci łuszczenia i wykruszania się cząstek materiału, spowodowane np. niewystarczającą przyczepnością lepiszcza do kruszywa.

Brak naprawy ubytku lub wyboju we wczesnym stadium powstawania prowadzi do zwiększenia jego rozmiarów i pojawienia się nowych uszkodzeń. Stanowi to również zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wówczas konieczna jest natychmiastowa naprawa nawierzchni drogowej. Wybór sposobu naprawy tego rodzaju uszkodzeń zależy nie tylko od ich wielkości (rozmiar, głębokość) i liczby, ale przede wszystkim od dostępności materiałów



Fot. 1. Widok ubytków w nawierzchni drogi ekspresowej wypełnionych mieszanką mineralno-asfaltową na zimno

W obszarze naprawianych miejsc można wyraźnie zauważyć pęknięcia tworzące gęstą siatkę z miejscowymi wykruszeniami. Należy zatem przypuszczać, że w krótkim czasie, w bliskim sąsiedztwie tych miejsc dojdzie do dalszej degradacji nawierzchni. Celem badań była ocena jakości zastosowanej mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno w ramach bieżącej kontroli.

Charakterystyka mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno

Mieszanki mineralno-asfaltowe na zimno są stosowane na drogach miejskich i zamiejskich. Służą do wypełniania ubytków i wybojów, a także przestrzeni wokół płyt lub kanałów oraz przepustów kablowych i dylatacji. Mogą być również wykorzystywane do miejscowego wyrównywania lub profilowania nawierzchni dróg, parkingów i chodników oraz powierzchni wokół studzienek ściekowych, szyn tramwajowych i innych elementów infrastruktury drogowej znajdującej się w nawierzchni [3]. Na ogół mieszanki na zimno wytwarzane są z mieszaniny kruszywa łamanego o odpowiednio dobranym uziarnieniu i upłynnionego asfaltu drogowego lub modyfikowanego [2, 3]. Można stosować także inne lepiszcza, np. emulsje asfaltowe, które zapewniają urabialność mieszanki w czasie wbudowywania. Do mieszanek często dodaje się też środki adhezyjne i inne dodatki uszlachetniające. Wyglądem przypominają zwykłe mieszanki mineralno-asfaltowe produkowane w wytwórni. Jednak przed wbudowaniem nie muszą być podgrzewane – tak jak ma to miejsce w tradycyjnym podejściu. Mieszanki takie produkowane są najczęściej o uziarnieniu 0/5,6 mm; 0/8 mm i 0/11,2 mm.

Zazwyczaj masy asfaltowe na zimno można stosować w temperaturze otoczenia od -20°C do $+40^{\circ}\text{C}$. Chociaż na

rynku krajowym dostępne są również takie mieszanki, które można stosować nawet w temperaturze -30°C . Przy naprawach w warunkach zimowych, tj. w temperaturze poniżej 0°C , mieszanki należy przechowywać przed wbudowaniem przez kilkanaście godzin w ogrzewanym pomieszczeniu. Nie należy ich stosować podczas opadów atmosferycznych.

Obecnie dokumentem zawierającym wymagania wobec mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno są zalecenia do udzielania aprobat technicznych [3], opracowane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w 2009 r. Są one wykorzystywane do oceny w postępowaniach w sprawie wydania krajowych ocen technicznych, które zastąpiły dotychczas wydawane aprobaty techniczne. Zakres badań kontrolnych mas asfaltowych na zimno objętych niniejszymi zaleceniami przedstawiono w tabeli 1.

Przy określaniu przydatności mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno do napraw cząstkowych istotne jest ich właściwe zagęszczenie, które teoretycznie pozostaje w związku z zawartością wolnych przestrzeni. Natomiast zawartość wolnych przestrzeni wpływa na właściwości mechaniczne i trwałość mieszanek mineralno-asfaltowych. Próbkę zagęszczaną w laboratorium powinny zawierać nie więcej niż 25% (v/v) wolnych przestrzeni. Z podanego zestawienia wynika również, że jedynym wymaganiem oceniającym właściwości mechaniczne, stosowanym w Polsce wobec mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno jest oznaczenie penetracji trzpieniem. Ustalono, że głębokość zagłębienia trzpienia równa 2,0 mm jest wartością krytyczną. Jednak nie dla wszystkich właściwości mieszanek na zimno ustalono wymagania. W przypadku ich składu (uziarnienie i ilość lepiszcza) to producent deklaruje zakres, a w zaleceniach [3] określono tylko dopuszczalną rozpiętość wyników (oznaczeń badanej właściwości). Mając na uwadze, że dobre przyleganie asfaltu do kruszywa jest bardzo ważne ze względu

na trwałość nawierzchni, do zestawu badań włączono również określenie przyczepności lepiszcza do kruszywa na podstawie wycofanej już normy.

Przed zastosowaniem mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno uszkodzone miejsce należy oczyścić (np. sprężonym powietrzem, szczotką) z luźnych fragmentów nawierzchni, zanieczyszczeń oraz stojącej wody – podłoże nie musi być suche. Dostępne są również takie mieszanki przeznaczone do napraw cząstkowych, które nie wymagają uprzedniego oczyszczenia uszkodzonych miejsc nawierzchni i usunięcia zalegającej w nich wody. W celu po-

Tabela 1. Wymagania wobec mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno wg [3]

Lp.	Właściwość	Jednostka	Metoda badań	Wymaganie
1	Wygląd	–	Ocena makroskopowa	mieszanka jednorodna, barwy czarnej, wszystkie ziarna kruszywa otoczone lepiszczem
2	Urabialność w temperaturze 5°C	–	Procedura IBDiM Nr TN-3/03/05	urabialna
3	Zawartość lepiszcza pozostałego po odparowaniu części lotnych	% (m/m)	PN-EN 12697-1	wg specyfikacji producenta $\pm 0,5$
4	Uziarnienie	% (m/m)	PN-EN 12697-2	wg specyfikacji producenta • frakcja $< 0,063\text{ mm} - \pm 2,0$ • frakcja $> 0,063\text{ mm} - \pm 5,0$
5	Zawartość wolnej przestrzeni ¹	% (v/v)	PN-EN 12697-8	< 25
6	Penetracja stemplem w temperaturze 40°C ²	mm	PN-EN 12697-20	$\leq 2,0$
7	Przyczepność lepiszcza do kruszywa ³	% powierzchni nieodmytej	PN-B-06714-22:1984	≥ 80

¹ Gęstość wg PN-EN 12697-5 metoda objętościowa w wodzie, gęstość objętościowa wg PN-EN 12697-6 metoda D (bez wyjmowania próbki z formy)

² próbki zagęszczane wg WT MCE p. 5.7.5 metoda I, bez wyjmowania próbki z formy, temperatura zagęszczania od 20°C do 25°C

³ wielkość próbki ok. 350 g, badanie wykonuje się na gotowym wyrobie, przygotowanie próbek do badań wg WT EmA-99

prawy powiązania materiału starego i nowego zaleca się gruntowanie powierzchni uszkodzonej np. emulsją asfaltową lub asfaltem upłynnionym, ale nie jest to warunek konieczny. Następnie uszkodzenie wypełnia się mieszanką asfaltową na zimno. Po rozłożeniu i wyrównaniu mieszankę należy zagęścić płytą wibracyjną w przypadku większych powierzchni lub ubijakiem ręcznym przy mniejszych powierzchniach. Utwardzeniu warstwy z mieszanki na zimno następuje po zagęszczeniu i odparowaniu lotnych składników. W okresie dojrzewania mieszanki, trwającym, w zależności od producenta, z reguły od kilku do kilkunastu dni, warstwa pozostaje plastyczna. W tym okresie następuje jej dogęszczenie od kół pojazdów. Dlatego wypełnienie wykonuje się z nadatkiem, który wynosi nie więcej niż 0,5 cm. W zależności od maksymalnego wymiaru kruszywa używanej mieszanki, układa się ją warstwami o grubości po zagęszczeniu od 3 cm do 6 cm. W przypadku nawierzchni z uszkodzeniem o większej głębokości naprawę wykonuje się z kilku warstw mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno. Ruch pojazdów można dopuścić bezpośrednio po wykonaniu naprawy nawierzchni [2, 3].

Niestety ostatnio można zauważyć w okresie zimowym tendencję do podgrzewania masy na zimno palnikiem przez pracowników wykonujących naprawy cząstkowe nawierzchni dróg (fot. 2).



Fot. 2. Przykład użycia palnika do podgrzewania masy asfaltowej na zimno podczas wypełniania otworu pozostałego po odwierceniu próbki z nawierzchni

Użycie palnika wynika z przekonania, że łatwiej można zagęścić tak ogrzaną mieszankę. Tymczasem podgrzewanie palnikiem masy na zimno nie tylko nie pomaga właściwie jej zagęścić, ale może doprowadzić do nieodwracalnych zmian jej właściwości. W tym przypadku asfalt z jednej strony traci swoje właściwości wiążące i podlega zjawisku koksowania, z drugiej natomiast strony, powstają zanieczyszczenia środowiska naturalnego gazowymi produktami spalania.

Materiały i metody użyte do badań

Do badań laboratoryjnych wykorzystano mieszankę mineralno-asfaltową na zimno użytą do likwidacji ubytków w nawierzchni drogi ekspresowej. Próbki do badań stanowiły pobrane w sposób losowy dwa opakowania (każde o masie ok. 25 kg). Pierwsze opakowanie mieszanki pobrano w styczniu 2022 r., a drugie w lutym. Obie próbki pochodziły od tego samego producenta i oznaczono je odpowiednio symbolem: masa_01 i masa_02. Pobrana do badań mieszanka reprezentuje typowy materiał stosowany do napraw cząstkowych nawierzchni dróg krajowych w województwie zachodniopomorskim.

W ramach zaplanowanych badań, w pierwszej kolejności przeprowadzono analizę składu mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno (zawartość lepiszcza i skład ziarnowy), zgodnie z normami [4–6]. Następnie na próbkach każdej pobranej mieszanki określono jej gęstość i gęstość objętościową, zgodnie z normami [7, 8]. Próbki przeznaczone do oznaczenia gęstości objętościowej zagęszczono ubijakiem Marshalla po 50 uderzeń na każdą stronę w temperaturze 21°C, przy czym nie wyjmowano ich z form [9]. W badaniach zastosowano inny sposób zagęszczenia próbek niż podany w [3]. Podstawowe różnice w sposobie zagęszczania wynikają z innej liczby uderzeń ubijaka i rodzaju używanych form. Wg [3] próbki powinny być zagęszczane po 75 uderzeń na każdą stronę w formach perforowanych tzn. posiadających 24 otwory o średnicy 2 mm równomiernie rozmieszczonych na ścianie bocznej. W badaniach przedstawionych w niniejszym artykule przyjęto stosowanie 50 uderzeń ubijaka na stronę, ponieważ odpowiada on przyjętemu sposobowi zagęszczenia w obecnych postępowaniach dotyczących wydawania krajowych ocen technicznych. Natomiast rodzaj użytej formy w przypadku badań mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno produkowanych na bazie asfaltów upłynnionych jest zdaniem autorów nieistotny. Wynika to z faktu, że utwardzenie tego typu mieszanek następuje w wyniku odparowania części lotnych bez wydzielania wody, jak ma to miejsce w przypadku mieszanek na zimno produkowanych na bazie emulsji asfaltowych. Następnie, na podstawie uzyskanych wyników badań obliczono zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonych próbkach, zgodnie z normą [10]. Podobnie jak w przypadku asfaltów lanych, do oceny odporności na deformacje trwale wykorzystano badanie penetracji trzpieniem, wg normy [11]. Widok przygotowanej próbki do badań przedstawiono na fotografii 3.



Fot. 3. Przykładowy widok próbki mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno przygotowanej do badań gęstości objętościowej i odporności na deformacje trwałe

Warto wspomnieć, że w praktyce można dość łatwo ocenić, w sposób przybliżony, jakość mieszanek na zimno. Powinny mieć na tyle luźną konsystencję, aby możliwe było ich swobodne przemieszczanie podczas przesypywania, co określa się mianem „robaczkowania”. Efekt ten był wyraźnie widoczny w trakcie przygotowywania w laboratorium próbek do badań. Ponadto, mieszanka była jednorodna, a wszystkie ziarna kruszywa były otoczone lepiszczem. Gęstość objętościową mieszanki na zimno i jej odporność na deformacje trwałe określono na próbkach (bez wyjmowania z formy) po 48 godzinach od ich wykonania.

Analiza wyników badań laboratoryjnych mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno

Wyniki oznaczenia składu ziarnowego badanej mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno przedstawiono w postaci graficznej na rysunku 1 wraz z rzędnymi punktów kontrolnych uziarnienia mieszanki mineralnej deklarowanymi przez producenta.

Tabela 2. Parametry objętościowe pobranych mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno

Właściwość	Metoda i warunki badania	Jednostka	Symbol próbki		Wymagania wobec mieszanek na zimno wg [3]
			masa_01	masa_02	
Gęstość r_{mv}	PN-EN 12697-5, pkt. 9.2 metoda A (w wodzie)	Mg/m ³	2,810	2,724	–
Gęstość objętościowa r_{bdim}	PN-EN 12697-6, pkt. 9.5 metoda D	Mg/m ³	2,160	2,241	–
Zawartość wolnych przestrzeni V_m	PN-EN 12697-8, pkt. 4	% (v/v)	23,2	17,7	< 25

Badania potwierdziły zgodność składu ilościowego materiałów z deklarowanym przez producenta dla obu badanych próbek. Pobrana mieszanka charakteryzowała się uziarnieniem o największym wymiarze kruszywa do 8 mm. Szkielet mineralny badanej mieszanki stanowiło kruszywo bazaltowe, które ze względu na zasadowy charakter ma dobre powinowactwo z asfaltem. Potwierdzeniem tego jest pozytywny wynik badania przyczepności lepiszcza do kruszywa wykonanego na gotowej mieszance zgodnie z polską normą [12]. Procentowy udział ziaren kruszywa pokrytego lepiszczem w próbce oceniono wizualnie na 100%. Zawartość lepiszcza pozostałego po odparowaniu części lotnych wynosiła odpowiednio 4,6% (m/m) i 4,9% (m/m) oraz mieściła się w deklarowanym przez producenta przedziale od 4,0% do 5,0%.

Wyniki badań parametrów objętościowych badanych mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno przedstawiono w tabeli 2.

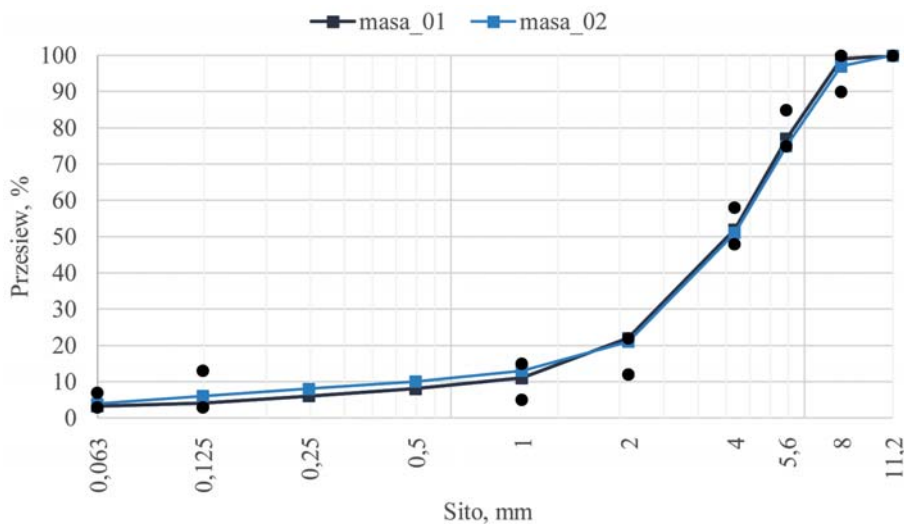
Zawartość wolnych przestrzeni w zgęszczonych próbkach Marshalla wyniosła 23,2% (masa_01) i 17,7% (masa_02), jest więc mniejsza od maksymalnej dopuszczalnej wartości. Mieszanki z tak otwartą strukturą mogą nie być wystarczająco trwałe. Z tego powodu tak istotne jest uzyskanie w wykonanej warstwie możliwie jak najmniejszej zawartości wolnej przestrzeni. Jak wynika z doświadczeń autorów, zwłaszcza przy naprawie w okresie zimowym, uzyskanie dobrego zagęszczenia jest trudne.

Oznaczenie penetracji trzpieniem wykonano w temperaturze 40°C na próbkach walcowych, zagęszczonych identycznie jak w przypadku próbek do badania gęstości objętościowej. Jako wynik badania przyjęto zagłębienie trzpienia po 30 minutach od przyłożenia obciążenia. W celu określenia przyrostu odkształcenia próbek, badanie kontynuowano przez kolejne 30 minut. Uzyskane wyniki badań przedstawiono na rysunku 2 w postaci średniej z dwóch oznaczeń (czerwoną przerywaną linią oznaczono maksymalną dopuszczalną wartość zagłębienia trzpienia).

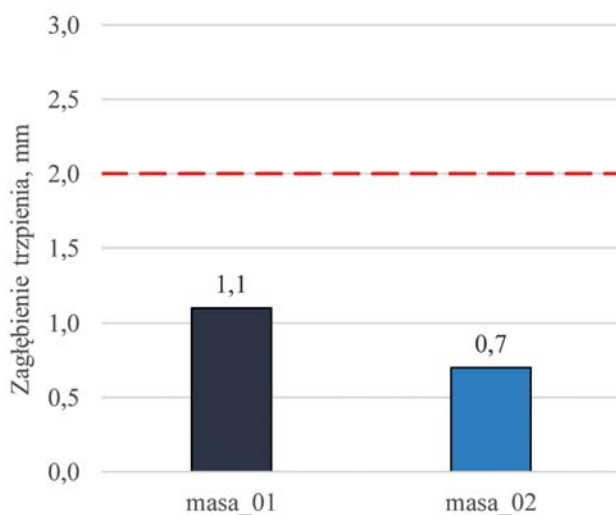
Badane mieszanki mineralno-asfaltowe na zimno charakteryzują się odpowiednią odpornością na odkształcenia trwałe, o czym świadczy średnia wartość zagłębienia trzpienia, mniejsza niż wymagane 2,0 mm. Po kolejnych 30 minutach obciążenia nie zaobserwowano przyrostu penetracji.

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań można stwierdzić, że badana mieszanka mineralno-asfaltowa na zimno spełnia wymagania ujęte w postępowaniach w sprawie wydawania krajowych ocen technicznych oraz może być stosowana do tymczasowej naprawy uszkodzeń nawierzchni w postaci ubytków i wybojów w okresie zimowym.



Rys. 1. Krzywa uziarnienia badanej mieszanki mineralno-asfaltowej na zimno



Rys. 2. Średnia wartość głębokości zagłębienia trzpienia dla badanych mieszanek na zimno po 30 minutach obciążenia

Jednocześnie należy pamiętać, że trwałość takiej naprawy zależy od właściwego przygotowania remontowanego miejsca i prawidłowego zagęszczenia mieszanki. Szybsza degradacja naprawianych miejsc jest spowodowana nieprzestrzeganiem zaleceń technologicznych podczas wykonywania napraw (nieodpowiednie przygotowanie i oczyszczenie miejsca oraz nieprawidłowe zagęszczenie mieszanki). Wg autorów warto jeszcze zwrócić uwagę na stan nawierzchni w obszarze uszkodzonego miejsca. Jeżeli w tej strefie pozostaje materiał z naruszoną strukturą (widoczne mikro-pęknięcia i wykruszenia) to okres eksploatacji naprawionej

nawierzchni będzie z całą pewnością o wiele krótszy. Należy mieć również świadomość, że zimowe naprawy masą asfaltową na zimno siłą rzeczy są doraźne, zwłaszcza w przypadku nawierzchni dróg obciążonych ruchem pojazdów ciężkich w strukturze rodzajowej. Tym niemniej należy je bezwzględnie wykonywać z dużą starannością. Do napraw na większą skalę, z wykorzystaniem mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii na gorąco, należy przystępować w okresie wczesnej wiosny lub jak tylko pozwalają na to warunki pogodowe. Ze względu na duży wybór mieszanek mineralno-asfaltowych na zimno i występujące różnice w ich właściwościach autorzy zalecają, by za każdym razem przed użyciem materiału do naprawy

zapoznać się z instrukcją użytkowania.

Bibliografia

- [1] Wasiliew A.: *Eksploatacja dróg kołowych, część II: Technologia i organizacja robót związanych z utrzymaniem, remontem i przebudową dróg*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2002.
- [2] Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych. IBDiM, Warszawa 2001.
- [3] Szczepaniak Z., Skierczyński P., Mularzuk R.: *Mieszanki mineralno-asfaltowe na zimno do remontów częściowych nawierzchni drogowych*. Zalecenia IBDiM do udzielania Aprobat Technicznych nr Z/2009-03-022. Zeszyt 76, Warszawa 2009.
- [4] PN-EN 12697-1:2020-08 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego.
- [5] PN-EN 12697-2+A1:2019-12 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 6: Oznaczanie uziarnienia.
- [6] PN-EN 933-1:2012 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Część 1: Oznaczanie składu ziarnowego – Metoda przesiewania.
- [7] PN-EN 12697-5:2019-01 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 5: Oznaczanie gęstości.
- [8] PN-EN 12697-6:2020-07 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej.
- [9] PN-EN 12697-30:2019-01 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie.
- [10] PN-EN 12697-8:2019-01 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni próbek mineralno-asfaltowych.
- [11] PN-EN 12697-20:2020-07 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań – Część 20: Badanie penetracji na próbkach sześciennych lub cylindrycznych (CY).
- [12] PN-B-06714-22:1984 Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczenie przyczepności bitumów.