

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

Analiza możliwości wykorzystania kruszyw polodowcowych z rejonu Polski północno-wschodniej w konstrukcjach nawierzchni asfaltowej dla ruchu ciężkiego i bardzo ciężkiego (KR5 – KR6) z uwzględnieniem kategorii ruchu KR1 – KR4 oraz nawierzchni asfaltowych o wydłużonym okresie trwałości zmęczeniowej

Zleceniodawca:

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie

Zespół wykonawców:

prof. dr hab. inż. Piotr Radziszewski-kierownik pracy

prof. dr hab. inż. Jerzy Piłat

dr inż. Andrzej Plewa

dr inż. Karol Kowalski

dr inż. Jan Król

mgr inż. Michał Sarnowski

mgr inż. Andrzej Łaszkiewicz

Białystok, listopad 2010 r.

Cel pracy

Celem projektu badawczego jest analiza możliwości powszechnego stosowania kruszyw polodowcowych ze złóż surowcowych Polski północno-wschodniej, jako składnika warstw konstrukcyjnych asfaltowych nawierzchni drogowych o obciążeniu KR1 – KR6 oraz nawierzchni o wydłużonym okresie trwałości.

Przedmiotem opracowania są nawierzchnie drogowe zbudowane z mieszanek mineralno-asfaltowych w skład, których wchodzi kruszywa polodowcowe: naturalne i przekruszone z regionu Polski północno-wschodniej.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badania próbek kruszyw pobranych w kopalniach położonych na obszarze Polski północno-wschodniej, wyniki projektowania i badania właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych z tymi kruszywami. Przeprowadzono również analizy w zakresie konstrukcji nawierzchni drogowych kategorii ruchu KR1 – KR6 z tymi kruszywami oraz nawierzchni o wydłużonym okresie trwałości zmęczeniowej.

Opracowanie zawiera również wybrane wyniki badań Autorów, które były przedstawione w pracy „Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne nawierzchni dla ruchu lekkiego i średniego z wykorzystaniem miejscowych kruszyw naturalnych regionu Polski północno-wschodniej”, zleconej przez GDDKiA Oddział w Białymstoku (2008 r.). W niniejszej pracy wyniki badań i analiz uzyskane w 2008 roku zostały przetworzone, uzupełnione i dostosowane do obowiązujących dokumentów normowych PE-EN oraz WT-1, WT-2 (2008).

1. Ocena zasobów kruszyw w Polsce

Złóża surowców kamiennych występują głównie w południowej części kraju. Kopalnię stanowią przede wszystkim skały osadowe - 47 % zasobów geologicznych i skały magmowe - 44 % zasobów. Zasoby złóż skał metamorficznych to zaledwie 9%. Występowanie złóż, które mogą posłużyć do produkcji kruszywa łamanego powiązane jest z utworami przedczwartorzędowymi, toteż ich główne skupiska znajdują się na obszarze Dolnego Śląska, województwa małopolskiego, Górach Świętokrzyskich i w Karpatach. Polska środkowa i północna jest praktycznie pozbawiona zasobów tych złóż, w wyniku przykrycia tych utworów

przez młodsze utwory czwartorzędowe. Eksploatacja skał magmowych odbywa się wyłącznie na Dolnym Śląsku (bazalty, granity, gabra, sjenity, melafiry, porfiry, amfibolity, gnejsy, migmatyty, serpentynity, marmury) i w kilku złożach znajdujących się w województwie małopolskim (diabazy, melafiry, porfiry). Produkuje się z nich tylko kruszywa wysokiej jakości przeznaczone dla drogownictwa. Skały metamorficzne kwalifikują się do eksploatacji jedynie na obszarze Dolnego Śląska. Skały osadowe występujące w Polsce środkowej i południowej reprezentowane są w województwie świętokrzyskim przez wapienie, dolomity i piaskowce, na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej przez wapienie i dolomity, w Karpatach – piaskowce, na Dolnym Śląsku – piaskowce i wapienie.

Stan zasobów geologicznych kamieni łamanych i blocznych oraz stopień ich rozpoznania i zagospodarowania przedstawiono w tablicy 1.1.

Tablica 1.1 Stan zasobów geologicznych kamieni budowlanych i drogowych [mln ton] na rok 2008

Wyszczególnienie	Ilość złóż	Zasoby geologiczne bilansowe		
		razem	Kat. A+B+C1	Kat. C2
Zasoby ogółem	660	9202,98	5976,46	3226,52
w tym - zasoby złóż zagospodarowanych				
Razem	278	4330,05	3424,39	905,66
Złoża zakładów czynnych	233	3939,11	3155,77	783,34
Złoża eksploatowane okresowo	45	390,94	268,62	122,32
w tym - zasoby złóż nie zagospodarowanych				
Razem	224	4223,98	1984,26	2239,72
Złoża rozpoznane szczegółowo	179	2379,03	1984,26	394,77
Złoża rozpoznane wstępnie	45	1844,94	-	1844,94
w tym – złoża, których eksploatacji zaniechano				
Razem	157	648	567,81	81,14

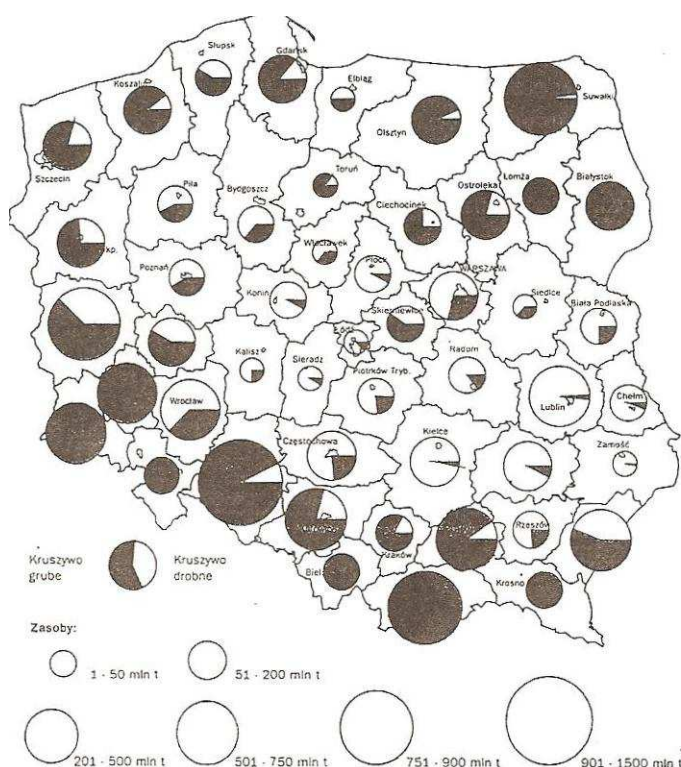
Zasoby geologiczne bilansowe udokumentowane w 660 złożach wynoszą (stan na rok 2008) 9 202,98 mln ton i uległy powiększeniu o 472,22 mln ton względem roku 2007. Największe zasoby surowców skalnych to skały osadowe (4261 mln ton), nieco mniejsze są zasoby skał magmowych (4048 mln ton). Zasoby skał metamorficznych są zdecydowanie mniejsze - 894 mln ton. Zasoby 278 złóż zagospodarowanych (czynnych i eksploatowanych okresowo) wynoszą 4 330,05 mln ton stanowiąc 47% całych zasobów geologicznych. W grupie złóż niezagospodarowanych 179 jest rozpoznanych szczegółowo (kat. A+B+C1), a ich zasoby wynoszą 2379,03 mln ton. W 157 złożach o łącznych zasobach 648 mln ton (stanowiących 7,0 % zasobów ogółem) wydobyć zostało zaniechane. Zdecydowana większość złóż znajduje się w województwie Dolnośląskim: w przypadku skał magmowych aż 156 z 177, podobnie metamorficznych 52 z 56 oraz osadowych 45 z 439. Złóża skał metamorficznych występują również na obszarze woj. Opolskiego. Skały magmowe mają nieco szerszy zasięg występowania (do Opolskiego i Dolnośląskiego dochodzi woj. Małopolskie). Zdecydowanie najbardziej rozproszone jest zaleganie skał osadowych, których złoża można spotkać w kilku województwach (Świętokrzyskim, Lubelskim, Śląskim, Podkarpackim, Opolskim, Małopolskim, Mazowieckim, Łódzkim oraz Dolnośląskim).

1.1. Analiza występowania i rozpoznanie zasobów kruszyw naturalnych polodowcowych na terenie polski

Naturalne kruszywa polodowcowe można podzielić na dwie grupy: kruszywa grube, obejmujące żwiry i pospółki oraz kruszywa drobne, do których zalicza się piaski. Kruszywa naturalne wykorzystywane są przede wszystkim w budownictwie m. in. do produkcji betonów (w budownictwie kubaturowym) oraz w budownictwie drogowym jako materiał do budowli ziemnych np. nasypów drogowych oraz jako składnik nawierzchni drogowych w postaci mieszanek mineralnych do MMA.

Największe zasoby kruszyw polodowcowych oraz osadów rzecznych występują na obszarach południowych (w województwach Dolnośląskim, Opolskim, Małopolskim, a także Podkarpackim) oraz w północno-wschodniej części kraju (woj. Podlaskie). Obszary zachodnie również posiadają znaczne zasoby (woj. Lubuskie). Województwa centralne (wyjątkiem jest województwo Mazowieckie) Kujawsko-Pomorskie, Łódzkie, Wielkopolskie i Świętokrzyskie oraz województwo Pomorskie odczuwają jego niedostatek. Na pozostałych obsza-

rach tj. w województwach Zachodniopomorskim, Warmińsko-Mazurskim, Śląskim zasoby oscylują w granicach wartości średnich w kraju. Kruszywo naturalne grube rozmieszczone jest w nierównomiernie. Niepożądanymi składnikami kruszyw naturalnych jest przede wszystkim nadmierna ilość frakcji drobnych – pylastych i ilastych. Według ustalonych w 2001 r. kryteriów bilansowości złoża żwirowe (do 25% frakcji < 2 mm) lub piaskowo-żwirowe (25-50% frakcji < 2mm) powinno mieć zawartość pyłów < 15%, minimum 2 m miąższości, a stosunek nadkładu do złoża nie powinien przekraczać 1,0. Na rysunku 1.1 przedstawiono zasoby kruszywa naturalnego na terytorium Polski.

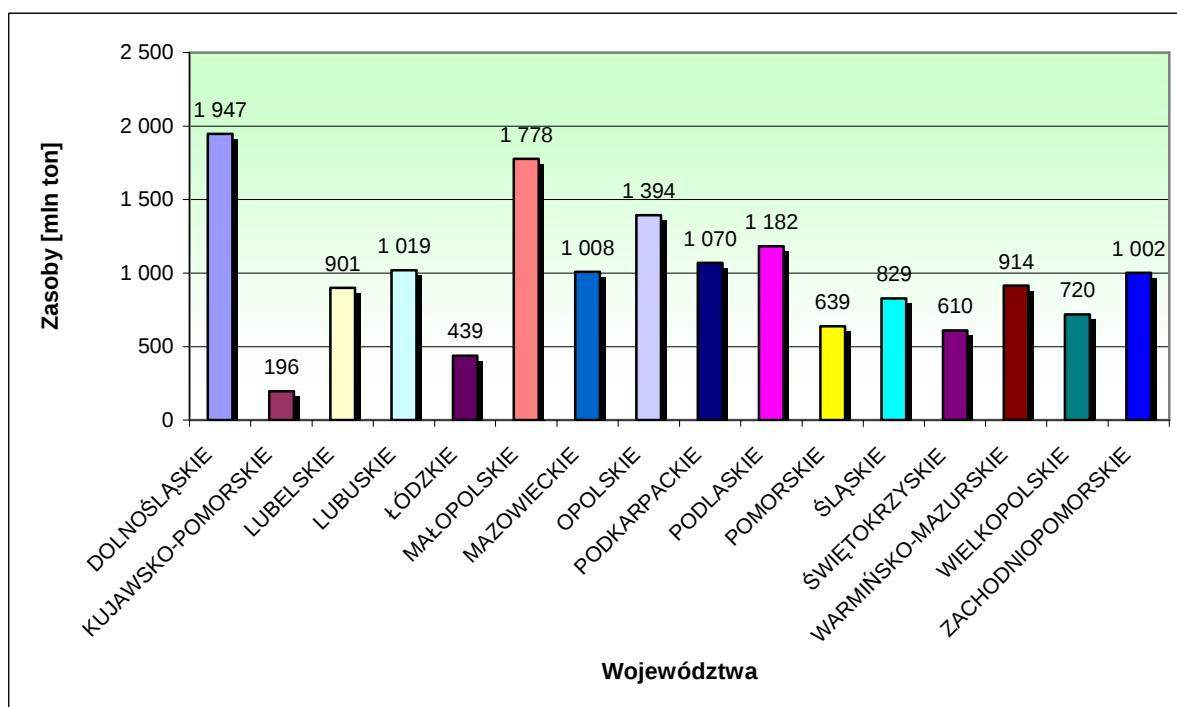


Rys. 1.1 Zasoby kruszywa naturalnego żwirowo-piaskowego na obszarze Polski

W Polsce złoża kruszyw są przeważnie wieku czwartorzędowego, a tylko podrzędnie należą do starszych formacji: plioceńskiej, mioceńskiej i liasowej. Jakość kopaliny, a szczególnie jednorodność złóż zależą w znacznym stopniu od genetycznego typu złoża. W południowej części kraju, w strefie karpacko-sudeckiej, podstawową rolę odgrywają złoża pochodzenia rzeczno-glacjalnego. W części sudeckiej przeważają złoża piaszczysto-żwirowe wyższych tarasów plejstocénskich, w których dominują skały krystaliczne i piaskowce. W obszarze karpackim główną bazę surowcową stanowią złoża żwirowe i piaszczysto-żwirowe występujące w obrębie niskich tarasów zalewowych i nadzalewowych, a w ich składzie dominują skały fli-szowe. Wyjątek stanowi dolina Dunajca gdzie występują znaczne ilości skał magmowych.

W Polsce północnej i centralnej - na niżu polskim najważniejsze są złoża o genezie lodowcowej (akumulacyjne moreny czołowe) i wodnolodowcowej (sandry, ozy) oraz rzecznej. W północnej części tego obszaru są to złoża żwirowo-piaszczyste powstałe głównie ze skały skandynawskiej - utwory krystaliczne i wapienie z domieszką kwarcu i piaskowców. W części centralnej i południowej znaczny udział w utworach wodno-lodowcowych mają osady piaszczyste zawierające duże ilości skał lokalnych.

Zasoby geologiczne bilansowe kruszyw udokumentowane w 6625 złożach wynoszą (stan na rok 2008) 15,649 mld ton. Największa ilość zasobów rozpoznanych jest w województwach: Dolnośląskim (1 947 mln t), Małopolskim (1 778 mln t), Opolskim (1 394 mln t), Podlaskim (1 182 mln t) i Podkarpackim (1 070 mln t). Zasoby poszczególnych województw przedstawiono na rysunku 1.2.

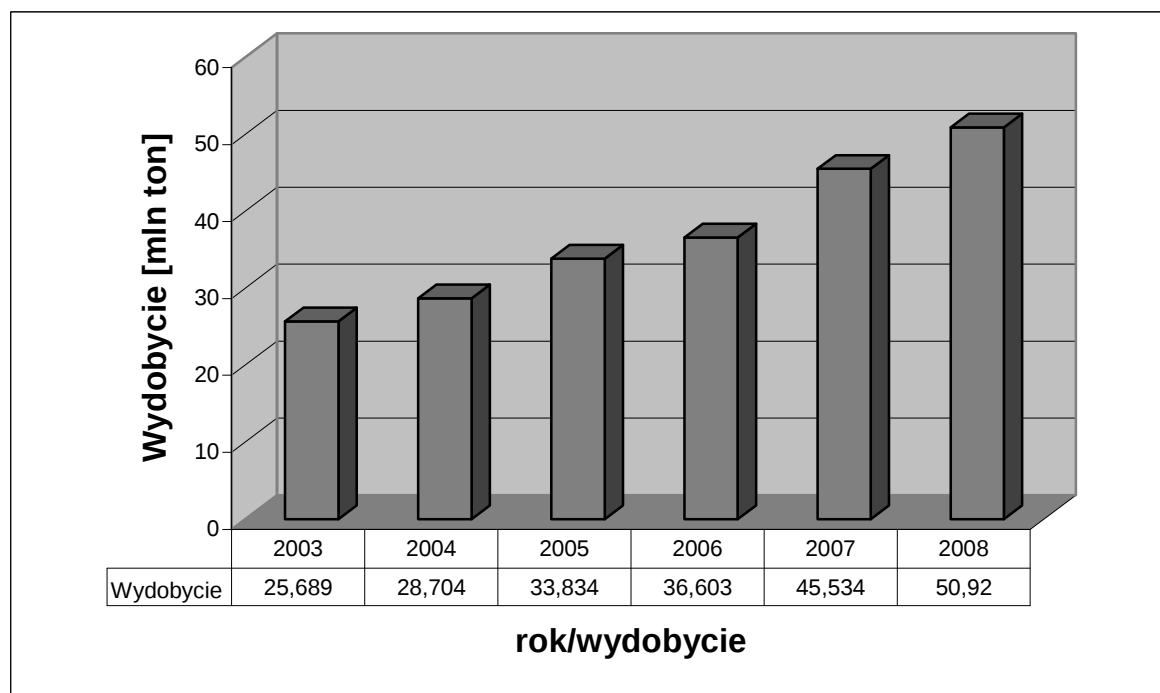


Rys.1.2 Zasoby kruszywa naturalnego żwirowo-piaszczystego w kraju [mln ton] na rok 2008

1.2. Wydobycie kruszyw

- **Wydobycie skał do produkcji kruszyw łamanych**

Wydobycie kamieni budowlanych i drogowych, stosowanych do produkcji kruszyw naturalnych łamanych ze skał (ok. 90% wydobytych surowców przeznaczona jest na kruszywa) w 2000 roku w Polsce wyniosło nieco ponad 24mln ton. W latach 2001-2002 nastąpił jego spadek do ok.22 mln ton. W 2003 odnotowuje się gwałtowny wzrost wydobycia, który w roku 2008 wyniósł prawie 51 mln t. Wzrost wydobycia spowodowany jest dużym zapotrzebowaniem na kruszywa w budownictwie drogowym. Wydobycie surowca skalnego przedstawiono na rysunku 1.3.



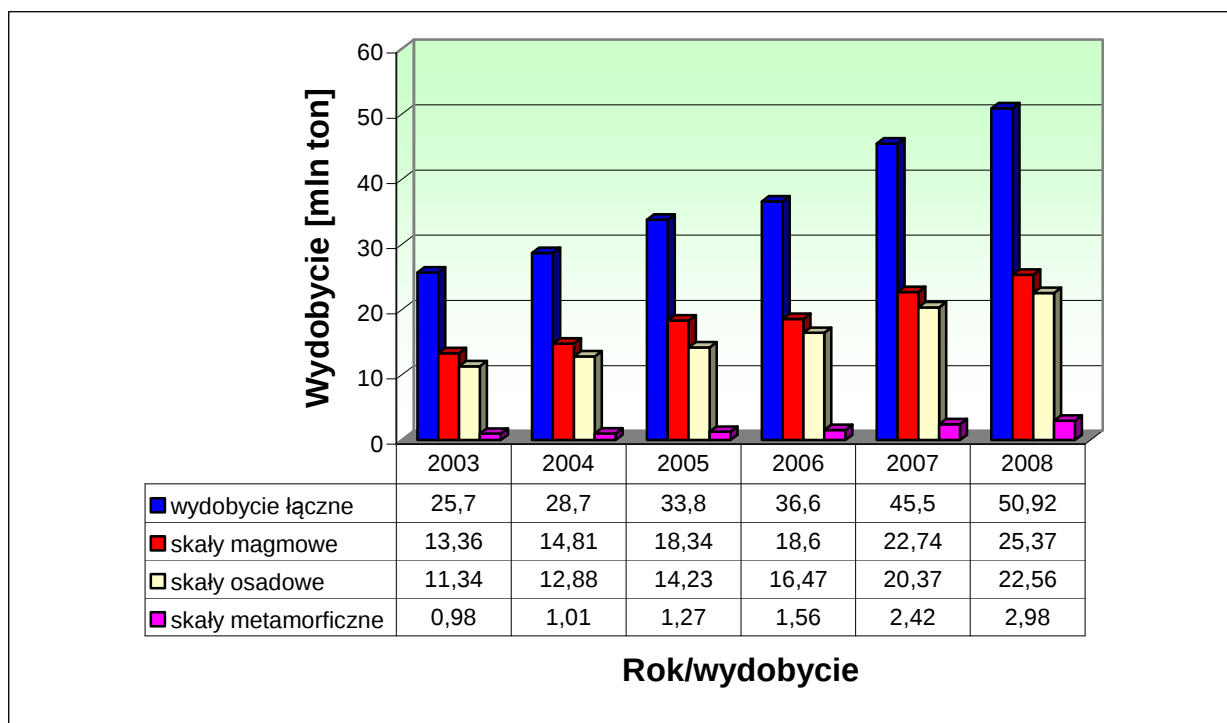
Rys. 1.3. Wydobycie surowców skalnych w latach 2003-08 [mln ton]

Wydobycie surowców skalnych było wyższe w 2008 w stosunku do roku 2007 o 5,39 mln ton. Największy wzrost zanotowano w złożach eksploatowanych na potrzeby drogownictwa (produkcja kruszyw łamanych): granitu o 2,04 mln ton, wapienia o 1,33 mln ton, piaskowca o 1,09 mln ton, piaskowca kwarcytowego o 0,69 mln ton, bazaltu o 0,56 mln ton, migmatytu o 0,56 mln ton, porfiru o 0,32 mln ton, melafiru o 0,25 mln ton.

W największym stopniu eksploatuje się obecnie skały magmowe, z czego wydobycie bazaltu wynosi 9,5mln ton. Intensywnie prowadzona jest także eksploatacja granitu, gabbro i melafiru (odpowiednio 7,0 mln t; 3,0 mln t; 3,2 mln t). Podrzędne znaczenie ma wydobycie sjenitu i porfiru, które prowadzone jest przez pojedyncze kopalnie.

Zdecydowanie mniejsze znaczenie ma wydobycie skał metamorficznych. Produkcja kilku pojedynczych kopalni amfibolitu, serpentynitu, gnejsu i migmatytu w 2008r. wyniosła ok. 3 mln ton. Wszystkie kopalnie skał metamorficznych zlokalizowane są terenach woj. Dolnośląskiego i Opolskiego.

Wśród skał osadowych największe jest wydobycie dolomitu (7,6 mln t w 2008r.) oraz wapień (7,3 mln t w 2008r.), znacznie mniejsze piaskowce (wzrost do ponad 4 mln t w 2008r.), marginalne – inne skały osadowe.

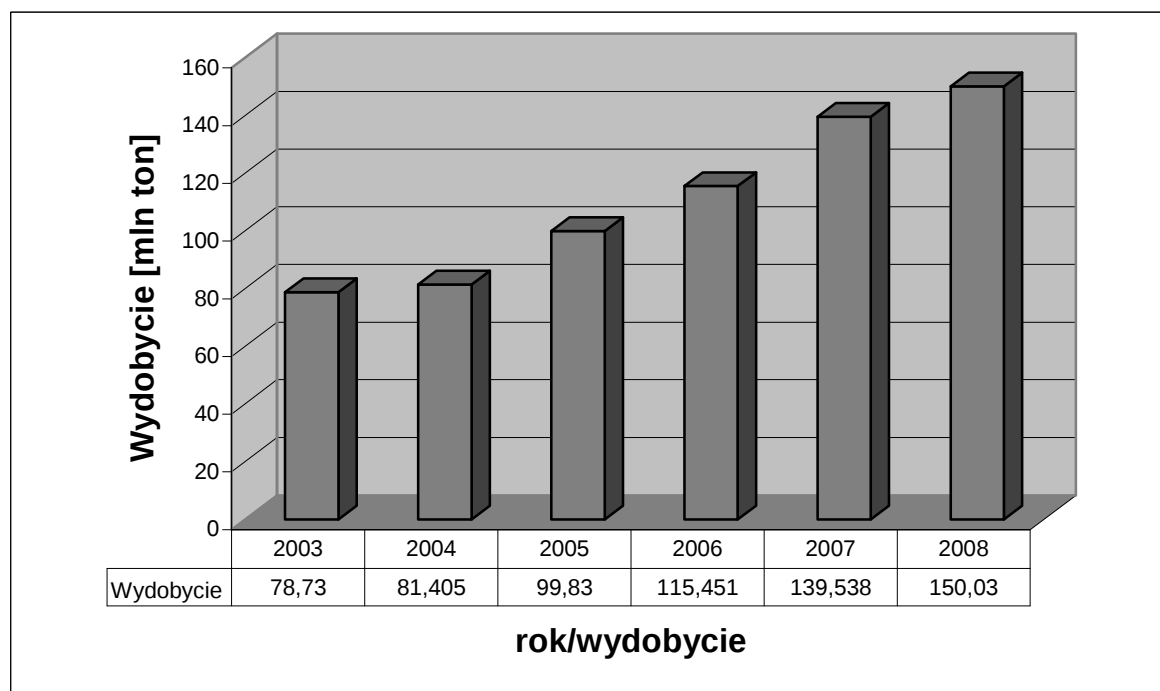


Rys.1.4. Wydobycie kamieni budowlanych i drogowych w Polsce[mln ton]

Eksploatacja wapieni przeznaczonych do produkcji kruszyw naturalnych łamanych koncentruje się w Górach Świętokrzyskich (znajduje się tu kilkanaście kopalń), pojedyncze zakłady znajdują się w Karpatach, w okolicach Krakowa oraz kilku innych miejscach w środkowej i wschodniej Polsce. Wydobycie dolomitów ma miejsce w województwach małopolskim i świętokrzyskim. Piaskowce do produkcji kruszyw pochodzą głównie z Karpat. Zasoby i wydobycie surowców skalnych przedstawia rysunek 1.4.

•Wydobycie kruszyw naturalnych żwirowo-piaskowych.

Krajowe wydobycie kruszyw naturalnych żwirowo-piaskowych sukcesywnie rośnie. Średnie roczne tempo wzrostu w latach 1993-2000 wynosiło 7%/rok. W okresie 2001-2002 wydobycie zmalało o 25 % wskutek kryzysu w krajowym budownictwie, przekładającego się na niższe zapotrzebowanie na kruszywa naturalne. Lata 2003-2005, wobec szybko wzrastającego zapotrzebowania, przyniosły wzrost wydobywania łącznie o 50 % do niemal 100 mln t, aby osiągnąć poziom 150 mln t w roku 2008. Na rysunku 1.5 przedstawiono wydobywanie kruszyw naturalnych w Polsce w latach 2003 – 2008.



Rys. 1.5. Wydobywanie kruszyw naturalnych żwirowo-piaskowych w Polsce w latach 2003-2008[mln ton].

Wydobywanie naturalnych piasków i żwirów ze złóż wyniosło w 2008 roku 150,03 mln ton. Wzrost w stosunku do roku poprzedniego wyniósł 10,49 mln ton, czyli 13,2 %. Wydobywanie wzrosło prawie w całym kraju, wahając się w okresie ostatnich 20 lat od ok. 50 do 150 mln t.

Największe wydobywanie zanotowano woj. mazowieckim (18,1 mln ton), zachodniopomorskim (17,7 mln ton), dolnośląskim (14,1 mln ton) oraz warmińsko-mazurskim i (12,5 mln ton). Najbardziej znaczący wzrost wydobywania przekraczający 5,6 mln ton nastąpił w woj. zachodniopomorskim (o 46%), znacząco (o ponad 1 mln ton) wzrosła też eksploatacja w woj. śląskim (o 32 %) i opolskim (o 26 %), podkarpackim (26 %) i małopolskim (10,6 %).

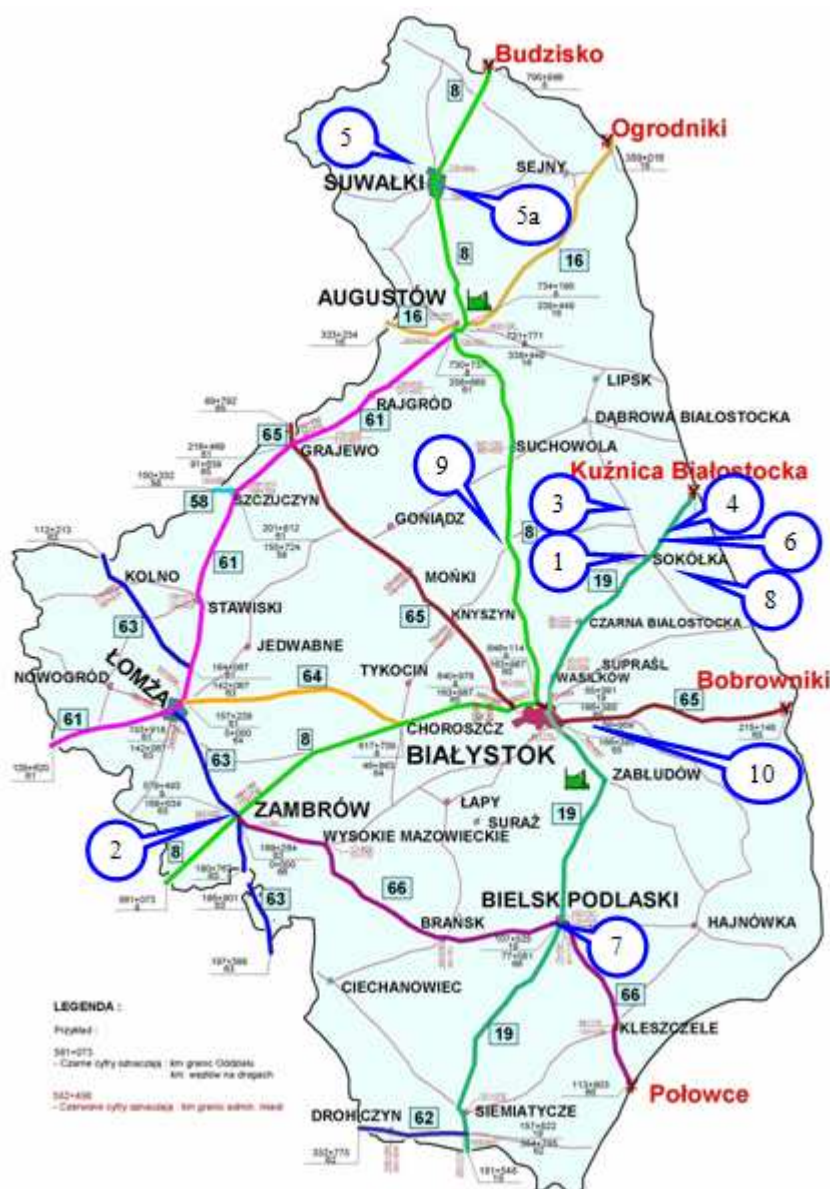
2. Ocena zasobów kruszyw polodowcowych w regionie północno-wschodniej Polski

W województwie podlaskim udokumentowano 402 złoża kruszywa naturalnego, z czego eksploatowanych jest 159 (w tym 47 okresowo). Całkowitą strukturę złóż województwa Podlaskiego przedstawiono w tablica 2.1.

Tablica 2.1 Struktura złóż województwa Podlaskiego, stan na 2008 rok

Wyszczególnienie	Ilość złóż
Złóża eksploatowane	112
Złóża zagospodarowane, eksploatowane okresowo	47
Złoże o zasobach rozpoznanych wstępnie (kat. C2)	13
Złoże o zasobach rozpoznanych szczegółowo (kat. A+B+C1)	146
Złóża zaniechane	81
Złóża skreślone z bilansu	3

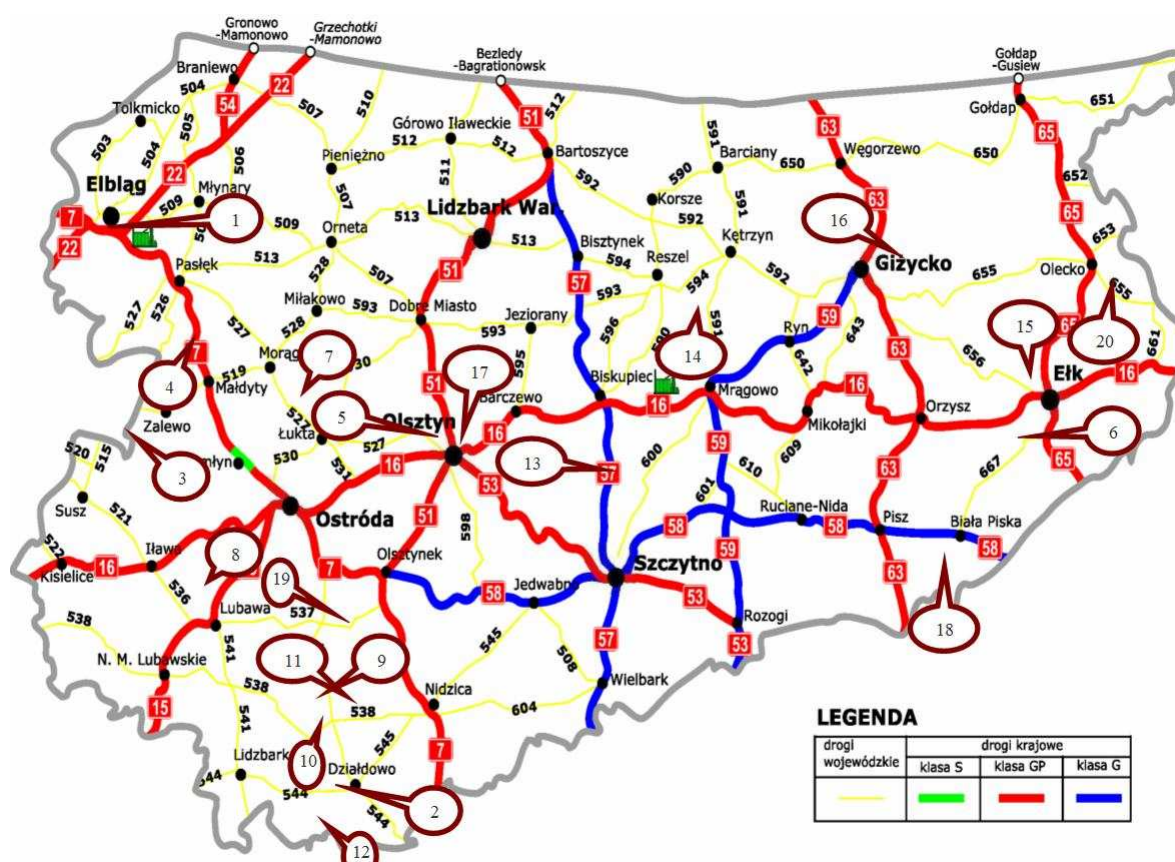
Lokalizację kopalń kruszywa polodowcowego w województwie podlaskim przedstawiono na rysunku 2.1, a w województwie warmińsko-mazurskim na rysunku 2.2.



Rys. 2.1 Lokalizacja kopalń kruszyw polodowcowych w województwie podlaskim

1. Usługi Drogowe Błahuszewski- kopalnia Drahla k. Sokółki
2. Przedsiębiorstwo Produkcji Kruszyw Rupiński, kopalnia Szymki k. Zambrowa
3. Białostockie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Racewo
4. Białostockie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Zadworzany
5. Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Drogowych „KRUSZBET kopalnia Sobolewo, Suwałk
- 5a. Suwalskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Sobolewo k. Suwałk
6. Białostockie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Kundzin k. Sokółki
7. Lafarge Oddział Bielsk Podlaski, Kopalnie Polska Południowa
8. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Bohoniki k. Sokółki
9. Zakład Produkcji Kruszyw Oleński, Stok k. Korycina

10. Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Kamiennych „Żwirek”, Bobrowa k. Białegostoku.



Rys. 2.2. Lokalizacja kopalń kruszyw polodowcowych w województwie warmińsko-mazurskim

1. Kopalnia piasku i żwiru Leszczyńska, kopalnia Gronowo Górne k. Elbląga
2. Przedsiębiorstwo Produkcji Kruszyw, kopalnia Działdowo
3. Kopalnia piasku Karczewski, kopalnia Morąg
4. Kopalnia Surowców Mineralnych, kopalnia Awajki koło Małdyt
5. Kopalnia Kruszyw Korbuszewska, kopalnia Warkały k. Olsztyna
6. Kopalnia Surowców Mineralnych Gajek, kopalnia Nowa Wieś Ełcka k. Ełku
7. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Żabi Róg k. Łukty
8. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Koanice k. Lubawy
9. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Brzeźno k. Działdowa
10. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Uzdowo k. Działdowa
11. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Grzybiny k. Działdowa
12. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Niechłonin k. Działdowa
13. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Giławy k. Biskupca

14. Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Pilec k. Kętrzyna
15. Suwalskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Chrzanowo k. Ełku
16. Trans – Żwir Kitowicz, kopalnia Giżycko
17. Warmińskie Kopalnie Surowców Mineralnych, kopalnia Olsztyn
18. Trans – Żwir Kitowicz, kopalnia Szymki k. Białej Piskiej
19. Trans – Żwir Kitowicz, kopalnia Mielno k. Olsztynka
20. Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Drogowych „KRUSZBET”, kopalnia Stożne I i Stożne II k. Olecka

Do największych zakładów produkujących kruszywa na obszarze północno-wschodniej Polski zalicza Zakład Produkcji Kruszyw Szumowo, Białostockie Kopalnie Surowców Mineralnych, Suwalskie Kopalnie Surowców Mineralnych oraz Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Drogowych KRUSZBET z Suwałk. Każda z wyżej wymienionych instytucji posiada kilka złóż kruszyw naturalnych, z których większość jest aktualnie eksploatowana.

W skład Białostockich Kopalni Surowców Mineralnych wchodzi następujące złoża kruszywa naturalnego: „Zadworzany”, „Zadworzany II”, „Zadworzany III” oraz „Racewo”. Złoże „Zadworzany” jest złożem wyeksploatowanym i zrehabilitowanym zgodnie z wymaganiami ochrony środowiska. Złoże „Zadworzany II” z kolei jest aktualnie złożem dopiero wstępnie rozpoznany. Eksploatowane są natomiast złoża „Racewo” i „Zadworzany III”. Złoże „Zadworzany III” położone jest na gruntach wsi Kraśniany i Zadworzany, w powiecie Sokólskim na terenie woj. Podlaskiego. Złoże zlokalizowane jest ok. 8km od Sokółki. Obszar, na którym przeprowadzono rozpoznawcze badania geologiczne stanowi wysoczyzna morenowa o zróżnicowanej i urozmaiconej powierzchni od 206 do 237m. n. p. m., na którą składają się utwory stadiału północno-mazowieckiego zlodowacenia środkowopolskiego.

Mięszkość ich jest duża i osiąga 70m, są to głównie gliny zwałowe, piaski, żwiry, gazy lodowcowe, a także piaski, żwiry i gliny z moren czołowych oraz wodnolodowcowe utwory piaszczysto-żwirowe (dolne i górne). Całkowita miąższość utworów czwartorzędowych wynosi 200m. Nadkład warstwy złożowej składa się z gleby piaszczystej, czasami gliniastej i piasków przeważnie średnio- i różnoziarnistych oraz piasków z niewielką domieszką żwiru. Złoże kruszywa „Zadworzany III” jest złożem niezawodnionym. Całkowite bilansowe zasoby złoża określa się na ok. 28 427 000 ton. Drugim czynnie wykorzystywanym złożem należącym również do BKSM jest złoże „Racewo”, które jest położone na terenach wsi Racewo, Nowowola i Poganica w powiecie Sokólskim. Złoże zlokalizowane jest ok. 10km od Sokółki i zajmuje obszar 0,73km².

Zasoby złóż Białostockich Kopalń Surowców Mineralnych zestawiono w tablicy 2.2.

Tablica 2.2 Zestawienie zbiorcze zasobów złóż BKSM.

Złoże	Aktualny stan	Całkowite bilansowe zasoby [t]	Powierzchnia złoża
„Zadworzany”	wyeksplotowane	-	-
„Zadworzany II”	wstępnie rozpoznane	-	-
„Zadworzany III”	eksplotowane	ok. 28.427.000	-
„Racewo”	eksplotowane	ok. 18.994.000	0,73km ²
		$\Sigma = 47.421.000$	

Drugim największym producentem kruszyw naturalnych w północno-wschodniej Polsce jest Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Drogowych KRUSZBET S.A. z Suwałk. Przedsiębiorstwo zajmuje się produkcją i sprzedażą kruszyw oraz wytwarzaniem elementów budowlanych dla budownictwa od 1997 roku. KRUSZBET posiada aktualnie 8 złóż, a mianowicie: „Stożne V”, „Łęgowo”, „Sobolewo C”, „Sobolewo C-I”, „Krzywe I”, „Potasznia III”, „Stożne VI” oraz „Kiliany”. Połowa z tych złóż jest aktualnie eksploatowana („Stożne V”, „Łęgowo”, „Sobolewo C” oraz „Potasznia III”). Kolejne zostaną zagospodarowane w przyszłości.

W roku 2004 korzystano tylko z zasobów złoża „Łęgowo”, rok później aktywowano złożo „Stożne V”, natomiast w 2006 roku zaczęto czerpać surowce ze złoża „Sobolewo C”. Od roku 2007 eksploatacji poddane zostało złożo „Potasznia III-pole A”.

Złożo kruszywa naturalnego „Stożne V” udokumentowane zostało w obrębie piasków, żwirów, głazów i glin moren czołowych oraz moren martwego lodu. Serię złożową stanowią zaglinione piaski ze żwirem, sporadycznie z otoczkami o miąższości od 2,8 do 13,1m, średnio 9,2m. Nadkład złoża stanowi tylko humus grubości od 0,1 do 0,2 m (średnio 0,17m). Wody podziemnej w granicach głębokości złoża nie stwierdzono, tak więc należy je traktować jako złożo suche. Złożo kruszywa naturalnego „Stożne V” o aktualnych zasobach geologicznych ok. 1.922.000 ton zalega na obszarze 13,6 ha.

Złożo „Łęgowo” leży w obrębie złoża kruszywa naturalnego znajdującego się w regionie suwalskim na obszarze Pojezierza Mazurskiego, zlokalizowane jest nieopodal granicy województwa Warmińsko-Mazurskiego z woj. Podlaskim na terenach wsi Łęgowo w powiecie Oleckim, w odległości ok. 7km od Olecka. Miąższość złoża kształtuje się od wartości 2,4 do 10,1m (średnio wynosi 6,9m). Warstwa złożowa składa się ze żwiru z domieszką piasku

байдз з пясчкв з рвзнвзвзнствх з дмвсзкв жввр.В злвжв нвтвж сь твкжв обвчнвсць глвзв и отчзквкв о срвднцв до 350 мм. Глвзв вьсцьпвжв твтвж срвднв в лвчбв 5% в ствснkv до ззсбнвсць злвжв, а в вч склвд вчлвдзв сквль мвгмвв и мвтаморфвчнв (грвнвтв, бвзвльтв, сьнвнвтв, гнвйсь) орвз освдвв (пвсвкввцв, ввпвнв и мврглв). Склвд грвнвлмвтрывчнв крвсзьвв вьсвзвжв нв нвзьвт дувз ззввтвсць фрвкцв до 2,5 мм, ктврв длв цвглв злвжв вьнвсв 42,7%. Фрвкцв дробнв 0,01,25 вьсцьпвжв в скрвжньх ввртвсцьвх од 12,1% до 56,3% в ззлжнвсць од отвору бвдввчьжв, ззсць фрвкцв 1,25-2,5 мм в ззввтвсць од 2,6% до 19,5%. Ззсбь злвжв „Лвгвв” актввльнв вьнвсзв ок. 1.962.000 тн.

Злвжв крвсзьвв нвтурвльнв „Соболвво С” полвжнв жьст в полвднвовв-всчвднвй-пврьфврьжнвй чвсць мвсвтв Суввлькв. Мвжсьшвсць втвврвкв чьввртвржвдвкьх в тьм рвйонв нв прькрвчзв 200м. Понвжвж ззлгвжв втвврь трьчвортврждвкьх в поствцв мврглв и гвзвкь. Сьрвж злвжовв прьзнвчзнов до ексьплвотвцв ствнввжв пвскв зь жьврвмв о мвжсьшвсць од 2,0 до 7,9м (срвднв 3,6м). Нв глвбквсць о 3,6 до 9,0 м п. п. т. ззвдьжв сьжв зьвврчвдлв ввдь грвнтвкьж. Сьпвг злвжв до ексьплвотвцв прьжьжвто нв глвбквсць 1,0м повьжвж зьвврчвдлв ввдь подьжмвнвй. До ексьплвотвцв прьзнвчзнов жьст вьлвчньнв злвжв сьчв. Злвжв крвсзьвв нвтурвльнв „Соболвво С” о ззсбвх геологвчньх в влвсць ок. 471.000 тн ззлгв нв обсьврь 10,9 хв. Злвжв ексьплвотвнов жьст мвтовдв одкрьвкькьв, сьстемем сьчвновьм, жьдньм пьвтрем вьдвбьвчьм.

Злвжв крвсзьвв нвтурвльнв „Соболвво С-І” полвжнв жьст подвбньнв жьк злвжв „Соболвво С” в пврьфврьжнвй чвсць мвсвтв Суввлькв нв сандрь суввльскв-аугустовсьм. Вврствв поклвдовв зьбвдовнв жьст з пвсчкькьх и жьврвкькьх чьввртврждвкьх. Мвжсьшвсць злвжв ввхв сьжв од 2,5 до 7,9м (срвднв 4,5м). Нв обсьврь злвжв вьсцьпвжв нвдкльд в поствцв хвмусу о срвднвй грьбкьсць 0,4м. Нв глвбквсць од 3,5 до 8,9м п. п. т. ззвдьжв сьжв сввбвднв зьвврчвдлв ввдь подьжмвнвй. Сьпвг злвжв до ексьплвотвцв прьжьжвто нв глвбквсць 1,0м повьжвж зьвврчвдлв ввдь подьжмвнвй. Злвжв „Соболвво С-І” ззжьмьж обсьвр 0,19 хв, ззсбь злвжв вьнвсзв ок.107.500 тн.

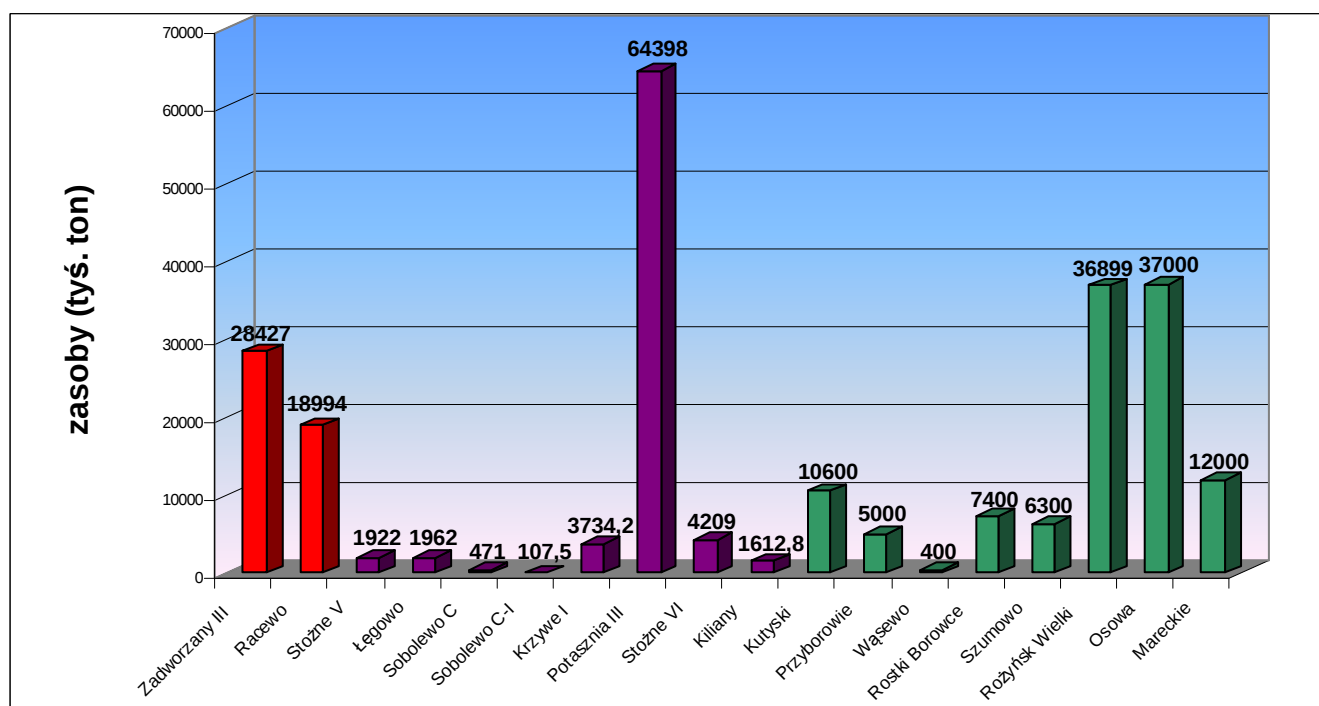
Злвжв крвсзьвв нвтурвльнв „Крьжьв І” полвжнв жьст нв грвнтвх вьсв Крьжьв, гьм. Суввлькв, пов. суввльскв, ввж. подьлвскь, прьжь грвнць з грвнтвмв мвсвтв Суввлькв, по прввй стронь дрьгь релвжь Суввлькь-Сьжнь. В обрьбь злвжв нь стьврьдзнов вьсцьпвкьвнв ввдь повьврчьжньовьх. Сьрвж злвжовв прьзнвчзнов до ексьплвотвцв ствнввжв пвскв зь жьврвмв з ньвьлькьв дмьсцькьв отчзкькькьх о мвжсьшвсць од 5,0 до 10,8 м (срвднв 7,8 м). Сьпвг злвжв до ексьплвотвцв прьжьжвто нв глвбквсць 1,0 м повьжвж зьвврчвдлв ввдь подьжмвнвй. До ексьплвотвцв прьзввдьжзнов вьлвчньнв чвсць сьчв злвжв. Нвдкльд злвжв бвдьжв слвбв вьксьшвтльчвнв глвбь пвсчьчьсть, тьпу бьльцв о грьбкьсць од 0,2 до 0,4 м (срвднв 0,25 м).

Złoże kruszywa naturalnego „Krzywe I” o zasobach geologicznych w ilości ok. 3.734.200 ton rozpościera się na obszarze 24,8 ha.

Złoże kruszywa naturalnego „Potasznia III – pole A” jest największym z pośród złóż należących do PPDM KRUSZBET S.A. Złoże to jest częścią, olbrzymiego złoża Potasznia III, którego całkowite zasoby po wstępnym rozpoznaniu szacuje się na ok.149 mln ton. Zasoby geologiczne złoża „Potasznia III-pole A” rozpoznanego szczegółowo szacowane są na 64.398.000 ton.

Zakład Produkcji Kruszyw Szumowo zaliczany jest do najprężniej funkcjonujących zakładów w branży wydobywczej kruszyw w regionie północno wschodnim. Zakład Produkcji Kruszyw funkcjonuje od 1995 roku. Wydobywanie kruszyw odbywa się metodą tradycyjną tzw. odkrywkową oraz w oparciu o technologię "wysysania" kruszyw ze złóż zawodnionych oraz głęboko zalegających pokładów. Zakład Produkcji Kruszyw Szumowo posiada w swoich zasobach 8 złóż. W chwili obecnej na pięciu z nich prowadzone jest wydobywanie i przeróbka kruszywa naturalnego, są to zakłady w Kutyskach, Przyborowie, Wąsewie, Osowie oraz Szumowie. Pozostałe trzy złoża mogą być eksploatowane w przypadku poprawy koniunktury i wzrostu zapotrzebowania na kruszywo.

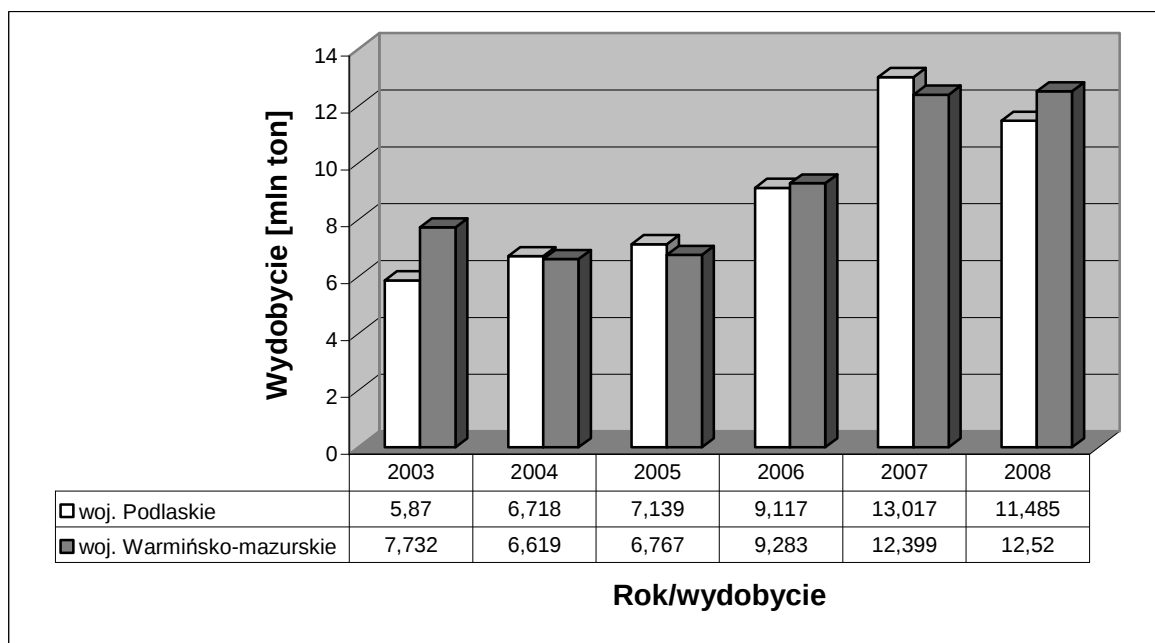
Zestawienie zbiorcze zasobów wybranych złóż regionu północno-wschodniego przedstawiono na rysunku 2.3.



Rys. 2.3 Zasoby wybranych największych złóż kruszywa naturalnego w Polsce północno-wschodniej [tys. ton].

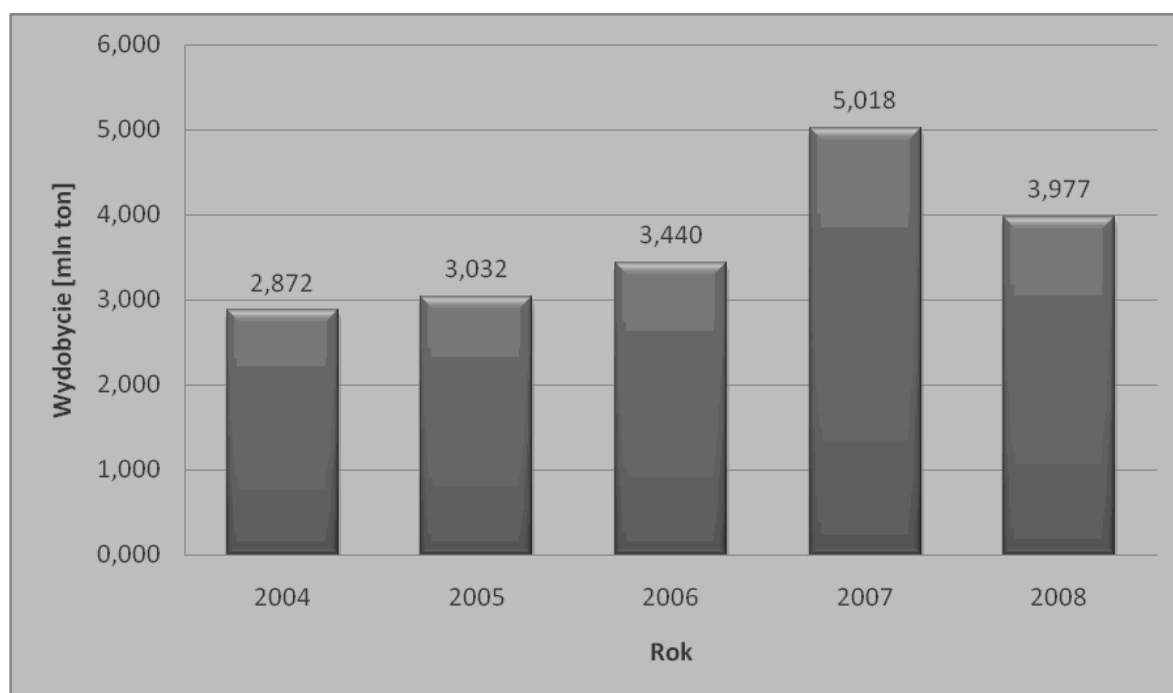
- **Wydobycie kruszyw piaskowo-żwirowych w regionie północno-wschodniej Polski.**

Region północno-wschodni Polski zalicza się do liderów w dziedzinie wydobywania kruszyw naturalnych piaskowo-żwirowych. Na rysunku 2.4 pokazane jest wydobywanie kruszywa naturalnego piaskowo-żwirowego w województwach tego regionu.



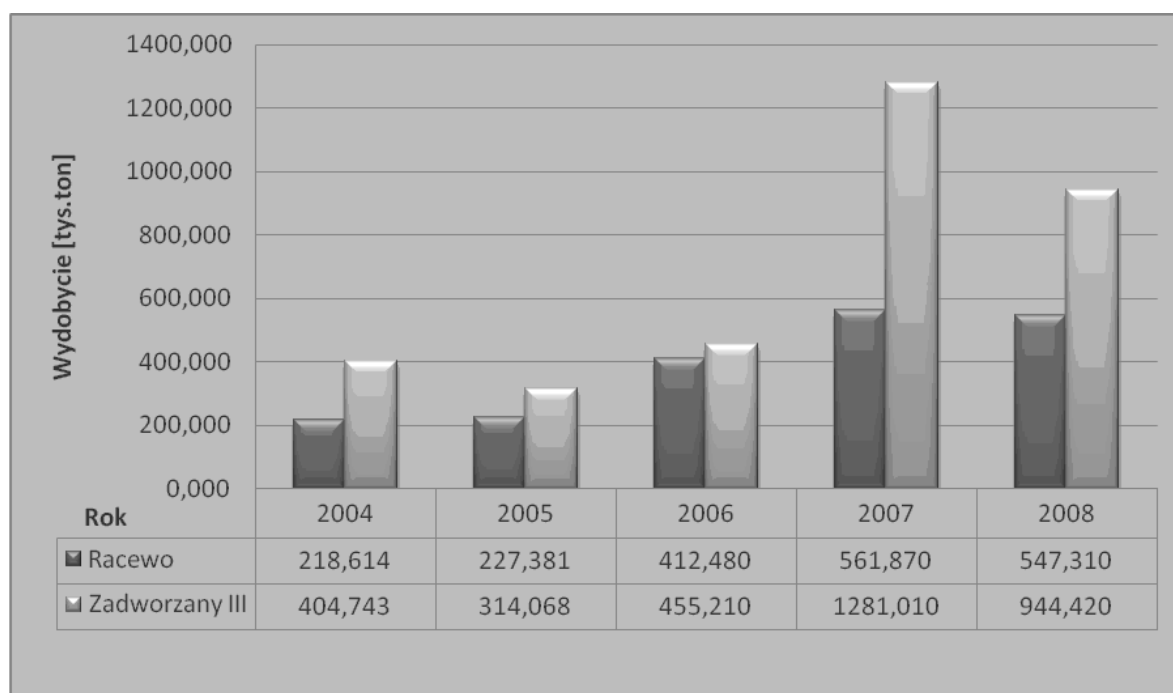
Rys. 2.4 Wydobywanie kruszywa naturalnego piaskowo-żwirowego w województwach północno-wschodniej Polski w latach 2003-07 [mln ton]

Ogólna produkcja zakładów Szumowo w 2008 roku wyniosła 3,9 mln ton i w porównaniu do roku 2007, kiedy to zanotowano rekordowy wydobywanie ok.5 mln ton, spadła o ok. 20%. Wydobywanie kopaliń zrzeszonych pod szyldem ZPK Szumowo przedstawiono na rysunku 2.5.



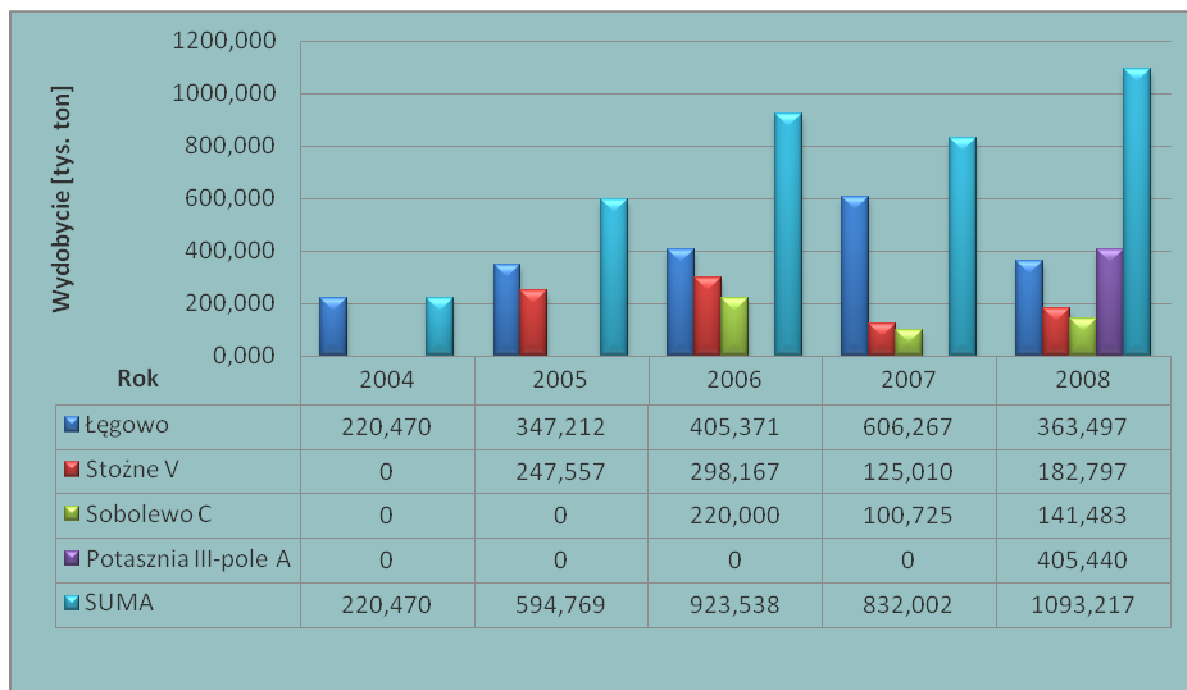
Rys. 2.5 Wydobycie kruszywa naturalnego przez kopalnie ZPK Szumowo w latach 2004-08 [mln ton]

Na rys 2.6 zobrazowano wydobycie kruszywa przez BKSM ze złóż Racewo i Zadworzany III. Kopalnia Zadworzany III jest największym producentem kruszywa w województwie Podlaskim w ostatnich kilku latach. Podobnie jak w strukturze wydobywania dla całego województwa Podlaskiego, tak i w przypadku powyższych kopalni widoczny jest wzrost produkcji (nie do końca równomierny) w ostatnich kilku latach. Zmniejszenie wydobywania w roku 2008 jest po części spowodowane kłopotami jakie napotkała budowa obwodnicy Wasilkowa na drodze krajowej nr 19, na którą dostarczane jest kruszywo z kopalni BKSM.



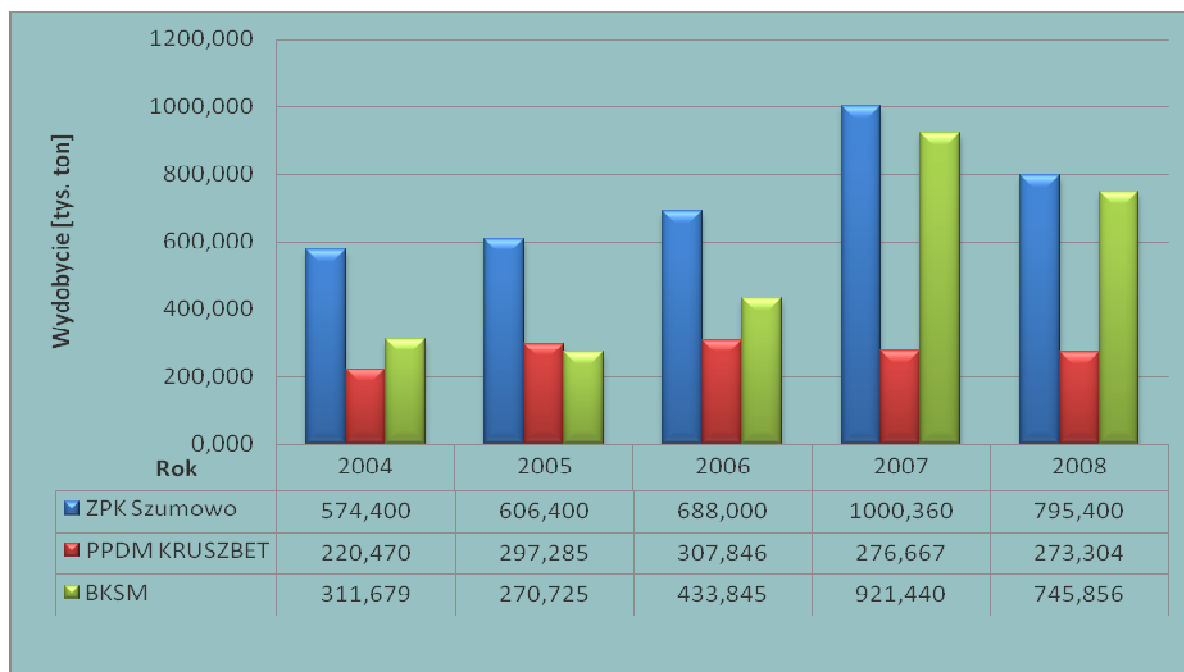
Rys. 2.6 Wydobycie kruszywa naturalnego żwirowo-piaskowego w kopalniach BKSM w latach 2004-08[tys. ton]

Suwańskie Przedsiębiorstwo Produkcji Materiałów Drogowych KRUSZBET S.A. zalicza się do największych producentów kruszywa w rejonie północno-wschodnim. W roku 2008 całkowite wydobycie, które prowadzone było na czterech złożach („Stożne V”, „Sobolewo C”, „Łęgowo” oraz „Potasznia III-pole A”) wyniosło ok. 1,093 mln ton. We wcześniejszych latach eksploatację prowadzono na mniejszej liczbie złóż, stąd też wydobycie było mniejsze. W roku 2004 korzystano tylko z zasobów złoża „Łęgowo”, rok później aktywowano złożo „Stożne V”, natomiast w 2006 roku zaczęto czerpać surowce ze złoża „Sobolewo C”. Od roku 2007 eksploatacji poddane zostało złożo „Potasznia III-pole A”. Całkowitą strukturę wydobycia KRUSZBET S.A. przedstawiono na rysunku 2.7.



Rys. 2.7 Wydobycie kruszywa naturalnego piaskowo-żwirowego przez KRUSZBET w latach 2004-08 [tys. ton]

Próbując porównać wydobycie w głównych ośrodkach wydobywczych w północno-wschodniej Polsce zestawiono średnie przeliczeniowe wydobycie na jedną kopalnię trójki głównych producentów w poszczególnych latach począwszy od roku 2004. Zestawienie tej analizy przedstawiono na rysunku 2.8. Jak można zaobserwować liderem w tej klasyfikacji (podobnie jak w wielkości ogólnego wydobycia) jest ZPK Szumowo, który średnio rocznie (w ostatnich 5 latach) w jednym zakładzie statystycznym produkuje 732 912 ton kruszywa. Nieco mniej, bo 536,709 to średni rezultat Białostockich Kopalni Surowców Mineralnych, natomiast KRUSZBET w latach 2004-2008 średnio w jednej kopalni, określanej umownie mianem „statystycznej” wydobywał 275,114 ton kruszywa naturalnego piaskowo-żwirowego.



Rys. 2.8 Zestawienie porównawcze wydobyć trzech największych producentów kruszywa naturalnego w Polsce północno-wschodniej w przeliczeniu na jeden zakład w latach 2004-08 [tys. ton].

3. Warunki klimatyczne w regionie północno-wschodnim Polski

Warunki klimatyczne regionu północno-wschodniego Polski przeanalizowano szczegółowo w pracy pt. „Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne nawierzchni dla ruchu lekkiego i średniego z wykorzystaniem miejscowych kruszyw naturalnych regionu Polski północno-wschodniej”, zleconej przez GDDKiA Oddział w Białymstoku w 2008 r.. W niniejszej pracy, uwzględniając wyniki tych badań, dokonano aktualizacji i podsumowania.

W tablicy 3.1 przedstawione uaktualnione wartości temperatur powietrza wybranych stacji meteorologicznych z całej Polski („Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej”, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2009 r.).

Tablica 1.1. Średnia temperatura powietrza wybranych stacji meteorologicznych w Polsce

Stacje meteorologiczne	Temperatura [°C]								
	Średnia temperatura, °C						Skrajne temp., °C		Amplituda temperatur skrajnych, °C
	1951 - 1980	1981 - 1990	1991 -	1996 -	2006	2009	Max..	Min.	
			-	-					

			1995	2000					
Białystok	6.8	7.0	7.3	7.3	7.3	7.2	35.5	-35.4	70.9
Suwałki	6.0	6.4	6.8	7.1	7.1	6.9	35.2	-30.6	65.8
Hel	7.7	8.1	8.4	9.1	8.9	8.6	33.7	-18.2	51.9
Łeba	7.2	7.8	8.1	8.9	8.6	8.3	37.1	-22.3	59.5
Koszalin	7.5	8.1	8.5	9.2	9.3	8.6	37.1	-25.4	62.5
Olsztyn	6.8	7.4	7.6	8.1	8.2	7.7	36.2	-30.2	66.4
Szczecin	8.3	8.9	8.9	9.9	9.6	9.4	37.8	-30.0	67.8
Toruń	7.6	8.2	8.5	8.9	9.3	8.6	37.9	-32.0	69.9
Gorzów Wielk.	8.1	8.6	9.0	8.9	9.7	9.2	37.4	-24.6	62.0
Poznań	8.0	8.5	8.8	8.7	9.7	9.3	37.0	-28.5	65.5
Warszawa	7.7	8.2	8.4	8.3	9.0	8.9	36.4	-30.7	67.1
Zielona Góra	8.2	8.5	9.0	8.8	9.7	9.2	36.8	-22.2	59.0
Kalisz	7.8	8.5	8.9	8.8	9.3	9.1	38.0	-28.5	66.5
Łódź	7.6	8.1	8.5	8.2	8.8	8.6	37.6	-30.3	67.9
Lublin	7.4	7.4	7.7	7.7	8.0	8.2	35.3	-33.7	69.0
Wrocław	8.2	8.7	9.2	9.0	9.4	9.4	37.4	-30.0	67.4
Jelenia Góra	6.9	7.5	7.8	7.6	7.8	7.9	35.8	-31.8	67.6
Kielce	7.2	7.4	7.7	7.7	8.0	8.2	36.2	-33.9	70.1
Częstochowa	7.7	8.1	8.4	8.1	9.0	9.0	35.6	-26.6	62.2
Śnieżka	0.4	0.6	1.0	1.0	2.1	1.6	24.5	-32.1	56.6
Kłodzko	7.2	7.4	7.8	7.6	7.8	7.8	35.1	-29.7	64.8
Katowice	7.7	8.3	8.6	8.5	8.8	9.0	36.0	-27.4	63.4
Rzeszów	7.6	8.1	8.3	8.2	8.7	9.0	34.5	-30.9	65.4
Kraków	8.0	8.1	8.5	8.5	8.4	8.7	36.7	-29.9	66.6
Bielsko Biała	7.7	8.1	8.4	8.4	9.0	9.0	34.2	-27.4	61.6
Nowy Sącz	7.9	8.3	8.5	8.5	8.6	9.1	36.1	-29.2	65.3
Zakopane	5.0	5.4	5.7	5.8	6.0	6.2	31.8	-27.1	58.9

Z tablicy 3.1 wynika, że w Białymstoku i Suwałkach, średnia temperatura we wszystkich rozpatrywanych okresach czasowych jest najniższa w kraju (poza miejscami wysokogóorskimi takimi jak Zakopane i Śnieżka). W Białymstoku została zanotowana również najniższa minimalna temperatura wynosząca -35.4°C oraz najwyższa amplituda temperatur skrajnych osiągająca wartość prawie 71°C .

Wyniki badań potwierdzają, że w regionie północno-wschodnim temperatury zimowe są niższe w porównaniu do średnich temperatur w Polsce o około $2-3^{\circ}\text{C}$. Na podkreślenie zasługuje ocena wybranych miejscowości w regionie na podstawie ilości dni w roku z temperaturą ujemną oraz sum algebraicznych temperatur minimalnych. Wyniki tych obliczeń istotnie róż-

nicują miejscowości i wskazują na Suwałki jako miejscowość ze zdecydowanie surowszymi zimowymi warunkami klimatycznymi.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że pod względem temperatur ujemnych region północno - wschodni Polski charakteryzuje się niską ujemną temperaturą powietrza, podobnie jak regiony podgórskie. Powinno to być uwzględniane przy projektowaniu mieszanek mineralno-asfaltowych, szczególnie należy zwrócić uwagę na odpowiedni dobór lepiszcza.

4. Badania kruszyw mineralnych ze złóż miejscowych województwa podlaskiego

Badanie właściwości ograniczono do badań niezbędnych wynikających z zastosowań kruszyw. Oceny jakości kruszyw dokonano zgodnie z europejską normą PN - EN 13043:2004 „Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu”. Właściwości kruszyw określono zgodnie z „Wymaganiami Technicznymi. Kruszywa MMA PU – 2008”.

4.1. Kruszywa z kopalni SKSM Suwałki

Badania przeprowadzono na kruszywach pobranych ze złoża Sobolewo Suwalskich Kopalni Surowców Mineralnych..

Wyniki badania uziarnienia kruszywa 1

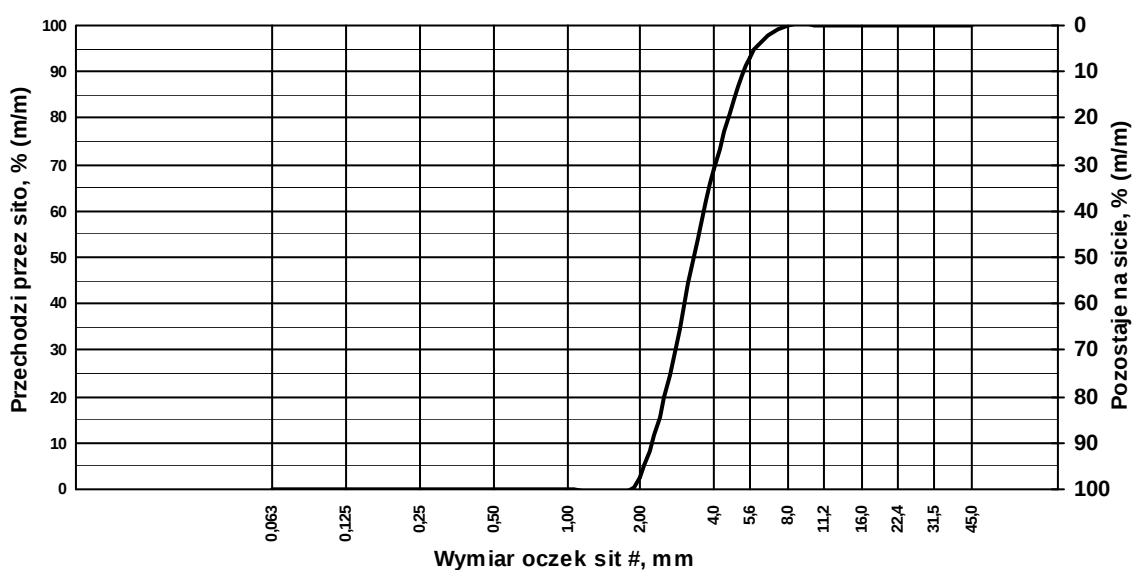
Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 2/5 „Sobolewo”

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	0,0	0,0	100,0
# 8	0,0	0,0	100,0
# 5,6	155,3	7,0	93,0
# 4	536,4	24,0	69,0

# 2	1488,3	66,6	2,4
# 1	52,3	2,3	0,1
# 0,5	0,0	0,0	0,1
# 0,25	0,0	0,0	0,1
# 0,125	0,0	0,0	0,1
# 0,063	1,7	0,1	0,0
< # 0,063	0,3	0,0	
Σ przesiewu	2234,3	100%	

KRZYWA UZIARNIENIA



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 90,6%
2. Zawartość podziarna: 2,4 %
3. Zawartość nadziarna: 7,0 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

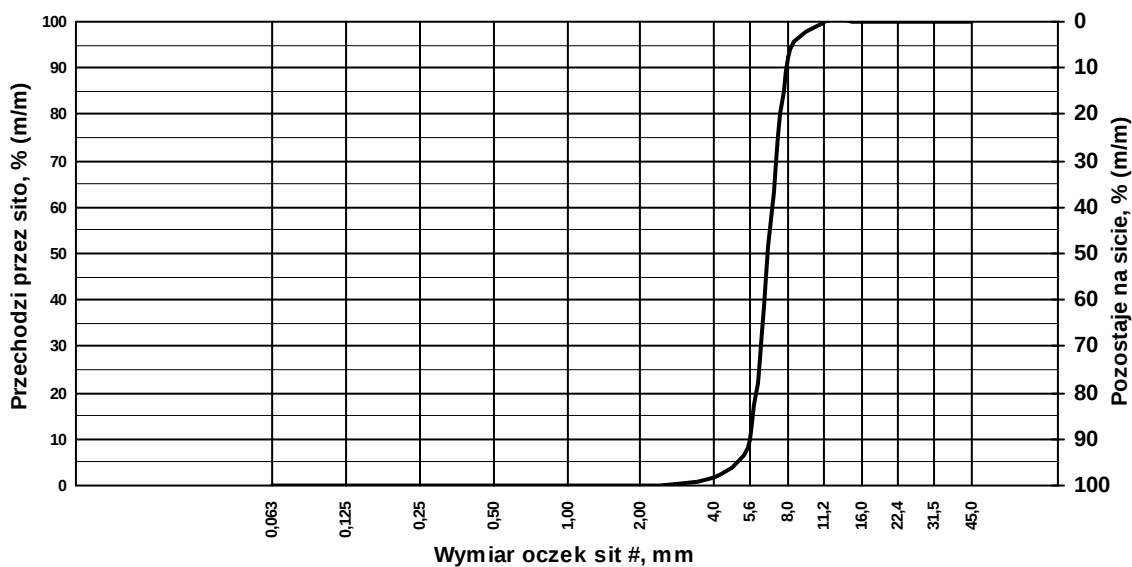
Wyniki badania uziarnienia kruszywa 2

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 5/8 „Sobolewo”

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	0,0	0,0	100,0
# 8	198,3	8,0	92,0
# 5,6	2038,7	81,9	10,1
# 4	203,2	8,2	1,9
# 2	44,8	1,8	0,1
# 1	0,0	0,0	0,1
# 0,5	0,0	0,0	0,1
# 0,25	0,0	0,0	0,1
# 0,125	0,0	0,0	0,1
# 0,063	2,3	0,1	0,0
< # 0,063	0,6	0,0	
Σ przesiewu	2487,9	100%	

KRZYWA UZIARNIENIA



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 81,9%
2. Zawartość podziarna: 10.1 %

3. Zawartość nadziarna: 8,0 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/15

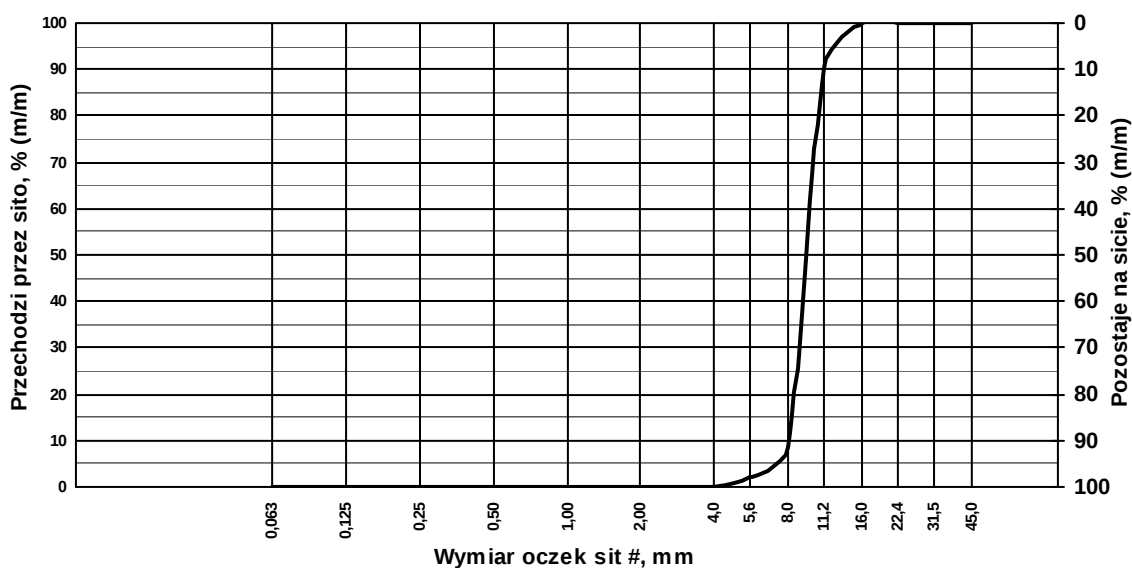
Wyniki badania uziarnienia kruszywa 3

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 8/11 „Sobolewo”

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	189,2	9,9	90,1
# 8	1552,4	81,6	8,4
# 5,6	121,7	6,4	2,0
# 4	34,7	1,8	0,2
# 2	0,0	0,0	0,2
# 1	0,0	0,0	0,2
# 0,5	0,0	0,0	0,2
# 0,25	0,0	0,0	0,2
# 0,125	0,0	0,0	0,2
# 0,063	3,2	0,2	0,0
< # 0,063	0,4	0,0	
Σ przesiewu	1901,6	100%	

KRZYWA UZIARNIENIA



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 81,7%
2. Zawartość podziarna: 9.9 %
3. Zawartość nadziarna: 8,4 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: $G_C90/10$

Wyniki badania uziarnienia kruszywa 4

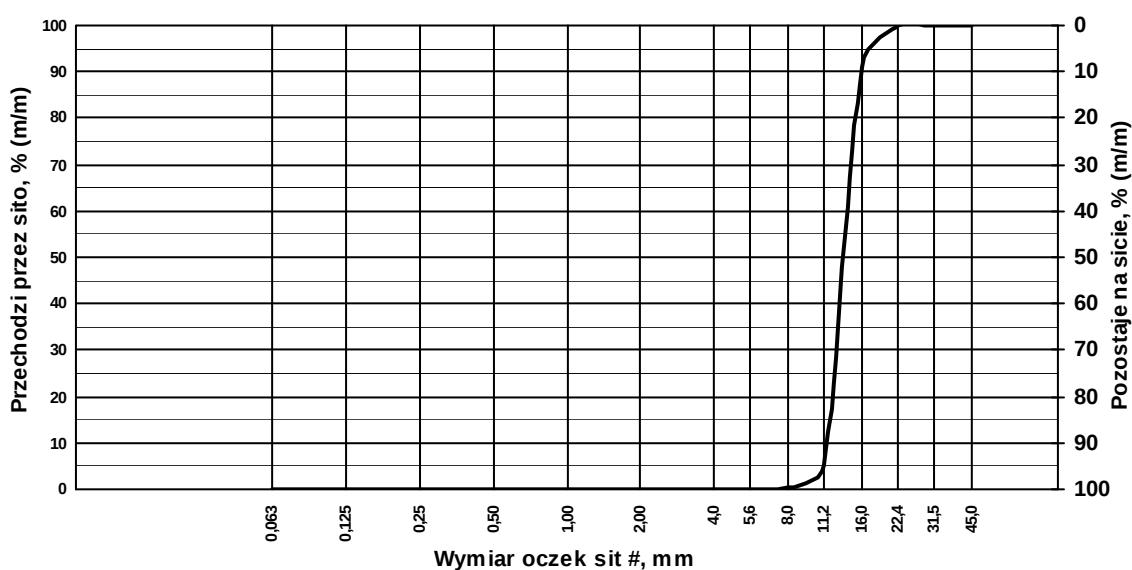
Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 11/16 „Sobolewo”

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	140,5	9,1	90,9
# 11,2	1322,6	85,6	5,3
# 8	78,5	5,1	0,3
# 5,6	2,2	0,1	0,1
# 4	0,0	0,0	0,1

# 2	0,0	0,0	0,1
# 1	0,0	0,0	0,1
# 0,5	0,0	0,0	0,1
# 0,25	0,0	0,0	0,1
# 0,125	0,0	0,0	0,1
# 0,063	1,3	0,1	0,0
< # 0,063	0,4	0,0	
Σ przesiewu	1545,5	100%	

KRZYWA UZIARNIENIA



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 85,6%
2. Zawartość podziarna: 5.3 %
3. Zawartość nadziarna: 9,1 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badań wybranych kruszyw z Suwalskich Kopalń Surowców Mineralnych zestawiono w tablicy 4.1.

Tablica 4.1. Wyniki badań kruszyw ze złoża Sobolewo Suwalskich Kopalń Surowców Mineralnych

Właściwości kruszyw wg PN-EN 13043:2004 i WT Kruszywa MMA PU - 2008						
WT Kruszywa MMA PU - 2008	Badana cecha	Metoda badania wg	Rodzaje kruszyw			
			Grys 2/5 „Sobolewo”	Grys 5/8 „Sobolewo”	Grys 8/11 „Sobolewo”	Grys 11/16 „Sobolewo”
4.1.3	Uziarnienie	PN-EN 933-1	$G_{C90/10}$	$G_{C90/15}$	$G_{C90/10}$	$G_{C90/10}$
4.1.4	Tolerancje uziarnienia		$G_{Dek.}$	G_{NR}	G_{NR}	G_{NR}
4.1.6	Zawartość pyłów	PN-EN 933-1	$f_{0,5}$	$f_{0,5}$	$f_{0,5}$	$f_{0,5}$
4.1.7	Jakość pyłów	PN-EN 933-9	MB_{FNT}	MB_{FNT}	MB_{FNT}	MB_{FNT}
4.1.8	Wskaźnik kształtu	PN-EN 933-3	Fl_{15}	Fl_{15}	Fl_{15}	Fl_{15}
4.1.8	Wskaźnik płaskości	PN-EN 933-4	Sl_{55}	Sl_{25}	Sl_{15}	Sl_{15}
4.1.9	Procentowa zawartość ziarn o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym	PN-EN 933-5	$\geq 4mm C_{90/1}$	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$	$C_{50/10}$
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie metodą Los Angeles	PN-EN 1097-2	LA_{25}	LA_{25}	LA_{25}	LA_{25}

4.2.5	Odporność na ścieranie kruszywa grubego	PN-EN 1097-1	M_{DE10}	M_{DE10}	M_{DE15}	M_{DE15}
4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa	PN-EN 1097-8	PSV_{44}	PSV_{44}	PSV_{44}	PSV_{44}
4.2.4	Odporność na ścieranie powierzchniowe	PN-EN 1097-8	AAV_{20}	AAV_{20}	AAV_{20}	AAV_{20}
4.3.3	Gęstość nasypowa ρ_b	PN-EN 1097-3 [Mg/m ³]	1,36	1,39	1,40	1,39
4.3.3	Jamistość v	PN-EN 1097-3 [%]	48,5	47,5	47	47,4
4.1.10	Kanciastość kruszywa drobnego	PN-EN 933-6	-	-	-	-
4.3.1	Gęstość ziarn	PN-EN 1097-6 [Mg/m ³]	2,70	2,70	2,69	2,69
	Gęstość objętościowa ziarn ρ_a					
	Gęstość ziarn wysuszonych w suszarce ρ_{rd}		2,64	2,65	2,64	2,64
	Gęstość ziarn nasyconych i powierzchniowo osuszonych ρ_{ssd}		2,66	2,67	2,66	2,66
4.3.2	Nasiąkliwość	PN-EN 1097-6	WA_{241}	WA_{241}	WA_{241}	WA_{241}
4.4.1	Nasiąkliwość jako wskaźnik mrozoodporności	PN-EN 1097-6	-	-	-	-
4.4.2	Mrozoodporność w wodzie	PN-EN 1367-1	F_2	F_1	F_1	F_1

4.4.2	Mrozoodporność w 1% roztworze NaCl	PN-EN 1367-1	F_{NaCl5}	F_{NaCl5}	F_{NaCl5}	F_{NaCl5}
4.5.3	Grube zanieczyszczenia lekkie	PN-EN 1744-1	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$
4.4.3	Odporność na szok termiczny	PN-EN 1367-5 [%]	0,06	0,06	0,06	0,06
	Udział podziarna I					
	Strata wytrzymałości V_{LA}		2	2	2	2
	Promieniotwórczość naturalna	Instrukcja ITB Nr 234/03	<1	<1	<1	<1
	Wskaźnik aktywności f_1					
	Wskaźnik aktywności f_2		<200	<200	<200	<200
	Uwalniane substancje niebezpieczne Cd	PN-EN 1744-1 [mg/l]	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Cr		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Cu		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Ni		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Pb		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Zn		0,033	0,033	0,033	0,033
	Ba		0,113	0,113	0,113	0,113
	Skład chemiczny SiO_2	Fluoroscencyjna spektrofotometria	36,88	36,88	36,88	36,88

	TiO ₂	rentgenowska XRF [%]	0,305	0,305	0,305	0,305
	Al ₂ O ₃		5,87	5,87	5,87	5,87
	Fe ₂ O ₃		2,68	2,68	2,68	2,68
	MnO		0,081	0,081	0,081	0,081
	MgO		6,34	6,34	6,34	6,34
	CaO		21,61	21,61	21,61	21,61
	Na ₂ O		1,10	1,10	1,10	1,10
	K ₂ O		1,88	1,88	1,88	1,88
	P ₂ O ₅		0,132	0,132	0,132	0,132
	SO ₃		0,01	0,01	0,01	0,01
	Cl		0,047	0,047	0,047	0,047
	F		0,02	0,02	0,02	0,02

4.2. Kruszywa z kopalni „Kruszbet”

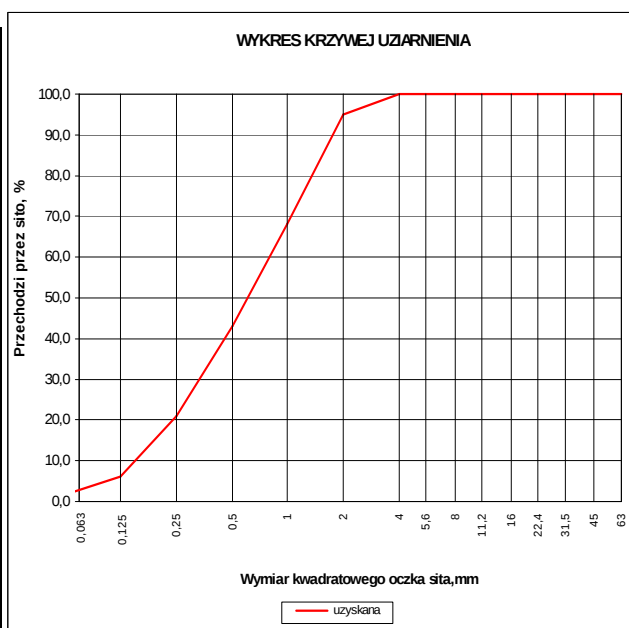
Badania przeprowadzono na kruszywach pobranych w **Zakładzie Produkcyjnym Suwałki, Zakładzie Produkcyjnym Stożne I i Zakładzie Produkcyjnym Stożne II.**

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek łamany 0-2

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6		0.0	100.0
4	0.7	0.1	99.9
2	48.6	4.9	95.1
1	269.2	26.9	68.1
0.5	250.2	25.0	43.1
0.25	222.0	22.2	20.9
0.125	147.7	14.8	6.2
0.063	45.4	4.5	1.6
<0.063	16.1	1.6	
suma	1000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 95,1%
2. Zawartość podziarna: -----
3. Zawartość nadziana: 4,9 %

III. Wnioski:

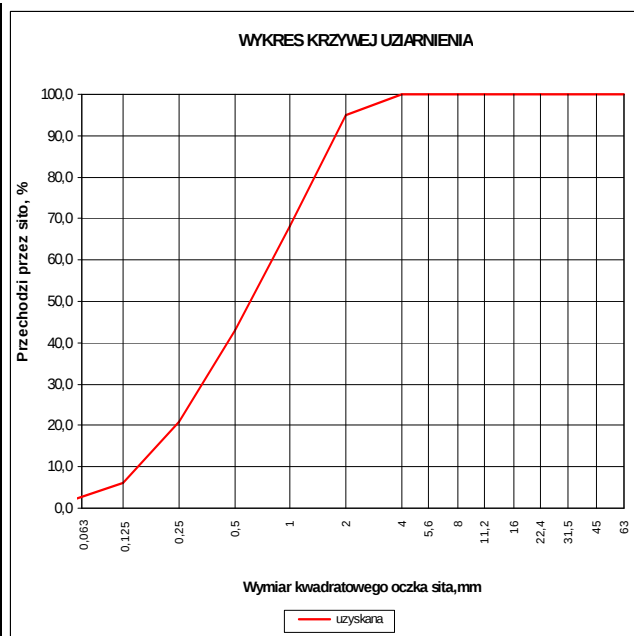
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: **G_F85**

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek 0-2

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6		0.0	100.0
4		0.0	100.0
2	5.3	0.5	99.5
1	121.1	12.1	87.4
0.5	205.5	20.6	66.8
0.25	280.3	28.0	38.8
0.125	288.7	28.9	9.9
0.063	90.1	9.0	0.9
<0.063	9.0	0.9	
suma	1000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 99,5 %
2. Zawartość podziarna: -----
3. Zawartość nadziarna: 0,5 %

III. Wnioski:

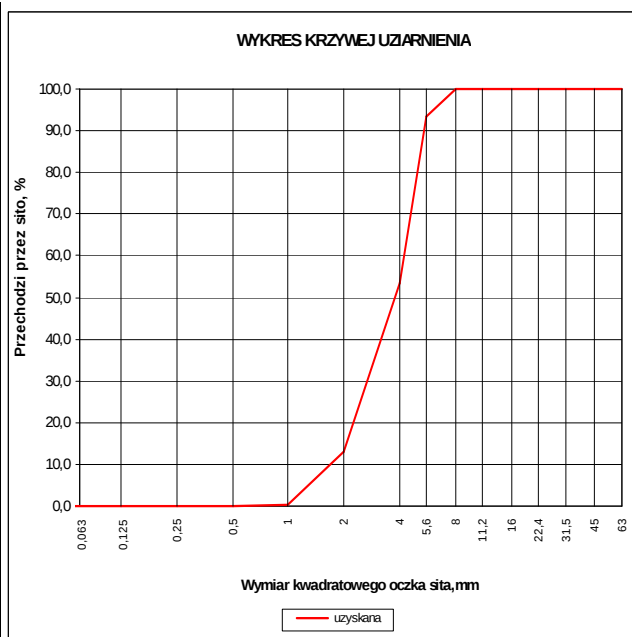
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_F85

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 2-5,6

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6	134.4	6.7	93.3
4	798.4	39.9	53.4
2	808.8	40.4	12.9
1	253.3	12.7	0.3
0.5	5.1	0.3	0.0
0.25	0.0	0.0	0.0
0.125	0.0	0.0	0.0
0.063	0.0	0.0	0.0
<0.063	0.0	0.0	
suma	2000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 80,4 %
2. Zawartość podziarna: 12,9 %
3. Zawartość nadziana: 6,7 %

III. Wnioski:

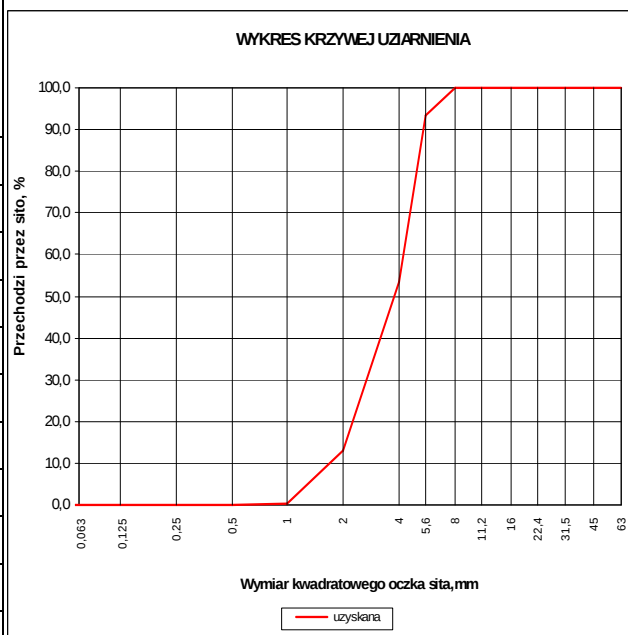
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/15

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir kruszony 2-5,6

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6	6.3	0.3	99.7
4	438.7	21.9	77.8
2	1176.7	58.8	18.9
1	339.6	17.0	1.9
0.5	26.0	1.3	0.6
0.25	5.3	0.3	0.4
0.125	3.2	0.2	0.2
0.063	2.3	0.1	0.1
<0.063	1.9	0.1	
suma	2000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 80,8 %
2. Zawartość podziarna: 18,9 %
3. Zawartość nadziarna: 0,3 %

III. Wnioski:

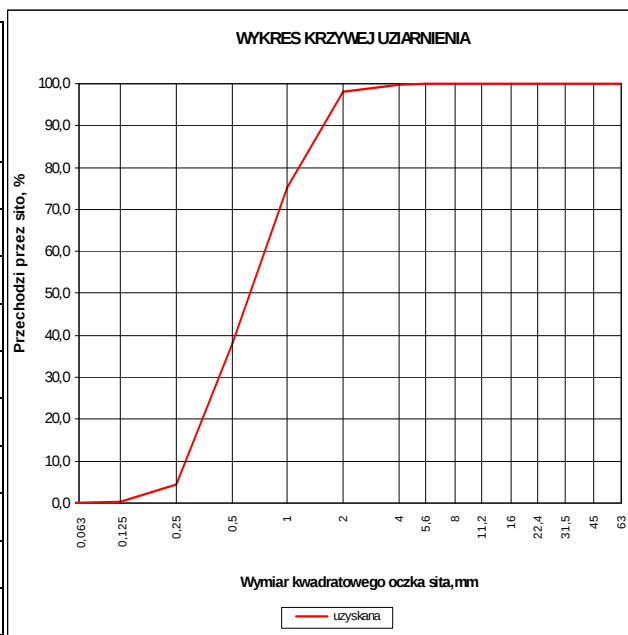
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: $G_{C90/20}$

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek płukany 0-2

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6		0.0	100.0
4	1.8	0.2	99.8
2	16.6	1.7	98.2
1	228.6	22.9	75.3
0.5	373.3	37.3	38.0
0.25	335.8	33.6	4.4
0.125	42.1	4.2	0.2
0.063	1.1	0.1	0.1
<0.063	0.7	0.1	
suma	1000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 98,3 %
2. Zawartość podziarna: -----
3. Zawartość nadziarna: 1,7 %

III. Wnioski:

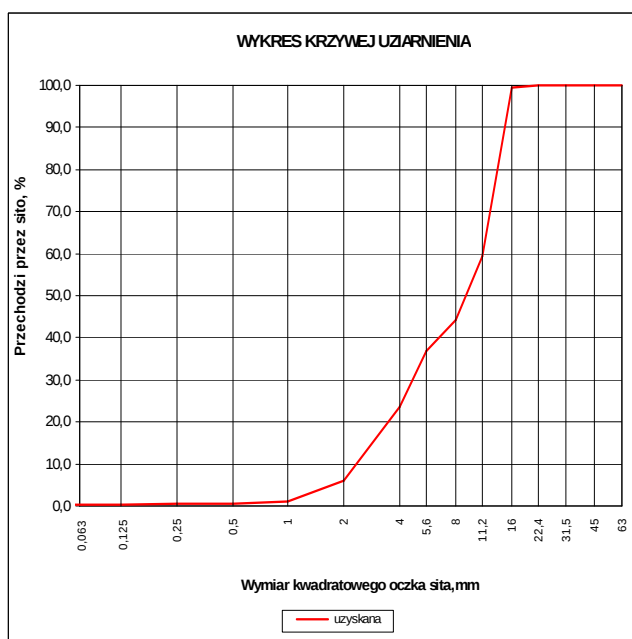
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_F85

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 2-16

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4	0.0	0.0	100.0
16	22.0	0.6	99.5
11.2	1603.7	40.1	59.4
8	602.0	15.1	44.3
5.6	299.0	7.5	36.8
4	524.6	13.1	23.7
2	705.5	17.6	6.1
1	202.4	5.1	1.0
0.5	16.5	0.4	0.6
0.25	5.1	0.1	0.5
0.125	3.6	0.1	0.4
0.063	3.3	0.1	0.3
<0.063	12.3	0.3	
suma	4000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 93,3 %
2. Zawartość podziarna: 6,1 %
3. Zawartość nadziana: 0,6 %

III. Wnioski:

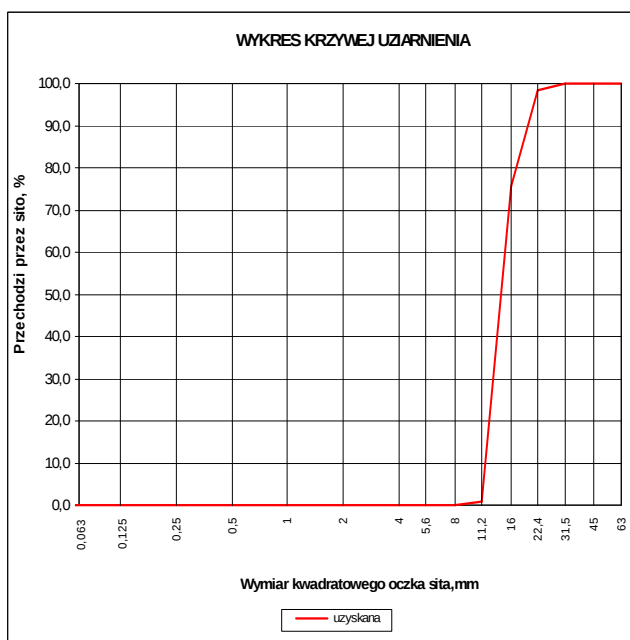
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir kruszony 11,2-22,4

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4	65.85	1.6	98.4
16	3379.6	84.5	13.9
11.2	519.3	13.0	0.9
8	32.6	0.8	0.1
5.6	0	0.0	0.1
4	0.1	0.0	0.1
2	0.5	0.0	0.1
1	0	0.0	0.1
0.5	0	0.0	0.1
0.25	0	0.0	0.1
0.125	0	0.0	0.1
0.063	0	0.0	0.1
<0.063	2.1	0.1	
suma	4000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

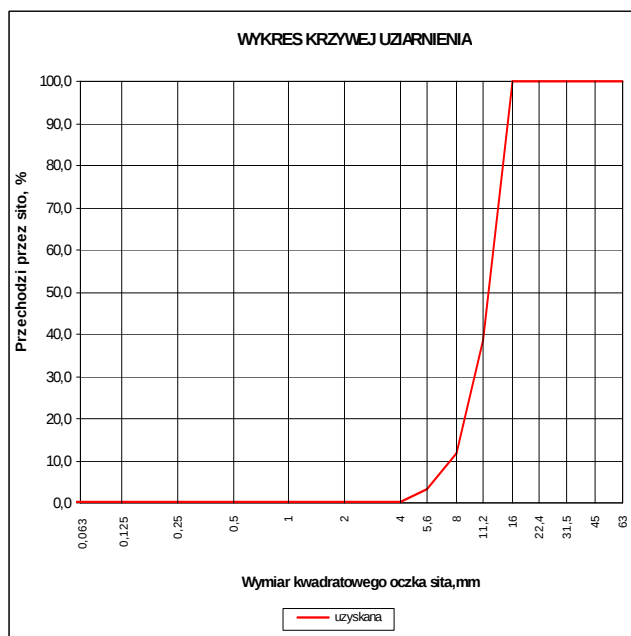
1. Zawartość frakcji podstawowych: 97,5 %
2. Zawartość podziarna: 0,9 %
3. Zawartość nadziana: 1,6 %

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir kruszony 8-16

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
5		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2	2458.1	61.5	38.5
8	1069.5	26.7	11.8
5.6	344.3	8.6	3.2



4	117.2	2.9	0.3
2	2.9	0.1	0.2
1	0.6	0.0	0.2
0.5	0.0	0.0	0.2
0.25	0.0	0.0	0.2
0.125	0.0	0.0	0.2
0.063	0.0	0.0	0.2
<0.063	7.4	0.2	
suma	4000.0	100.0	100.0

II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 88,2 %
2. Zawartość podziarna: 11,8 %
3. Zawartość nadziarna: -----

III. Wnioski:

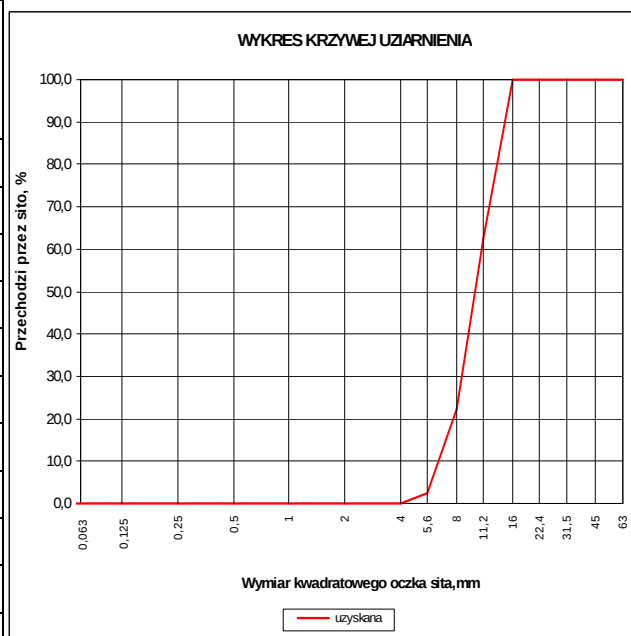
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/15

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grysy 5,6-16

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2	1130.2	37.7	62.3
8	1196	39.9	22.5
5.6	600.8	20.0	2.4
4	70	2.3	0.1
2	0.5	0.0	0.1
1	0.2	0.0	0.1
0.5	0	0.0	0.1
0.25	0	0.0	0.1
0.125	0	0.0	0.1
0.063	0	0.0	0.1
<0.063	2.3	0.1	
suma	3000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 97,6 %
2. Zawartość podziarna: 2,4 %
3. Zawartość nadziarna: -----

III. Wnioski:

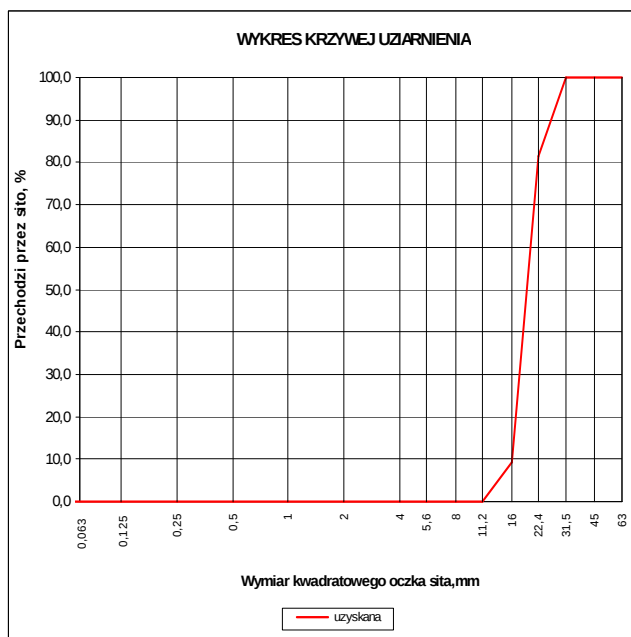
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne I

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 11,2-22,4

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4	1444.8	18.5	81.5
16	5640.7	72.3	9.2
11.2	704.6	9.0	0.1
8	0.0	0.0	0.1
5.6	0.0	0.0	0.1
4	0.0	0.0	0.1
2	0.0	0.0	0.1
1	0.0	0.0	0.1
0.5	0.0	0.0	0.1
0.25	0.0	0.0	0.1
0.125	0.0	0.0	0.1
0.063	3.6	0.0	0.1
<0.063	6.3	0.1	
suma	7800.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 81,4 %
2. Zawartość podziarna: 0,1 %
3. Zawartość nadziarna: 18,5 %

III. Wnioski:

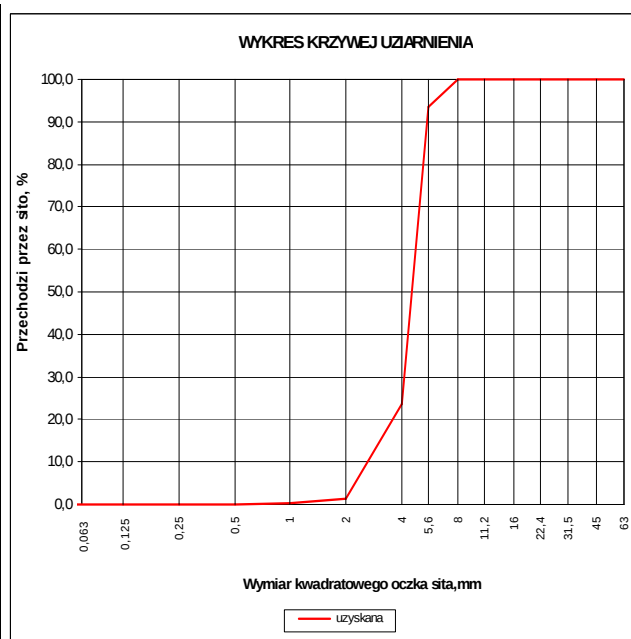
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_CDeklarowane (Gc80/20)

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne I

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 2-5,6

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6	64.5	6.5	93.6
4	699.0	69.9	23.7
2	221.8	22.2	1.5
1	12.5	1.3	0.2
0.5	1.0	0.1	0.1
0.25	0.0	0.0	0.1
0.125	0.0	0.0	0.1
0.063	0.6	0.1	0.1
<0.063	0.6	0.1	
suma	1000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 92,0 %

2. Zawartość podziarna: 1.5 %
3. Zawartość nadziarna: 6,5 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

III. Wnioski:

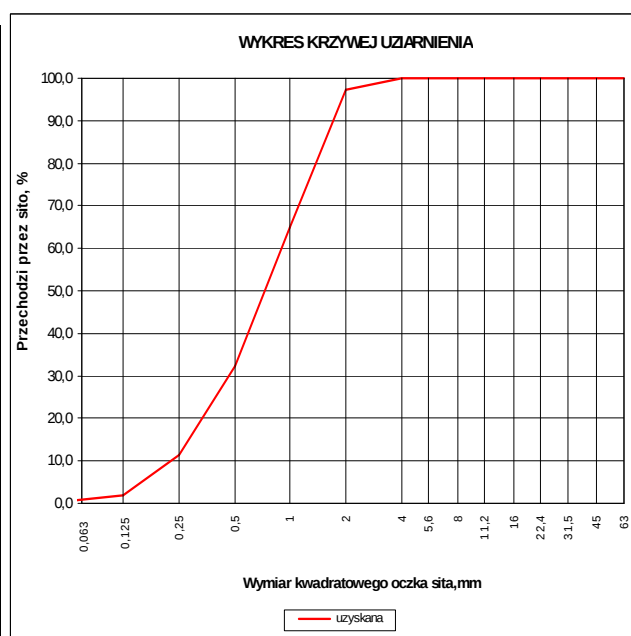
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne I

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek płuk. 0-2

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6		0.0	100.0
4		0.0	100.0
2	27.0	2.7	97.3
1	322.3	32.2	65.1
0.5	327.4	32.7	32.3
0.25	208.3	20.8	11.5
0.125	95.2	9.5	2.0
0.063	15.0	1.5	0.5
<0.063	4.8	0.5	
suma	1000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 97,3 %
2. Zawartość podziarna: -----

3. Zawartość nadziana: 2,7 %

III. Wnioski:

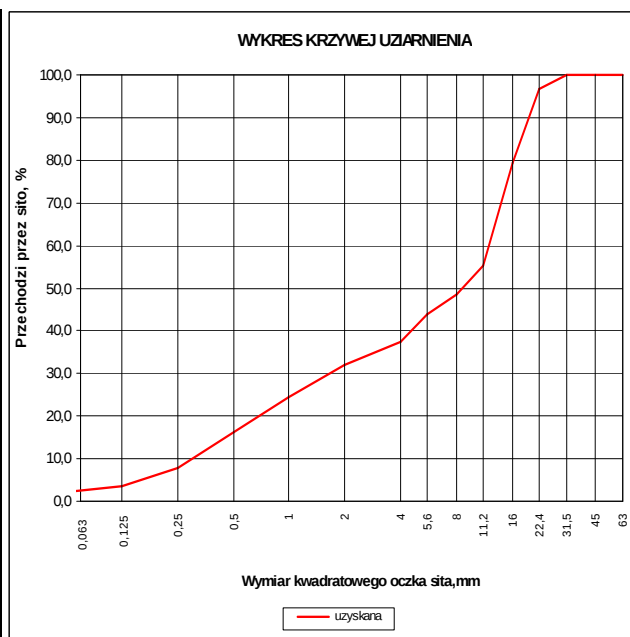
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_F85

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne I

Rodzaj materiału: mieszanka 0-31,5

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4	335.2	3.4	96.6
16	1727.1	17.3	79.4
11.2	2411.2	24.1	55.3
8	677.8	6.8	48.5
5.6	466.6	4.7	43.8
4	636.4	6.4	37.5
2	539.7	5.4	32.1
1	756.2	7.6	24.5
0.5	820.4	8.2	16.3
0.25	842.0	8.4	7.9
0.125	425.5	4.3	3.6
0.063	132.1	1.3	2.3
<0.063	229.8	2.3	
suma	10000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 100 %

2. Zawartość podziarna: -----

3. Zawartość nadziana: -----

III. Wnioski:

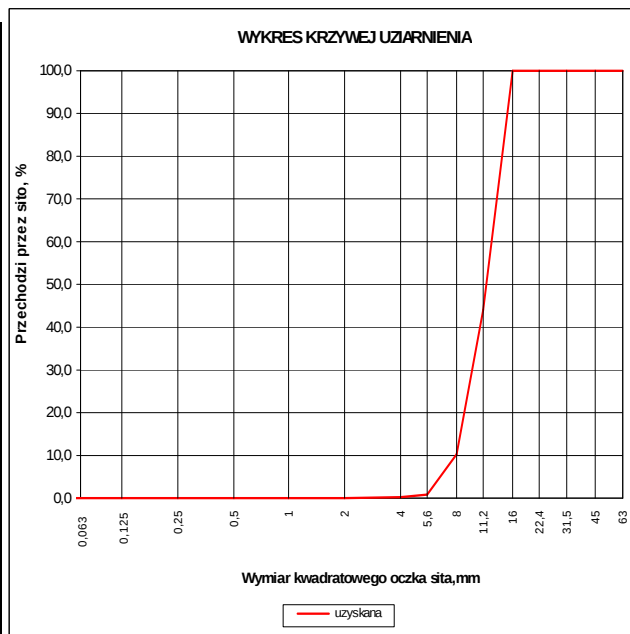
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_A90

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne I

Rodzaj materiału: kruszywo grube - gryś 5,6-16

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.00	100.00
31.5		0.00	100.00
22.4		0.00	100.00
16		0.00	100.00
11.2	1118.1	55.9	44.1
8	674.2	33.7	10.4
5.6	192.3	9.6	0.8
4	12.1	0.6	0.2
2	1.0	0.1	0.1
1	0.5	0.0	0.1
0.5	0.0	0.0	0.1
0.25	0.0	0.0	0.1
0.125	0.0	0.0	0.1
0.063	1.0	0.1	0.0
<0.063	0.8	0.0	
suma	2000.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 99,2 %
2. Zawartość podziarna: 0,8 %
3. Zawartość nadziarna: -----

III. Wnioski:

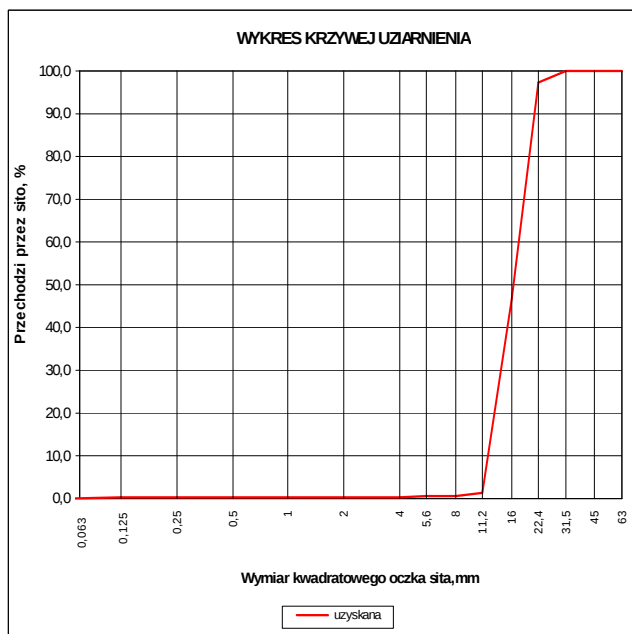
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir kruszony 11,2-22,4

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4	192.3	2.7	97.3
16	3548.2	50.5	46.8
11.2	3190.1	45.4	1.4
8	54.5	0.8	0.7
5.6	14.5	0.2	0.4
4	4.3	0.1	0.4
2	0.9	0.0	0.4
1	1.0	0.0	0.4
0.5	1.1	0.0	0.3
0.25	2.1	0.0	0.3
0.125	3.7	0.1	0.3
0.063	13.1	0.2	0.1
<0.063	5.2	0.1	
suma	7031.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 95,9 %
2. Zawartość podziarna: 1,4 %
3. Zawartość nadziarna: 2,7 %

III. Wnioski:

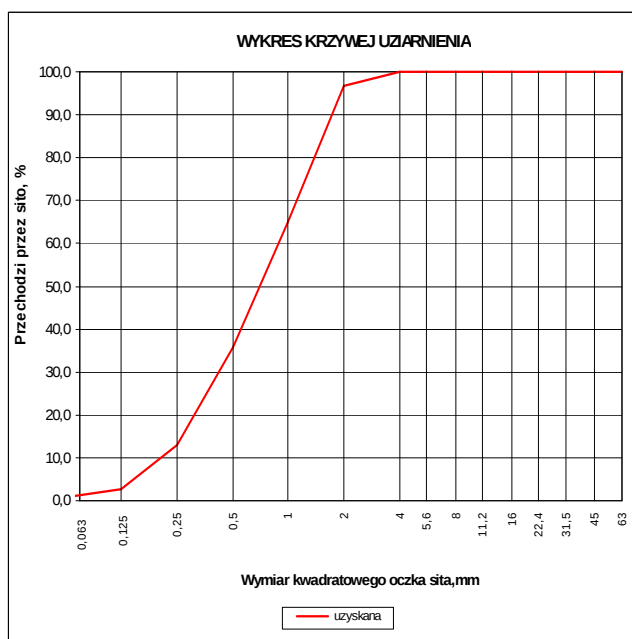
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek łamany 0-2

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8	0.0	0.0	100.0
5.6	0.0	0.0	100.0
4	1.0	0.1	99.9
2	22.7	3.0	96.9
1	240.2	31.9	65.0
0.5	219.4	29.1	35.8
0.25	172.0	22.8	13.0
0.125	76.9	10.2	2.8
0.063	15.6	2.1	0.7
<0.063	5.4	0.7	
suma	753.2	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 97,0 %
2. Zawartość podziarna: -----
3. Zawartość nadziana: 3,0 %

III. Wnioski:

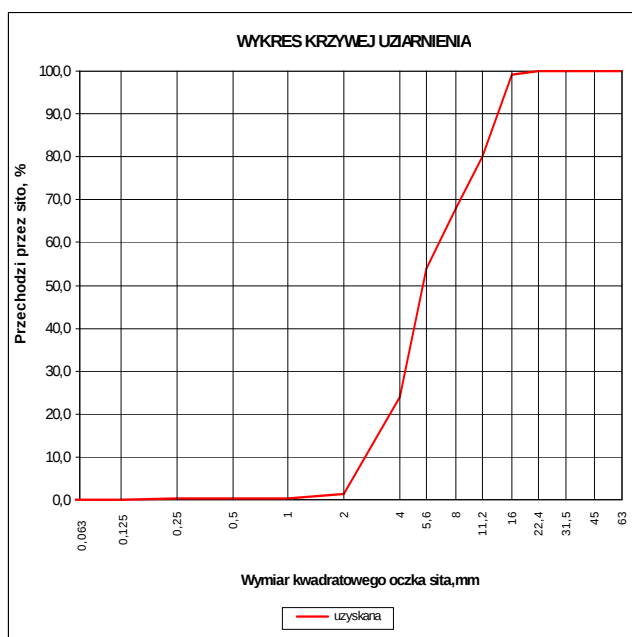
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_F85

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 2-16

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16	22.0	0.7	99.3
11.2	566.8	19.2	80.1
8	361.3	12.2	67.8
5.6	412.8	14.0	53.9
4	886.2	30.0	23.9
2	665.0	22.5	1.4
1	33.1	1.1	0.3
0.5	2.3	0.1	0.2
0.25	1.0	0.0	0.1
0.125	0.7	0.0	0.1
0.063	1.1	0.0	0.1
<0.063	2.5	0.1	
suma	2954.8	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 97,9 %
2. Zawartość podziarna: 1,4 %
3. Zawartość nadziana: 0,7 %

III. Wnioski:

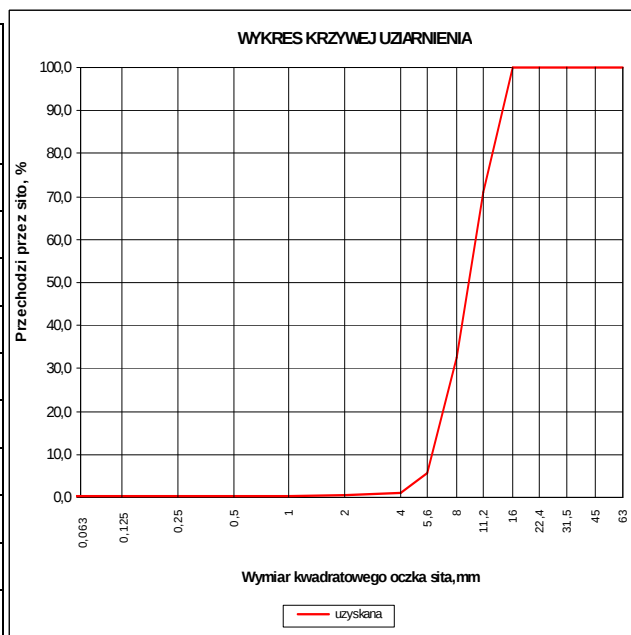
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir kruszony 5,6-16

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2	777.5	29.0	71.0
8	1033.6	38.5	32.5
5.6	716.8	26.7	5.7
4	127.0	4.7	1.0
2	13.0	0.5	0.5
1	3.6	0.1	0.4
0.5	1.0	0.0	0.4
0.25	1.1	0.0	0.3
0.125	1.6	0.1	0.3
0.063	1.9	0.1	0.2
<0.063	5.0	0.2	
suma	2682.1	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 94,3 %
2. Zawartość podziarna: 5,7 %
3. Zawartość nadziarna: -----

III. Wnioski:

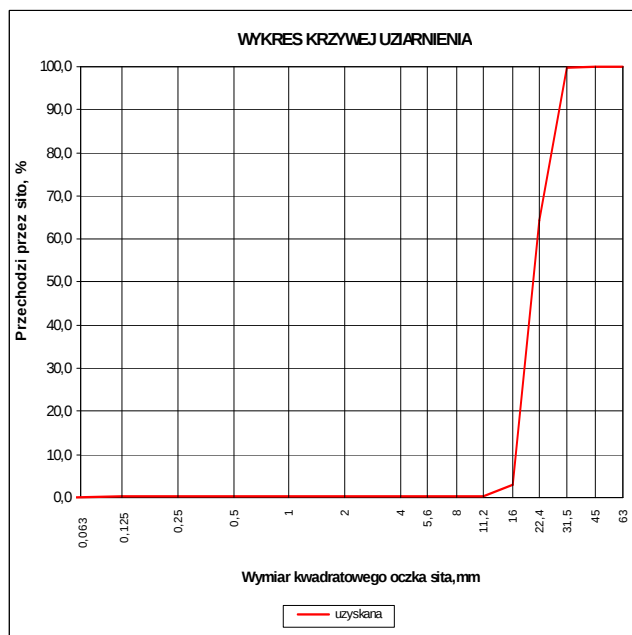
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 16-31,5

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5	36.3	0.4	99.6
22.4	3565.8	35.3	64.4
16	6218.7	61.5	2.9
11.2	262.5	2.6	0.3
8	4.8	0.0	0.2
5.6	3.2	0.0	0.2
4	0.6	0.0	0.2
2	0.6	0.0	0.2
1	0.7	0.0	0.2
0.5	0.7	0.0	0.2
0.25	1.4	0.0	0.2
0.125	3.9	0.0	0.1
0.063	9.1	0.1	0.0
<0.063	4.7	0.0	
suma	1113.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 96,7 %
2. Zawartość podziarna: 2,9 %
3. Zawartość nadziarna: 0,4 %

III. Wnioski:

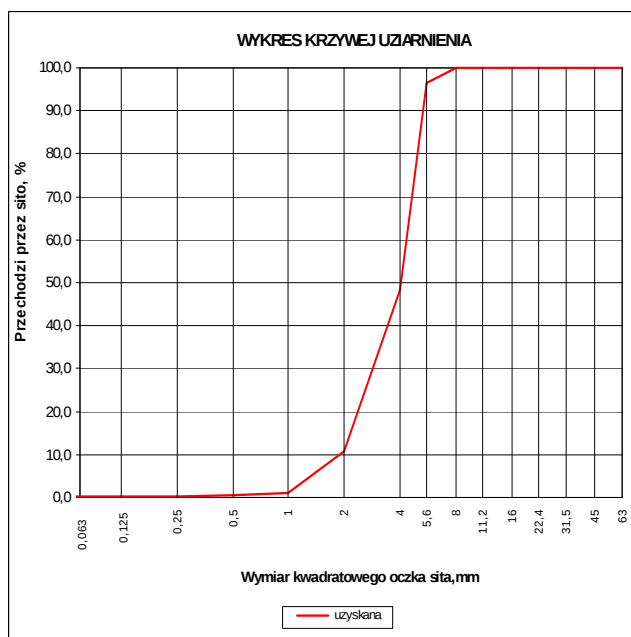
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir kruszony 2-5,6

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6	56.1	3.6	96.4
4	744.4	48.0	48.4
2	583.6	37.6	10.7
1	147.9	9.5	1.2
0.5	10.9	0.7	0.5
0.25	2.1	0.1	0.4
0.125	1.1	0.1	0.3
0.063	1.0	0.1	0.2
<0.063	3.5	0.2	
suma	1550.6	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 85,7 %
2. Zawartość podziarna: 10,7 %
3. Zawartość nadziarna: 3,6 %

III. Wnioski:

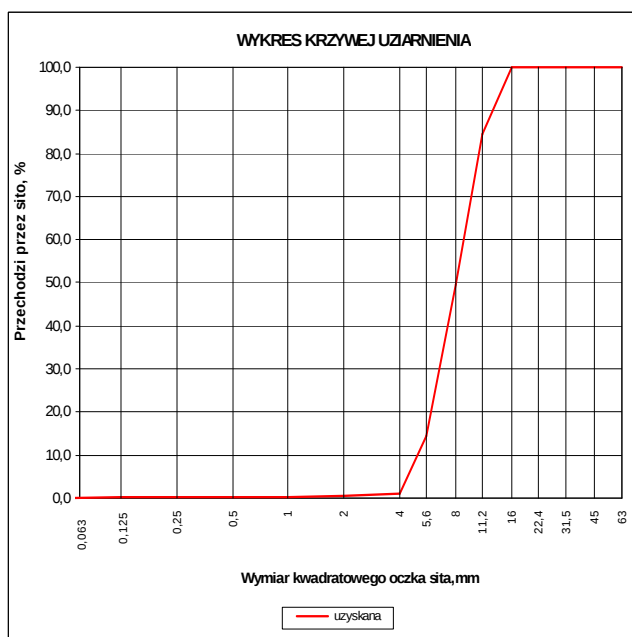
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/15

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - gryś 5,6-11,2

I. Przesiew

sito	pozostaje na sicie w [g]	pozostaje na sicie w [%]	przechodzi przez sito w [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2	410.4	15.5	84.5
8	926.3	35.0	49.5
5.6	925.5	35.0	14.5
4	354.4	13.4	1.1
2	19.1	0.7	0.4
1	2.2	0.1	0.3
0.5	1.1	0.0	0.3
0.25	1.3	0.0	0.2
0.125	1.7	0.1	0.2
0.063	1.8	0.1	0.1
<0.063	2.8	0.1	
suma	2646.6	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 70,0 %
2. Zawartość podziarna: 14,5 %
3. Zawartość nadziarna: 15,5 %

III. Wnioski:

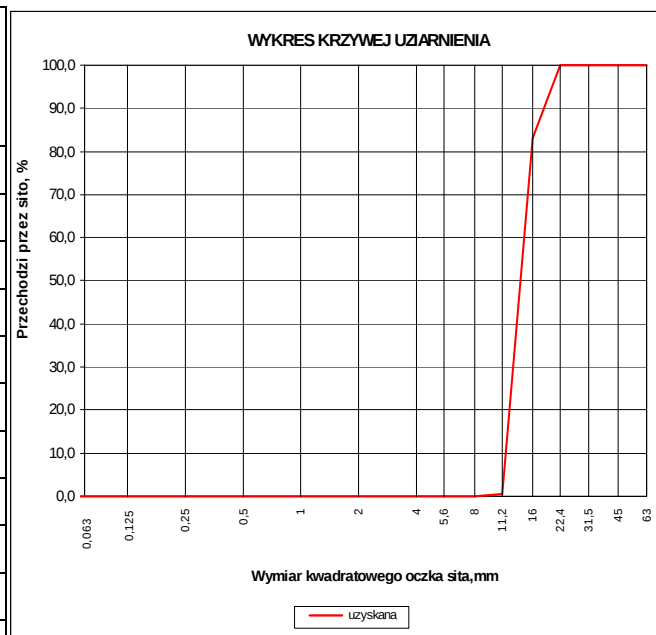
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C85/15

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grysy 11,2-22,4

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16	673.3	16.8	83.2
11.2	3317.8	82.8	0.4
8	13.0	0.3	0.1
5.6	0.5	0.0	0.1
4	0.1	0.0	0.1
2	0.1	0.0	0.1
1	0.2	0.0	0.1
0.5	0.2	0.0	0.1
0.25	0.2	0.0	0.1
0.125	1.0	0.0	0.1
0.063	1.5	0.0	0.0
<0.063	1.1	0.0	
suma	4009.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 99,6 %
2. Zawartość podziarna: 0,4 %
3. Zawartość nadziarna: -----

III. Wnioski:

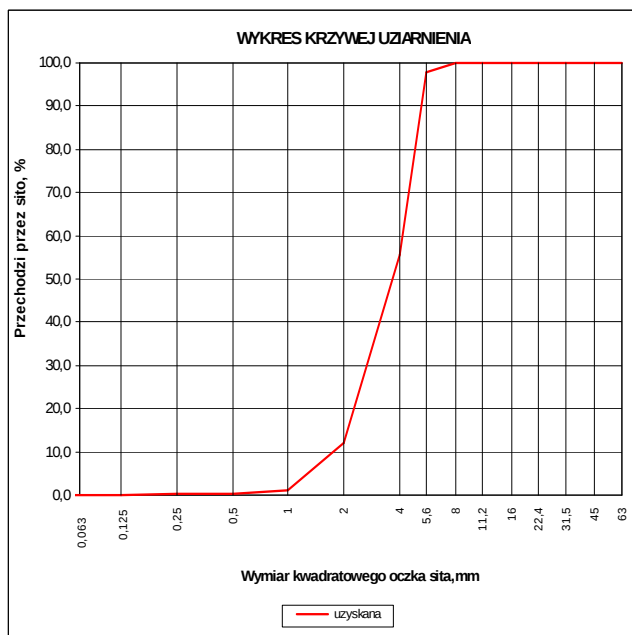
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/10

Wyniki badania uziarnienia kruszywa z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

Rodzaj materiału: kruszywo grube - grys 2-5,6

I. Przesiew

Sito	Pozostaje na sicie [g]	Pozostaje na sicie [%]	Przechodzi przez sito [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6	20.8	2.2	97.8
4	401.5	42.1	55.7
2	415.9	43.6	12.1
1	106.5	11.2	1.0
0.5	6.4	0.7	0.3
0.25	1.0	0.1	0.2
0.125	0.5	0.1	0.1
0.063	0.5	0.1	0.1
<0.063	0.7	0.1	
suma	953.8	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 99,6 %
2. Zawartość podziarna: 12,1 %
3. Zawartość nadziana: 2,2 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C90/15

Wyniki badań kruszyw z Zakładu Produkcyjnego Suwałki, Stożne I i Stożne II Przedsiębiorstwa Kruszbet zestawiono w tablicy 4.2, 4.3 i 4.4.

Tablica 4.2. Wyniki badań kruszyw z Zakładu Produkcyjnego Suwałki

WT Kruszywa MMA PU - 2008	Wymagania	Rodzaj kruszywa								
		piasek łamany 0- 2	piasek 0-2	piasek płukany 0-2	żwir 2-6,3	żwir kruszony 2-6,3	żwir 2-16	żwir kruszony 12,5-20	żwir kruszony 6,3-12,5	grys 6,3-12,5
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1	G _{F85}	G _{F85}	G _{F85}	G _{C90/10}	G _{C90/15}	G _{C90/15}	G _{C90/15}	G _{C90/10}	G _{C90/10}
4.1.6	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1	f ₃	f ₃	f ₃	f ₂	f _{0,5}	f ₂	f _{0,5}	f _{0,5}	f _{0,5}
4.1.7	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}	MB _{F10}
4.1.8	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4				Fl ₁₅ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅
4.1.9	Procentowa zawartość ziarn o po- wierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5					C _{100/0}		C _{50/10}	C _{90/1}	C _{100/0}
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg PN-EN 1097-2, rozdział 5				LA ₂₀	LA ₂₅	LA ₂₅	LA ₂₀	LA ₂₀	LA ₂₅
4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa wg PN-EN 1097-8				PSV ₅₀	PSV ₄₄	PSV ₅₀	PSV ₄₄	PSV ₄₄	PSV ₅₀
4.3	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6									
	ρ _a	2,62	2,66	2,66	2,70	2,71	2,70	2,73	2,71	2,65
	ρ _{rd}	2,50	2,64	2,64	2,62	2,61	2,63	2,68	2,63	2,59
	ρ _{ssd}	2,55	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,70	2,66	2,61
4.3.2	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, lub PN-EN 1097-6 Załącznik B	WA ₂₄₂	W _{cm0,5}	W _{cm0,5}	WA ₂₄₂	WA ₂₄₂	WA ₂₄₁	WA ₂₄₁	WA ₂₄₂	WA ₂₄₁

4.4.2	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1 lub PN-EN 1367-1 Załącznik B					F_2 F_{NaCl11}		F_2 F_{NaCl12}	F_2 F_{NaCl24}	F_1 F_{NaCl4}
4.5.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1	$m_{LPC0,1}$				$m_{LPC0,1}$		$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$

Tablica 4.3. Wyniki badań kruszyw z Zakładu Produkcyjnego Stożne I

WT Kru- szywa MMA PU - 2008	Wymagania	Rodzaj kruszywa				
		piasek płuk.grys. 0-2	mieszanka 0-31,5	grys 6,3-12,5	grys 12,5-20	grys 2-6,3
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1	G _F 85	G _A 85	G _C 90/10	G _C 90/15	G _C 90/15
4.1.6	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1	f ₂	f ₃	f _{0,5}	f _{0,5}	f _{0,5}
4.1.7	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10
4.1.8	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4		Fl ₂₀ Sl ₂₀	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅
4.1.9	Procentowa zawartość ziarn o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5		C _{25/75}	C _{100/0}	C _{95/1}	C _{100/0}
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg PN-EN 1097-2, rozdział 5		LA ₂₀	LA ₂₀	LA ₂₀	LA ₂₅
4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa wg PN-EN 1097-8			PSV ₅₀	PSV ₅₀	PSV ₅₀
4.3	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6 ρ _a ρ _{rd} ρ _{ssd}	2,66 2,64 2,65	0-2 2- 31,5 2,69 2,72 2,67 2,64 2,68 2,67	2,65 2,59 2,61	2,69 2,67 2,68	2,64 2,58 2,60
4.3.2	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, lub PN-EN 1097-6 Załącznik B	W _{cm} 0,5	0-2 2- 31,5 WA0,3 1,1	WA ₂₄ 1	WA ₂₄ 1	WA ₂₄ 1
4.4.2	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1 lub PN-EN 1367-1 Załącznik B		F ₂	F ₁ F _{NaCl} 4	F ₁ F _{NaCl} 2	F ₂ F _{NaCl} 4
4.5.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1			m _{LPC} 0,1	m _{LPC} 0,1	m _{LPC} 0,1

Tablica 4.4. Wyniki badań kruszyw z Zakładu Produkcyjnego Stożne II

WT Kruszywa MMA PU - 2008	Wymagania	Rodzaj kruszywa								
		piasek łam.grysowy 0-2	żwir kru- szony 12,5-20	żwir 2-16	żwir kruszony 6,3-12,5	żwir 16-31,5	żwir kruszony 2-6,3	grys 6,3-12,5	grys 12,5-20	grys 2-6,3
4.1.3	Uziarnienie wg PN-EN 933-1	G _F 85	G _C 90/15	G _C 90/15	G _C 90/10	G _C 80/20	G _C 90/15	G _C 90/10	G _C 90/15	G _C 90/15
4.1.6	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1	f ₃	f _{0,5}	f ₂	f _{0,5}	f ₂	f _{0,5}	f _{0,5}	f _{0,5}	f _{0,5}
4.1.7	Jakość pyłów wg PN-EN 933-9	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10
4.1.8	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4		Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₀ Sl ₁₅	Fl ₁₅ Sl ₁₅
4.1.9	Procentowa zawartość ziarn o po- wierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5		C _{50/10}		C _{90/1}		C _{100/0}	C _{100/0}	C _{95/1}	C _{100/0}
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnia- nie wg PN-EN 1097-2, rozdział 5		LA ₂₀	LA ₂₅	LA ₂₀	LA ₂₅	LA ₂₅	LA ₂₀	LA ₂₀	LA ₂₅
4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa wg PN-EN 1097-8		PSV ₄₄	PSV ₅₀	PSV ₄₄	PSV ₅₀	PSV ₄₄	PSV ₅₀	PSV ₅₀	PSV ₅₀
4.3	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6									
	ρ _a	2,62	2,73	2,70	2,71	2,71	2,71	2,65	2,69	2,64
	ρ _{rd}	2,50	2,68	2,63	2,63	2,64	2,61	2,59	2,67	2,58
	ρ _{ssd}	2,55	2,70	2,65	2,66	2,67	2,65	2,61	2,68	2,60
4.3.2	Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6, lub PN-EN 1097-6 Załącznik B	WA ₂₄₂	WA ₂₄₁	WA ₂₄₁	WA ₂₄₂	WA ₂₄₁	WA ₂₄₂	WA ₂₄₁	WA ₂₄₁	WA ₂₄₁

4.4.2	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1 lub PN-EN 1367-1 Załącznik B		F_2 F_{NaCl12}		F_2 F_{NaCl24}		F_2 F_{NaCl11}	F_1 F_{NaCl4}	F_1 F_{NaCl2}	F_2 F_{NaCl4}
4.5.3	Grube zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$		$m_{LPC0,1}$		$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$	$m_{LPC0,1}$

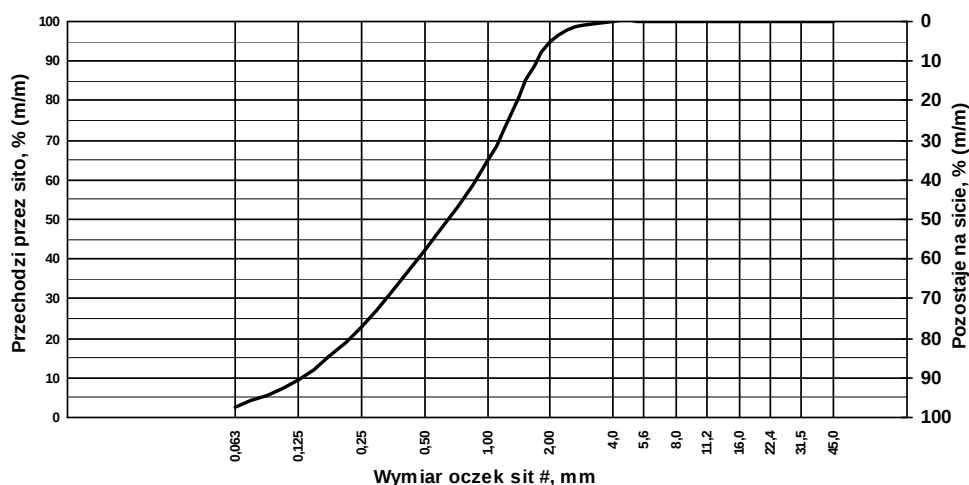
4.3. Kruszywa z kopalni kruszywa Szumowo

Badania przeprowadzono na kruszywach pobranych w **Zakładzie Produkcyjnym Kutyski** i **Zakładzie Produkcyjnym Osowa**. Poniżej zestawiono wyniki badania uziarnienia kruszywa. Właściwości kruszyw z kopalń Szumowo przedstawiono w tablicy 4.5.

1. Piasek łamany 0/2 „Kutyski”

Sito	Pozostaje na sicie w [g]	Pozostaje na sicie w [%]	Przechodzi przez sito w [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	0,0	0,0	100,0
# 8	0,0	0,0	100,0
# 5,6	0,0	0,0	100,0
# 4	0,0	0,0	100,0
# 2	43,4	5,1	94,9
# 1	255,0	30,0	64,9
# 0,5	191,3	22,5	42,4
# 0,25	164,9	19,4	23,0
# 0,125	116,5	13,7	9,3
# 0,063	55,3	6,5	2,8
< # 0,063	23,8	2,8	
Σ przesiewu	850	100%	

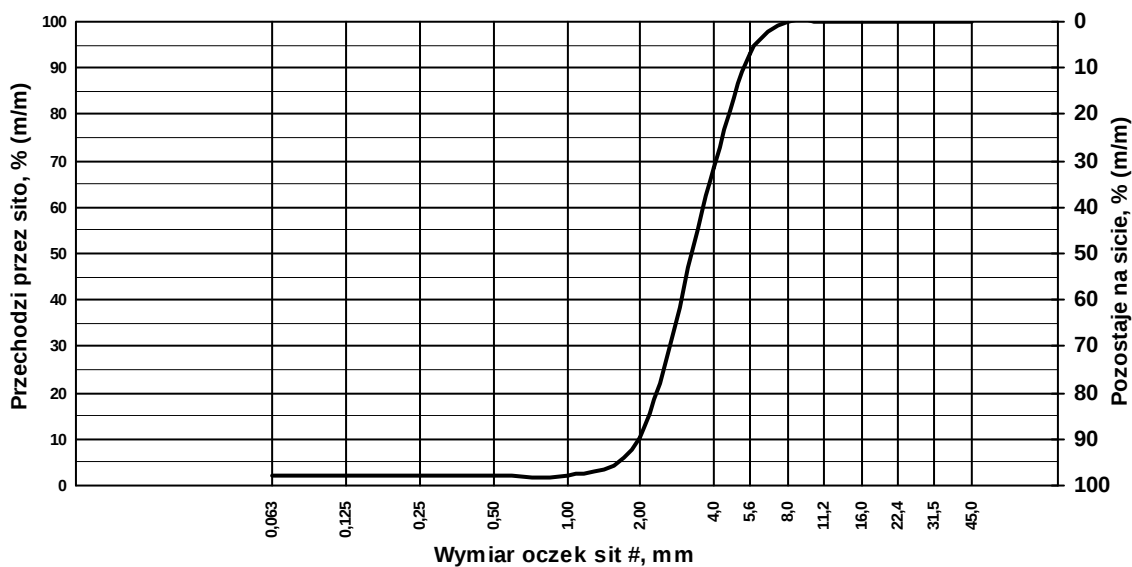
KRZYWA UZIARNIENIA



2. Grys 2/6,3 „Kutyski”

Sito	Pozostaje na sicie w [g]	Pozostaje na sicie w [%]	Przechodzi przez sito w [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	0,0	0,0	100,0
# 8	0,0	0,0	100,0
# 5,6	79,4	6,9	93,1
# 4	280,6	24,4	68,7
# 2	671,6	58,4	10,3
# 1	95,5	8,3	2,0
# 0,5	0,0	0,0	2,0
# 0,25	0,0	0,0	2,0
# 0,125	0,0	0,0	2,0
# 0,063	0,0	0,0	2,0
< # 0,063	23,0	2,0	
Σ przesiewu	1150	100%	

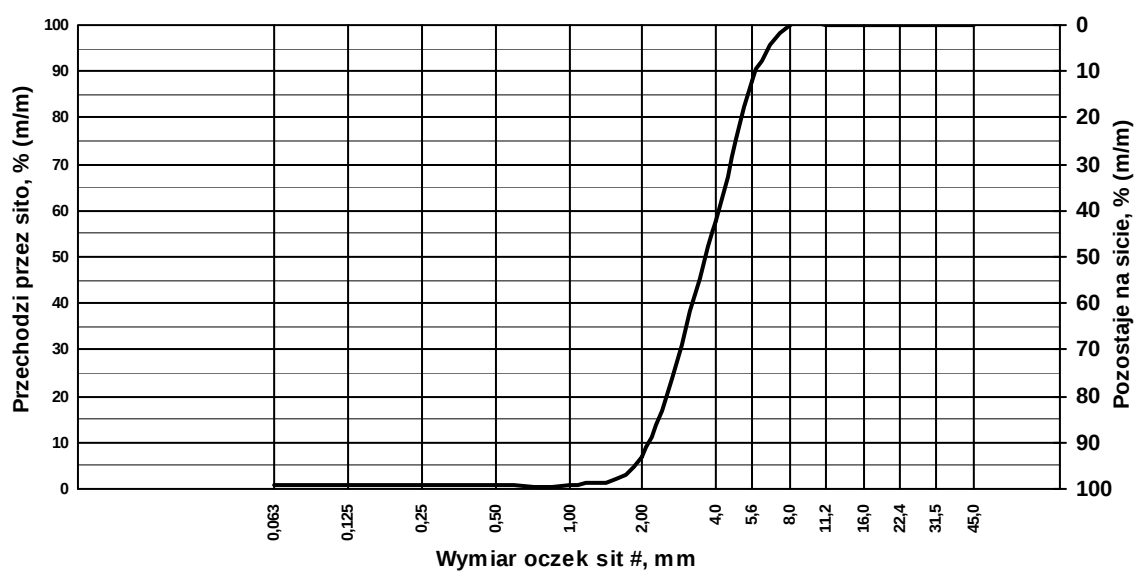
KRZYWA UZIARNIENIA



3. Grys 2/6,3 „Osowa”

Sito	Pozostaje na sicie w [g]	Pozostaje na sicie w [%]	Przechodzi przez sito w [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	0,0	0,0	100,0
# 8	0,0	0,0	100,0
# 5,6	136,9	11,9	88,1
# 4	348,5	30,3	57,8
# 2	587,7	51,1	6,7
# 1	69,0	6,0	0,7
# 0,5	0,0	0,0	0,7
# 0,25	0,0	0,0	0,7
# 0,125	0,0	0,0	0,7
# 0,063	0,0	0,0	0,7
< # 0,063	8,1	0,7	
Σ przesiewu	1150	100%	

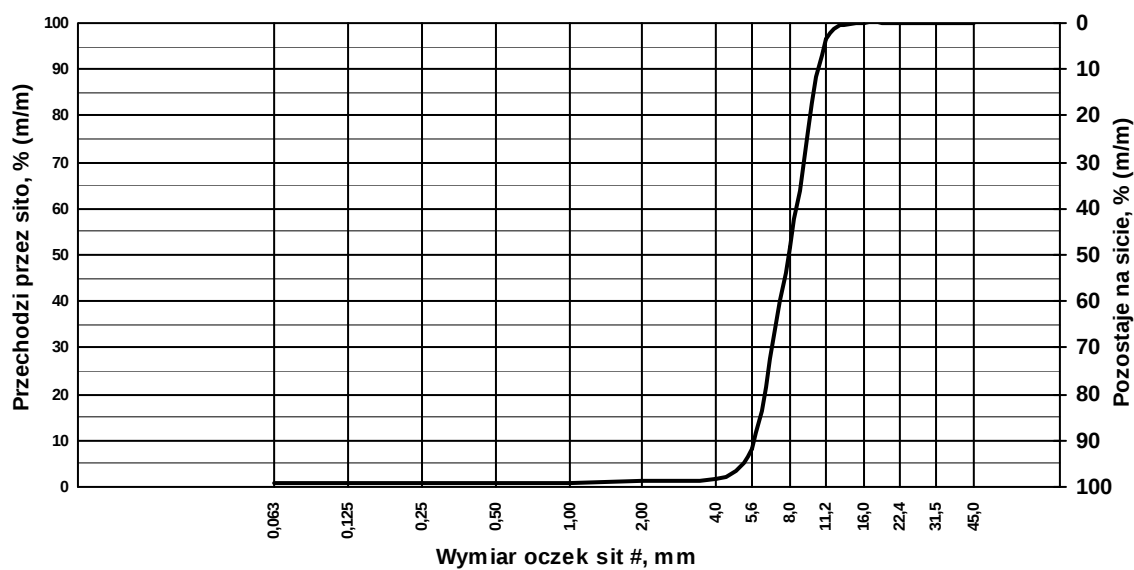
KRZYWA UZIARNIENIA



4. Grys 6,3/12,5 „Kutyski”

Sito	Pozostaje na sicie w [g]	Pozostaje na sicie w [%]	Przechodzi przez sito w [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	92,4	3,3	96,7
# 8	1257,2	44,9	51,8
# 5,6	1218,0	43,5	8,3
# 4	182,0	6,5	1,8
# 2	19,6	0,7	1,1
# 1	2,8	0,1	1,0
# 0,5	0,0	0,0	1,0
# 0,25	0,0	0,0	1,0
# 0,125	0,0	0,0	1,0
# 0,063	0,0	0,0	1,0
< # 0,063	28,0	1,0	
Σ przesiewu	2800	100%	

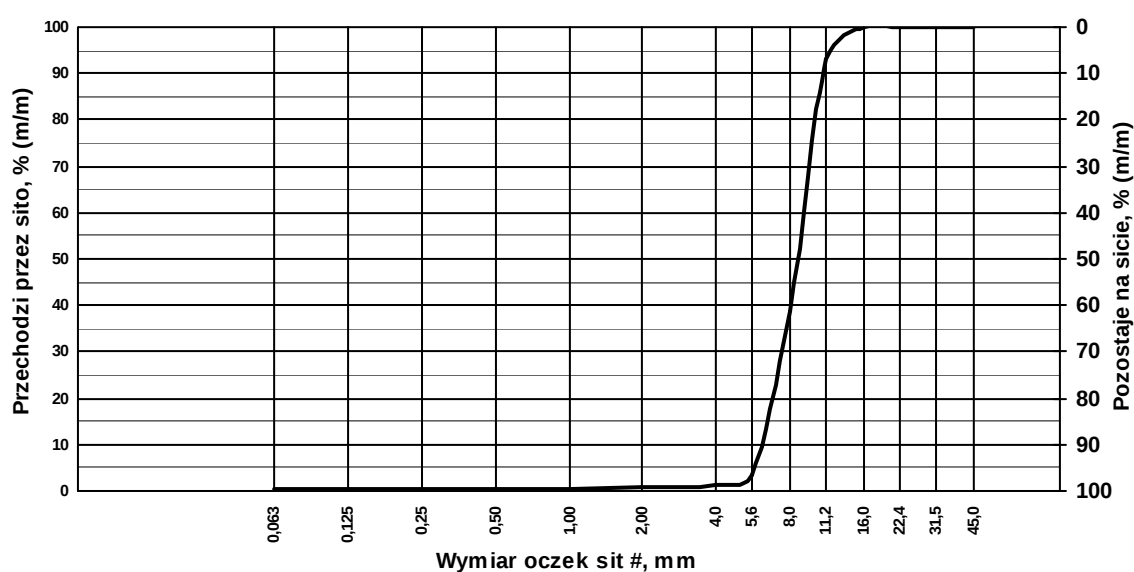
KRZYWA UZIARNIENIA



5. Grys 6,3/12,8 „Osowa”

Sito	Pozostaje na sicie w [g]	Pozostaje na sicie w [%]	Przechodzi przez sito w [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	0,0	0,0	100,0
# 16	0,0	0,0	100,0
# 11,2	187,6	6,7	93,3
# 8	1523,2	54,4	38,9
# 5,6	988,4	35,3	3,6
# 4	67,2	2,4	1,2
# 2	11,2	0,4	0,8
# 1	5,6	0,2	0,6
# 0,5	0,0	0,0	0,6
# 0,25	0,0	0,0	0,6
# 0,125	0,0	0,0	0,6
# 0,063	0,0	0,0	0,6
< # 0,063	16,8	0,6	
Σ przesiewu	2800	100%	

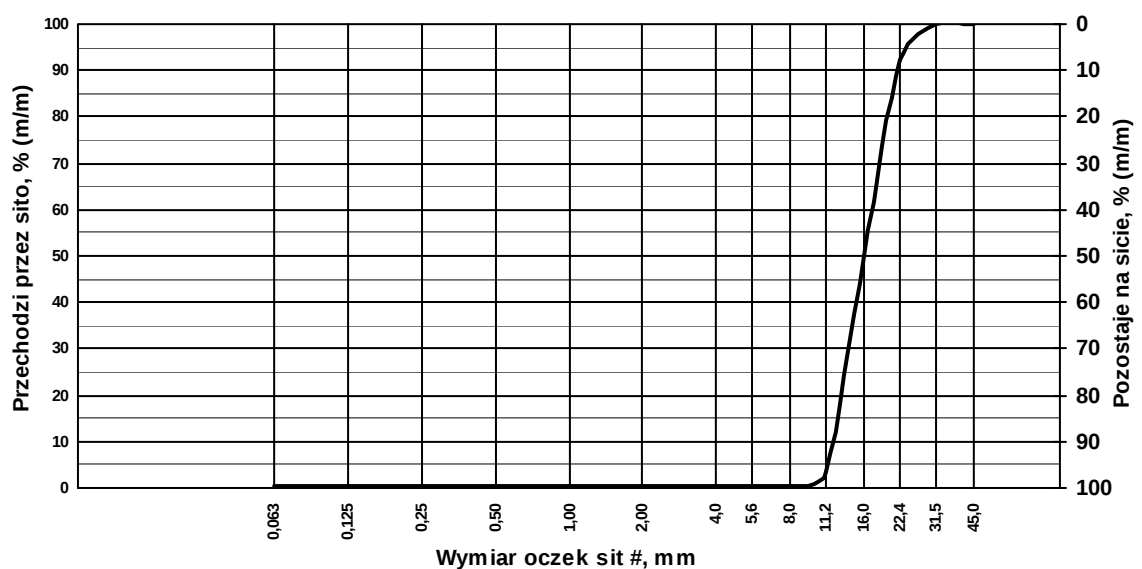
KRZYWA UZIARNIENIA



6. Grys 12,5/22,4 „Osowa”

Sito	Pozostaje na sicie w [g]	Pozostaje na sicie w [%]	Przechodzi przez sito w [%]
# 45,0	0,0	0,0	100,0
# 31,5	0,0	0,0	100,0
# 22,4	431,2	7,7	92,3
# 16	2357,6	42,1	50,2
# 11,2	2609,6	46,6	3,6
# 8	173,6	3,1	0,5
# 5,6	0,0	0,0	0,5
# 4	0,0	0,0	0,5
# 2	5,6	0,1	0,4
# 1	0,0	0,0	0,4
# 0,5	0,0	0,0	0,4
# 0,25	0,0	0,0	0,4
# 0,125	0,0	0,0	0,4
# 0,063	0,0	0,0	0,4
< # 0,063	22,4	0,4	
Σ przesiewu	5600	100%	

KRZYWA UZIARNIENIA



Tablica 4.5. Wyniki badań kruszyw ze złóż Kutyski i Osowa

Zakłady Produkcji Kruszyw Rupiński spółka jawna 18-305 Szumowo ul. Przemysłowa 28								
Właściwości kruszyw wg PN-EN 13043:2004 i WT Kruszywa MMA PU - 2008								
WT Kruszywa MMA PU - 2008	Badana cecha	Metoda badania wg	Rodzaje kruszyw					
			piasek łamany 0/2 „Kutyski”	Grys 6,3/12,5 „Kutyski”	Grys 2/6,3 „Kutyski”	Grys 2/6,3 „Osowa”	Grys 6,3/12,8 „Osowa”	Grys 12,5/22,4 „Osowa”
4.1.3	Uziarnienie	PN-EN 933-1	G_F85	$G_C90/10$	$G_C90/15$	$G_C85/15$	$G_C90/10$	$G_C90/10$
4.1.4	Tolerancje uziarnienia		-	$G_{20/15}$	$G_{Dek.}$	$G_{20/15}$	$G_{20/15}$	$G_{20/15}$
4.1.6	Zawartość pyłów	PN-EN 933-1	f_3	f_1	f_2	$f_{0,5}$	$f_{0,5}$	$f_{0,5}$
4.1.7	Jakość pyłów	PN-EN 933-9	MB_{FNT}	MB_{FNT}	MB_{FNT}	MB_{FNT}	MB_{FNT}	MB_{FNT}
4.1.8	Kształt kruszywa	PN-EN 933-3	-	Fl_{10}	Fl_{15}	Fl_{10}	Fl_{10}	Fl_{10}
4.1.9	Procentowa zawartość ziarn o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym	PN-EN 933-5	-	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$
4.2.2	Odporność kruszywa na rozdrabnianie metodą Los Angeles	PN-EN 1097-2	-	LA_{25}	LA_{30}	LA_{30}	LA_{25}	LA_{25}
4.2.5	Odporność na ścieranie kruszywa grubego	PN-EN 1097-1	-	M_{DE15}	M_{DE20}	M_{DE15}	M_{DE15}	M_{DE15}

4.2.3	Odporność na polerowanie kruszywa	PN-EN 1097-8	-					
4.3.3	Gęstość nasypowa ρ_b	PN-EN 1097-3 [Mg/m ³]	1,62	1,35	1,37	1,38	1,39	1,43
4.3.3	Jamistość v	PN-EN 1097-3 [%]	39,7	48,9	47,4	47,5	47,7	46,6
4.1.10	Kanciastość kruszywa drobnego	PN-EN 933-6	$E_{CS} 30$	-	-	-	-	-
4.3.1	Gęstość ziarn	PN-EN 1097-6 [Mg/m ³]	2,68	2,71	2,71	2,71	2,70	2,72
	Gęstość objętościowa ziarn ρ_a							
	Gęstość ziarn wysuszonych w suszarce ρ_{rd}							
	Gęstość ziarn nasyconych i powierzchniowo osuszonych ρ_{ssd}							
4.3.2	Nasiąkliwość	PN-EN 1097-6	WA_{241}	WA_{241}	WA_{242}	WA_{242}	WA_{241}	WA_{241}
4.4.1	Nasiąkliwość jako wskaźnik mrozoodporności	PN-EN 1097-6	$W_{cm}0,5$	-	-	-	-	$W_{cm}0,5$
4.4.2	Mrozoodporność w wodzie	PN-EN 1367-1	-	F_1	F_1	F_1	4/8 mm F_1	8/16 mm F_1
							8/16 mm F_1	16/31,5 mm F_1
4.4.2	Mrozoodporność w 1% roztworze NaCl	PN-EN 1367-1	-	$F_{NaCl}20$	$F_{NaCl}10,2$	$F_{NaCl}5$	4/8 mm $F_{NaCl}5$	8/16 mm $F_{NaCl}8$
							8/16 mm $F_{NaCl}8$	16/31,5 $F_{NaCl}5$
4.5.3	Grube zanieczyszczenia lekkie	PN-EN 1744-1	$m_{LPC}0,1$	$m_{LPC}0,5$	$m_{LPC}0,1$	$m_{LPC}0,1$	$m_{LPC}0,1$	$m_{LPC}0,1$
4.4.3	Odporność na szok termiczny	PN-EN 1367-5 [%]	-	0,1	-	-	0,2	0,2
	Udział podziarna I							

	Strata wytrzymałości	V_{LA}		-	2,9	-	-	5,8	5,8
	Promieniotwórczość naturalna		Instrukcja ITB Nr 234/03	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2
	Wskaźnik aktywności	f_1							
	Wskaźnik aktywności	f_2		<240	<240	<240	<240	<240	<240

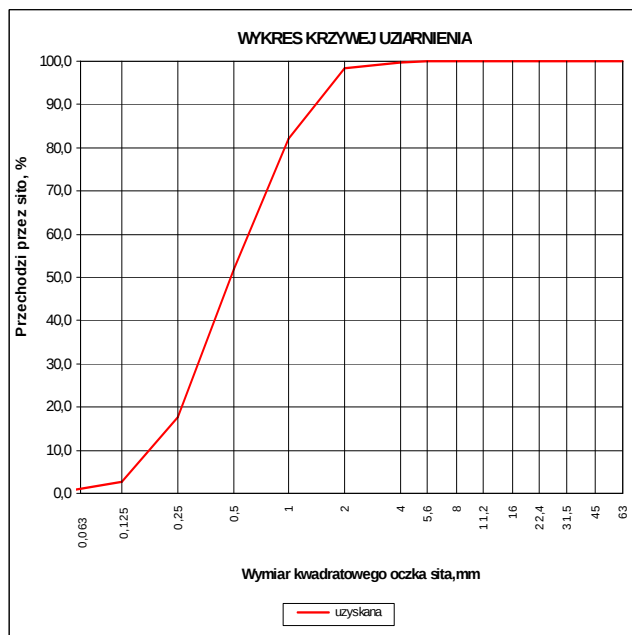
4.4. Kruszywa z kopalni BKSM Racewo

Wyniki badania uziarnienia kruszywa

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek 0-2 (1)

I. Przesiew

Sito	pozostaje na sicie w [g]	pozostaje na sicie w [%]	przechodzi przez sito w [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16		0.0	100.0
11.2		0.0	100.0
8		0.0	100.0
5.6		0.0	100.0
4	1.6	0.2	99.8
2	12.6	1.5	98.3
1	135.9	16.2	82.1
0.5	254.0	30.3	51.7
0.25	286.5	34.2	17.5
0.125	124.6	14.9	2.7
0.063	16.7	2.0	0.7
<0.063	5.5	0.7	
suma	837.4	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 98,5%
2. Zawartość podziarna: -----
3. Zawartość nadziarna: 1,5 %

III. Wnioski:

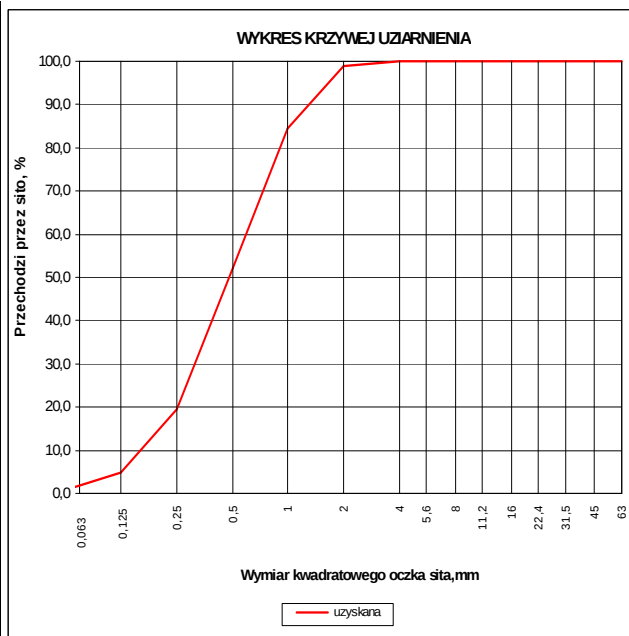
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_F85

Wyniki badania uziarnienia kruszywa

Rodzaj materiału: kruszywo drobne - piasek 0-2 (2)

I. Przesiew

Sito	pozostaje na sicie w [g]	pozostaje na sicie w [%]	przechodzi przez sito w [%]
45	0.0	0.0	100.0
31.5	0.0	0.0	100.0
22.4	0.0	0.0	100.0
16	0.0	0.0	100.0
11.2	0.0	0.0	100.0
8	0.0	0.0	100.0
5.6	0.0	0.0	100.0
4	0.7	0.1	99.9
2	10.5	1.1	98.9
1	142.2	14.5	84.4
0.5	316.5	32.3	52.1
0.25	320.1	32.6	19.5
0.125	143.8	14.7	4.8
0.063	39.9	4.1	0.8
<0.063	7.4	0.8	
suma	981.1	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 98,9%
2. Zawartość podziarna: -----
3. Zawartość nadziarna: 1,1 %

III. Wnioski:

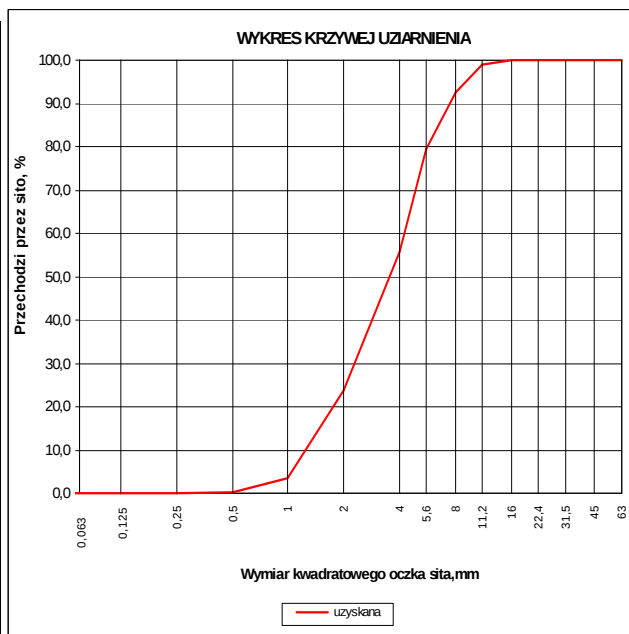
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_F85

Wyniki badania uziarnienia kruszywa

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 2-8

I. Przesiew

Sito	pozostaje na sicie w [g]	pozostaje na sicie w [%]	przechodzi przez sito w [%]
45	0.0	0.0	100.0
31.5	0.0	0.0	100.0
22.4	0.0	0.0	100.0
16	0.0	0.0	100.0
11.2	24.5	1.0	99.0
8	167.9	6.6	92.5
5.6	331.8	13.0	79.5
4	608.1	23.7	55.8
2	823.0	32.1	23.7
1	515.2	20.1	3.5
0.5	84.1	3.3	0.3
0.25	5.0	0.2	0.1
0.125	0.6	0.0	0.0
0.063	0.4	0.0	0.0
<0.063	0.4	0.0	
suma	2561.0	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 69,7 %
2. Zawartość podziarna: 23,7 %
3. Zawartość nadziarna: 6,6 %

III. Wnioski:

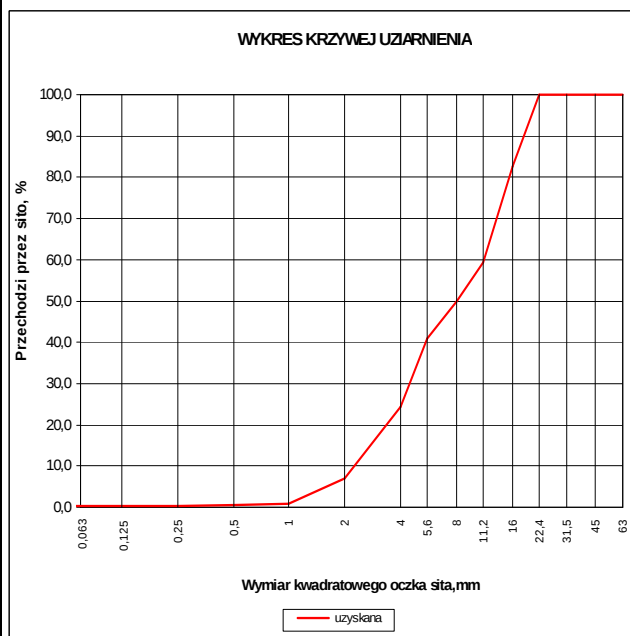
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C85/35

Wyniki badania uziarnienia kruszywa

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 2-16

I. Przesiew

Sito	pozostaje na sicie w [g]	pozostaje na sicie w [%]	przechodzi przez sito w [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16	790.0	17.4	82.6
11.2	1058.0	23.2	59.4
8	429.9	9.4	50.0
5.6	414.1	9.1	40.9
4	748.8	16.4	24.4
2	789.5	17.3	7.1
1	283.4	6.2	0.9
0.5	19.6	0.4	0.4
0.25	5.1	0.1	0.3
0.125	3.5	0.1	0.2
0.063	2.6	0.1	0.2
<0.063	8.0	0.2	
suma	4552.6	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 75,5 %
2. Zawartość podziarna: 7,1 %
3. Zawartość nadziana: 17,4 %

III. Wnioski:

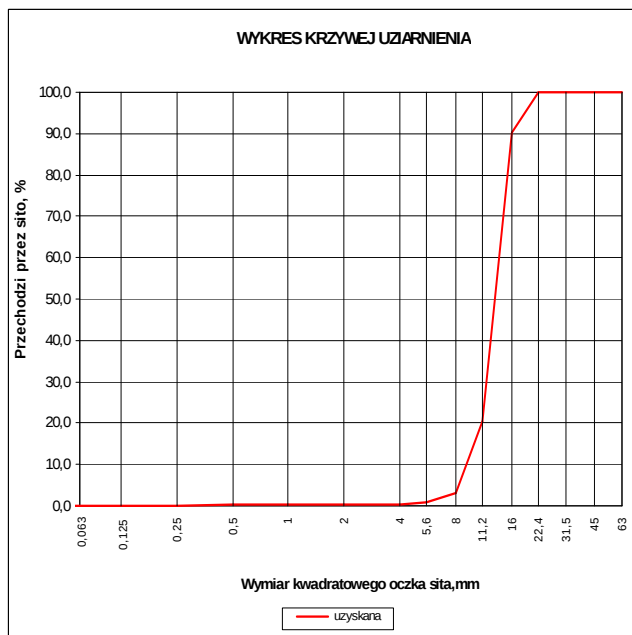
Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: G_C85/35

Wyniki badania uziarnienia kruszywa

Rodzaj materiału: kruszywo grube - żwir 8-16

I. Przesiew

Sito	pozostaje na sicie w [g]	pozostaje na sicie w [%]	przechodzi przez sito w [%]
45		0.0	100.0
31.5		0.0	100.0
22.4		0.0	100.0
16	411.6	9.7	90.3
11.2	2951.5	69.9	20.4
8	725.3	17.2	3.2
5.6	104.0	2.5	0.7
4	12.8	0.3	0.4
2	2.6	0.1	0.4
1	2.6	0.1	0.3
0.5	3.8	0.1	0.2
0.25	2.8	0.1	0.1
0.125	2.5	0.1	0.1
0.063	1.0	0.0	0.1
<0.063	2.2	0.1	
suma	4222.6	100.0	100.0



II. Cechy badanego kruszywa:

1. Zawartość frakcji podstawowych: 87,1 %
2. Zawartość podziarna: 3,2 %
3. Zawartość nadziarna: 9,7 %

III. Wnioski:

Kruszywo w odniesieniu do normy PN-EN 13043:2004 sklasyfikowano jako: $G_C90/10$

Zestawienie wyników badań kruszywa z BKSM Racewo przedstawiono w tablicy 4.6.

Tablica 4.6. Wyniki badań kruszyw z BKSM Racewo

Badana cecha kruszywa	Rodzaj kruszywa				
	piasek .I 0-2	piasek .II 0-2	żwir 2-8	żwir 2-16	żwir 8-16
Uziarnienie wg PN-EN 933-1	G_F85	G_F85	$G_C85/35$	$G_C85/35$	$G_C90/10$

Gęstość ziaren wg PN-EN 10976 ρ_a	2,64	2,63	2,71	2,70	2,68
Wskaźnik kształtu wg PN-EN 933-4	-	-	Sl ₁₅	Sl ₁₅	Sl ₁₅
Nasiąkliwość wg PN-EN 1097-6	-	-	WA ₂₄₂	WA ₂₄₂	WA ₂₄₁
Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1 lub PN-EN 1367-1 Załącznik B	-	-	F ₁	F ₁	F ₁
Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1	f ₃	f ₃	f _{0.5}	f _{0.5}	f _{0.5}
Jakość pyłów wg PN-EN 933-9	MB _F NT	MB _F NT	MB _F NT	MB _F NT	MB _F NT

4.5. Charakterystyka petrograficzna grysów żwirowych powstałych z przekruszenia eratyków polodowcowych

Eratyki czyli polodowcowe głązy narzutowe rozrzucone na terenie północnej i środkowej Polski reprezentują skały magmowe, metamorficzne i osadowe pochodzące z obszaru Fennoskandii. W zależności od kierunku nasuwania się lądolodów, jak również w zależności od ilości stadiałów, czyli okresów zlodowaceń, osady polodowcowe zawierają różne zawartości i kompozycje tych skał, często nagromadzone w postaci złóż piaszczysto-żwirowych o znaczeniu przemysłowym.

W skład eratyków wchodzi: różowe i czerwone granity o strukturach od grubo do mikrokryształicznych; czerwone i czarne porfiry; granodioryty; dioryty; sjenity; diabazy; mikrogabra i bazalty; melafiry; ignimbryty; cienko laminowane, mikroblastyczne gnejsy z białymi i różowymi skaleniami; jasne, różowe i fioletowe piaskowce i kwarcyty; krzemienie; zwarte jasnoszare i beżowe, rzadziej białawe wapienie oraz szare, różowawe, a także fioletowe dolomity. Skały te są dość charakterystyczne pod względem cech strukturalnych i tekstury, w związku z czym przy większych okazach można określić ich dokładne miejsce pochodzenia.

Na obszarze Polski północno – wschodniej, zachodniej i centralnej można zaobserwować zróżnicowanie wynikające z proporcji zawartości skał magmowych i metamorficznych w stosunku do zawartości skał węglanowych. Można więc w zależności od potrzeb, pozyskiwać zadane mieszanki kruszyw bez dodatków pochodzących z innego źródła.

Metodyka badań.

Do badań petrograficznych przeznaczono 3 próbki kruszyw w postaci grysów mieszanych, powstałych z przekruszenia eratyków polodowcowych pochodzących ze złóż żwirowych pniwsch Polski, a mianowicie złóż: **Osowa, Sobolewo oraz Kutyski**.

Wszystkie mieszanki zawierały frakcje 10/12,5mm oraz 12,5/14mm połączone odpowiednio w proporcji 70:30%. Próbki posiadały masę po ok. 5000g $\pm$ 100g. Poszczególne typy petrograficzne selekcjonowano ręcznie przy pomocy oglądu makroskopowego, jak również przy zastosowaniu lupy o powiększeniu od 2 do 10x. W związku z tym, iż kruszywa pozbawione były frakcji pyłowej, w trakcie separacji, na ogół nie wymagały płukania. Pyły odmywano jedynie w trakcie segregacji ziaren charakteryzujących się strukturami mikro lub skryto krystalicznymi, o dużym udziale minerałów maficznych. Ważenia dokonywano po wysuszeniu próbek. Ważenie wszystkich typów petrograficznych składających się na całość próbki kruszywa wykonywano z dokładnością $\pm$ 1g, na wadze technicznej.

Próbki rozseparowano na następujące typy skał:

- Granity i gnejsy z jasnymi skaleniami (białymi, kremowymi i j. szarymi)
- Granity i gnejsy oraz porfiry z różowymi i czerwonymi skaleniami
- Granity i gnejsy o dużym udziale szarych skaleni i ciemnych składników reprezentowane przez granodioryty i dioryty (głównie będące elementami wtrąceń migmatytowych i szlirowych) wyseparowane z granitów jasnych, różowych i czerwonych w trakcie przekruszania
- Sjenity, anortozyty
- Mikrodiabazy, mikrogabra
- Bazaltoidy
- Melafiry i ignimbryty
- Różne zasadowe skały krystaliczne, trudne do identyfikacji
- Piaskowce i kwarcyty
- Krzemienie i czerty
- Wapienie
- Dolomity

W wymienionych grupach petrograficznych do tzw. krystalicznych skał kwaśnych należą granity, gnejsy i czerwone porfiry – skały te wyróżniają się z powodu obecności minerałów leukokratycznych w postaci jasnych – białych, kremowych, szaro-zielonkawych, beżowych czy różowych i czerwonych skaleni, o zróżnicowanej wielkości ziaren krystalicznych.

W grupie skał lekko kwaśnych lub obojętnych znajdują się odpowiednio granognejsy, migmatyty, sjenity, dioryty, anortozyty. Skały te charakteryzuje duży udział ciemnych minerałów maficznych. Do grupy krystalicznych skał zasadowych obecnych w badanych kruszywach należą diabazy, gabra, bazalty i melafiry. Z powodu obecności mikroblastów czyli ziaren mineralnych o niewielkich rozmiarach, zostały nazwane mikrodiorytami czy mikrogabrami. Skały te są trudne do identyfikacji również z powodu ciemnej barwy zawartych w nich minerałów. W ostatniej wyróżnionej grupie tzw. skał osadowych znajdują się piaskowce, krzemienie i czerty oraz wapienie i dolomity.

Zawartości poszczególnych typów skał, wyodrębnionych w trakcie badań, w grysach z poszczególnych złóż przedstawia tabela 1, a poglądowo proporcje te obrazują załączone wykresy kołowe i słupkowe.

Omówienie wyników badań

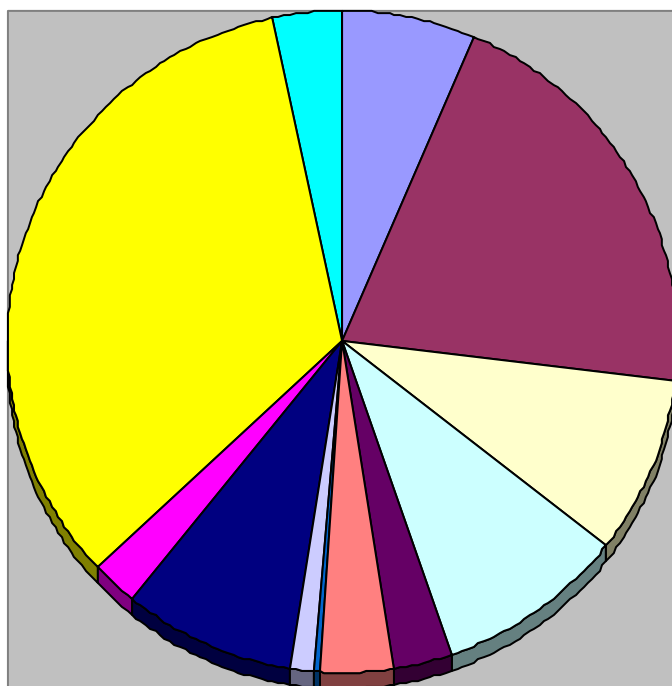
Jak wynika z zestawienia wyników badań, zamieszczonych w Tablica 4.7, poszczególne rodzaje kruszyw znacznie się różnicują pod względem proporcji ilościowych ziaren węglanowych do zawartości ziaren granitów (W:G). Proporcje te wynoszą odpowiednio 0,96:1 dla złoża Osowa; 1:1,6 dla złoża Sobolewo i aż 1:2,49 dla złoża Kutyski. Istotne różnice między poszczególnymi grysami dotyczą także zawartości jednej z odmian petrograficznych w postaci różowych i czerwonych granitów, gnejsów i porfirów. Różnice te wynoszą ok. 14% wag. jeśli porówna się grys z Osowej i Kutyski, a nawet ok. 20% wag., jeśli weźmie się pod uwagę całkowitą zawartość ziaren granitowych w tych obu grysach.

Zawartość skał krystalicznych uznawanych za obojętne jest najmniejsza w kruszywie Kutyski - zaledwie ok. 3,5% wag, największa w kruszywie Osowa ok. 9% wag. Udziały skał zasadowych w poszczególnych grysach są zbliżone i zawierają się w granicach 7 do 10% wag. Sumując zawartości procentowe grup skalnych zawierających ciemne minerały, w skład których wchodzi zarówno skały kwaśne, obojętne jak i zasadowe uzyskuje się wartości 25,38% wag, dla grys Osowa; 23,24% wag. dla grys Sobolewo i 23,7% wag. dla grys Kutyski.

Tablica 4.7. Wyniki badań składu petrograficznego kruszyw polodowcowych

Składniki	Osowa	Sobolewo	Kutyski
Granity i gnejsy z jasnymi skaleniami	6,39	7,43	10,85
Granity i gnejsy z różowymi i czerw. skal	20,66	31,02	34,74
Ciemne granity, gnejsy i granodioryty	8,46	8,63	10,20
Granity razem	35,51	47,08	55,79
Sjenity, sjenodioryty anortozyty	9,15	8,03	3,47
Mikrodiabazy i gabra	2,71	2,01	4,38
Bazaltoidy	3,74	4,17	4,12
Melafiry	0,24	0,40	0,51
Różne skały zasadowe trudne do identyfikacji	1,08	----	1,02
Krystaliczne skały zasadowe razem	7,77	6,58	10,03
Piaskowce i kwarcyty	8,42	9,24	8,26
Krzemienie i czerty	2,14	0,04	----
Wapienie	33,75	25,50	20,19
Dolomity	3,24	3,51	2,24
Skały węglanowe razem	36,99	29,01	22,44
Suma wszystkich odmian	99,98	99,98	99,99

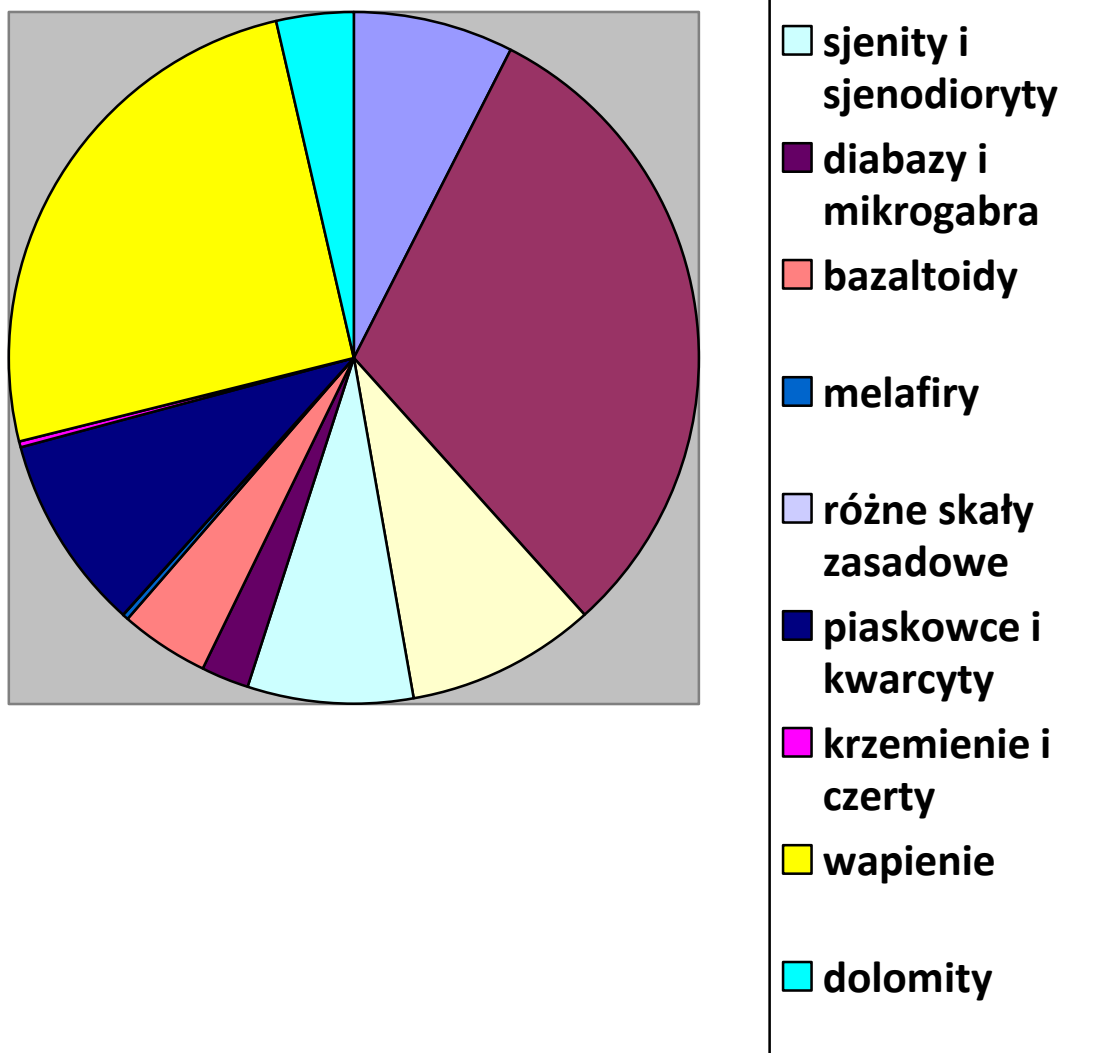
Kruszywo Osowa



- granity jasne
- granity różowe
- granity ciemne
- sjenity i sjenodioryty
- diabazy i mikrogabra
- bazaltoidy
- melafiry
- różne skały zasadowe
- piaskowce i kwarcyty
- krzemienie i czerty
- wapienie
- dolomity

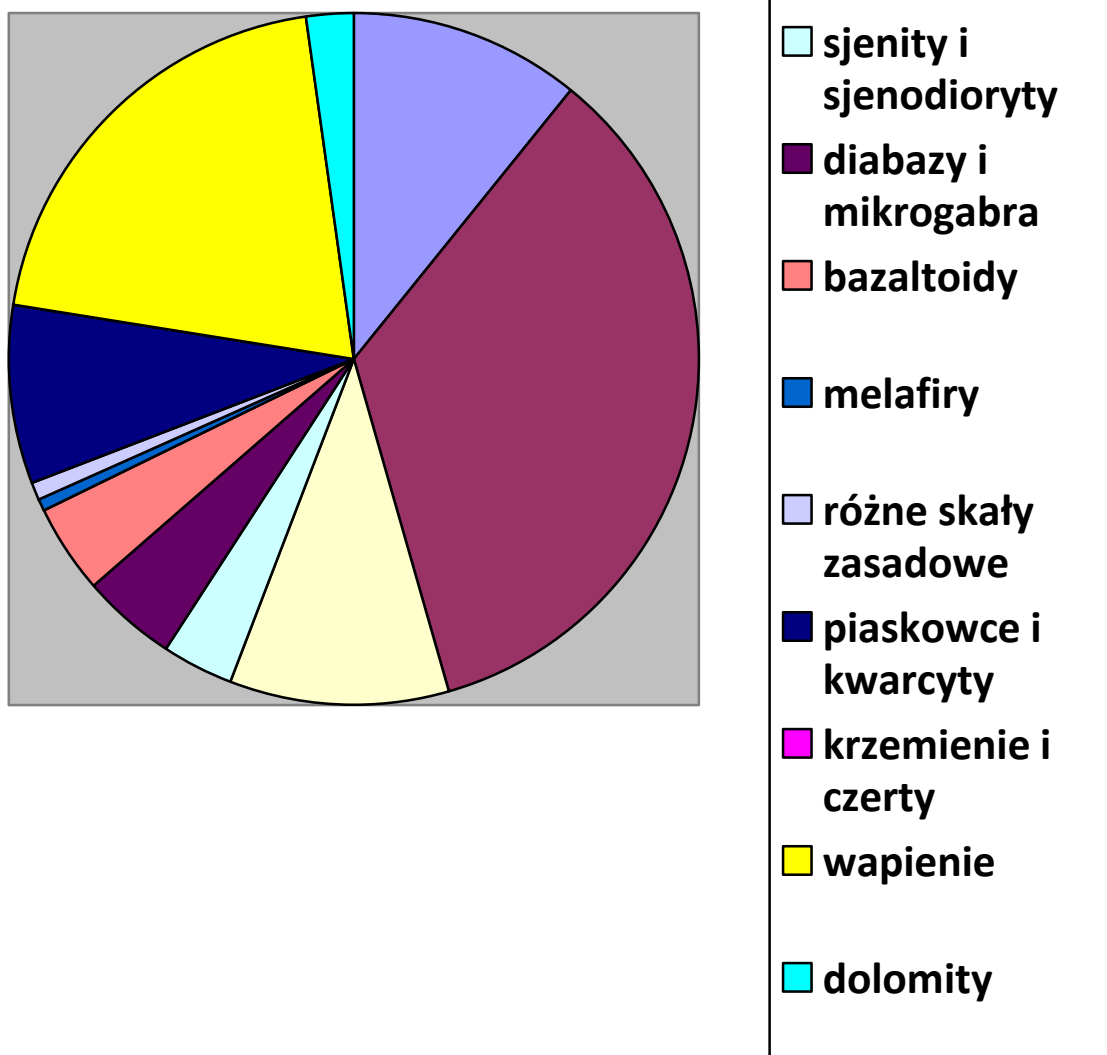
Rys. 4.1. Wykres wzajemnych proporcji poszczególnych odmian petrograficznych w kruszywie Osowa

Kruszywo Sobolewo

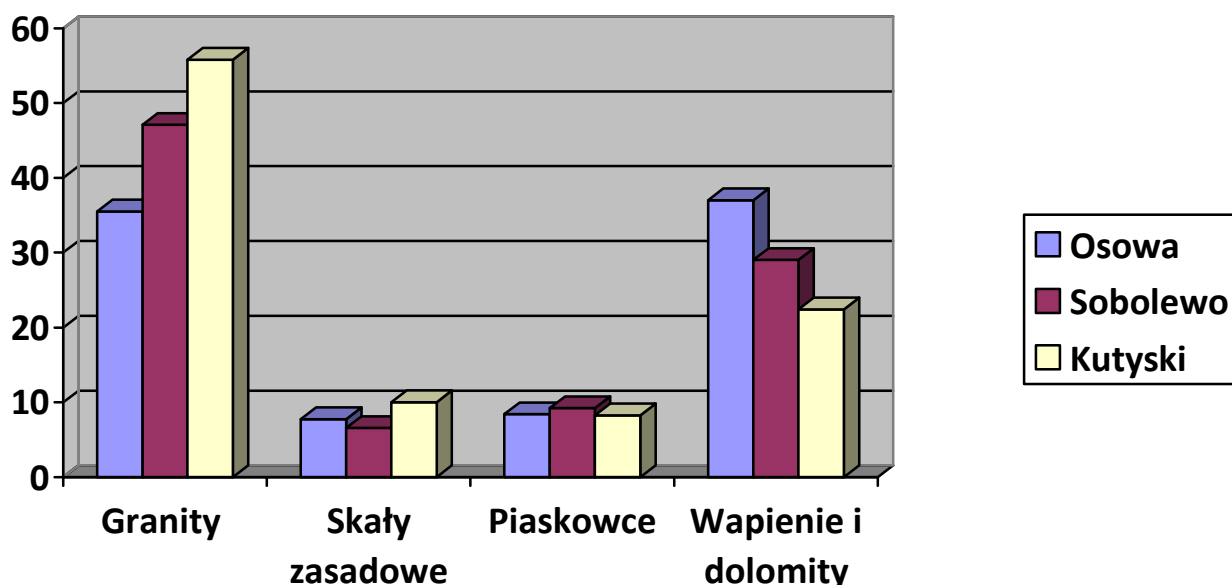


Rys. 4.2 Wykres wzajemnych proporcji poszczególnych odmian petrograficznych w kruszywie Sobolewo

Kruszywo Kutyski



Rys. 4.3. Wykres wzajemnych proporcji poszczególnych odmian petrograficznych w kruszywie Kutyski



Rys. 4.4. Wykres proporcji pomiędzy głównymi odmianami petrograficznymi zawartymi w poszczególnych badanych grysach.

Wyniki badań składu petrograficznego kruszyw wskazują, że kruszywa polodowcowe zawierają zróżnicowane zawartości frakcji skał magmowych i osadowych – węglanowych. Zawartość ziaren ze skał węglanowych może, przy ich wysokiej zawartości, wpływać na zwiększenie nasiąkliwości. Jednocześnie należy podkreślić dobrą adhezję tych ziaren z lepiszczem asfaltowy.

4.6. Ocena adhezji lepiszczy do kruszyw

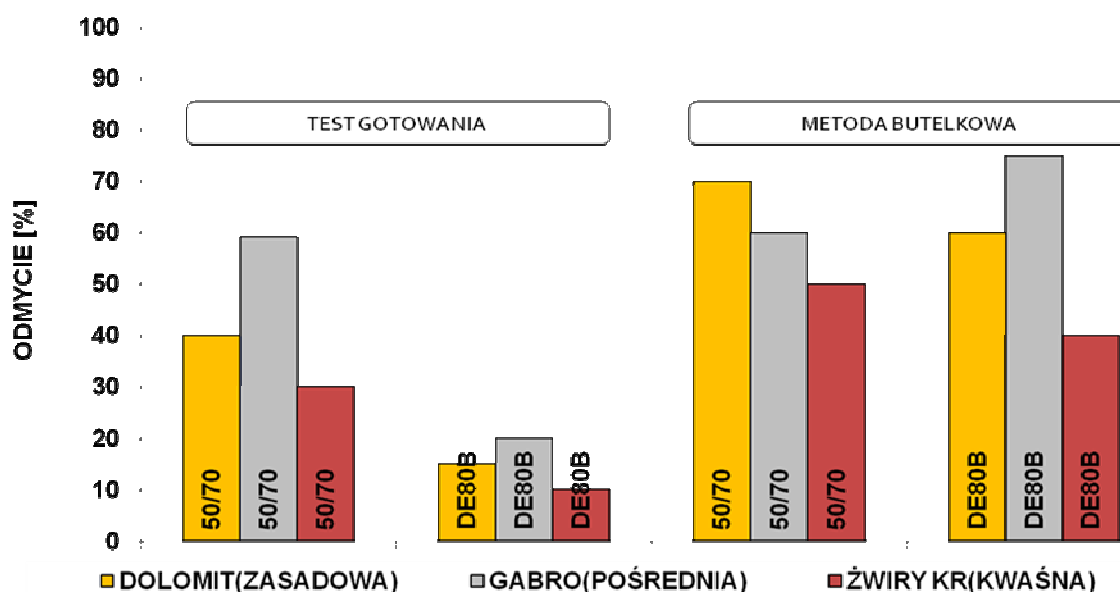
Adhezja (przyczepność, powinowactwo) odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu trwałości nawierzchni asfaltowych. Adhezja określana jest jako praca potrzebna do oddzielenia cieczy od powierzchni ciała stałego wzdłuż powierzchni styku przypadająca na jednostkę powierzchni.

Ważnym czynnikiem decydującym o adhezji jest rodzaj otaczanego przez asfalt kruszywa. Mikropowierzchnia oraz porowatość skały decyduje o adhezji mechanicznej a jej kwasowość wpływa na adhezję fizykochemiczną. Niedostateczne otoczenie i zwilżenie ziaren kruszywa lepiszczem lub brak wystarczająco silnych powiązań między nimi (nawet przy całkowicie otoczonych ziarnach), prowadzi z czasem do odmywania filmu z powierzchni ziaren (ang. stripping).

Wykonano badanie adhezji lepiszczy asfaltowych do kruszywa polodowcowego. Badaniom poddano żwiry polodowcowe o uziarnieniu 5/8 a dla porównania wykonano również

badanie stosując grysy ze skały dolomitowej oraz gabro. Użyto lepiszcza asfaltowe: asfalt drogowy 50/70 oraz asfalt modyfikowany DE 80B ze środkiem adhezyjnym (ADH) oraz bez środka (ADH). Badania adhezji wykonano dwiema metodami wg polskiej normy PN-84 B-06714 „test gotowania” oraz wg normy europejskiej PN- EN 12697-11 + AC:2007 „test butelkowy” metodą obracania.

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że istnieje duże zróżnicowanie w wynikach badań adhezji lepiszczy asfaltowych do kruszywa mineralnego w zależności od przyjętej metody badawczej oraz badanego materiału (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Porównanie przyczepności asfaltu 50/70 i polimeroasfaltu DE 80B do żwirów przekruszonych, dolomitu oraz kruszywa gabro i w zależności od metody badawczej

Stwierdzono bardzo korzystne zmniejszenie odmycia lepiszcza z powierzchni żwirów przekruszonych bez względu na zastosowane lepiszcze i metodę badania. Powodem tego zjawiska może być rozwinięta mikropowierzchnia ziaren kruszyw polodowcowych, co może wpływać na zwiększenie przyczepności mechanicznej w stosunku do przyczepności fizykochemicznej uzależnionej od kwasowości skały. Badania wskazują również na zróżnicowanie efektywności działania środka adhezyjnego w zależności od rodzaju kruszywa. Można zauważyć że wpływ dodatku adhezyjnego na kruszywo dolomitowe oraz żwiry polodowcowe jest mniejszy niż na kruszywo gabro oraz że z asfaltem modyfikowanym DE 80B, środek adhezyjny wykazuje nieznacznie mniejsze odmycie niż na asfalcie 50/70.

W podsumowaniu badania adhezji należy stwierdzić, że rodzaj zastosowanego kruszywa ma znaczący wpływ na przyczepność lepiszcza asfaltowego. Kruszywa polodowcowe

charakteryzują się polepszonymi właściwościami ze względu na przyczepność asfaltu do powierzchni kruszywa.

5.Badania mieszanek mineralnych

Zaprojektowano mieszanki mineralno-asfaltowe typu beton asfaltowy do warstwy podbudowy, wiążącej i ścieralnej oraz do warstwy ścieralnej mieszankę mastyksowo-grysową SMA, beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw BBTM i asfalt lany.

Projektowanie składu mieszanek mineralnych dokonano przy użyciu programu komputerowego „Masa”. W pierwszym roku realizacji projektu zastosowano starą wersję programu komputerowego do zaprojektowania mieszanek przeznaczonych do mma dla ruchu kategorii KR1 – KR4, dostosowując krzywe graniczne do wymaganych punktów granicznych podanych w WT 2. Mieszanki mineralne do mma dla ruchu kategorii KR5 – KR6 zaprojektowano przy pomocy nowej wersji programu komputerowego uwzględniającej tylko punkty graniczne mieszanki mineralnej (dostosowane do WT 2 2008).

5.1. Projektowanie uziarnienia mieszanki mineralno-asfaltowej do warstw nawierzchni drogowych o obciążeniu KR1 – KR2

Na podstawie wyników uziarnienia kruszyw z kopalń: Kruszbet, Szumowo i Racewo określono różne składy mieszanek mineralnych zgodnie z WT -2 – 2008.

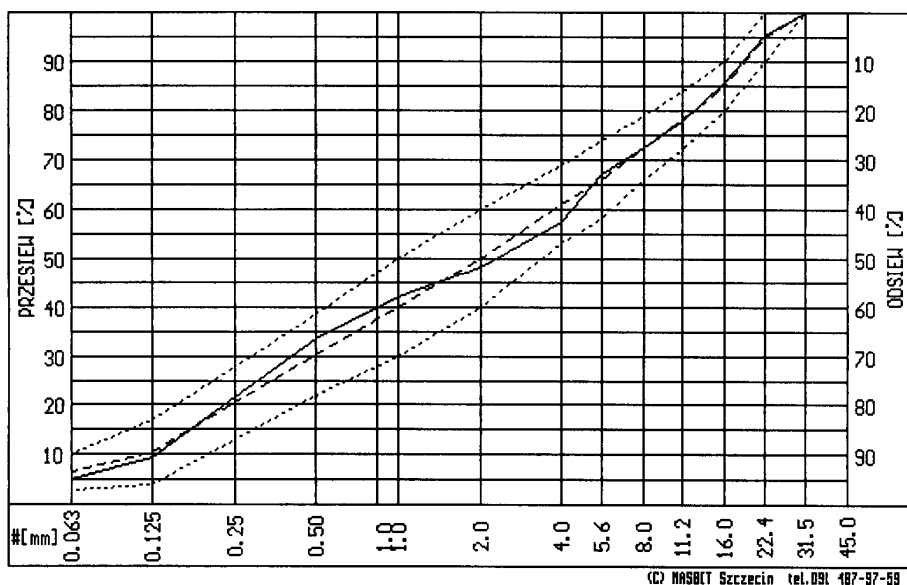
Podbudowa

Rodzaj M M A : AC 22 P KR1-2
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.2

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK 0-2 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
3	ŻWIR 2-16 (S)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR 16-31,5 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA

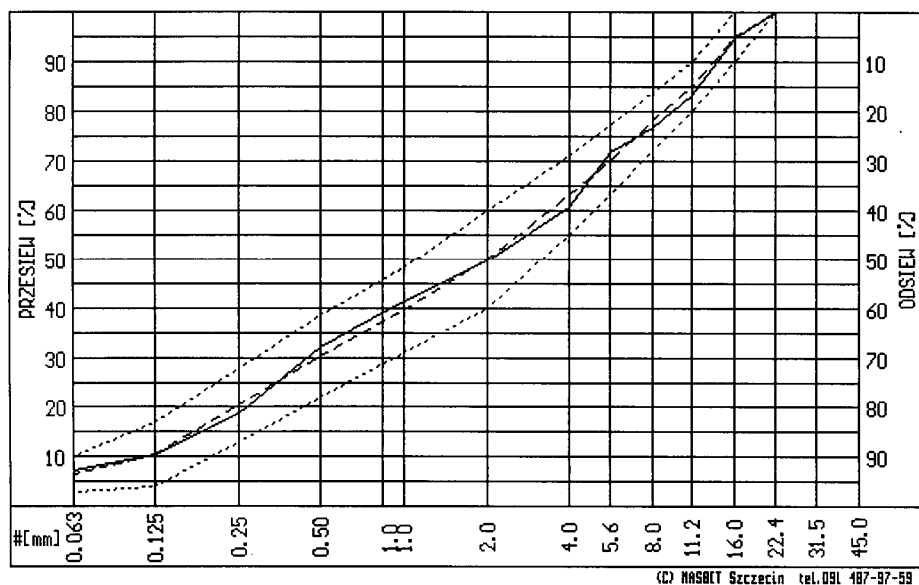


Rodzaj M M A : AC 16 P KR1-2
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.1

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK PŁUK. 0-2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	MIESZANKA 0-31,5 (63)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



Warstwa wiążąca

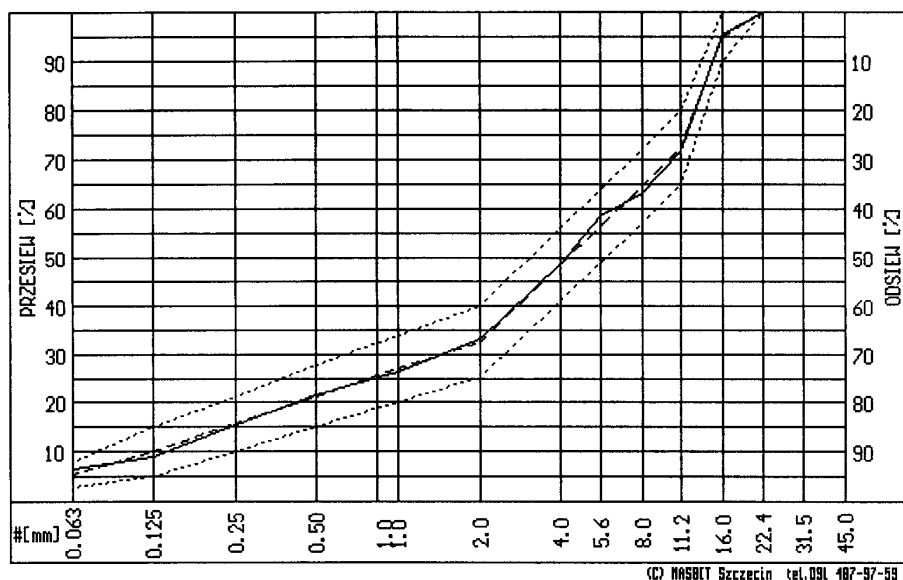
Rodzaj M M A : AC 16 W KR1-2

Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.6

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK 0-2 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
3	ŻWIR 2-16 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR 2-5,6 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
5	ŻWIR 2-16 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



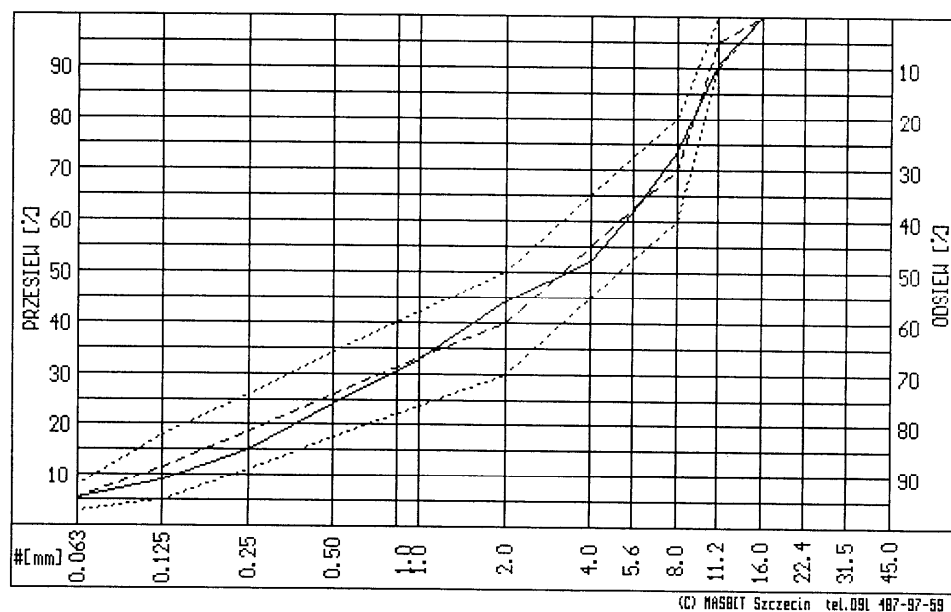
Rodzaj M M A : AC 11 W KR1-2

Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.5

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	5.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	PIASEK PŁUK. 0-2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 2-5,6 (S)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0
5	GRYS 8-11,2 (S)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



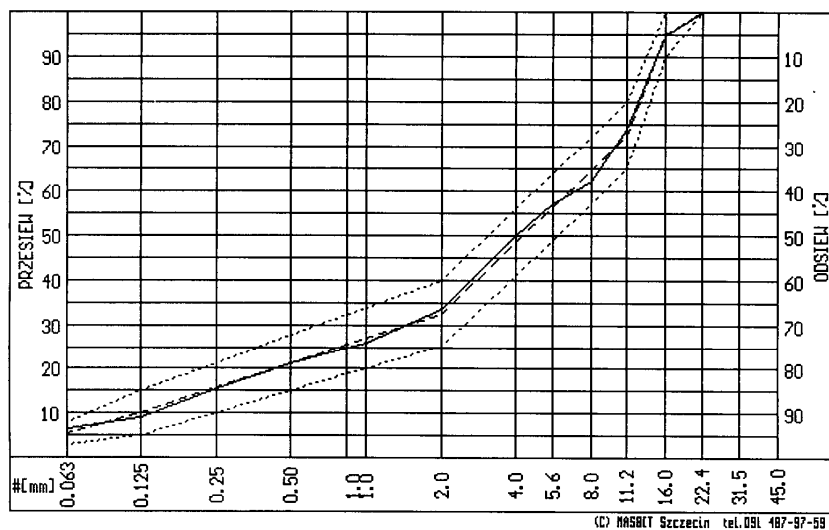
Rodzaj M M A : AC 16 W KR1-2

Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.6

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK 0-2 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
3	ŻWIR 2-16 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR 2-5,6 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
5	ŻWIR 2-16 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



Warstwa ścieralna

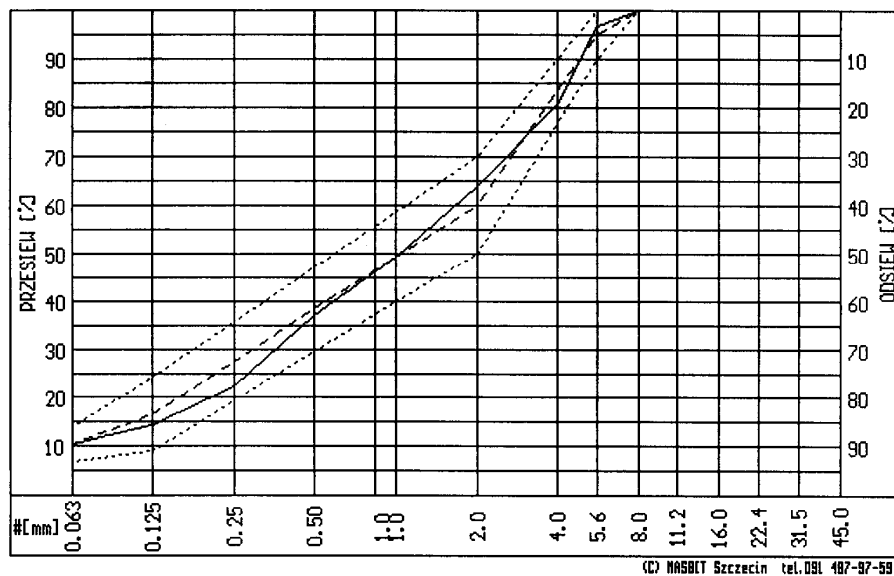
Rodzaj M M A : AC 5 S KR1-2

Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.9

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MACZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	10.0
2	PIASEK PŁUK. 0-2	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	PIASEK ŁAM. 0-2 (1)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 2-5,6	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA

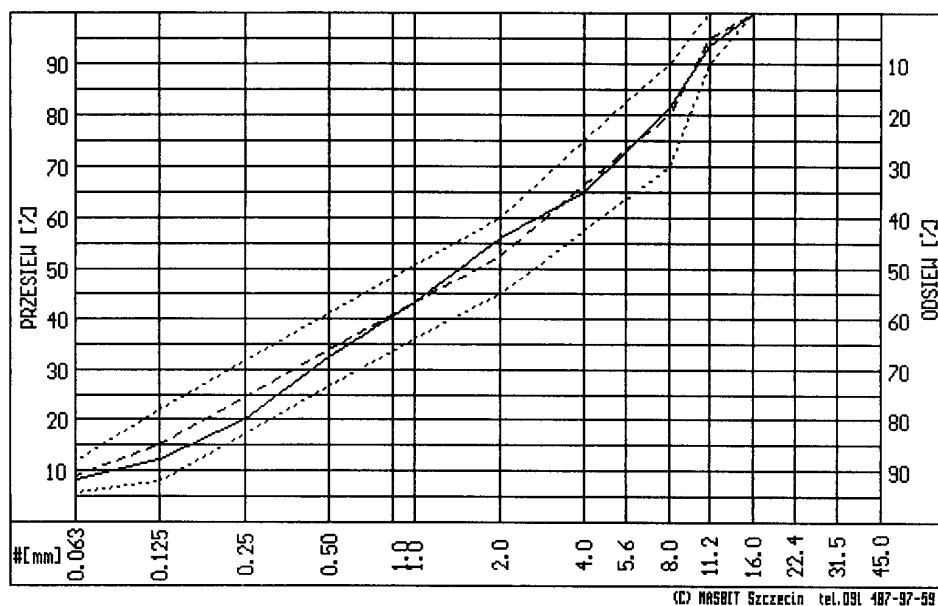


Rodzaj M M A : AC 11 S KR1-2
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.11

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	8.0
2	PIASEK PŁUK. 0-2	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	PIASEK ŁAM. 0-2	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 2-5,6	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
5	GRYS 8-11,2	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0

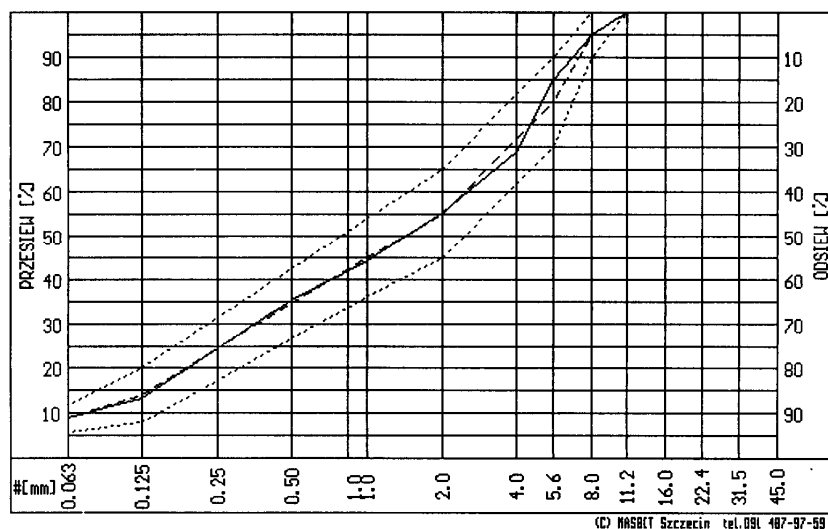
WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



Rodzaj M M A : AC 8 S KR1-2
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.10

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK 0-2 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
3	ŻWIR 2-8 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR 2-8 (R)	-	BKSM RACEWO	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA


Kruszywa zastosowane w doborze uziarnienia mieszanek mineralnych do warstw podbudowy, wiążącej i ścieralnej oceniono pod względem wymagań dla kruszyw do mm zawartych w Wymaganiach Technicznych WT-1. Wyniki oceny przedstawiono w tablicy 5.1.

Tablica 5.1. Ocena kruszyw grubych i drobnych zastosowanych w projektowaniu warstw konstrukcyjnych nawierzchni do KR1-2

Właściwości kruszywa	Kruszywo grube					
	Podbudowa		Warstwa wiążąca		Warstwa ścieralna	
	Ocena	Wymagania	Ocena	Wymagania	Ocena	Wymagania
Uziarnienie, kategoria co najmniej	G _c 90/10, G _c 80/20	G _c 85/20	G _c 85/15, G _c 90/15, G _c 90/10, G _c 85/15, G _c 90/10	G _c 85/20	G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 85/15	G _c 85/20
Zawartość pyłów, kategoria nie wyższa niż	f ₃ , f ₂	f ₂	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂
Kształt kruszywa, kategoria nie wyższa niż	SI ₁₅	SI ₅₀ (FI ₅₀)	SI ₁₅ , SI ₁₅ , SI ₁₅ , SI ₁₅ , SI ₁₅	SI ₃₅ (FI ₃₅)	SI ₁₅ , SI ₁₅ , SI ₁₅	SI ₂₅ I ₂₅
Odporność na polerowanie, kategoria nie niższa niż	PSV ₅₀	-	PSV ₅₀	-	PSV ₅₀	PSV _{Dekl}
Nasiąkliwość, kategoria nie wyższa niż	WA ₂₄₁ , WA _{241.4}	W _{cm} 0.5	WA ₂₄₂ , WA ₂₄₂ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₂ , WA ₂₄₂	W _{cm} 0.5	WA ₂₄₂ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁	W _{cm} 0.5

Mrozoodporność, kategoria nie wyższa niż	F ₂	F ₄	F ₂ , F ₂ , F ₂ , F ₂ , F ₁	F ₂	F ₂ , F ₁ , F ₂ ,	F _{NaCl} 7
	Kruszywo drobne					
Uziarnienie, kategoria co najmniej	G _F 85	G _F 80 lub G _A 85	G _F 85, G _F 85, G _F 85	G _F 85	G _F 85, G _F 85, G _F 85, G _F 85	G _F 85
Zawartość pyłów, kategoria nie wyższa niż	f ₃	f ₁₆	f ₃ , f ₃ , f ₃	f ₁₆	f ₃ , f ₃ , f ₃	f ₁₆
Jakość pyłów, kategoria nie wyższa od	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10, MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10, f ₃ ,	MB _F 10
Grube zanieczyszczenia lekkie, kategoria nie wyższa niż	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1, m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1, m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1

Na podstawie wyników badań kruszywa naturalnego grubego i drobnego, zestawionych w tablicy 5.1, można stwierdzić, że właściwości kruszyw określone odpowiednimi kategoriami spełniają większość wymagań kategorii kruszyw przewidzianych dla betonów asfaltowych dla ruchu KR1 – KR2. Nie w pełni są spełnione wymagania, dla kruszyw do warstwy podbudowy, wiążącej i ścieralnej, dotyczące oceny nasiąkliwości ($w_{cm0.5}$). Badanie mrozoodporności wykazało, że kruszywa zastosowane do mieszanek KR1 – KR2 charakteryzują się kategorią F₁ i F₂ co klasyfikuje je do kruszyw mrozoodpornych.

5.2. Projektowanie uziarnienia mieszanki mineralno-asfaltowej do warstw nawierzchni drogowych o obciążeniu KR3 – KR4

Dla kategorii ruchu KR3 – KR4 zaprojektowano skład mieszanek mineralnych do warstw konstrukcyjnych nawierzchni: podbudowy, warstwy wiążącej i warstwy ścieralnej stosując kruszywa z kopalń: Kruszbet i Szumowo, .

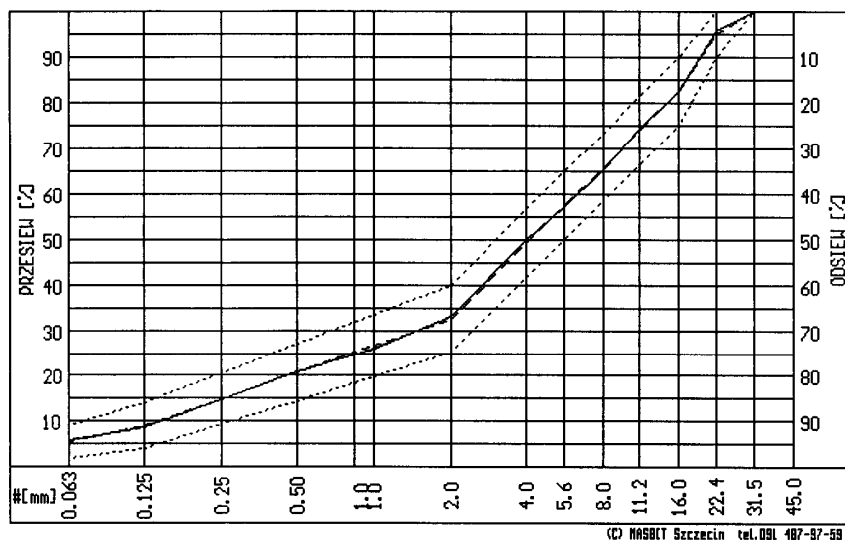
Podbudowa

Rodzaj M M A : AC 22 P KR3-6
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.4

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MACZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK 0-2 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
3	ŻWIR KRUSZ. 2-5,6 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 5,6-11,2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
5	GRYS 11,2-22,4 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA

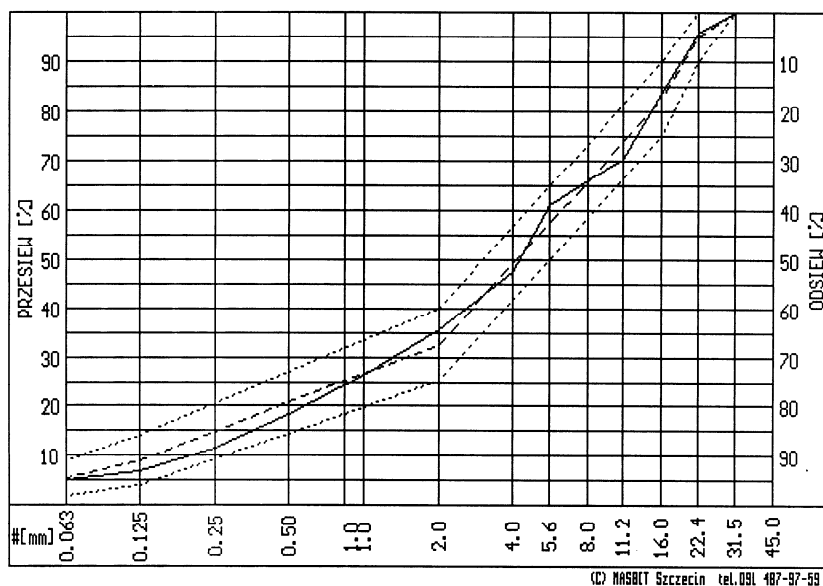


(C) HASBET Szczecin tel. 091 487-87-59

Rodzaj M M A : AC 22 P KR3-6
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.4

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MACZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	5.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
3	GRYS 2-5,6 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR 2-16 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
5	ŻWIR 16-31,5 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0



Warstwa wiążąca

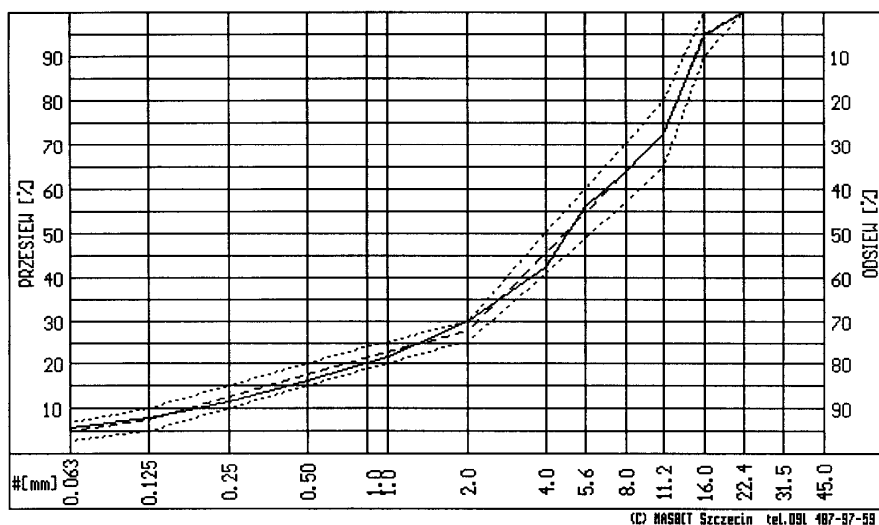
Rodzaj M M A : AC 16 W KR3-6

Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.7

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MACZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	100.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	GRYS 2-5,6 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	ZWIR KRUSZ.11-22 (KS)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0
5	GRYS 8-11,2 (S)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



Warstwa ścieralna

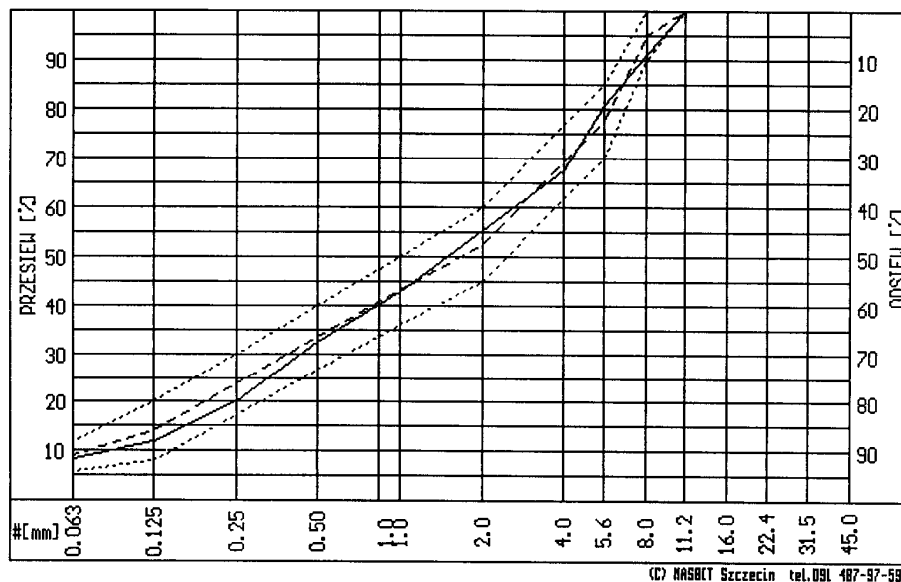
Rodzaj M M A : AC 8 S KR3-4
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.12

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	8.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	PIASEK PŁUK. 0-2 (1)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 2-5,6	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
5	GRYS 5,6-11,2	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0

III. WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA

*b81W

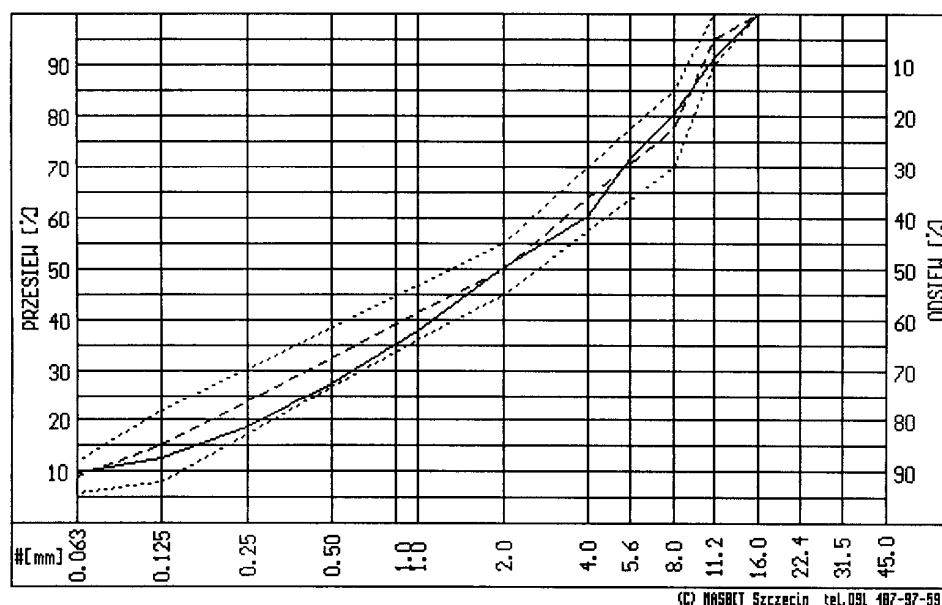


Rodzaj M M A : AC 11 S KR3-4
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.13

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	10.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	40.0
3	ŻWIR KRUSZ. 2-5,6	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR KRUSZ. 5,6-16	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0

III. WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



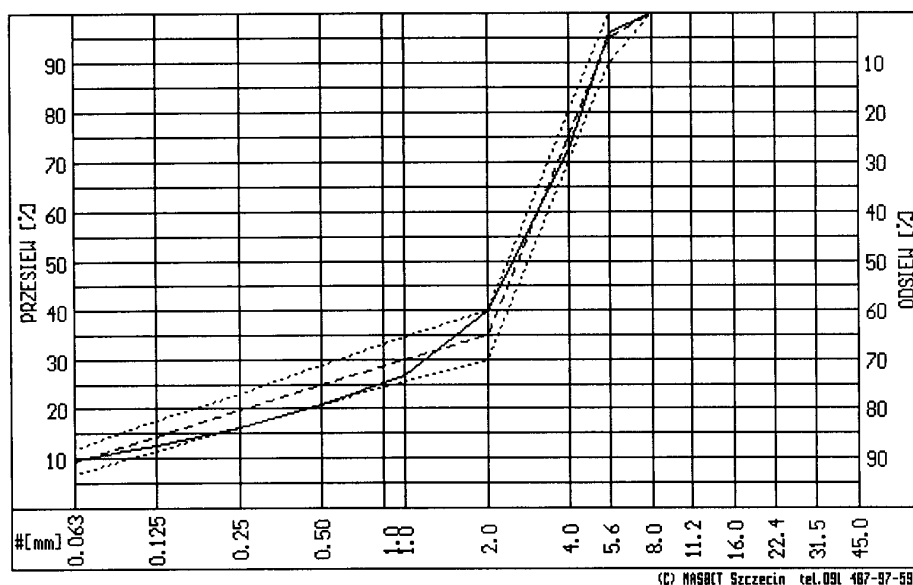
Rodzaj M M A : SMA 5 KR1-4

Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.14

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	10.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	GRYS 2-5,6	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
4	ŻWIR KRUSZ. 2-5,6 (1)	-	KRUSZBET SUWAŁKI	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA

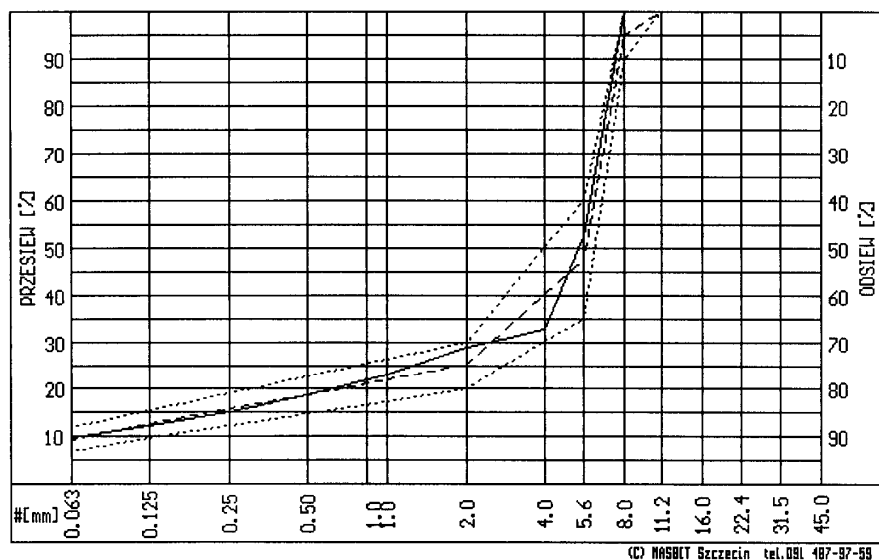


Rodzaj M M A : SMA 8 KR1-6
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.15

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	10.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	GRYS 2-5,6 (S)	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 2-5,6 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
5	GRYS 5,6-11,2 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0
6	G 5,6-8 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0

WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA

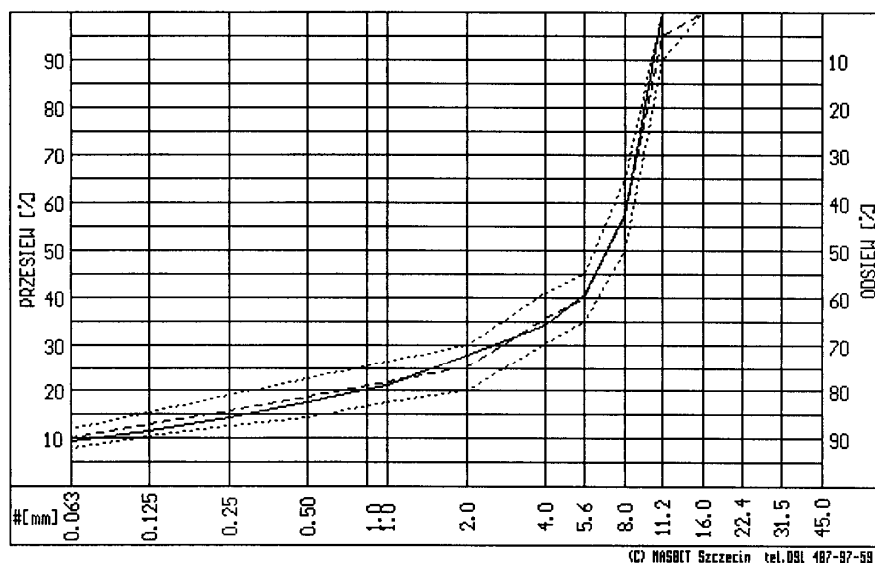


Rodzaj M M A : SMA 11 KR3-6
Wg normy : WT NA DiL-2008, rys.16

I. LISTA SKŁADNIKÓW MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ

Lp.	Nazwa składnika mieszanki	Nr orzeczenia	Pochodzenie materiału	Gęstość [g/cm ³]	W. brzegowe	
					Min.	Max.
1	MĄCZKA WAPIENNA	-	HRYNIEWICZE	2.700	0.0	10.0
2	PIASEK ŁAM. 0-2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
3	GRYS 2-5,6 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0
4	GRYS 5,6-11,2 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0
5	G 5,6-8 (KSII)	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0
6	GRYS 8-11,2	-	SZUMOWO	2.650	0.0	100.0
7	GRYS 5,6-11,2 (SII)	-	SZUMOWO II	2.650	0.0	100.0
8	GRYS 11,2-22,4	-	KRUSZBET STOŻNE	2.650	0.0	100.0

III. WYKRES KRZYWEJ UZIARNIENIA



Kruszywa zastosowane do mieszanek mineralnych oceniono pod względem wymagań technicznych WT-1 (tablica 5.2).

Tablica 5.2. Ocena kruszyw grubych i drobnych zastosowanych w projektowaniu warstw konstrukcyjnych nawierzchni o obciążeniu KR3-4

Właściwości kruszywa	Kruszywo grube					
	Podbudowa		Warstwa wiążąca		Warstwa ścieralna	
	Ocena	Wymagania	Ocena	Wymagania	Ocena	Wymagania
Uziarnienie, kategoria co najmniej	G _c 90/20, G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 85/15, G _c 90/10	G _c 90/20	G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 90/10	G _c 90/20	G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 90/15, G _c 90/15, G _c 90/10,	G _c 90/15
Zawartość pyłów, kategoria nie wyższa niż	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂
Kształt kruszywa, kategoria nie wyższa niż	SI ₁₅ (FI ₁₅), SI ₁₅ (FI ₁₅),	SI ₃₀ (FI ₃₀)	SI ₁₅ (FI ₁₅), SI ₁₅ (FI ₁₀)	SI ₂₅ (FI ₂₅)	SI ₁₅ , SI ₁₅ , SI ₁₅ (FI ₁₅), SI ₁₅ (FI ₁₀),	SI ₂₀ (FI ₂₀)
Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej, kategoria nie wyższa niż	C _{100/0} , C _{90/1}	C _{90/1}	C _{100/0} , C _{50/10} , C _{95/1}	C _{90/1}	C _{95/1} , C _{100/0} , C _{90/1} , C _{100/0} , C _{100/0}	C _{95/1} , C _{100/0} (SMA)
Odporność na polerowanie,	PSV ₄₄ ,	-	PSV ₅₀ , PSV ₄₀	-	PSV ₄₄ ,	PSV ₅₀

kategoria nie niższa niż	PSV ₅₀				PSV ₄₄ , PSV ₅₀ , PSV ₅₀	
Nasiąkliwość, kategoria nie wyższa niż	WA ₂₄₂ , WA ₂₄₂ , WA ₂₄₂ , WA ₂₄₁	W _{cm} 0.5	WA ₂₄₂ , WA ₂₄₁	W _{cm} 0.5	WA ₂₄₂ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₂ , WA ₂₄₂ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁	W _{cm} 0.5
Mrozoodporność, kategoria nie wyższa niż	F ₂ , F ₂ , F ₂ , F ₁	F ₄	F ₂ , F ₂	F ₂	F _{NaCl} 2, F _{NaCl} 5, F _{NaCl} 8	F _{NaCl} 7
Grube zanieczyszczenia lekkie, kategoria nie wyższa niż	m _{LPC} 0.1, m _{LPC} 0.1,	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1
	Kruszywo drobne					
Uziarnienie, kategoria co najmniej	G _F 85, G _F 85	G _F 80 lub G _A 90	G _F 85	G _F 85	G _F 85, G _F 85, G _F 85	G _F 85
Zawartość pyłów, kategoria nie wyższa niż	f ₃	f ₁₆	f ₃	f ₁₆	f ₃	f ₁₆
Jakość pyłów, kategoria nie wyższa od	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10
Grube zanieczyszczenia lekkie, kategoria nie wyższa niż	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1

Na podstawie wyników badań kruszywa naturalnego grubego i drobnego zestawionych w tablicy 5.2, można stwierdzić, że właściwości kruszyw określone odpowiednimi kategoriami spełniają większość wymagań dla kruszyw przewidzianych do betonu asfaltowego i mastyksu grysowego SMA dla ruchu KR3 – KR4. Wyniki badań mrozoodporności spełniają wymagania dla kruszyw przewidzianych do stosowania do warstwy podbudowy oraz wiążącej. Do mieszanki mineralnej przeznaczonej do warstwy ścieralnej można dobrać grys spełniające wymaganie $\leq F_{NaCl}7$.

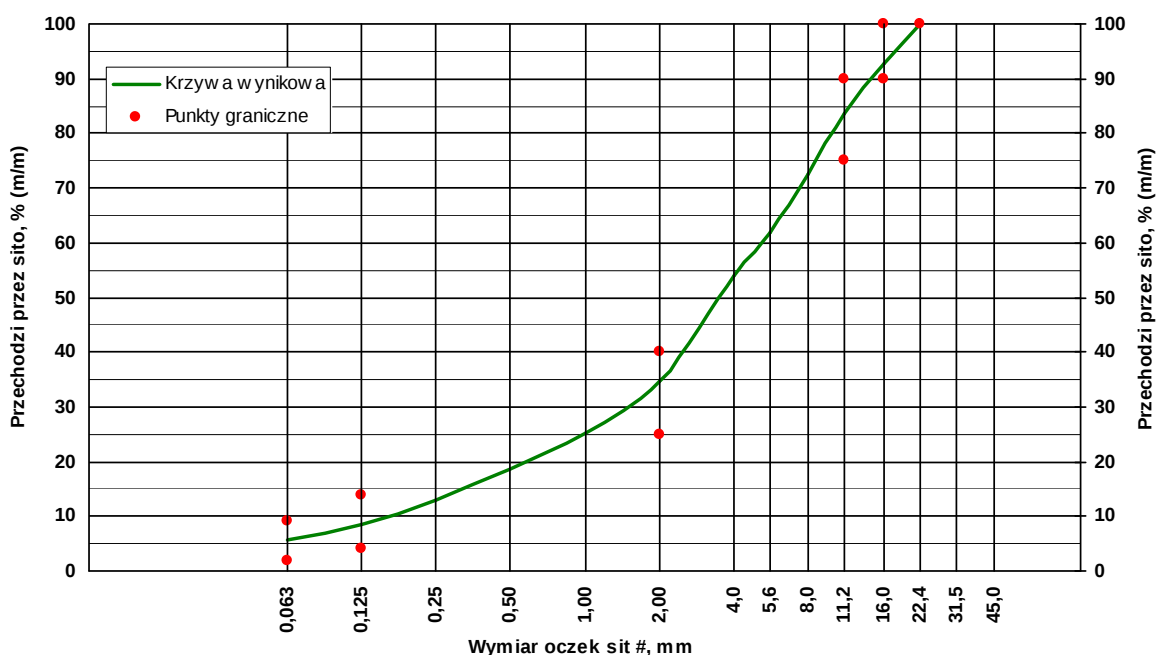
5.3. Projektowanie uziarnienia mieszanki mineralno-asfaltowej do warstw nawierzchni drogowych o obciążeniu KR5 – KR6

Na podstawie wyników uziarnienia kruszyw z kopalń: SKSM Suwałki i Szumowo określono różne składy mieszanek mineralnych zgodnie z WT 2 – 2008 stosując kruszywa z kopalń: SKSM Suwałki, Szumowo.

Warstwa podbudowy

Mieszanka AC 16 P

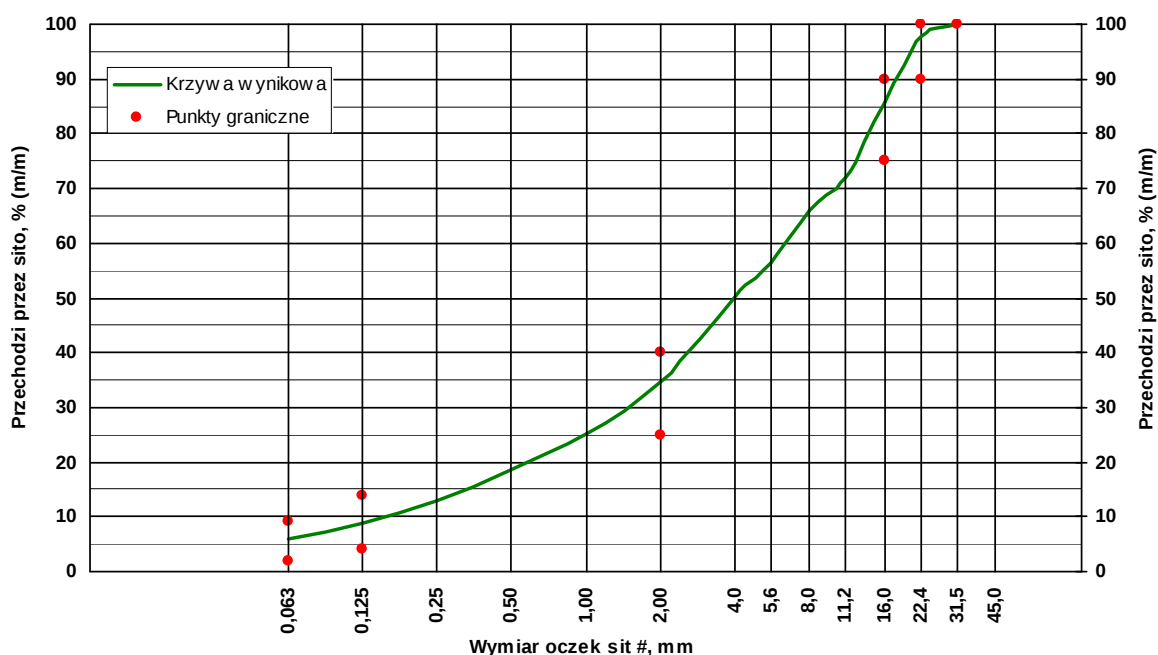
Lp	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [%]
1	Mączka wapienna	6,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	29,53
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	10,46
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	26,35
5	Grys 8/11 „Sobolewo”	11,92
6	Grys 11/22 „Osowa”	15,74



Rys.3.2 Krzywa uziarnienia mieszanki AC 16 P

Mieszanka AC 22 P

L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [g/l]
1	Mączka wapienna	6,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	29,39
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	4,22
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	20,98
5	Grys 5/11 „Kutyski”	10,71
6	Grys 11/22 „Osowa”	28,71

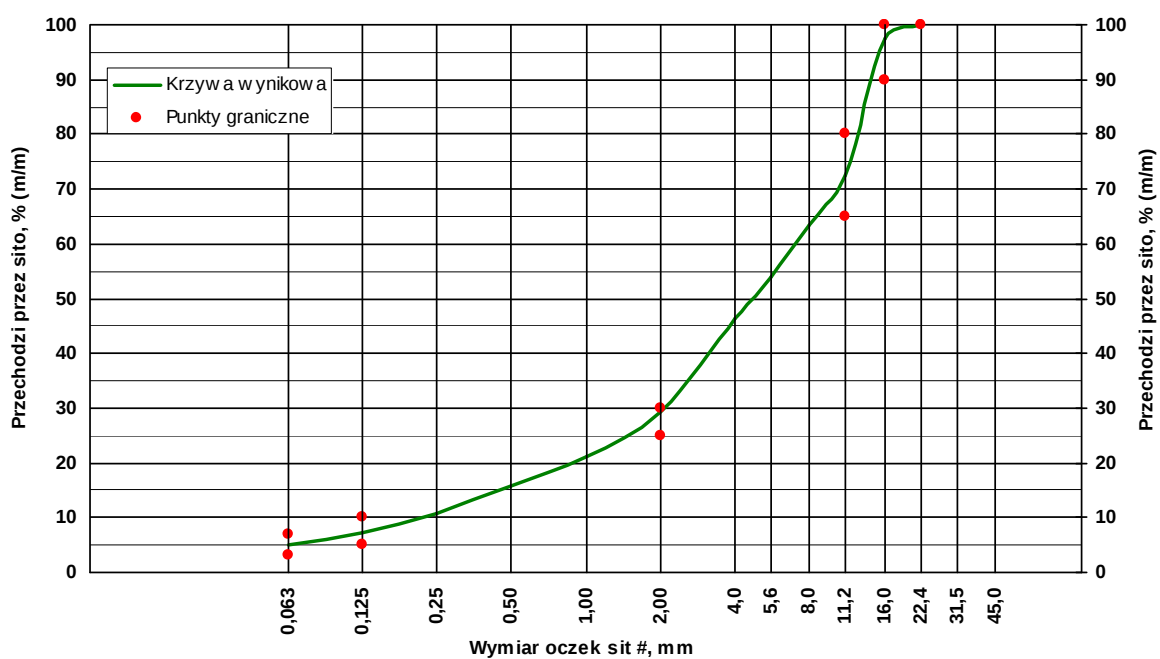


Rys.4.2 Krzywa uziarnienia mieszanki AC 22 P

Warstwa wiążąca

Mieszanka AC 16 W

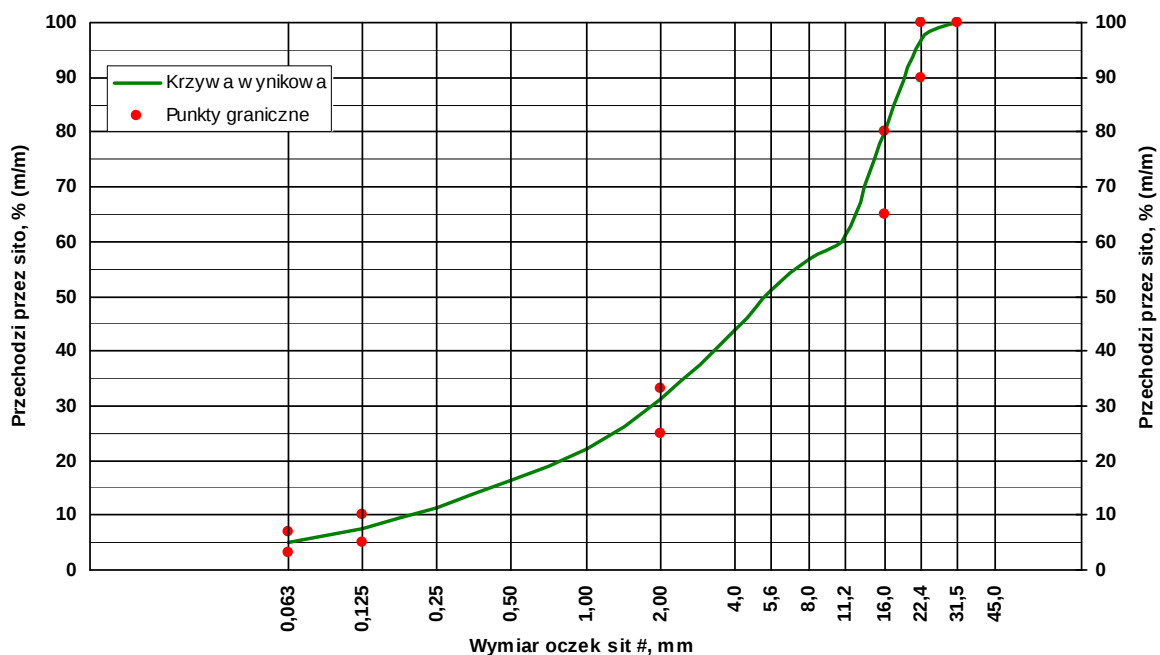
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [g/l]
1	Mączka wapienna	5,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	24,56
3	Grys 2/5 „Sobolewo”	17,12
4	Grys 2/5 „Osowa”	7,97
5	Grys 5/11 „Kutyski”	16,87
6	Grys 11/16 „Sobolewo”	28,49



Rys.5.2 Krzywa uziarnienia mieszanki AC 16 W

Mieszank AC 22 W

L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM
1	Mączka wapienna	5,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	25,81
3	Grys 2/5 „Osowa”	22,15
4	Grys 5/11 „ Kutyski ”	6,88
5	Grys 11/22 „Osowa”	40,16

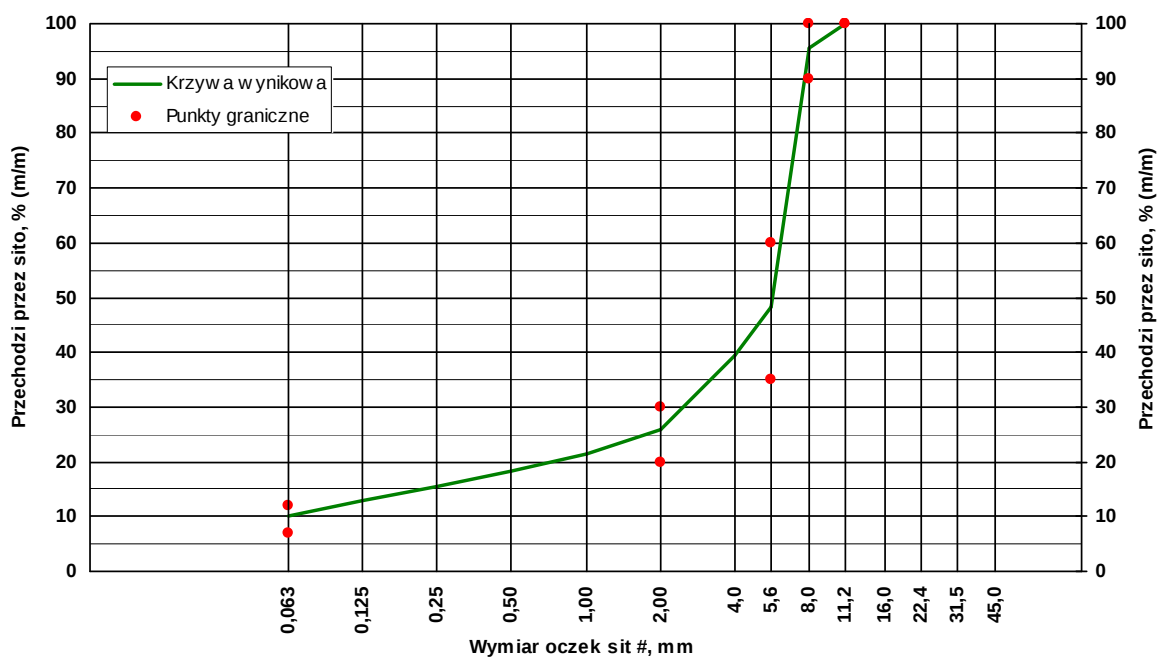


Rys.6.2 Krzywa uziarnienia mieszanki AC 22 W

Warstwa ścieralna

Mieszanka SMA 8

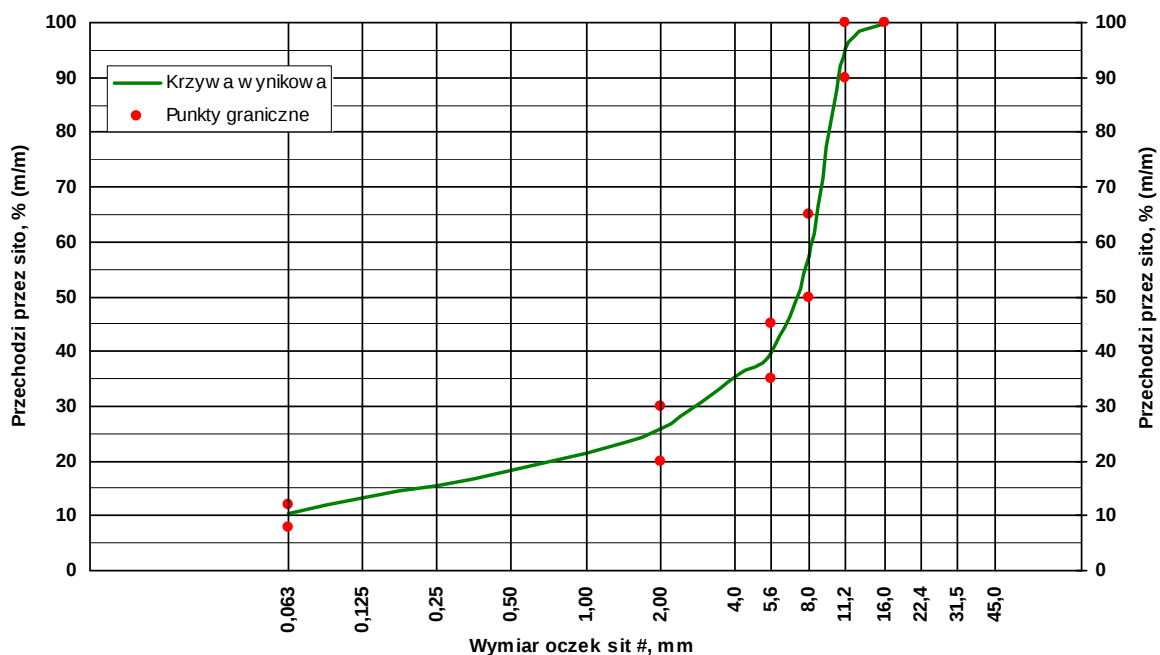
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [0/1]
1	Mączka wapienna	12,11
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	14,10
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	56,33
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	17,45



Rys.7.2 Krzywa uziarnienia mieszanki SMA 8

Mieszanka SMA 11

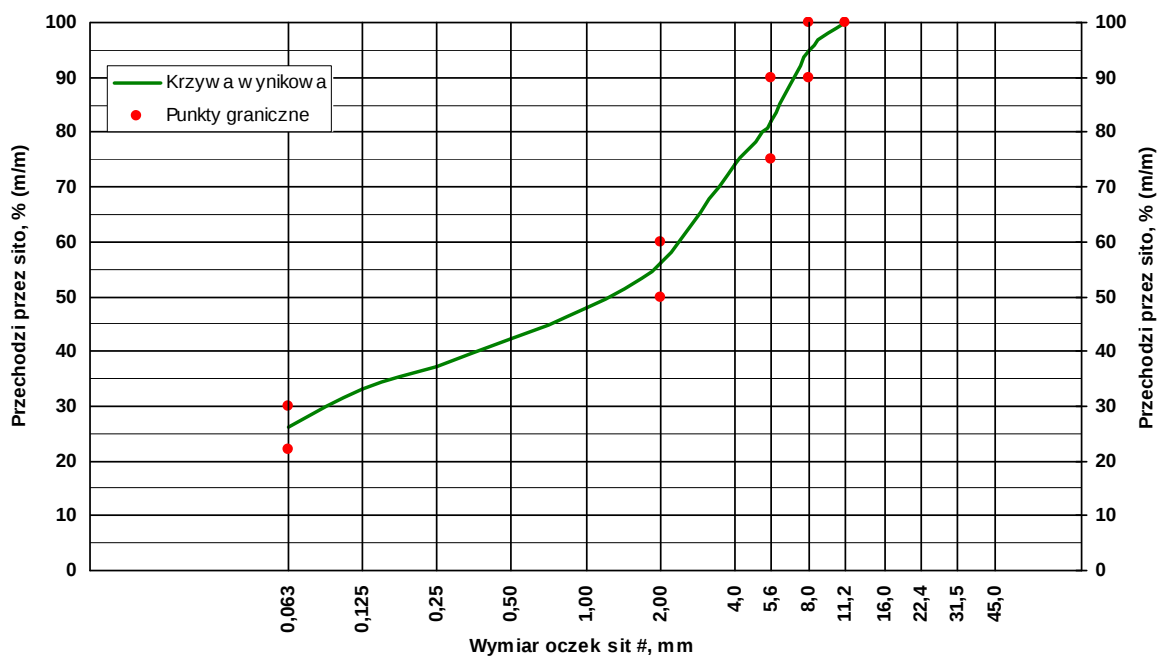
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM
		[9%]
1	Mączka wapienna	12,32
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	13,43
3	Grys 5/11 „Osowa”	44,41
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	13,03
5	Grys 8/11 „Sobolewo”	16,81



Rys.8.2 Krzywa uziarnienia mieszanki SMA 11

Mieszanka MA 8 S

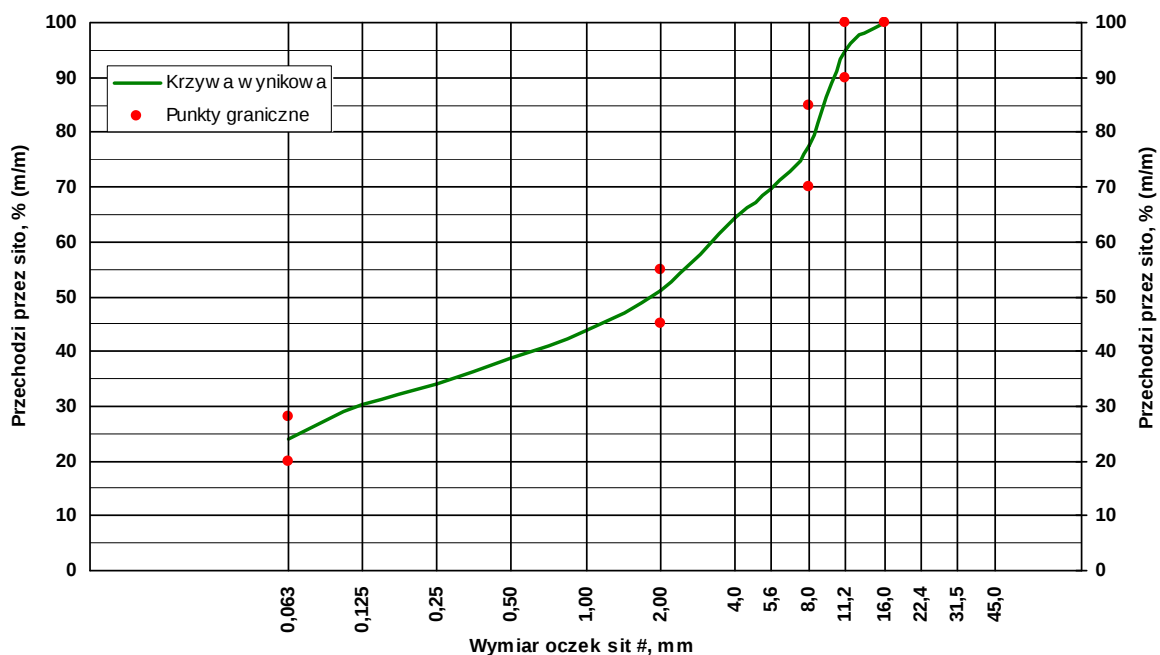
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM
		$\frac{m_0}{\Sigma}$
1	Mączka wapienna	31,85
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	24,48
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	8,19
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	20,43
5	Grys 5/11 „Kutyski”	9,31
6	Grys 2/5 „Osowa”	5,75



Rys.9.2 Krzywa uziarnienia mieszanki MA 8 S

Mieszanka MA 11 S

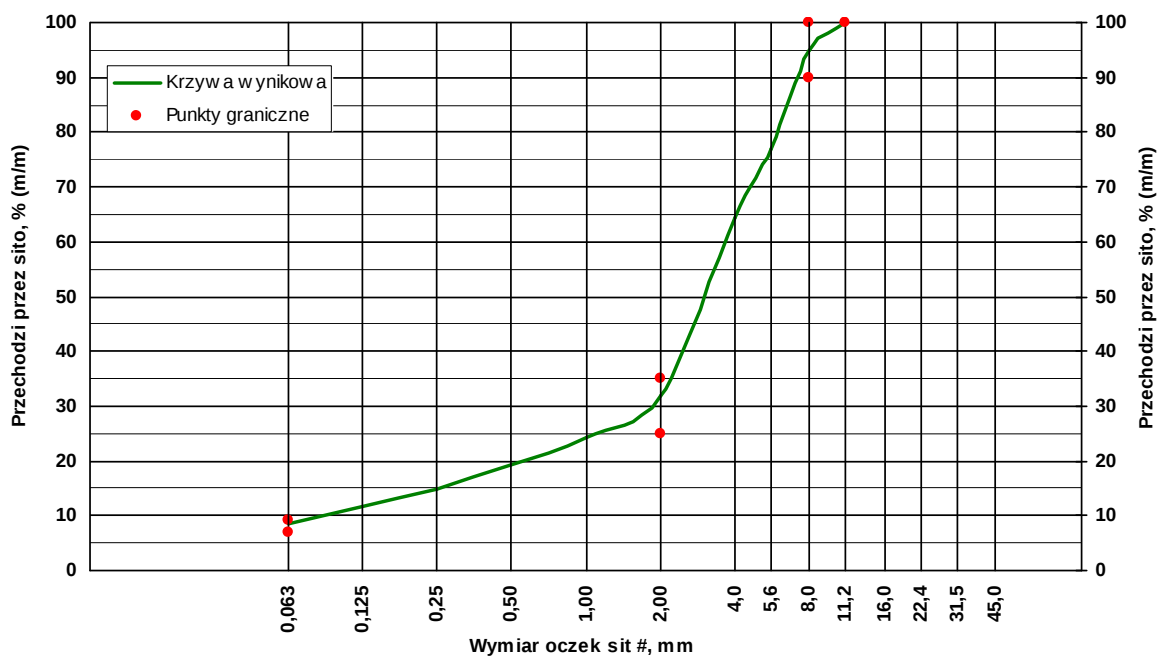
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM
		[%]
1	Mączka wapienna	29,21
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	22,45
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	6,42
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	18,22
5	Grys 8/11 „Sobolewo”	20,58
6	Grys 11/16 „Sobolewo”	3,13



Rys.10.2 Krzywa uziarnienia mieszanki MA 11 S

Mieszanka BBTM 8 A

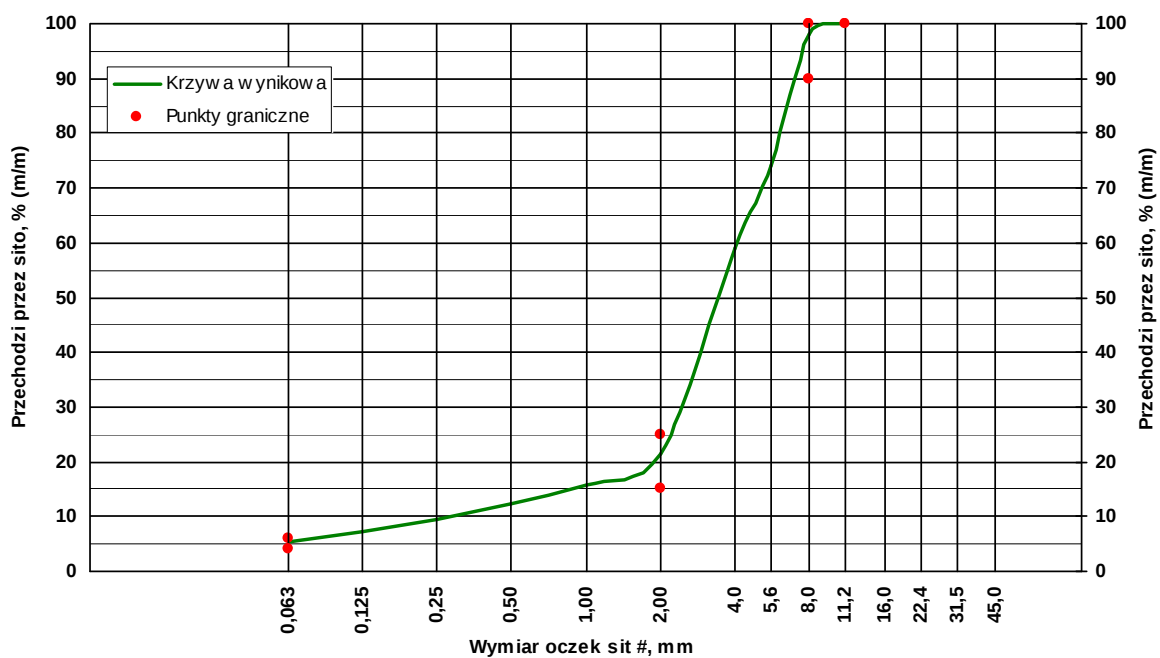
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM
		$\frac{r_0}{1}$
1	Mączka wapienna	29,21
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	21,80
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	18,06
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	46,47
5	Grys 11/16 „Sobolewo”	3,67



Rys.11.2 Krzywa uziarnienia mieszanki BBTM 8 A

Mieszanka BBTM 8 B

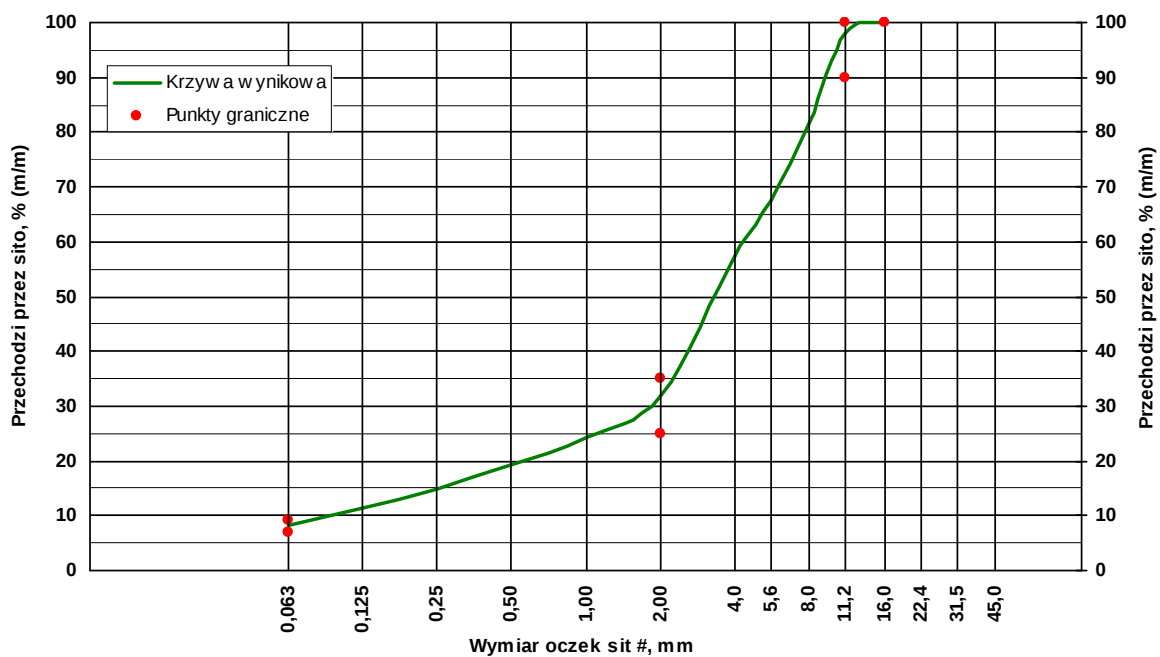
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [%]
1	Mączka wapienna	6,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	14,78
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	16,29
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	54,96
5	Grys 5/11 „Kutyski”	7,98



Rys.12.2 Krzywa uziarnienia mieszanki BBTM 8 B

Mieszanka BBTM 11 A

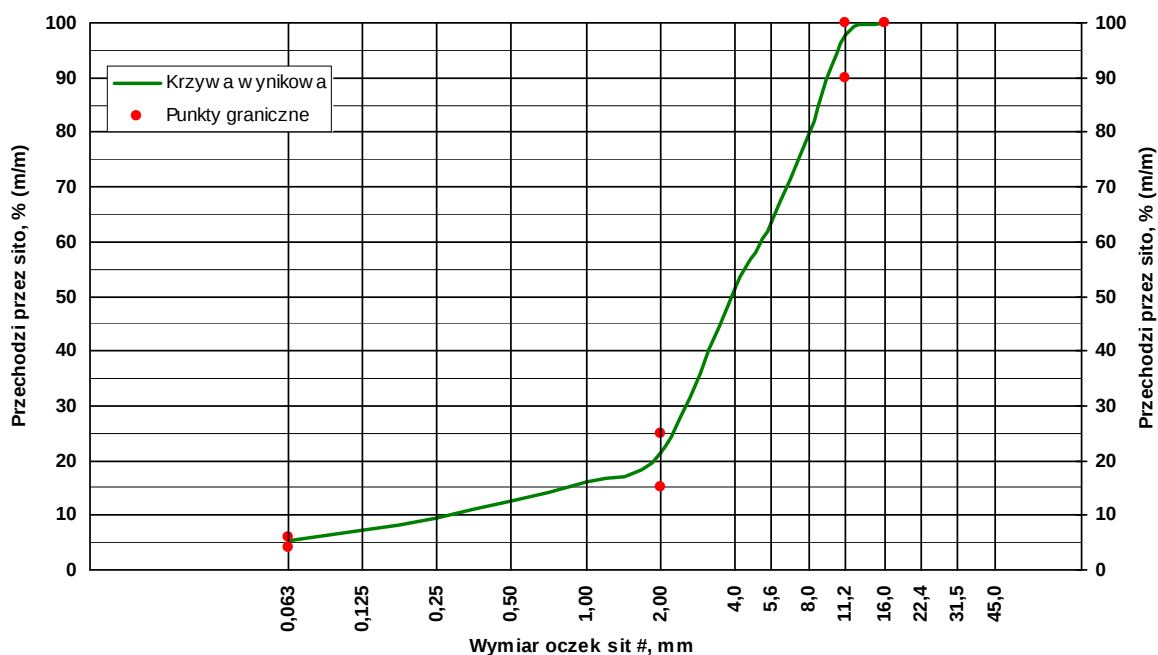
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [%]
1	Mączka wapienna	9,50
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	22,76
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	12,87
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	35,99
5	Grys 8/11 „Sobolewo”	18,88



Rys.13.2 Krzywa uziarnienia mieszanki BBTM 11 A

Mieszanka BBTM 11 B

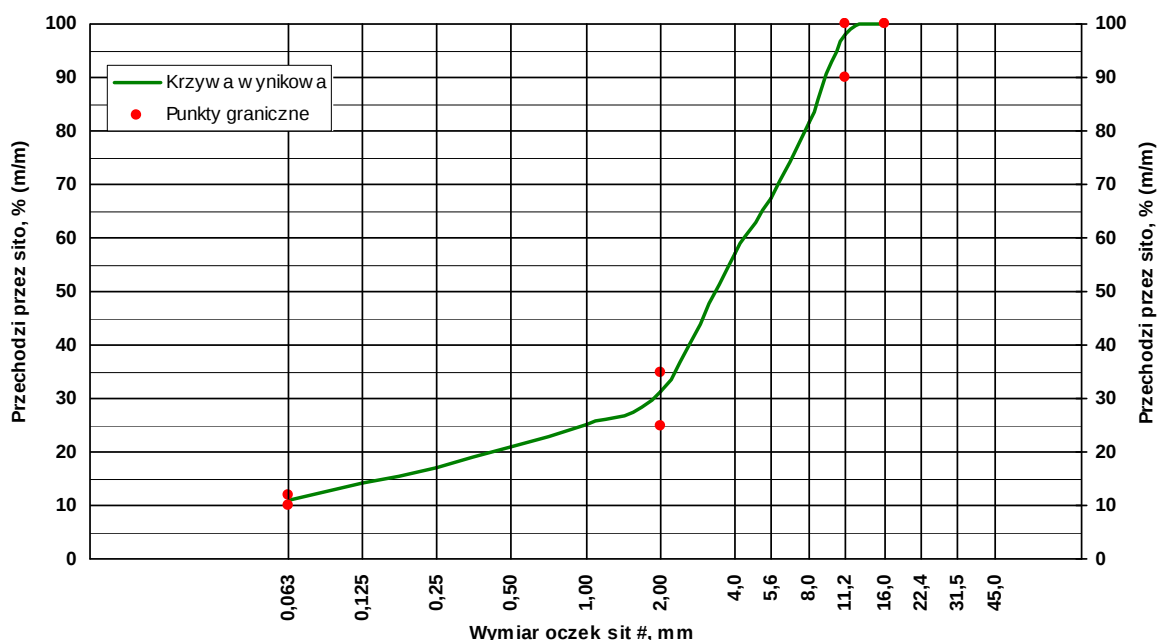
L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [%]
1	Mączka wapienna	6,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	15,15
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	14,60
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	43,36
5	Grys 8/11 „Sobolewo”	20,89



Rys.14.2 Krzywa uziarnienia mieszanki BBTM 11 B

Mieszanka BBTM 11 C

L.p	Nazwa składnika mieszanki	Udział w MM [%]
1	Mączka wapienna	13,00
2	Piasek łamany 0/2 „Kutyski”	18,44
3	Grys 5/8 „Sobolewo”	12,64
4	Grys 2/5 „Sobolewo”	37,01
5	Grys 8/11 „Sobolewo”	18,91



Rys.15.2 Krzywa uziarnienia mieszanki BBTM 11 C

Dokonano oceny kruszyw zastosowanych w projektowaniu mieszanek mineralno-asfaltowych pod względem wymagań WT-1 dla mieszanek KR5 – KR6 (tablica 5.3).

Tablica 5.3. Ocena kruszyw zastosowanych w projektowaniu warstw konstrukcyjnych nawierzchni o obciążeniu KR5-6

Właściwości kruszywa	Kruszywo grube					
	Podbudowa		Warstwa wiążąca		Warstwa ścieralna	
	Ocena	Wymagania	Ocena	Wymagania	Ocena	Wymagania
Uziarnienie, kategoria co najmniej	G _c 90/15, G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 90/10	G _c 90/20	G _c 90/10, G _c 90/15, G _c 90/10	G _c 90/20	G _c 90/10, G _c 90/15, G _c 90/10, G _c 90/10, G _c 90/10	G _c 90/15
Zawartość pyłów, kategoria nie wyższa niż	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂	f _{0.5} , f _{0.5} , f ₁	f ₂	f _{0.5} , f _{0.5} , f _{0.5}	f ₂
Kształt kruszywa, kategoria nie wyższa niż	SI ₂₅ (FI ₁₅), SI ₂₅ (FI ₁₅), FI ₁₀	SI ₃₀ (FI ₃₀)	SI ₂₅ (FI ₁₅), SI ₁₅ (FI ₁₅), FI ₁₅	SI ₂₅ (FI ₂₅)	FL ₁₀ , FL ₁₀ , SI ₃₅ (FI ₁₅), SI ₂₅ (FI ₁₅),	SI ₂₀ (FI ₂₀)
Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej, kategoria nie wyższa niż	C _{90/1} , C _{90/1} , C _{90/1}	C _{90/1}	C _{90/1} , C _{90/1} , C _{90/1}	C _{95/1}	C _{90/1} , C _{90/1} , C _{90/1} , C _{90/1} , C _{900/1}	C _{100/0}
Odporność na polerowanie,	PSV ₄₄ ,	-	PSV ₄₄ , PSV ₄₄	-	PSV ₄₄ ,	PSV ₅₀

kategoria nie niższa niż	PSV ₄₄				PSV ₄₄ , PSV ₄₄	
Nasiąkliwość, kategoria nie wyższa niż	WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁	W _{cm} 0.5	WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₂	W _{cm} 0.5	WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ , WA ₂₄₁ ,	W _{cm} 0.5
Mrozoodporność, kategoria nie wyższa niż	F ₁ , F ₂ , F ₁ , F ₁	F ₄	F ₂ , F ₁ , F ₁ , F ₁	F ₂	F _{NaCl} 5, F _{NaCl} 5, F _{NaCl} 5, F _{NaCl} 8	F _{NaCl} 7
Grube zanieczyszczenia le- kie, kategoria nie wyższa niż	m _{LPC} 0.1, m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1
	Kruszywo drobne					
Uziarnienie, kategoria co najmniej	G _F 85, G _F 85	G _F 85, G _A 85	G _F 85	G _F 85	G _F 85, G _F 85, G _F 85	G _F 85
Zawartość pyłów, kategoria nie wyższa niż	f ₃	f ₁₆	f ₃	f ₁₆	f ₃	f ₁₆
Jakość pyłów, kategoria nie wyższa od	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10	MB _F 10
Grube zanieczyszczenia le- kie, kategoria nie wyższa niż	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1	m _{LPC} 0.1

Na podstawie wyników badań kruszywa naturalnego grubego i drobnego zestawionych w tablicy 5.3 można stwierdzić, że właściwości kruszyw określone odpowiednimi kategoriami spełniają większość wymagań wg WT-1 dla kruszyw przewidzianych do mieszanek mineralno-asfaltowych dla ruchu KR5 – KR6. Nieznacznie zanizona jest polerowalność oraz dla niektórych grysów mrozoodporność F_{NaCl} . Większość grysów spełnia wymaganie mrozoodporności i do warstwy ścieralnej istnieje możliwość doboru grysów spełniających wszystkie wymagania.

6. Właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

Badania cech technicznych wybranych mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw nawierzchni kategorii KR1- KR6 przeprowadzono zgodnie z Wymaganiami Technicznymi WT-2 2008.

6.1. Określenie zawartości lepiszcza asfaltowego

Określono właściwości mieszanek mma z trzema zawartościami lepiszczy asfaltowych. Na podstawie otrzymanych wyników określono optymalne zawartości lepiszczy dla badanych mieszanek. Przy wyborze optymalnej zawartości asfaltu brano pod uwagę wyniki badania odporności na działanie wody. Badanie koleinowania wykonano dla wybranej jednej zawartości lepiszcza asfaltowego (p. 5.2).

Badanie odporności na działanie wody wykonano zgodnie z normą PN-EN 12697-12. Określono ITSr na próbkach z mieszanek mineralno-asfaltowych, z dwoma lub trzema zawartościami lepiszcza, zagęszczonych 2x25 uderzeniami ubijaka Marshalla. Próbkę kondycjonowano w 40 °C i poddano jej, przed badaniem metodą pośredniego rozciągania w temperaturze 15 °C, cyklowi zamrażania.

Wyniki badań cech technicznych, wymagania wg WT-2 oraz wybrane najkorzystniejsze zawartości lepiszcza przedstawiono w tablicy 6.1 dla mieszanek przeznaczonych do nawierzchni o obciążeniu KR1 – KR2, w tablicy 6.2 dla mieszanek przeznaczonych do nawierzchni o obciążeniu KR3 – KR4 i w tablicy 6.3 dla mieszanek przeznaczonych do nawierzchni o obciążeniu KR5 – KR6.

Tablica 6.1. Właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw konstrukcyjnych nawierzchni KR1 – KR2

Właściwości	Jednostka	Rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej		
		AC 22 P KR1-2		
		4%	4,5%	5%
Gęstość objętościowa MMA "ρ _{bsd} "	[g/m ³]	2,236	2,277	2,324
Gęstość próbki "ρ _m "	[g/m ³]	2,529	2,511	2,492
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "V _m "	[v/v %]	11,6	9,3	6,7
Wymagana "V _m " w MMA	[v/v %]	V _{min} .4,0 V _{max} .10		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	20,2	19,2	17,9
Wymagana "WMA" w MM	[v/v %]	VMA _{min} .16		

Wolna przestrzeń wypełniona lepiskiem "VFB" w MMA	[v/v %]	42,6	51,4	62,4
Wymagana "VFB" w MMA	[v/v %]	VFBmin.50 VFBmax.74		
Stabilność "S"	[kN]	4,9	5,1	5,3
Deformacja "L"	[mm]	2,2	1,9	1,9
Wybrana zawartość asfaltu 50/70	[%]	4,8		
ITSR	[%]		85,58	81,56
ITSR wymagany	[%]	70		
AC 16 W KR1-2				
		4.4%	4.9%	5,4%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,356	2,384	2,400
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,521	2,502	2,484
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	6,5	4,7	3,4
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.3,0 Vmax.6,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	16,5	15,9	15,8
Wymagana "WMA" w MM	[v/v %]	VMAmin.16		
Wolna przestrzeń wypełniona lepiskiem "VFB" w MMA	[v/v %]	60,4	70,5	78,7
Wymagana "VFB" w MMA	[v/v %]	VFBmin.60 VFBmax.80		
Stabilność "S"	[kN]	4,82	5,33	5,33
Deformacja "L"	[mm]	3,2	3,6	4,7

Wybrana zawartość asfaltu 50/70	[%]	5,0		
ITSR	[%]		81,3	92,23
ITSR wymagany	[%]	80		
AC 8 S KR1-2				
		6.6%	7,1%	7,6%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,348	2,346	2,335
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,438	2,421	2,404
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	3,7	3,1	2,9
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.1,0 Vmax.3,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	18,6	19,1	19,9
Wymagana "WMA" w MM	[v/v %]	VMAmin.16		
Wolna przestrzeń wypełniona lepizszcem "VFB" w MMA	[v/v %]	80,2	83,7	85,5
Wymagana "VFB" w MMA	[v/v %]	VFBmin.78 VFBmax.89		
Stabilność "S"	[kN]	5,33	4,57	4,32
Deformacja "L"	[mm]	5	8,8	9
Wybrana zawartość asfaltu 50/70	[%]	7,4		
ITSR	[%]		74,67	95,14
ITSR wymagany	[%]	90		
SMA 5 KR1-4				
		6.8%	7.3%	7.8%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,318	2,313	2,301

Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,412	2,395	2,378
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	3,9	3,4	3,3
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.2,0 Vmax.4,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	19,0	19,6	20,5
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	79,6	82,6	84,1
Stabilność "S"	[kN]	4,83	6,1	5
Deformacja "L"	[mm]	7,5	6,1	7,9
Wybrana zawartość asfaltu 50/70	[%]	7,5		
Spływność	[%]	D0,24		
Dopuszczalna spływność	[%]	D0,3		
ITSR	[%]	74,25	79,83	98,59
ITSR wymagany	[%]	90		
SMA 5 KR1-4 z asfaltem modyfikowanym 80B				
Spływność	[%]	D0,21		
Dopuszczalna spływność	[%]	D0,3		
ITSR	[%]	69,88	92,75	93,67
ITSR wymagany	[%]	90		

Tablica 6.2. Właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw konstrukcyjnych nawierzchni KR3 – KR4

Właściwości	Jednostka	AC 22 P KR3-6		
		3.8%	4.3%	4.8%
Gęstość objętościowa MMA " ρ_{bssd} "	[g/m ³]	2,352	2,367	2,384
Gęstość próbki " ρ_m "	[g/m ³]	2,535	2,516	2,497

Zawartość wolnej przestrzeni W MMA "Vm"	[v/v %]	7,2	5,9	4,5
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.4,0 Vmax.10,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	15,8	15,7	15,5
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	54,3	62,3	70,9
Stabilność "S"	[kN]	7,54	8,38	6,35
Deformacja "L"	[mm]	3,7	3,3	4,6
Wybrana zawartość asfaltu 35/50	[%]	4,0		
ITSR	[%]	61,98	92,92	84,48
ITSR wymagany	[%]	70		
AC 16 W KR3-6				
		4.4%	4.9%	5.4%
Grednia gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,350	2,369	2,360
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,494	2,476	2,458
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	5,8	4,3	4,0
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.4,0 Vmax.7,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	15,7	15,5	16,2
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	63,2	72,0	75,4
Stabilność "S"	[kN]	6,22	8,64	8,64
Deformacja "L"	[mm]	4,7	4,8	4,3
Wybrana zawartość as-	[%]	4,4		

faltu 35/50				
ITSR	[%]	94,00	91,82	92,74
ITSR wymagany	[%]	80		
		AC 8 S KR3-4		
		6.4%	6.9%	7.4%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,362	2,350	2,339
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,412	2,395	2,378
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	2,1	1,9	1,7
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.2,0 Vmax.4,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	16,6	17,5	18,3
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	87,6	89,2	90,9
Stabilność "S"	[kN]	6,44	7,03	6,69
Deformacja "L"	[mm]	6,4	9,3	9,2
Wybrana zawartość lepiszcza 80B	[%]	6,4		
ITSR	[%]	92,18	101,46	
ITSR wymagany	[%]	90		
		SMA 8 KR1-6		
		6.6%	7.1%	7.6%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,325	2,323	2,326
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,411	2,394	2,377
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	3,6	3,0	2,1
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.2,0 Vmax.4,0		

Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	18,3	18,8	19,1
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	80,5	84,2	88,8
Stabilność "S"	[kN]	7,1	7,1	7,45
Deformacja "L"	[mm]	9,9	6,4	9,8
Wybrana zawartość lepiszcza 80B	[%]	6,6		
Spływność	[%]	D _{0,20}		
Dopuszczalna spływność	[%]	D _{0,3}		
ITSR	[%]	103,25	92,06	90,28
ITSR wymagany	[%]	90		
AC 11 S KR3-4				
		6,2%	6,7%	7,2%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,387	2,365	2,339
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,433	2,416	2,399
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA "Vm"	[v/v %]	1,9	2,1	2,5
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.2,0 Vmax.4,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	16,1	17,4	18,7
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	88,2	87,8	86,7
Stabilność "S"	[kN]	6,18	4,57	4,23
Deformacja "L"	[mm]	9,6	9,1	9,1
Wybrana zawartość lepiszcza 80B	[%]	6.4		
ITSR	[%]	90,28	98,64	96,80

ITSR wymagany	[%]	90		
SMA 11 KR 3-6				
		6,0%	6,5%	7,0%
Gęstość objętościowa MMA "ρ bssd"	[g/m³]	2,325	2,345	2,342
Gęstość próbki "ρm "	[g/m³]	2,434	2,417	2,399
Zawartość wolnej przestrzeni W MMA "Vm"	[v/v %]	4,5	3,0	2,4
Wymagana "Vm" w MMA	[v/v %]	Vmin.3,0 Vmax.4,0		
Wolna przestrzeń w MM "WMA"	[v/v %]	18,0	17,8	18,3
Wolna przestrzeń wypełniona lepiszczem "VFB" w MMA	[v/v %]	75,2	83,2	87,0
Stabilność "S"	[kN]	6,01	5,59	5,84
Deformacja "L"	[mm]	10	10,2	10,3
Wybrana zawartość lepiszcza 80B	[%]	6.3		
Spływność	[%]	D0,20		
Dopuszczalna spływność	[%]	D0,3		
ITSR	[%]	97,47	92,39	96,93
ITSR wymagany	[%]	90		

Tablica 6.3. Właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw konstrukcyjnych nawierzchni KR5 – KR6

Właściwość		AC 16 P KR5-6			AC 22 P KR5-6		
		4%	4,30%	4,60%	3,80%	4.1%	4,40%
Gęstość objętościowa MMA „ρ _{bssd} ”	[g/m³]	2,349	2,349	2,354	2,354	2,358	2,376

Gęstość prób-ki „ρ _m ”	[g/m³]	2,533	2,521	2,51	2,545	2,533	2,521
Wolna przestrzeń w MMA „V _m ” PN-EN 12697-8							
Zawartość wolnej prze-strzeni w MMA „V _m ”	[%]	7,3	6,8	6,2	7,5	6,9	5,8
Wymagana „V _m ” w MMA	[%]	V _{min.} 5,0 V _{max.} 10,0			V _{min.} 5,0 V _{max.} 10,0		
Odporność na działanie wody „ITSR” PN-EN 12697-12							
Odporność na działanie wody „ITSR”	[%]	74	76	77	82	82	85
Wymagany „ITSR”	[%]	70			70		
Optymalna zawartość asfaltu	[%]	4,0			4,1		
		AC 16 W KR5-6			AC 22 W KR5-6		
		4,4%	4,7%	5,0%	4.2%	4.5%	4,8%
Gęstość objętościowa „ρ _{bssd} ” PN-EN 12697-6							
Gęstość obję-tościowa MMA „ρ _{bssd} ”	[g/m³]	2,378	2,380	2,382	2,382	2,395	2,391
Gęstość „ρ _m ” PN-EN 12697-5							
Gęstość próbki „ρ _m ”	[g/m³]	2,516	2,505	2,494	2,533	2,522	2,51
Wolna przestrzeń w MMA "V _m " PN-EN 12697-8							

Zawartość wolnej przestrzeni w MMA „Vm”	[%]	5,5	5,0	4,5	6,0	5,0	4,7
Wymagana „Vm” w MMA	[%]	Vmin.4,0 Vmax.7,0			Vmin.4,0 Vmax.7,0		
Odporność na działanie wody „ITSR” PN-EN 12697-12							
Odporność na działanie wody „ITSR”	[%]	94	99	102	80	82	89
Wymagany „ITSR”	[%]	80			80		
Wybrana zawartość lepiszcza	[%]	4,7			4,5		
		SMA 8 KR1-6			SMA 11 KR3-6		
		6,6%	6,9%	7,2%	6,0%	6,3%	6,6%
Gęstość objętościowa „ρ _{bssd} ” PN-EN 12697-6							
Gęstość objętościowa MMA „ρ _{bssd} ”	[g/m³]	2,303	2,339	2,340	2,383	2,376	2,381
Gęstość „ρ _m ” PN-EN 12697-5							
Gęstość próbki „ρ _m ”	[g/m³]	2,438	2,427	2,417	2,458	2,447	2,437
Wolna przestrzeń w MMA „Vm” PN-EN 12697-8							
Zawartość wolnej przestrzeni w	[%]	5,5	3,6	3,2	3,1	2,9	2,3

MMA „Vm”							
Wymagana „Vm” w MMA	[%]	Vmin.3,0 Vmax.4,0			Vmin.3,0 Vmax.4,0		
Odporność na działanie wody „ITSR” PN-EN 12697-12							
Odporność na działanie wody „ITSR”	[%]	90	106	103	106	100	101
Wymagany „ITSR”	[%]	90			90		
Wybrana zawartość lepiszcza	[%]	6,9			6,5		
		BBTM 8 A KR1-6					
		6,4%	6,7%	7,0%			
Gęstość objętościowa „ρ _{bssd} ” PN-EN 12697-6							
Gęstość objętościowa MMA „ρ _{bssd} ”	[g/m³]	2,345	2,352	2,356			
Gęstość „ρ _m ” PN-EN 12697-5							
Gęstość próbki „ρ _m ”	[g/m³]	2,443	2,433	2,422			
Wolna przestrzeń w MMA „Vm” PN-EN 12697-8							
zawartość wolnej przestrzeni w MMA „Vm”	[%]	4,0	3,3	2,7			
Wymagana „Vm” w	[%]	Vmin.3,0 Vmax.6,0					

MMA				
Odporność na działanie wody „ITSR” PN-EN 12697-12				
Odporność na działanie wody „ITSR”	[%]	98	98	104
Wymagany „ITSR”	[%]	90		
Wybrana zawartość lepiszcza	[%]	6,5		
		BBTM 11 A KR1-6		
		6,0%	6,3%	6,6%
Gęstość objętościowa „ ρ_{bssd} ” PN-EN 12697-6				
Gęstość objętościowa MMA „ ρ_{bssd} ”	[g/m ³]	2,364	2,376	2,377
Gęstość „ ρ_{m} ” PN-EN 12697-5				
Gęstość próbki „ ρ_{m} ”	[g/m ³]	2,456	2,446	2,435
Wolna przestrzeń w MMA „ V_{m} ” PN-EN 12697-8				
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA „ V_{m} ”	[%]	3,7	2,9	2,4
Wymagana „ V_{m} ” w MMA	[%]	Vmin.3,0 Vmax.6,0		
Odporność na działanie wody „ITSR” PN-EN 12697-12				
Odporność	[%]	98	102	112

na działanie wody „ITSR”				
Wymagany „ITSR”	[%]	90		
Wybrana zawartość lepiszcza	[%]	6,5		
		BBTM 11 C KR1-6		
		6,4%	6,7%	7,0%
Gęstość objętościowa „ ρ_{bssd} ” PN-EN 12697-6				
Gęstość objętościowa MMA „ ρ_{bssd} ”	[g/m ³]	2,359	2,364	2,367
Gęstość „ ρ_m ” PN-EN 12697-5				
Gęstość próbki „ ρ_m ”	[g/m ³]	2,443	2,432	2,422
Wolna przestrzeń w MMA „ V_m ” PN-EN 12697-8				
Zawartość wolnej przestrzeni w MMA „ V_m ”	[%]	3,4	2,8	2,3
Wymagana „ V_m ” w MMA	[%]	Vmin.3,0 Vmax.6,0		
Odporność na działanie wody „ITSR” PN-EN 12697-12				
Odporność na działanie wody „ITSR”	[%]	86	91	97
Wymagany	[%]	90		

„ITSR”		
Wybrana zawartość lepiszcza	[%]	6,5

Optymalną zawartość lepiszcza asfaltowego 20/30 dla mieszanki asfaltu lanego określono na podstawie badania penetracji stemplem przy stałym nacisku (525 ± 1) N. Wyniki badania penetracji dla asfaltu lanego MA 8 przedstawiono w tablicy 6.4, dla asfaltu lanego MA 11 w tablicy 6.5.

Tablica 6.4. Wyniki badania penetracji mieszanki MA 8

	Czas [min]	Penetracja [mm]	Przyrost penetracji [mm]
1	Zawartość asfaltu 7,0 %		
L.p	1	0,47	0,47
3	2	0,56	0,09
4	4	0,69	0,14
5	8	0,84	0,15
6	15	1,02	0,19
7	30	1,2	0,18
8	60	1,39	0,19
9	Zawartość asfaltu 7,5 %		
10	1	0,84	0,84
11	2	1,2	0,36
12	4	1,58	0,39
13	8	2	0,42
14	15	2,52	0,52
15	30	3,1	0,59
16	60	3,62	0,52
17	Zawartość asfaltu 8,0 %		
18	1	1,57	1,57
19	2	1,88	0,31

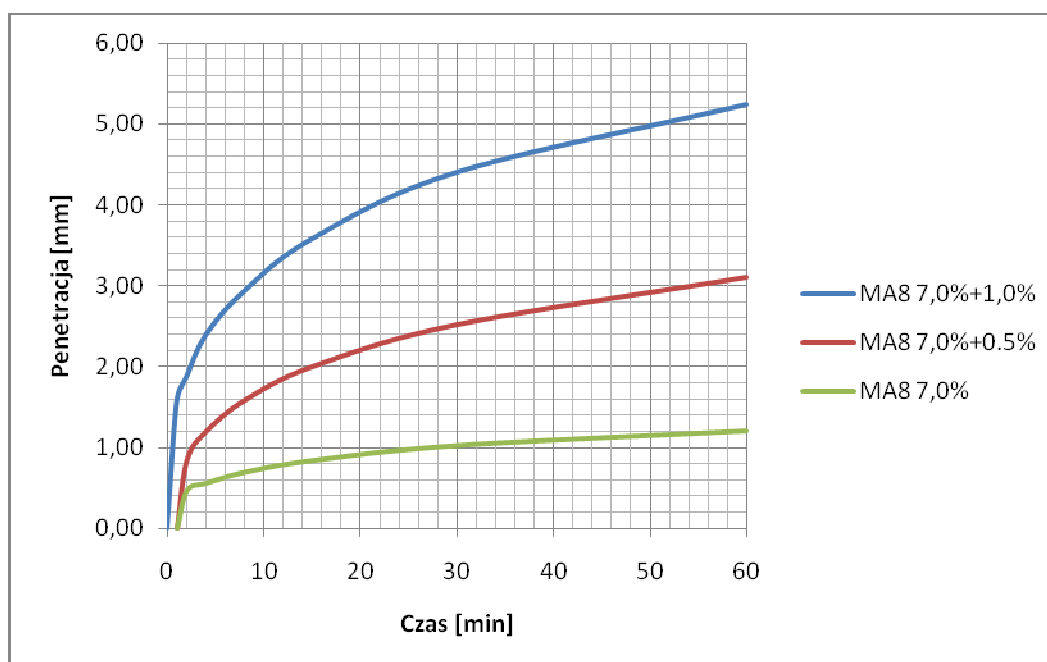
20	4	2,4	0,52
21	8	2,94	0,55
22	15	3,59	0,65
23	30	4,41	0,83
24	60	5,25	0,84
Wymagana wartość wg WT-2 2008 Tabela 41		$I_{min\ 1.0}$ $I_{max\ 3.0}$	$I_{NC\ 0.4}$

Tablica 6.5. Wyniki badania penetracji mieszanki MA 11

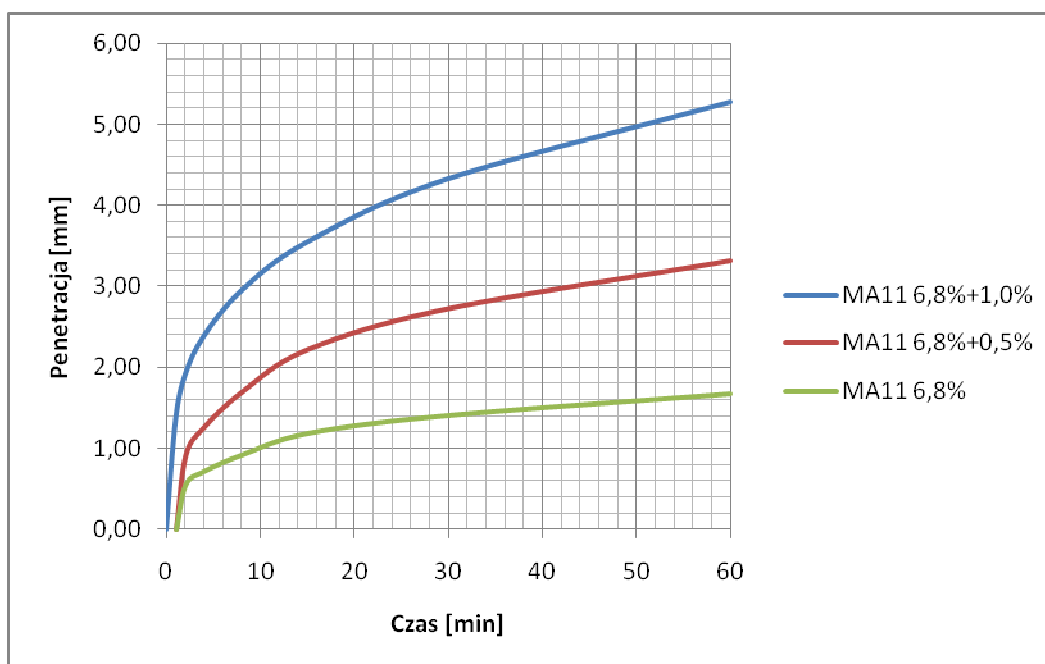
L.p	Czas [min]	Głębokość penetracji [mm]	Przyrost zagłę- bienia trzpienia [mm]
1	Zawartość asfaltu 6,8 %		
2	1	0,55	0,55
3	2	0,72	0,17
4	4	0,92	0,2
5	8	1,06	0,14
6	15	1,4	0,35
7	30	1,67	0,27
8	60	1,97	0,3
9	Zawartość asfaltu 7,3 %		
10	1	0,92	0,92
11	2	1,27	0,35
12	4	1,7	0,43
13	8	2,22	0,53
14	15	2,73	0,51
15	30	3,32	0,59
16	60	3,85	0,54
17	Zawartość asfaltu 7,8 %		
18	1	1,36	1,36
19	2	1,91	0,55
20	4	2,39	0,48

21	8	2,95	0,56
22	15	3,55	0,6
23	30	4,33	0,78
24	60	5,27	0,94
Wymagana wartość wg WT-2 2008 Tabela 41		$I_{min\ 1.0}$ $I_{max\ 3.0}$	$I_{NC\ 0.4}$

Wyniki badań penetracji asfaltów lanych przedstawiono na wykresach: rys. 6.1-
mieszanka MA 8, rys. 6.2 – mieszanka MA 11.



Rys. 6.1. Wykres penetracji asfaltu lanego MA 8



Rys. 6.2. Wykres penetracji asfaltu lanego MA 11

Wyniki badań mieszanek mineralno-asfaltowych zestawione w tablicach 6.1 – 6.5 wskazują, że istnieje możliwość doboru składu mieszanek mineralnych do mma z kruszyw polodowcowych spełniających wymagania WT -2.

6.2. Badania odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na deformacje trwałe

Wrażliwość mieszanek mineralno-asfaltowych na odkształcenia trwałe można określić na podstawie badania koleinowania. Badanie koleinowania wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 12697-22 „Badanie koleinowania”.

Odporność na deformacje trwałe mieszanek mineralno-asfaltowych z kruszywami polodowcowymi określono na podstawie badania koleinowania w małym koleinomierzu metodą B w powietrzu. Wykonano badania na próbkach wyciętych z płyt zagęszczonych wałowaniem mieszanek mineralno-asfaltowych zaprojektowanych do budowy nawierzchniowych warstw: ścieralnej, wiążącej i podbudowy zawierających optymalną zawartości lepiszcza. Temperatu-

ra badania wynosiła 60 °C. Wynikiem badania próbek jest proporcjonalna głębokość koleiny PRD_{AIR} po 10 000 cykli obciążeń oraz nachylenie wykresy koleinowania WTS_{AIR} .

Wyniki badań laboratoryjnych oraz wymagania wg PN-EN przedstawiono w tablicy 6.6.

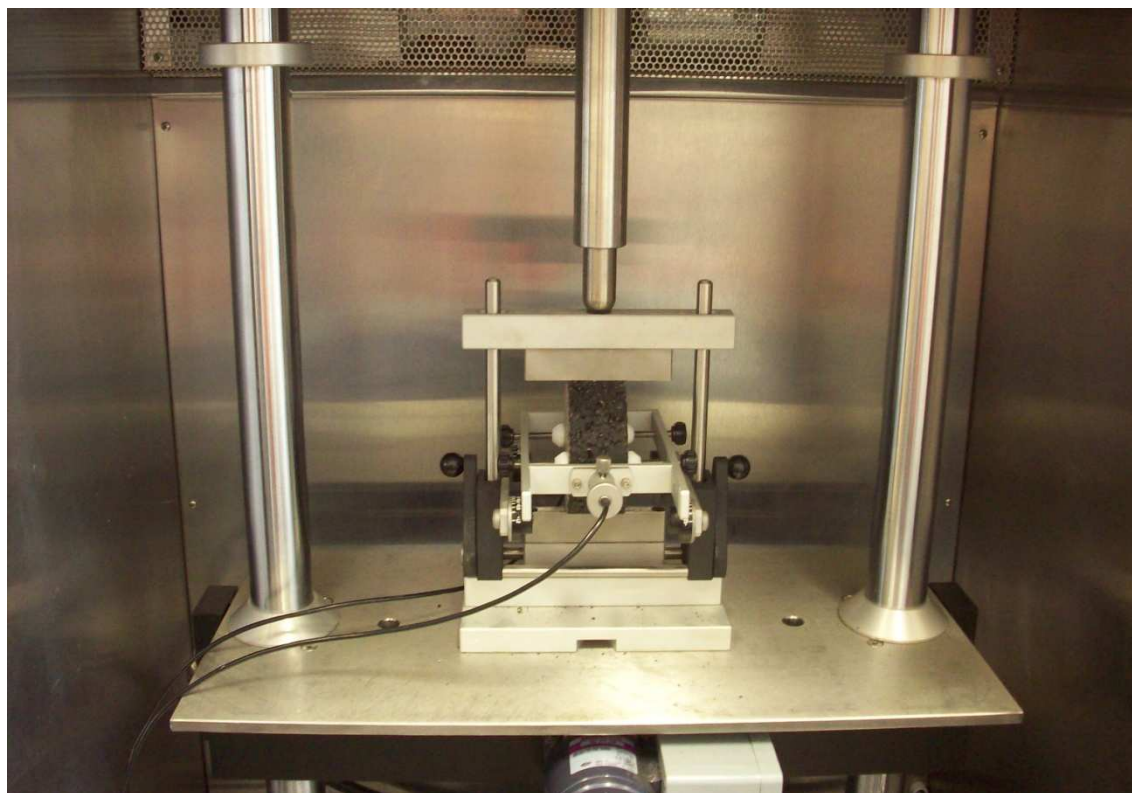
Tablica 6.6. Wyniki badania mieszanek mineralno-asfaltowych na deformacje trwałe

Rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej	Odporność na deformacje trwałe			
	WTS_{AIR} [mm/1000c]	Wymagania WTS_{AIR} [mm/1000c]	PRD_{AIR} [%]	Wymagania PRD_{AIR} [%]
Mieszanki mineralno-asfaltowe – KR 3 – KR4				
AC16P 35/50	0.04	1.0	1.7	9.0
AC 22 P 35/50	0.04	1.0	1.6	9.0
AC16W 35/50	0.1	0.3	4.1	5.0
AC22W 35/50	0.05	0.3	2.8	5.0
AC8S PMB 45/80-55	0.08	0.3	5.0	5.0
SMA5 PMB 45/80-55	0.04	0.7	4.4	7.0
SMA8 PMB 45/80-55	0.05	0.7	5.0	7.0
SMA 11 PMB 45/80-55	0.06	0.7	5.5	7.0
Mieszanki mineralno-asfaltowe – KR 5 – KR6				
AC16P 35/50	0.04	0.6	1.7	7.0
AC 22 P 35/50	0.04	0.6	1.6	7.0
AC16W 35/50	0.05	0.1	2.8	3.0
AC22W 35/50	0.05	0.1	2.8	3.0
SMA8 PMB 45/80-55	0.05	0.3	5.0	5.0
SMA 11 PMB 45/80-55	0.06	0.3	5.5	5.0
BBTM8A PMB 45/80-55	0.11	Duży aparat	6.6	Duży aparat
BBTM11A PMB 45/80-55	0.09		6.7	
BBTM11C PMB 45/80-55	0.09		7.3	

Na podstawie wyników badania koleinowania zawartych w tablicy 6.6 można stwierdzić, że mieszanki mineralno-asfaltowe z kruszywami polodowcowymi spełniają wymagania zarówno w zakresie głębokości koleiny PRD_{AIR} oraz nachylenia wykresu koleinowania WTS_{AIR} .

6.3. Badania modułu sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych

Badanie modułu sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych przeprowadzono na próbkach cylindrycznych zagęszczonych ubijakiem Marshalla, zgodnie z PN-EN 12697-30, oraz na próbkach cylindrycznych wyciętych wiertnicą diamentową z płyt zagęszczonych przez wałowanie. Próbki cylindryczne poddano dalszej obróbce polegającej na wyrównaniu przecinarką diamentową powierzchni bocznych tak aby grubość próbek wynosiła 50 ± 5 mm. Umyte i osuszone próbki ułożone na równej i gładkiej powierzchni i sezonowano trzy doby w temperaturze powietrza nie przekraczającej 25°C . W czasie sezonowania dla każdej próbki została wyznaczona linia określająca średnicę 1 i 2 obróconą o 90° od średnicy 1. Przed badaniem umieszczano na 4 godz. próbki w komorze klimatycznej urządzenia UTM-25 w temperaturach badania wynoszących 5, 10 i 20°C .



Rys. 6.3. UTM – 25 podczas badania modułów sztywności metodą IC-TY

Próbki poddawano działaniu 5-ciu wstępnych impulsów sił, aby umożliwić urządzeniu przystosowanie wielkości siły i czasu trwania do uzyskania określonej deformacji poziomej średnicy i czasu. Z każdego z kolejnych 5-ciu impulsów siły automatycznie dokonywano pomiaru przyłożonej siły i odkształcenia. Wynikiem modułu sztywności jest

średnia wartość uzyskana z pomiarów dla 5-ciu impulsów w dwóch położeniach próbki (obót próbki o kąt 90° w stosunku położenia wyjściowego).

Badania modułu sztywności wykonano dla następujących mieszanek mineralno-asfaltowych:

- do warstw konstrukcyjnych nawierzchni KR1 – KR2:

- AC22 P 50/70,
- AC16 W 50/70,
- AC8 S 50/70,
- AC8 S DE80B,
- SMA 5 50/70,
- SMA 5 DE80B,

- do warstw konstrukcyjnych nawierzchni KR3 – KR4:

- AC22 P 35/50,
- AC16 W 35/50,
- AC8 S DE80/B,
- SMA5 DE80B,
- SMA8 DE80B.

- do warstw konstrukcyjnych nawierzchni KR5 – KR6:

- AC22 P 35/50,
- AC16 W 35/50,
- SMA8 DE80B.
- SMA11
- AC BBTM8A
- AC BBT11A

Badania wykonano w temperaturach: 5°C , 10°C , 20°C . Wyniki badań modułu sztywności dla kategorii ruchu KR1 – KR2 przedstawiono w tablicy 6.7, dla kategorii ruchu KR3 – KR6 (badanie na próbkach Marshalla) w tablicy 6.8, dla kategorii KR3 – Kr6 (próbki wycięte z zagęszczonej płyty) w tablicy 6.9. Na rysunkach 6.4, 6.5 przedstawiono w postaci graficznej wykresy modułu sztywności oznaczonych na próbkach Marshalla, a na rysunku 6.6 na próbkach wyciętych z płyty zagęszczonej przez wałowanie.

Tablica 6.7. Wyniki badania modułu sztywności

Rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej	Moduł sztywności, MPa		
	5 ⁰ C	10 ⁰ C	20 ⁰ C
<u>KR1 – KR2</u>			
AC22 P 50/70	13560	10180	4110
AC16 W 50/70	13310	10100	3760
AC8 S 50/70	7320	5740	1520
AC8 S DE80B	7470	5810	2010
SMA 5 50/70	7200	5370	1830
SMA5 DE80B	8050	5840	2380

Tablica 6.8. Wyniki badania modułu sztywności próbek z mieszanek mineralno-asfaltowych dla KR3-KR6 zagęszczanych w ubijaku

Marshalla

Rodzaj MMA	Nr próbki	Temperatura badania modułu sztywności S'_m											
		5 °C				10 °C				20 °C			
		Wartości uzyskanych modułów				Wartości uzyskanych modułów				Wartości uzyskanych modułów			
		S'_m [Mpa]	S'_m 90° [Mpa]	S'_m (śr.) próbki [Mpa]	S'_m (śr.) MMA [Mpa]	S'_m [Mpa]	S'_m 90° [Mpa]	S'_m (śr.) próbki [Mpa]	S'_m (śr.) MMA [Mpa]	S'_m [Mpa]	S'_m 90° [Mpa]	S'_m (śr.) próbki [Mpa]	S'_m (śr.) MMA [Mpa]
AC 16 P asfalt 35/50	1	16451	16716	16584	16743	14992	14146	14569	13707	6184	6825	6505	6549
	2	17624	17203	17414		14510	16262	15386		7026	6658	6842	
	3	17141	15337	16239		13617	12975	13296		6283	6054	6169	
	4	18794	17873	18334		13829	12745	13287		6865	6217	6541	
	5	15885	14406	15146		12494	11501	11998		6514	6863	6689	
AC 22 P asfalt 35/50	1	22497	22484	22491	20766	17466	18301	17884	16112	8985	8521	8753	8282
	2	22466	21969	22218		17452	16581	17017		8161	8671	8416	
	3	19168	20571	19870		15632	15387	15510		8707	8659	8683	
	4	19701	22221	20961		15681	15748	15715		7598	8279	7939	

	5	18459	18123	18291		14199	14672	14436		7122	8115	7619	
AC 16 W asfalt 35/50	1	17839	17611	17725	16917	15689	15537	15613	13370	6727	6202	6465	6148
	2	17963	17366	17665		12803	13850	13327		5921	5819	5870	
	3	16896	16649	16773		13650	12409	13030		6381	6043	6212	
	4	16496	16381	16439		13362	12402	12882		5888	6708	6298	
	5	16628	15341	15985		12154	11841	11998		6100	5688	5894	
AC 22 W asfalt 35/50	1	16794	15141	15968	18035	14778	14588	14683	15896	6109	6484	6297	6372
	2	20384	19770	20077		17870	17303	17587		6037	6652	6345	
	3	18056	17333	17695		16629	17120	16875		6441	6190	6316	
	4	17893	18226	18060		15138	15181	15160		6494	6398	6446	
	5	18174	18576	18375		14780	15570	15175		6691	6224	6458	
SMA 8 Modbit DE 80 B	1	11934	11558	11746	11038	9176	9873	9525	8671	3461	2982	3222	3117
	2	11169	11290	11230		9915	9069	9492		3563	3534	3549	
	3	11680	11020	11350		8495	8037	8266		3204	3350	3277	
	4	10698	9804	10251		7895	8541	8218		2774	2761	2768	
	5	11037	10191	10614		8068	7637	7853		3073	2469	2771	
SMA 11 Modbit DE 80 B	1	12855	12793	12824	12782	10357	9496	9927	9179	3611	3061	3336	3329
	2	12519	11365	11942		10042	8719	9381		3561	3639	3600	
	3	12202	11826	12014		8765	9089	8927		3440	2856	3148	
	4	13878	13384	13631		10709	9121	9915		3000	3135	3068	
	5	13850	13148	13499		7854	7637	7746		3247	3735	3491	

BBTM 8 A Modbit DE 80 B	1	14102	13601	13852	12985	11477	10958	11218	10223	4225	4221	4223	3900
	2	15321	13346	14334		9714	9678	9696		3979	3938	3959	
	3	12837	13272	13055		10023	9176	9600		4015	3714	3865	
	4	13006	11577	12292		10283	10982	10633		3265	3786	3526	
	5	11486	11301	11394		10124	9811	9968		4142	3712	3927	
BBTM 11 A Modbit DE 80 B	1	12911	11825	12368	12320	11871	10194	11033	10332	3904	4009	3957	4011
	2	12118	10799	11459		9865	10278	10072		3939	4713	4326	
	3	12248	11897	12073		9884	9794	9839		4198	4244	4221	
	4	14068	11215	12642		10697	9731	10214		3604	3678	3641	
	5	13438	12684	13061		11023	9983	10503		4018	3803	3911	
AC 22 P asfalt 50/70 + miał gu- mowy 18%	1	16676	15366	16021	17619	13560	13575	13568	14637	6223	5525	5874	6361
	2	18809	17735	18272		15686	15210	15448		7179	6978	7079	
	3	16928	15881	16405		13593	13062	13328		5791	5429	5610	
	4	19808	17825	18817		15293	15916	15605		6403	6577	6490	
	5	17917	19241	18579		15764	14711	15238		6726	6780	6753	

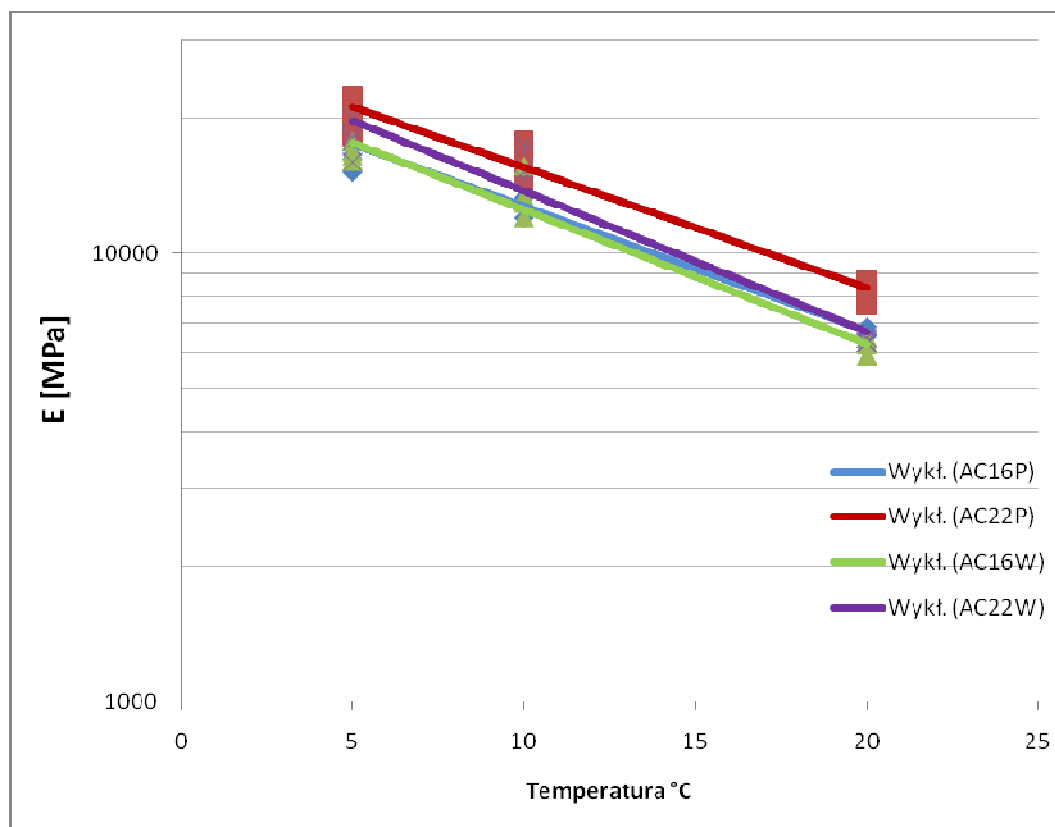
Tablica 6.9. Wyniki badania modułu sztywności próbek z mieszanek mineralno-asfaltowych dla KR3-KR6 wyciętych z zagęszczonej płyty

Rodzaj MMA	Nr próbki	Temperatura badania modułu sztywności S'_m											
		5 °C				10 °C				20 °C			
		Wartości uzyskanych modułów				Wartości uzyskanych modułów				Wartości uzyskanych modułów			
		S'_m [Mpa]	S'_m 90° [Mpa]	S'_m (śr.) próbki [Mpa]	S'_m (śr.) MMA [Mpa]	S'_m [Mpa]	S'_m 90° [Mpa]	S'_m (śr.) próbki [Mpa]	S'_m (śr.) MMA [Mpa]	S'_m [Mpa]	S'_m 90° [Mpa]	S'_m (śr.) próbki [Mpa]	S'_m (śr.) MMA [Mpa]
AC 16 P asfalt 35/50	1	19809	18474	19142	18214	17247	14652	15950	16047	8079	7667	7873	8309
	2	19633	18983	19308		15986	15605	15796		8582	8184	8383	
	3	18750	18476	18613		15441	15964	15703		8522	8362	8442	
	4	17818	17478	17648		17474	15963	16719		8570	8152	8361	
	5	16281	16440	16361		16903	15233	16068		8538	8433	8486	
AC 22 P asfalt 35/50	1	18020	18547	18284	18464	13782	13490	13636	14777	6896	6139	6518	6445
	2	19204	17581	18393		15596	14203	14900		6707	6516	6612	
	3	17270	16138	16704		13309	14766	14038		5918	5665	5792	
	4	19112	20328	19720		16291	14523	15407		6971	6298	6635	
	5	18723	19720	19222		15602	16210	15906		6988	6355	6672	
AC 16 W asfalt 35/50	1	17078	17970	17524	14975	11326	11954	11640	11544	6424	4994	5709	4740
	2	15971	14414	15193		12190	10378	11284		4313	3996	4155	
	3	13561	13539	13550		11375	9918	10647		4216	3780	3998	
	4	13865	13731	13798		13603	12643	13123		5900	5460	5680	
	5	15638	13984	14811		11226	10831	11029		4337	3983	4160	
AC 22 W asfalt 35/50	1	15337	14256	14797	16234	12030	10150	11090	12688	4756	3504	4130	4854
	2	17806	18840	18323		14408	14252	14330		6583	5841	6212	

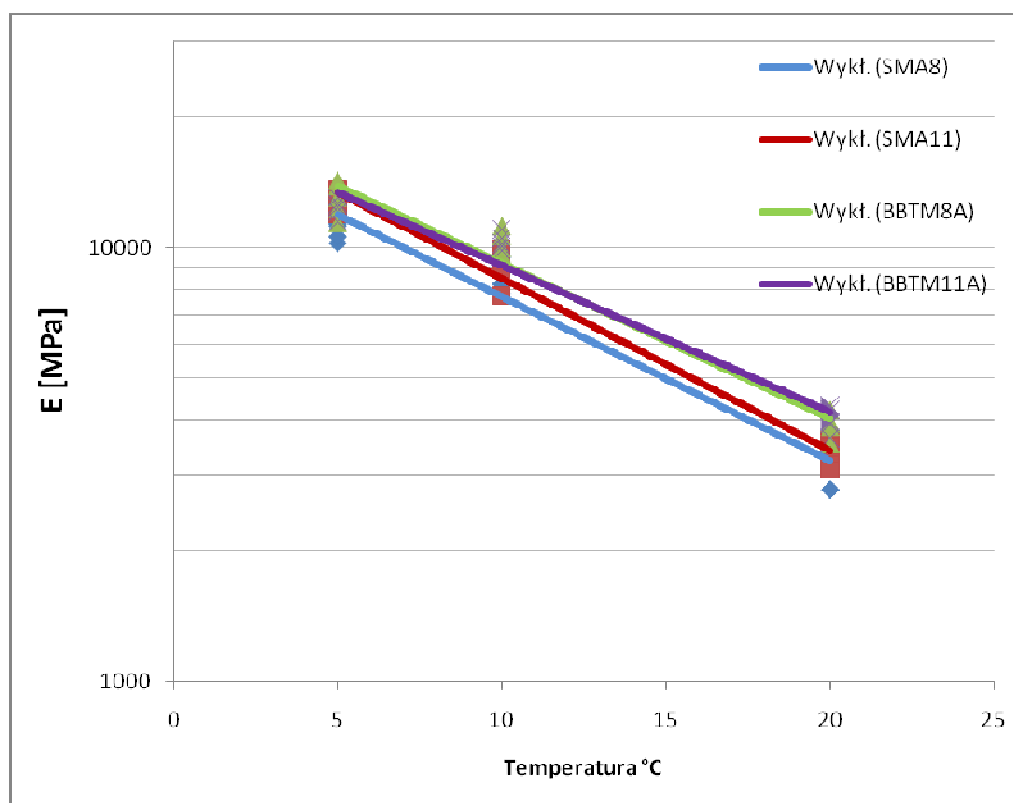
	3	16203	16333	16268		11818	13963	12891		5265	4914	5090	
	4	16923	15349	16136		13826	12218	13022		4997	4432	4715	
	5	16762	14532	15647		12429	11781	12105		4403	3843	4123	
AC 22 P asfalt 50/70 + miąż gumo- wy 18%	1	15813	15097	15455	15618	10710	9451	10081	11610	5181	5219	5200	5687
	2	17515	16306	16911		9352	10363	9858		5079	4766	4923	
	3	16419	15988	16204		15306	13030	14168		6896	6528	6712	
	4	16726	15916	16321		13387	12344	12866		6737	6308	6523	
	5	13354	13050	13202		10902	11258	11080		5070	5088	5079	

S'_m - moduł sztywności próbki w położeniu I (pozycja wyjściowa 0°), $S'_m 90^\circ$ - moduł sztywności próbki po obrocie o kąt 90° ,

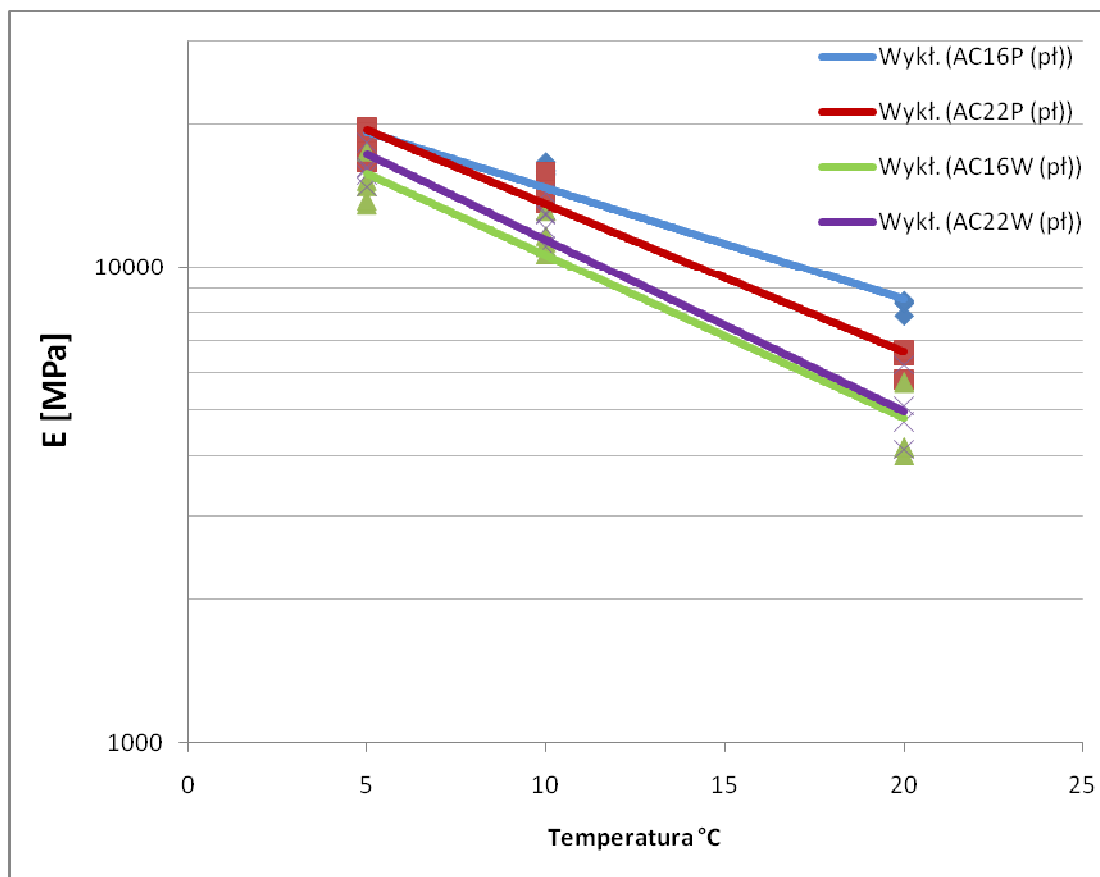
$S'_{m(sr.)}$ - średnia arytmetyczna modułu sztywności dla badanej próbki



Rys. 6.4. Wykres modułu sztywności w funkcji temperatury dla próbek z betonu asfaltowego zagęszczanych ubijaniem Marshalla



Rys. 6.5. Wykres modułu sztywności w funkcji temperatury dla próbek z SMA i AC BBTM zagęszczanych ubijaniem Marshalla



Rys. 6.6. Wykres modułu sztywności w funkcji temperatury dla próbek z betonu asfaltowego zagęszczanych wałowaniem w płycie

Na podstawie wyników badania modułów sztywności dla kategorii ruchu KR1 – KR6 przedstawionych w tablicy 6.7 – 6.9 można stwierdzić zależność modułów sztywności od rodzaju zastosowanego kruszywa, twardości zastosowanego lepiszcza oraz rodzaju mieszanki przeznaczonej do określonej warstwy konstrukcyjnej nawierzchni i kategorii ruchu. Mieszanki mma z kruszywem polodowcowym niełamanym charakteryzują się znacznie niższym modułem sztywności (mieszanki mma do warstw nawierzchni KR1 – KR2). Na wartość modułu sztywności wpływa również sposób przygotowywania próbek. Próbki wycięte z płyty zagęszczanej przez wałowanie mają niższe moduły niż próbki zagęszczane udarowo.

Wyniki badania modułów sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych zastosowano w analizie trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni. Do obliczeń zastosowano wyniki badań próbek wyciętych z płyt zagęszczanych przez wałowanie, ponieważ ten sposób zagęsz-

czania jest najbardziej zbliżony do rzeczywistych warunków zagęszczania warstw nawierzchni asfaltowych.

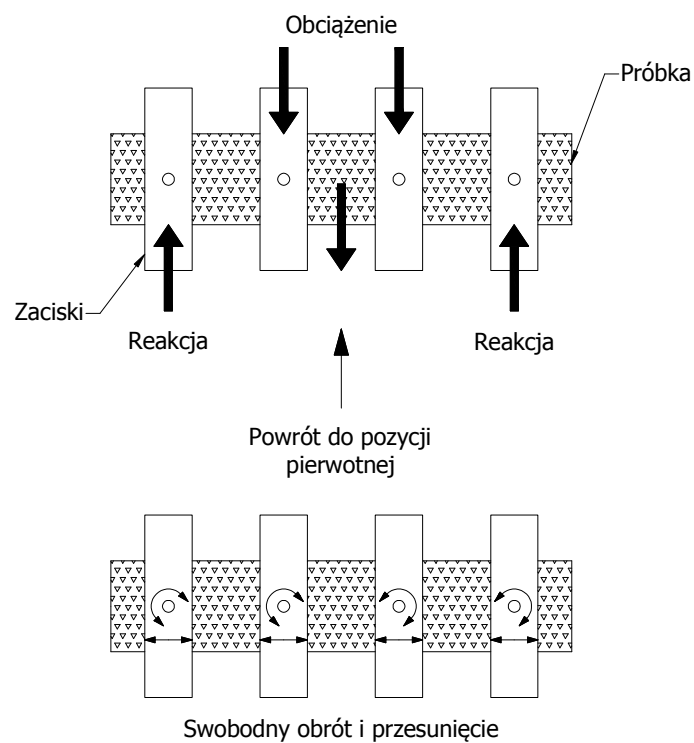
6.4. Badania trwałości zmęczeniowej mieszanek mineralno-asfaltowych

Badanie trwałości zmęczeniowej mieszanek mineralno-asfaltowych wykonano zgodnie z normą PN-EN 12697-24 stosując metodę belki czteropunktowo zginanej. W badaniu wykorzystano próbki prostopadłościennne o wymiarach 400x55x55 mm wycięte z płyt o grubości 65 mm formowanych w laboratorium i zagęszczonych zagęszczarką wibracyjną i walcem statycznym, aż do uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia. Po dwóch tygodniach przechowywania próbek w warunkach wilgotności powietrza nie przekraczającej 80% i temperaturze poniżej 25°C, belki przed wykonaniem badania termostatowano w komorze klimatycznej urządzenia UTM-25 w czasie około 4 godzin. Następnie próbka była umieszczana w aparacie 4 PB-PR prostopadle do płaszczyzny zagęszczania i poddawana badaniu 4 – punktowemu cyklicznemu zginaniu z utrzymaniem swobodnego obrotu i przesunięcia w każdym punkcie przyłożenia obciążenia oraz reakcji. Proces zginania polegał na obciążeniu dwóch wewnętrznych uchwytów w pionowym kierunku, prostopadle do osi podłużnej belki. Dzięki takiej konfiguracji obciążeń powstaje stały moment zginający oraz stałe odkształcenie między uchwytami wewnętrznymi (rys. 6.7).

Parametry badania były następujące:

- temperatura 10 °C,
- kształt fali obciążeniowej - haversine $[1/2 \times (1 - \cos x)] \cos$,
- amplituda zadawanego odkształcenia 115 $\mu\text{m/m}$,

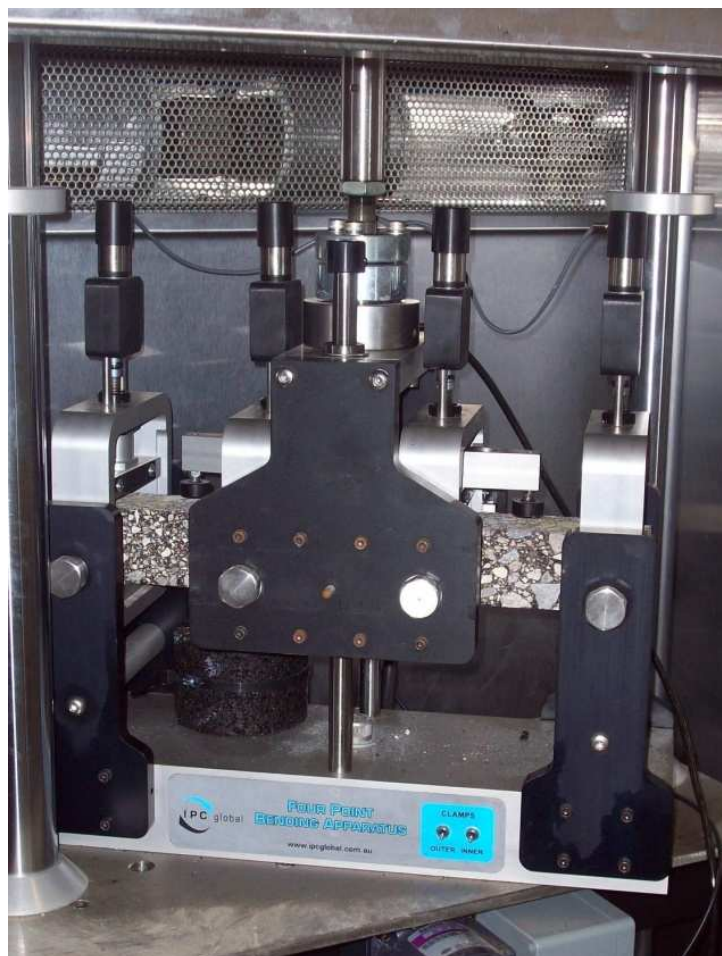
Badanie prowadzono do uzyskania zmniejszenia się wartości początkowego modułu sztywności określonego po 100-nym cyklu obciążenia do poziomu 50 %, lub do uzyskania 1 mln. cykli obciążeń.



Rys. 6.7. Schematyczny sposób obciążania próbki



Rys. 6.8. Aparatura UTM-25 do badania trwałości zmęczeniowej



Rys.6.9. Próbkę - beleczka podczas badania trwałości zmęczeniowej.

Badania modułu sztywności wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 12697-26 na belce czteropunktowo zginanej. Przygotowanie i termostatowanie próbek odbywało się identycznie jak dla próbek do badań zmęczenia. Próbki do badania sztywności umieszczano w aparacie 4PB-PR obrócone o 90° do płaszczyzny zagęszczania i poddawano cyklicznemu zginaniu o parametrach:

- temperatura 10°C ,
- kształt fali obciążeniowej haversine $[1/2x(1-\cos x)] \cos$,
- poziom odkształcenia $50 \mu\text{m/m}$,

Moduły sztywności sprężystej określano w przedziale 75-100 cyklu ugięcia.

Tablica 6.10. Wyniki badania trwałości zmęczeniowej

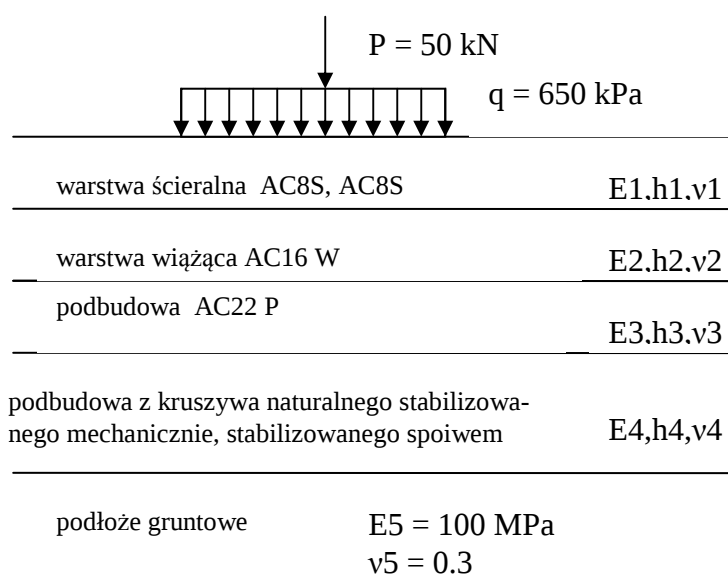
Trwałość zmęczeniowa 4PB-PR (115 µm, 10°C)											
AC 16 P KR5-6			AC 22 P KR5-6			AC 16 W KR5-6			AC 22 W KR5-6		
nr pr.	Moduł sztywności [MPa]	Trw. zmęczeniowa	nr pr.	Moduł sztywności [MPa]	Trw. zmęczeniowa	nr pr.	Moduł sztywności [MPa]	Trw. zmęczeniowa	nr pr.	Moduł sztywności [MPa]	Trw. zmęczeniowa
1	19 000	>1 mln	1	19 900	480 000	1	14 100	380,0	1	17 300	>1 mln
2	19 800	>1 mln	2	17 900	323 000	2	15 000	537,0	2	18 100	818 000
3	16 300	320 000	3	17 900	325 000	3	14 700	453,0	3	16 400	798 500
4	17 200	142 000	4	18 000	>1 mln	4	13 500	>1 mln	4	15 400	>1 mln
5	14 500	>1 mln	5	18 100	>1 mln	5	14 700	532,8	5	17 200	>1 mln
6	15 900	392 000	6	19 200	126 000	6	15 600	383,0	6	17 600	615 900
7	25 700	>1 mln	7	20 000	268 000	7	15 500	>1 mln	7	18 900	731 100
8	14 100	>1 mln	8	20 300	>1 mln	8	14 700	376,1	8	17 100	>1 mln
9	17 100	>1 mln	9	18 500	243 000	9	15 100	450,1	9	15 100	>1 mln
10	17 500	>1 mln	10	18 200	>1 mln	10	15 000	>1 mln	10	15 200	>1 mln

Rezultaty badania trwałości zmęczeniowej przedstawione w tabelicy 6.10 dla mieszanek mma przeznaczonych do warstwy wiążącej i podbudowy wskazują na dużą niejednorodność uzyskanych wyników badań. Ta niejednorodność jest spowodowana małą grubością badanej belki (uziarnienia gruboziarniste mma), przecięciem ziaren w wyniku wycinania próbki, itp.

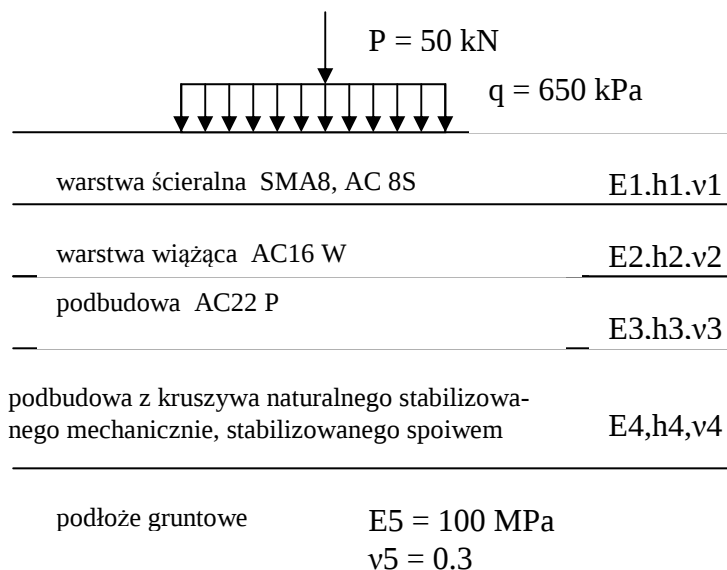
Na podstawie wyników badań należy stwierdzić, że mieszanki mineralno-asfaltowe z kruszywami polodowcowymi spełniają wymagania WT-2 w zakresie trwałości zmęczeniowej.

7. Analiza strukturalna konstrukcji nawierzchni drogowych KR1 – KR6

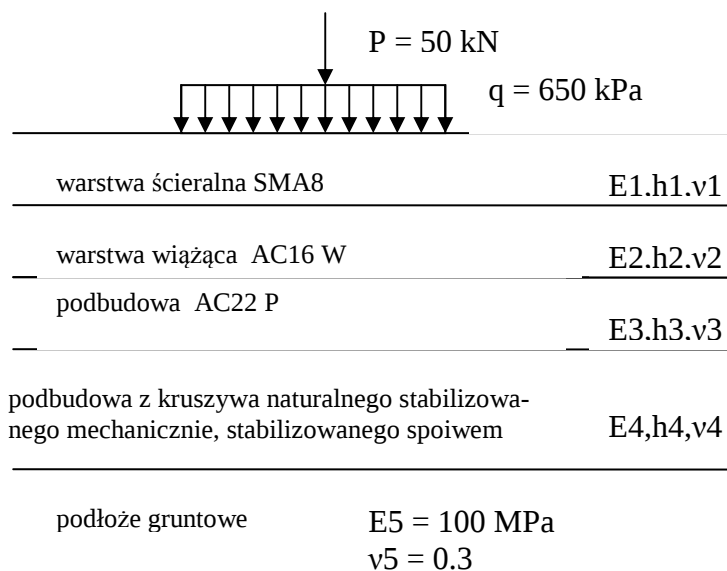
Typowe konstrukcje nawierzchni o obciążeniu KR1 – KR6, przedstawione w Katalogu Typowych Konstrukcji i Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, poddano analizie trwałości zmęczeniowej. Przyjęto katalogowy układ warstw, zastosowano kruszywa polodowcowe do tych warstw, przyjmując w obliczeniach wartości modułów sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych podanych w tabelicy 6.7, 6.8 i 6.9. Analizie mechanistycznej poddano konstrukcje nawierzchni przedstawione na rys. 7.1, 7.2 i 7.3.



Rys. 7.1. Model obliczeniowy konstrukcji nawierzchni drogowej KR1 – KR2



Rys. 7.2. Model obliczeniowy konstrukcji nawierzchni drogowej KR3 – KR4



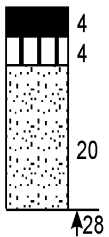
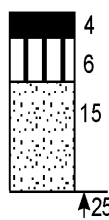
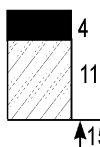
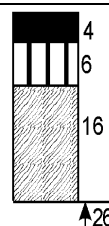
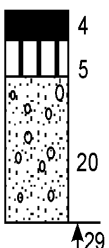
Rys. 7.3. Model obliczeniowy konstrukcji nawierzchni drogowej KR5 – KR6

Układ warstw konstrukcyjnych, grubości warstw oraz wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej przedstawiono w tablicy 7.1. Obliczenia trwałości zmęczeniowej wykonano dla warstw asfaltowych w temperaturach -2°C , 10°C i 23°C (zgodnie z „Katalogiem typowych

konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”). Wartość współczynnika Poissona przyjęto tak jak w „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”. Obliczenia naprężeń i odkształceń w analizowanych konstrukcjach wykonano przy użyciu programu komputerowego BISAR 3.0. Na podstawie wyników badań modułów sztywności określono odpowiednie ich wartości dla temperatur odpowiadających równoważnej temperaturze w okresie zimy - -2°C , wiosny i jesieni - $+10^{\circ}\text{C}$ i lata - $+23^{\circ}\text{C}$.

Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni drogowych kategorii ruchu KR1 – KR2 przedstawiono w tablicy 7.1, konstrukcji nawierzchni drogowych kategorii ruchu KR3 – KR6 w tablicy 7.2 (I - przyjęte wartości modułów sztywności próbek zagęszczanych ubijakiem Marshalla, II - przyjęte wartości modułów sztywności próbek zagęszczanych wałowaniem).

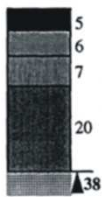
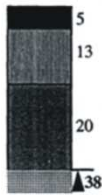
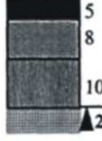
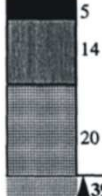
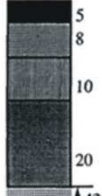
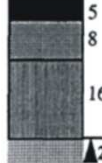
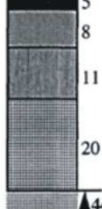
Tablica 7.1. Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni o obciążeniu KR1-KR2

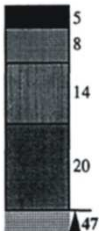
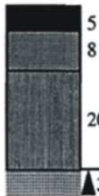
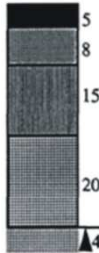
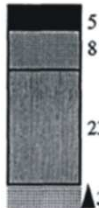
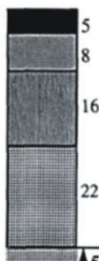
Konstrukcja nawierzchni drogowej	Obliczona trwałość zmęczeniowa nawierzchni		Wymagana trwałość zmęczeniowa nawierzchni	Metoda wzmocnienia nawierzchni
	Kryterium spękań zmęczeniowych warstwy asfaltowej	Kryterium deformacji strukturalnych		
Nawierzchnia drogi o kategorii ruchu KR1				
 4 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 4 - Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego 20 - Podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego ↑28	1 558 654	68 626	90000	Zwiększyć grubość warstwy wiążącej o 1 cm
 4 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 6 - Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego 15 - Podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego ↑25	1 728 873	81 041		Zwiększyć grubość warstwy wiążącej o 1 cm
 4 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 11 - Podbudowa z betonu asfaltowego ↑15	616 895	262 891		
 4 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 6 - Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego 16 - Podbudowa z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym ↑26	92 918	90 000		
B-KR1  4 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 5 - Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego 20 - Podbudowa z kruszywa naturalnego stabilizowanego mechanicznie ↑29	720 239	80 869		Zwiększyć grubość warstwy wiążącej o 1 cm

Nawierzchnia drogi o kategorii ruchu KR2					
5 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 7 - Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego 20 - Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego ↑32	764 999	440 435	510000	Zwiększyć grubość warstwy wiążącej o 1 cm	
5 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 9 - Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego 15 - Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego ↑29	1 002 768	16 627 333			
5 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 6 - Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego 8 - Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego ↑19	1 806 001	1 459 079			
4 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 9 - Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego 18 - Podbudowa pomocnicza z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym ↑31	2 547 116	510 000			
5 - Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego 9 - Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego 20 - Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego stabilizowanego mechanicznie ↑34	674 243	957 061			

Tablica 7.2. Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni o obciążeniu KR3-KR6

Konstrukcja nawierzchni drogowej	Obliczona trwałość zmęczeniowa nawierzchni		Wymagana trwałość zmęczeniowa nawierzchni
	Kryterium spękań zmęczeniowych warstwy asfaltowej	Kryterium deformacji strukturalnych	
Nawierzchnia drogi o kategorii ruchu KR3			

	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie	I:	4 797 000	15 307 000	2 500 000
		II:	3 736 000	14 254 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie	I:	5 398 000	15 948 000	
		II:	3 158 000	13 967 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P	I:	10 691 000	16 507 000	
		II:	7 271 000	14 635 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa zasadnicza z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	I:	6 700 000	18 759 000	
		II:	4 357 000	14 650 000	
Nawierzchnia drogi o kategorii ruchu KR4					
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie	I:	17 303 000	65 883 000	7 300 000
		II:	12 058 000	60 119 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P	I:	38 298 000	47 304 000	
		II:	25 706 000	41 399 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa zasadnicza z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	I:	23 424 000	51 282 000	
		II:	16 197 000	40 158 000	
Nawierzchnia drogi o kategorii ruchu KR5					

	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie	I:	38 853 000	120 317 000	14 600 000
		II:	26 750 000	108 431 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P	I:	80 733 000	85 485 000	
		II:	53 865 000	74 314 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa zasadnicza z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	I:	80 764 000	101 082 000	≥ 14 600 000
		II:	57 705 000	86 591 000	
Nawierzchnia drogi o kategorii ruchu KR6					
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie	I:	81 255 000	205 921 000	
		II:	55 472 000	183 871 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P	I:	135 169 000	127 527 000	
		II:	89 671 000	110 484 000	
	Warstwa ścieralna z SMA 8 Warstwa wiążąca z AC 16W Podbudowa zasadnicza z AC 22P Podbudowa zasadnicza z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	I:	145 709 000	155 211 000	≥ 14 600 000
		II:	108 097 000	130 938 000	

Z tablic 7.1 i 7.2 wynika, że zastosowanie kruszyw polodowcowych do warstw nawierzchni drogowych pozwala projektować konstrukcje nawierzchni spełniające wymagania dróg o obciążeniu KR1 – KR6. Większość typowych układów konstrukcji nawierzchni, podanych w Katalogu, z warstwami z mieszanek mineralno-asfaltowych w skład, których wchodzi kruszywa miejscowe. charakteryzują się trwałością zmęczeniową większą od wymaganej trwałości zmęczeniowej dla danej kategorii ruchu. W nielicznych przypadkach, ze względu na zastosowanie kruszyw polodowcowych nieprzekruszonych, do spełnienia warunku trwałości zmęczeniowej przez konstrukcje nawierzchni trzeba jedynie zwiększyć grubość warstwy asfaltowej o 1 cm (Tablica 7.1).

8. Propozycja konstrukcji nawierzchni dla regionu Polski północno-wschodniej

W regionie północno - wschodnim Polski występują bardzo niskie temperatury powietrza zimą co znalazło swój wyraz w wyznaczeniu dla tego regionu Polski strefy klimatycznej z najniższą temperaturą warstwy ścieralnej asfaltowej nawierzchni drogowej, wynoszącej -34°C . Ze względu na tak niską temperaturę, nie zaleca się stosowanie do nawierzchniowych mieszanek mineralno-asfaltowych asfaltu 50/70, który nie odpowiada dla tych warunków klimatycznych wymaganiom rodzajowi funkcjonalnemu PG asfaltu.

Mając powyższe na uwadze, oraz uwzględniając możliwości technologiczne jakie daje zastosowanie do mieszanek mineralno-asfaltowych miejscowych kruszyw naturalnych występujących w regionie Polski północno-wschodniej przedstawiono propozycję konstrukcji nawierzchni drogowych o kategorii obciążenia ruchem KR1 – KR6 (Tablica 6.1). Ze względu na zmniejszenie hałasu zalecane jest stosowanie do warstw ścieralnych nawierzchni mieszanek mineralno-asfaltowych o uziarnieniu 0/5 mm lub 0/8 mm (np. SMA5, SMA8, AC BBTM8).

Tablica 8.1. Propozycja konstrukcji nawierzchni drogowych KR1 – KR6 dla regionu Polski północno-wschodniej

Kategoria ruchu	Konstrukcja nawierzchni drogi
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm
	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W – 7 cm
	Podbudowa z kruszywa naturalnego stabilizowanego mechanicznie – 20 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm

KR1	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W50/70 – 5 cm Podbudowa z piasku otaczanego asfaltem – 14 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm Podbudowa z betonu asfaltowego AC22P50/70 – 12 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm, SMA5 – 3 cm Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W – 7 cm Podbudowa z gruntu lub kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – 16 cm
KR2	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P50/70 – 12 cm Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego stabil. mechanicznie – 20 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W50/70 – 4 cm Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P50/70 – 8 cm Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego stabil. mechanicznie – 20 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P50/70 – 8 cm Podbudowa pomocnicza z piasku otaczanego asfaltem – 18 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8DE80B – 3 cm lub SMA5DE80B – 3 cm Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W50/70 – 8 cm Podbudowa z betonu asfaltowego AC22P50/70 – 8 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA5 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P50/70 – 10 cm Podbudowa pomocnicza z gruntu lub z kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – 18 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 8 cm

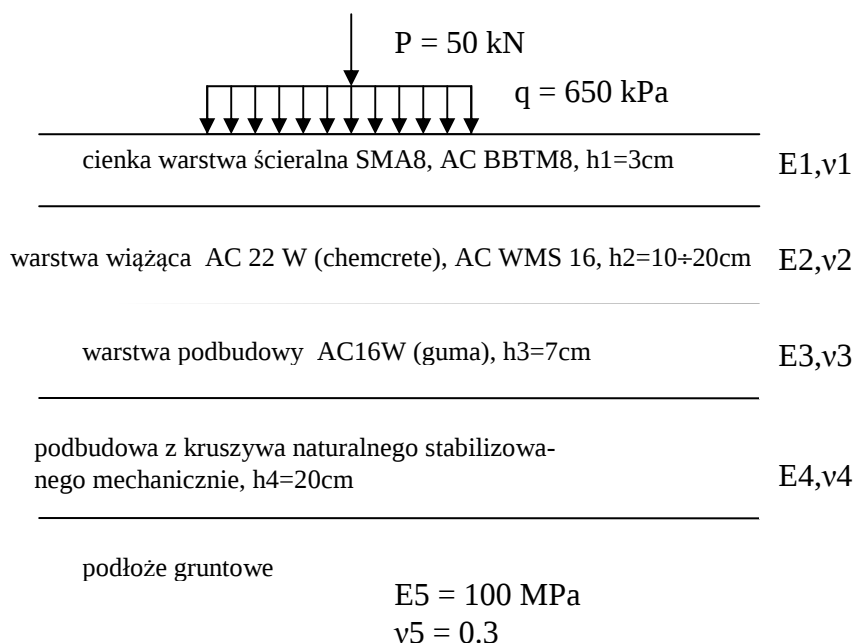
KR3	Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 7 cm Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego łamanego stabilizowanego mechanicznie – 20 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm, SMA8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm Podbudowa z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 10 cm
KR4	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 7 cm Warstwa podbudowy z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 9 cm Podbudowa z gruntu lub z kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – 20 cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 10 cm Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego łamanego stabilizowanego mechanicznie – 20 cm
KR4	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm Podbudowa z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 16cm
	Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC8 – 3 cm lub SMA8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 11 cm Podbudowa pomocnicza z gruntu lub z kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – 20 cm
	Warstwa ścieralna z SMA8 – 3 cm lub AC BBTM8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych) Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 14 cm

KR5	Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego łamanego stabilizowanego mechanicznie – 20 cm
	Warstwa ścieralna z SMA8 – 3 cm lub AC BBTM8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych)
	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm
	Podbudowa z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 20 cm
	Warstwa ścieralna z SMA8 – 3 cm lub AC BBTM8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych)
	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm
	Warstwa podbudowy z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 15 cm
	Podbudowa z gruntu lub z kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – 20 cm
KR6	Warstwa ścieralna z SMA8 – 3 cm lub AC BBTM8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych)
	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm
	Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 18 cm
	Podbudowa pomocnicza z kruszywa naturalnego łamanego stabilizowanego mechanicznie – 20 cm
	Warstwa ścieralna z SMA8 – 3 cm lub AC BBTM8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych)
	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm
	Podbudowa z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 23 cm
	Warstwa ścieralna z SMA8 – 3 cm lub AC BBTM8 – 3 cm (zalecane zastosowanie asfaltów modyfikowanych)
	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC16W35/50 – 10 cm
	Warstwa podbudowy z betonu asfaltowego AC22P35/50 – 16 cm
	Podbudowa z gruntu lub z kruszywa stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – 22 cm

9. Dobór konstrukcji nawierzchni o wydłużonym okresie trwałości zmęczeniowej

Na trwałość nawierzchni drogowej oprócz właściwości zastosowanych materiałów wpływają również: rodzaj warstw, ich grubość oraz układ w konstrukcji nawierzchni. Tradycyjne rozwiązania z warstwami nawierzchni typowymi z betonu asfaltowego, których grubość rośnie a sztywność maleje wraz z głębokością ich zalegania, nie odpowiadają koncepcji nawierzchni o wydłużonym, w stosunku do tradycyjnych nawierzchni, okresie eksploatacji. Stosuje się cienkie warstwy ścieralne wykonane z mieszanki mineralno-asfaltowej odpornej na koleinowanie, trwałe, szczelne i szorstkie (materiały kamienne odporne na polerowanie). Na szczególne wyróżnienie zasługuje warstwa wiążąca, która ma bardzo duży wpływ na niezawodność pracy konstrukcji nawierzchni. Powinna być grubsza od obecnie stosowanych w Polsce (powyżej 10 cm), charakteryzować się wysoką odpornością na deformacje trwałe i wykazywać dużą trwałość zmęczeniową. Podbudowa może być znacznie cieńsza od dotychczas stosowanych, o mniejszej sztywności i dużej trwałości zmęczeniowej. Według innej koncepcji dąży się do budowy podbudów i warstw wiążących z betonu asfaltowego o wysokim module sztywności.

W projekcie przyjęto model obliczeniowy konstrukcji o wydłużonym okresie eksploatacji z cienką warstwą ścieralną, pogrubioną, sztywną warstwą wiążącą i cienką, elastyczną, o podwyższonej trwałości zmęczeniowej warstwą podbudowy (rys. 9.1). Warstwę wiążącą stanowi beton asfaltowy z dodatkiem usztywniającym soli organo-metalicznej lub beton asfaltowy o zwiększonym module sztywności. W obu mieszankach zastosowano kruszywa polodowcowe. Wartości modułów sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych użytych do warstw konstrukcyjnych nawierzchni o wydłużonym okresie trwałości przedstawiono w tablicy 9.1.



Rys. 9.1. Przyjęty model obliczeniowy konstrukcji nawierzchni o wydłużonym okresie trwałości zmęczeniowej

Tablica 9.1. Wartości modułów sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych przyjęte do obliczeń konstrukcji o wydłużonym okresie trwałości zmęczeniowej

Rodzaj mieszanki	Wartość modułu sztywności (IC-TY) [MPa]		
	-2°C	10°C	23°C
SMA 8	14 880	8 670	1 580
AC 22W (chemcrete)*	24 200	15 600	6 300
AC WMS 16**	25 600	18 600	7 000
AC 16W (guma)***	15 050	8 990	2 430

*Beton asfaltowy z kruszywami polodowcowymi, z asfaltem 35/50 modyfikowanym dodatkiem soli organo-metalicznej w ilości 2% w stosunku do masy asfaltu

**Beton asfaltowy o wysokim module sztywności z kruszywami polodowcowymi

***Beton asfaltowy z kruszywami polodowcowymi, z asfaltem 50/70 modyfikowanym dodatkiem miazgu gumowego w ilości 18% w stosunku do masy asfaltu

W tablicy 9.2 przedstawiono wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej analizowanej konstrukcji z różnymi grubościami warstwy wiążącej.

Tablica 9.2. Obliczona trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni drogowej o wydłużonym okresie trwałości zmęczeniowej z zastosowaniem kruszyw polodowcowych

Grubość warstwy wiążącej	Obliczona trwałość zmęczeniowa nawierzchni	Okres eksploatacji [lata] (SDR = 3000 osi 100 kN/pas/dobę)
Warstwa wiążąca z AC 22W (chemcrete)		
10	36 657 000	33
12	51 531 000	47
14	70 871 000	65
16	95 658 000	87
18	127 114 000	116
20	166 495 000	152
Warstwa wiążąca z AC WMS 16W		
10	38 648 000	35
12	54 778 000	50
14	76 061 000	69
16	103 566 000	95
18	138 229 000	126
20	182 025 000	166

Z obliczeń trwałości zmęczeniowej przedstawionych na rys. 9.1 konstrukcji nawierzchni drogowych wynika, że istnieje możliwość projektowania konstrukcji nawierzchni z zastosowaniem kruszyw polodowcowych o wydłużonym okresie eksploatacji. W celu osiągnięcia okresu eksploatacji nawierzchni powyżej 50 lat należy stosować w przyjętym układzie warstw nawierzchni, warstwę wiążącą z betonu asfaltowego o podwyższonym module sztywności. Grubość warstwy wiążącej powinna wynosić nie mniej niż 14 cm. Do warstwy wiążącej można stosować AC z dodatkiem soli organo-metalicznej lub Ac WMS.

10. Warunki techniczne budowy nawierzchni asfaltowych z wykorzystaniem kruszyw polodowcowych do warstw podbudowy, wiążącej i ścieralnej kategorii ruchu KR1 – KR6

Kruszywa polodowcowe ze złóż rejonu Polski północno wschodniej są w pełni wartościowym kruszywem do stosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych przeznaczonych do wszystkich warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowych kategorii ruchu KR1 – KR6.

- **Warstwa podbudowy**

Do warstwy podbudowy nawierzchni drogowych z betonu asfaltowego, kategorii ruchu KR1 – KR2 mogą być stosowane polodowcowe kruszywa naturalne drobne i grube nieprzekruszone (piasek, żwir). Do wyższych kategorii ruchu (KR3 – KR6) należy stosować kruszywa łamane z przekruszenia grubych frakcji kruszyw polodowcowych (grysy). Przy doborze kruszyw należy zwrócić uwagę na zapewnienie odporności na działanie wody i mrozu.

- **Warstwa wiążąca**

Do nawierzchni dróg kategorii KR1 – KR2 do warstwy wiążącej (beton asfaltowy) można stosować kruszywa polodowcowe naturalne drobne i grube niełamane. Do wyższych kategorii ruchu KR3 – KR6 należy stosować kruszywa polodowcowe łamane (grysy). Przy doborze kruszyw należy zwrócić uwagę na zapewnienie odporności na działanie wody i mrozu.

- **Warstwa ścieralna**

Do nawierzchni dróg kategorii KR1 – KR2 do warstwy ścieralnej (beton asfaltowy, SMA) należy stosować kruszywa polodowcowe naturalne drobne i grube kruszone. Dopusz-

cza się, w celu poprawy urabialności stosowanie kruszywa drobnego w ilości 50% tej frakcji. Do wyższych kategorii ruchu KR3 – KR6 (AC, SMA, AC BBTM, MA) należy stosować kruszywa polodowcowe łamane (grysy). Przy doborze kruszyw należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie odporności na działanie wody i mrozu. W celu zwiększenia współczynnika szorstkości zaleca się stosowanie do kruszyw polodowcowych dodatku kruszyw o zwiększonej odporności na polerowanie (np. grysy z żużla stalowniczego w ilości około 50% kruszywa polodowcowego).

11. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz można wyciągnąć następujące wnioski:

- Region północno-wschodniej Polski zasobny jest w bogate miejscowe złoża surowcowe pochodzące z osadów polodowcowych czwartorzędowych takich jak: piaski, żwiry glaciofluwialne i morenowe, mieszanki (pospółka), otaczaki oraz głazy narzutowe. Producenci kruszyw oferują szeroki asortyment kruszyw nieprzekruszonych i przekruszonych o różnym uziarnieniu.
- Właściwości kruszyw polodowcowych spełniają wymagania odpowiednich kategorii kruszyw przewidzianych do stosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych do warstw konstrukcyjnych (podbudowa, warstwa wiążąca, warstwa ścieralna) nawierzchni dróg dla ruchu kategorii KR1 – KR6.
- Klimat północno-wschodniej Polski wyróżnia się w odniesieniu do klimatu pozostałej części Polsk. W regionie tym występują szczególnie niskie temperatury w okresie zimowym podobne do temperatur okolic podgórskich Polski południowej. Wymaga to właściwego doboru materiałów, typu i składu mieszanki mineralno-asfaltowej oraz odpowiedniej konstrukcji nawierzchni.
- Wyniki badań różnego typu mieszanek mineralno-asfaltowych z kruszywami ze złóż polodowcowych (piaski, żwiry, grysy) wskazują, że istnieje możliwość doboru składu betonu asfaltowego (AC) i mastyksu grysowego (SMA), asfaltu lanego MA, betonu asfaltowego do cienkich warstw ścieralnych BBTM, spełniających wymagania w zakresie odporności na odkształcenia trwałe, działanie wody i mrozu oraz charakteryzujące się odpowiednią trwałością zmęczeniową.
- Badania wykazały, że możliwe jest projektowanie konstrukcji nawierzchni z kruszywami polodowcowymi dla kategorii ruchu KR1 – KR-6, spełniających wyma-

gania Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych oraz dostosowane do warunków klimatu Polski północno-wschodniej.

- Istnieje możliwość projektowania konstrukcji nawierzchni o wydłużonym okresie eksploatacji z zastosowaniem kruszyw polodowcowych. Konstrukcja taka powinna składać się z następujących warstw: cienka warstwa ścieralna z mieszanki SMA lub BBTM (ze względu na zmniejszenie hałasu uziarnienie mieszanki mineralnej 0/8), sztywna, stosunkowo gruba warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (beton asfaltowy o podwyższonym module sztywności, minimum 14 cm grubości), stosunkowo cienka, elastyczna podbudowa z mieszanki mineralno-asfaltowej (beton asfaltowy o zwiększonej trwałości zmęczeniowej z lepiszczem modyfikowanym miazgą gumową).

.....

prof. dr hab. inż. Piotr Radziszewski

.....

prof. dr hab. inż. Jerzy Piłat