

D – 04.05.03a WARSTWA MROZOOCHRONNA Z MIESZANKI KRUSZYWA ŻUŻLOWEGO ZWIĄZANEGO HYDRAULICZNIE POPIOŁEM LOTNYM

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot ST

Przedmiotem niniejszej specyfikacji technicznej (ST) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem warstwy mrozochronnej z mieszanki kruszywa żużlowego, związanej popiołem lotnym.

1.2. Zakres stosowania ST

Specyfikacja techniczna stanowi dokument przetargowy i kontraktowy przy realizacji robót w ramach zadania "Remont ul. Łagodnej w Targanicach".

1.3. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i odbiorem podbudowy zasadniczej, podbudowy pomocniczej lub podłoża ulepszanego z mieszanki kruszywa, popiołu lotnego oraz innych składników jak wapno, cement, gips, granulowany żużel wielkopiecowy, woda i ew. dodatkowe składniki. Materiały te wiążą i twardnieją w obecności wody, tworząc stabilne i trwałe struktury betonu popiołowego.

W mieszance można stosować kruszywo naturalne, kruszywo sztuczne, kruszywo z recyklingu oraz połączenia tych kruszyw.

Do warstw podbudowy i podłoża ulepszanego można stosować pięć rodzajów mieszanek:

- typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm,
- typu 2, posiadającego trzy podtypy o uziarnieniu 0/22,4 mm, 0/16 mm i 0/11,2 mm,
- typu 3 o uziarnieniu 0/11,2 mm z kruszyw drobnymi i spoiwa popiołu lotnego,
- typu 4 o uziarnieniu deklarowanym przez producenta,
- typu 5 o uziarnieniu deklarowanym przez producenta, w którym popiół lotny jest podstawowym składnikiem mieszanki i częścią spoiwa.

Mieszanki mogą być stosowane do podbudów i podłoża ulepszanego warstw nawierzchni przenoszących ruch kategorii od KR1 do KR6.

Niniejsza specyfikacja techniczna dotyczy tylko mieszanek kruszyw związanych popiołem lotnym, a nie dotyczy gruntów ulepszonych popiołem lotnym.

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym – mieszanka, w której następuje wiązanie i twardnienie na skutek reakcji hydraulicznych.

1.4.2. Podłoże ulepszone z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zawierająca kruszywo naturalne lub sztuczne albo z recyklingu lub ich mieszaninę i spoiwo hydrauliczne, zapewniająca umożliwienie ruchu technologicznego i właściwego wykonania nawierzchni. Do warstwy podłoża ulepszanego zalicza się także warstwę mrozochronną, odcinającą i wzmacniającą, które powinny spełniać dodatkowe wymagania.

1.4.3. Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zawierająca kruszywo naturalne lub sztuczne a także z recyklingu lub ich mieszaninę i spoiwo hydrauliczne, zapewniająca przeniesienie obciążeń z warstwy podbudowy zasadniczej na warstwę podłoża.

1.4.4. Podbudowa zasadnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zawierająca kruszywo naturalne lub sztuczne a także z recyklingu lub ich mieszaninę i spoiwo hydrauliczne, zapewniająca przeniesienie obciążeń z warstw jezdnych na warstwę podbudowy pomocniczej lub podłoża.

1.4.5. Kruszywo – materiał ziarnisty stosowany w budownictwie, który może być naturalny, sztuczny lub z recyklingu.

1.4.6. Kruszywo naturalne – kruszywo ze złóż naturalnych pochodzenia mineralnego, które może być poddane wyłącznie obróbce mechanicznej. Kruszywo naturalne jest uzyskiwane z mineralnych surowców naturalnych występujących w przyrodzie jak żwir, piasek, żwir kruszony, kruszywo z mechanicznie rozdrobnionych skał, nadziarna żwirowego lub otczaków.

1.4.7. Kruszywo sztuczne – kruszywo pochodzenia mineralnego, uzyskiwane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego obróbkę termiczną lub inną modyfikację. Do kruszywa sztucznego zalicza się w szczególności kruszywo z żużli: wielkopiecowych, stalowniczych i pomiedziowych.

1.4.8. Kruszywo z recyklingu – kruszywo powstałe w wyniku przeróbki materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie.

1.4.9. Kruszywo kamienne – kruszywo z mineralnych surowców jak żwir kruszony, mechanicznie rozdrobnione skały, nadziarno żwirowe.

1.4.10. Kruszywo żuźłowe z żuźła wielkopieczowego – kruszywo składające się głównie ze skrzystalizowanych krzemianów lub glinokrzemianów wapnia i magnezu uzyskanych przez powolne schładzanie powietrzem ciekłego żuźła wielkopieczowego. Proces chłodzenia może odbywać się przy kontrolowanym dodawaniu wody. Chłodzony powietrzem żuźel wielkopieczowy twardnieje dzięki reakcji hydraulicznej lub karbonatyzacji.

1.4.11. Kruszywo żuźłowe z żuźła stalowniczego – kruszywo składające się głównie ze skrzystalizowanego krzemianu wapnia i ferrytu zawierającego CaO , SiO_2 , MgO oraz tlenek żelaza. Kruszywo otrzymuje się przez powolne schładzanie powietrzem ciekłego żuźła stalowniczego. Proces chłodzenia może odbywać się przy kontrolowanym dodawaniu wody.

1.4.12. Kategoria ruchu (KR1 – KR7) – obciążenie drogi ruchem samochodowym, wyrażone w osiach obliczeniowych (100 kN) według „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych”, GDDKiA, Warszawa 2014 [35].

1.4.13. Kruszywo grube (wg PN-EN 13242) – oznaczenie kruszywa o wymiarach ziaren d (dolnego) równym lub większym niż 1 mm oraz D (górnego) większym niż 2 mm.

1.4.14. Kruszywo drobne (wg PN-EN 13242) – oznaczenie kruszywa o wymiarach ziaren d równym 0 oraz D równym 6,3 mm lub mniejszym.

1.4.15. Kruszywo o ciągłym uziarnieniu (wg PN-EN 13242) – kruszywo stanowiące mieszanek kruszyw grubych i drobnych, w której D jest większe niż 6,3 mm.

1.4.16. Granulowany żuźel wielkopieczowy – szklisty, piaszczysty materiał składający się głównie z CaO , SiO_2 , Al_2O_3 i MgO , otrzymywany zwykle przez gwałtowne schłodzenie wodą ciekłego żuźła wielkopieczowego.

1.4.17. Mieszanka z popiołem lotnym – mieszanka składająca się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, popiołu lotnego krzemionkowego lub wapiennego i wody, twardniejąca dzięki reakcji hydraulicznej.

1.4.18. Popiół lotny – drobny proszek powstały w wyniku spalania w elektrowniach energetycznych pyłu węglowego lub lignitu, uzyskanego w trakcie mechanicznego lub elektrostatycznego procesu wytrącania.

1.4.19. Materiał pucolanowy – materiał, który zmieszany z wapnem [Ca(OH)_2 lub CaO] w obecności wody wiąże i twardnieje, tworząc stabilne i trwałe struktury.

1.4.20. Suchy popiół lotny – popiół lotny z zawartością wody poniżej 1% m/m.

1.4.21. Wskaźnik smukłości – stosunek wysokości do średnicy próbki.

1.4.22. Szczelność – stosunek objętości ziaren do objętości mieszanki zawierającej ziarna i wolne przestrzenie między nimi.

1.4.23. Symbole i skróty dodatkowe

% m/m	procent masy,
NR	brak konieczności badania danej cechy,
CBGM	mieszanka związana cementem,
CBR	kalifornijski wskaźnik nośności, %,
IPI	natychmiastowy wskaźnik nośności, %
R_c	wytrzymałość na ściskanie, MPa,
A	zawartość Al_2O_3 w granulowanym żuźlu wielkopieczowym, % m/m,
C	zawartość CaO w granulowanym żuźlu wielkopieczowym, % m/m,
C.A	iloczyn C i A.

1.4.24. Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.4.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.5.

2. MATERIAŁY

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 2.

2.2. Materiały do wykonania robót

2.2.1. Zgodność materiałów z dokumentacją projektową, normą lub oceną techniczną

Materiały do wykonania robót powinny być zgodne z ustaleniami dokumentacji projektowej lub ST oraz spełniać wymagania europejskiej lub krajowej normy lub oceny technicznej.

2.2.2. Materiały wchodzące w skład mieszanki

Materiałami stosowanymi do wytwarzania mieszanek związanych popiołem lotnym są:

- kruszywo,
- popiół lotny,
- wapno,
- cement,
- gips,
- granulowany żużel wielkopiecowy,
- woda,
- ew. inne składniki.

2.2.3. Kruszywo

Do mieszanek można stosować następujące rodzaje kruszyw:

- a) kruszywo naturalne lub sztuczne,
- b) kruszywo z recyklingu,
- c) połączenie kruszyw wymienionych w punktach a) i b) z określeniem proporcji kruszyw z a) i b) z dokładnością $\pm 5\%$ m/m.

Wymagania wobec kruszywa do warstwy podbudowy i podłoża ulepszanego z mieszanek związanych popiołem lotnym przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Wymagane właściwości kruszywa do warstw podbudowy i podłoża ulepszanego z mieszanek związanych popiołem lotnym

Skróty użyte w tabeli: Kat. – kategoria właściwości, Dekl – Deklarowana, wsk. – wskaźnik, wsp. – współczynnik, roz. – rozdział

Właściwość kruszywa	Metoda badania wg	Wymagania wg WT-5 [33] i PN-EN 13242 [23] dla ruchu kategorii KR1 ÷ KR6		
		Punkt PN-EN 13242	dla kruszywa związanego w warstwie	
			podłoża ulepszanego i podbudowy pomocniczej	podbudowy zasadniczej
Frakcje/zestaw sit #	-	4.1	Zestaw sit podstawowy plus zestaw 1. Wszystkie frakcje dozwolone	
Uziarnienie	PN-EN 933-1 [10]	4.3.1	Kruszywo grube: kat. G _C 80/20, kruszywo drobne: kat. G _F 80, kruszywo o ciągłym uziarnieniu: kat. G _A 75. Uziarnienie mieszanek kruszywa wg rysunków 1 ÷ 8	
Ogólne granice i tolerancje uziarnienia kruszywa grubego na sitach pośrednich	PN-EN 933-1 [10]	4.3.2	Kat. G _T CNR (tj. brak wymagania)	
Tolerancje typowego uziarnienia kruszywa drobnego i kruszywa o ciągłym uziarnieniu	PN-EN 933-1 [10]	4.3.3	Kruszywo drobne: kat. G _T FNR (tj. brak wymagania), kruszywo o ciągłym uziarnieniu: kat. G _T A _N R (tj. brak wymagania)	
Kształt kruszywa grubego – maksymalne warunki wskaźnika płaskości	PN-EN 933-3*) [11]	4.4	Kat. FI _{Dekl} (tj. wsk. płaskości > 50)	Kat. FI ₅₀ (tj. wsk. płaskości ≤ 50)
Kształt kruszywa grubego – maksymalne wartości wskaźnika kształtu	PN-EN 933-4*) [12]	4.4	Kat. SI _{Dekl} (tj. wsk. kształtu > 55)	Kat. SI ₅₀ (tj. wsk. kształtu ≤ 55)
Kategorie procentowych zawartości ziaren o powierz-	PN-EN 933-5 [13]	4.5	Kat. C _{NR} (tj. brak wymagania)	

chniach przekruszonych lub łamanych oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych w kruszywie grubym			
Zawartość pyłów** w kruszywie grubym	PN-EN 933-1 [10]	4.6	Kat. f_{Dekl} (tj. masa frakcji przechodzącej przez sito 0,063 mm jest > 4)
Zawartość pyłów** w kruszywie drobnym	PN-EN 933-1 [10]	4.6	Kat. f_{Dekl} (tj. masa frakcji przechodzącej przez sito 0,063 mm jest > 22)
Jakość pyłów	-	4.7	Brak wymagań
Odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego	PN-EN 1097-2 [16]	5.2	Kat. LA ₆₀ (tj. wsp. Los Angeles jest ≤ 60) Kat. LA ₅₀ (tj. wsp. Los Angeles jest ≤ 50)
Odporność na ścieranie	PN-EN 1097-1 [15]	5.3	Kat. M _{DE} NR (tj. brak wymagania)
Gęstość ziaren	PN-EN 1097-6, roz. 7, 8 i 9 [17]	5.4	Deklarowana
Nasiąkliwość	PN-EN 1097-6, roz. 7, 8 i 9 [17]	5.5	Deklarowana
Siarczany rozpuszczalne w kwasie	PN-EN 1744-1 [21]	6.2	Kruszywo kamienne: kat. AS _{0,2} (tj. zawartość siarczanów ≤ 0,2%), żużel kawałkowy wielkopiecowy: kat. AS _{1,0} (tj. zawartość siarczanów ≤ 1,0%)
Całkowita zawartość siarki	PN-EN 1744-1 [21]	6.3	Kruszywo kamienne: kat. S _{NR} (tj. brak wymagania), żużel kawałkowy wielkopiecowy: kat. S ₂ (tj. zawartość siarki całkowitej ≤ 2%)
Składniki wpływające na sztywność wiązania i twardnienia mieszanek związanych hydraulicznie	PN-EN 1744-1 [21]	6.4.1	Deklarowana
Stołość objętości żużla stałowniczego	PN-EN 1744-1, p. 19.3[21]	6.4.2. 1	Kat. V ₅ (tj. pęcznienie ≤ 5 % objętości). Dotyczy żużla z klasycznego pieca tlenowego i elektrycznego pieca łukowego
Rozpad krzemianowy w żużlu wielkopiec. kawałkowym	PN-EN 1744-1, p. 19.1[21]	6.4.2. 2	Brak rozpadu
Rozpad żelazawy w żużlu wielkopiec. kawałkowym	PN-EN 1744-1, p.19.2[21]	6.4.2. 3	Brak rozpadu
Składniki rozpuszczalne w wodzie	PN-EN 1744-3 [22]	6.4.3	Brak substancji szkodliwych dla środowiska wg odrębnych przepisów
Zanieczyszczenia	-	6.4.4	Brak ciał obcych takich jak drewno, szkło i plastik, mogących pogorszyć wyrób końcowy
Zgorzel słoneczna bazaltu	PN-EN 1367-3[20] i PN-EN 1097-2 [16]	7.2	Kat. SB _{LA} (tj. wzrost współczynnika Los Angeles po gotowaniu ≤ 8%)
Nasiąkliwość jako wskaźnik mrozoodporności (Jeśli kruszywo nie spełni warunku W ₂₄₂ , to należy	PN-EN 1097-6, roz. 7 [17]	7.3.2	Kat. W ₂₄₂ (tj. maksymalna wartość nasiąkliwości ≤ 2% masy)

zba- dać jego mrozoodporność wg p. 7.3.3 – wiersz poniżej)				
Mrozoodporność na kruszy- wa frakcji 8/16 mm (Badanie wykonywane tylko w przypa- dku, gdy nasiąkliwość kru- szywa przekracza WA ₂₄₂)	PN-EN 1367-1 [19]	7.3.3	Skały magmowe i przeobrażo- ne: kat. F ₄ (tj. zamrażanie- roz- mrażanie ≤ 4% masy), skały osadowe: kat. F ₁₀ , kruszywa z recyklingu: kat. F ₁₀ (F ₂₅ ***))	Kat. F ₄ (tj. zamrażanie-roz- mrażanie ≤ 4%)
Skład mineralogiczny	-	Zał. C p.C3. 4	Deklarowany	
Istotne cechy środowiskowe	-	Zał. C pkt C.3.4	Większość substancji niebezpiecznych określonych w dyrektywie Rady 76/769/EWG zazwyczaj nie występuje w źródłach kruszywa pochodzenia mineralnego. Jednak w odniesieniu do kruszyw sztucznych i odpadowych należy badać czy zawartość substancji niebezpiecznych nie przekracza wartości dopuszczalnych wg odrębnych przepisów	
*) Badaniem wzorcowym oznaczania kształtu kruszywa grubego jest badanie wskaźnika płaskości **) Łączna zawartość pyłów w mieszance powinna się mieścić w wybranych krzywych granicznych ***) Pod warunkiem, gdy zawartość w mieszance nie przekracza 50% m/m				

2.2.4. Popiół lotny

2.2.4.1. Rodzaje popiołów lotnych i pobieranie próbek

Przy wytwarzaniu mieszanek można stosować:

- krzemionkowe popioły lotne,
- wapienne popioły lotne.

Skład chemiczny, charakteryzujący właściwości popiołu lotnego, powinien być wyrażany w procentach masowych składników w jego suchej masie, otrzymanej przez suszenie próbki laboratoryjnej w piecu wentylowanym w temperaturze $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ do uzyskania stałej masy i ochłodzeniu w suchym powietrzu.

W przypadku suchego popiołu lotnego próbki powinny być pobierane i przygotowywane zgodnie z normą PN-EN 196-7 [7]. W przypadku wilgotnego popiołu lotnego próbki powinny być przygotowywane zgodnie z normą PN-EN 13286-1 [24].

2.2.4.2. Krzemionkowy popiół lotny

Krzemionkowy popiół lotny (glinowo-krzemianowy popiół lotny) jest popiołem, w którym podstawowymi składnikami chemicznymi są krzemiany, gliniany i tlenki żelaza wyrażone jako SiO_2 , Al_2O_3 i Fe_2O_3 , charakteryzujące się właściwościami hydraulicznymi i pucolanowymi.

Krzemionkowy popiół lotny może być składowany, dostarczany i używany zarówno w warunkach mokrych jak i suchych.

Krzemionkowy popiół lotny powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- uziarnienie powinno być zgodne z tabelą 2, przy przeprowadzeniu analizy składu ziarnowego według zasad przewidzianych normą PN-EN 451-2 [9].

Tabela 2. Uziarnienie krzemionkowego popiołu lotnego

Sito	Procent przesianej masy
90 μm	≥ 70
45 μm	≥ 40

- strata przy prażeniu, oznaczana zgodnie z normą PN-EN 196-2 [5] przy jednogodzinnym czasie prażenia lub inną równoważną metodą, nie powinna przekraczać 10% m/m
(Celem badania jest ograniczenie pozostałości niespalonego węgla w popiele lotnym, dlatego wystarczające jest przedstawienie przez bezpośredni pomiar pozostałości niespalonego węgla, którego wielkość powinna być mniejsza

niż wielkość określona powyżej),

- c) zawartość bezwodnika siarkowego (trójtlenku siarki) SO_3 , określona zgodnie z normą PN-EN 196-2 [5], nie powinna być większa niż 4% m/m,
- d) jeżeli, określona zgodnie z normą PN-EN 451-1 [9] zawartość wolnego tlenku wapnia przekracza 1% m/m, stałość objętości powinna być mierzona zgodnie z PN-EN 196-3 [6], a rozszerzalność nie powinna przekraczać 10 mm w mieszance popiołu lotnego i cementu porównawczego o proporcjach 30:70,
- e) zawartość wody w suchym krzemionkowym popiele lotnym nie powinna przekraczać 1,0% m/m,
- f) aktywność pucolanową krzemionkowego popiołu lotnego określa się w zależności od wymagań konkretnego zastosowania (miejsca użycia), a wynik powinien być deklarowany. Aktywność tę określa się na podstawie pomiaru wytrzymałości na ściskanie mieszanek wapna, popiołu lotnego i standardowego kruszywa w funkcji czasu. Do czasu określenia metody badania deklarowanie tej właściwości popiołu lotnego nie jest wymagane w Polsce.

2.2.4.3. Wapienny popiół lotny

Wapienny popiół lotny (siarczanowo-wapienny popiół lotny) jest popiołem, w którym podstawowymi składnikami chemicznymi są krzemiany, gliniany, tlenki wapnia i siarczany wyrażone jako SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , i SO_3 , charakteryzujące się właściwościami hydraulicznymi i pucolanowymi.

Wapienny popiół lotny może być dostarczany i składowany w warunkach suchych.

Wapienny popiół lotny powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- a) uziarnienie powinno być zgodne z tabelą 3, przy przeprowadzeniu przesiewania według zasad przewidzianych normą PN-EN 196-6 [].

Tabela 3. Uziarnienie wapiennego popiołu lotnego

Sito	Procent przesianej masy
315 μm	≥ 95
90 μm	≥ 70

- b) rozszerzalność wapiennego popiołu lotnego powinna być mniejsza niż 10 mm, przy wykonaniu badania zgodnie z PN-EN 196-3 [6] na mieszance, której 30% masy stanowi mielony popiół lotny, a 70% cement porównawczy (CEM I 42,5N),
- c) całkowita zawartość reaktywnego tlenku wapnia określonego według PN-EN 197-1 [8] nie powinna być mniejsza niż 5% m/m,
- d) zawartość wody w suchym wapiennym popiele lotnym nie powinna przekraczać 1% m/m,
- e) aktywność hydrauliczną wapiennego popiołu lotnego określa się w zależności od wymagań konkretnego zastosowania (miejsca użycia), a wynik powinien być deklarowany. Aktywność tę określa się przez pomiar wytrzymałości na ściskanie mieszanek popiołu lotnego i standardowego kruszywa w funkcji czasu. Do czasu określenia metody badania deklarowanie tej właściwości popiołu lotnego nie jest wymagane w Polsce.

2.2.4.4. Częstotliwość badań popiołów lotnych

Kontrola popiołów lotnych powinna być przeprowadzana zgodnie z tabelą 4. Producent powinien określić i prowadzić kontrolę określając procedury, poprzez które zostaną spełnione wymagania kontroli produkcji.

Tabela 4. Kontrola produkcji

Właściwość	Częstotliwość badań ¹⁾	Punkt normy PN-EN 14227-4 [31]	
		Krzemionkowe popioły lotne	Wapienne popioły lotne
Wielkość cząstek	2 razy na miesiąc lub 1 pomiar na 5000 ton	4.2.1	4.3.1
Strata prażenia	2 razy na miesiąc lub 1 pomiar na 5000 ton	4.2.2	n.s.
Trójtlenek siarki	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	4.2.3	n.s.
Wolny tlenek wapnia	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	4.2.4	n.s.
Stałość objętości ²⁾	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	4.2.4	4.3.2
Reaktywny tlenek wapnia	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	n.s.	4.3.3
Zawartość wody	2 razy na miesiąc lub 1 pomiar na 5 000 ton	4.2.5	4.3.4
Aktywność	2 razy w roku lub 1 pomiar na	4.2.6	n.s.

pucolanowa ²⁾	50 000 ton		
Aktywność hydrauliczna ²⁾	2 razy w roku lub 1 pomiar na 50 000 ton	n.s.	4.3.5

n.s. – nie stosuje się

1) pomiary zwykle przeprowadza się częściej

2) jeśli jest wymagany

2.2.5. Wapno

Wapno palone (CaO) lub wapno hydratyzowane [Ca(OH)₂] powinno spełniać wymagania normy PN-EN 14227-15 [32].

2.2.6. Cement

Cement powinien być zgodny z normą PN-EN 197-1 [8].

2.2.7. Gips

Zawartość procentowa (CaSO₄·2H₂O) powinna być większa od 90% m/m. Maksymalna wielkość ziarna nie powinna być większa od 5 mm.

Gips naturalny i sztuczny jest aktywatorem twardnienia. Jeśli składniki jak i mieszanka nie są znane lub zostały dokładnie zbadane, konieczne jest sprawdzenie rozszerzalności mieszanki zawierającej gips. Do oceny rozszerzalności należy zastosować metodę badania i kryterium jak w p. 2.2.4.3b.

2.2.8. Granulowany żużel wielkopiecowy

Zawartość poszczególnych składników wyrażona procentowo w stosunku do całkowitej masy suchego żużla powinna być następująca:

- SiO₂ od 27% do 41%,
- Al₂O₃ od 7% do 20%,
- CaO od 30% do 50%,
- MgO < 20%.

Właściwości żużla określa iloczyn C·A oraz współczynnik alfa. C oznacza zawartość CaO, A oznacza zawartość Al₂O₃, a współczynnik alfa charakteryzuje kruchość żużla.

Aktywność hydrauliczna granulowanego żużla wielkopiecowego zależy od składu chemicznego, zawartości cząstek drobnych i aktywatorów w ten sposób, że wzrost zawartości ziaren drobnych może zwiększać reaktywność żużli uważanych ze względu na ich skład chemiczny za względnie niereaktywne.

Iloczyn C·A jest ważnym składnikiem składu chemicznego żużla. Im wyższa wartość C·A tym żużel jest bardziej reaktywny. W zależności od zawartości C·A wyróżnia się trzy kategorie wymienione w tabeli 5. Wartość liczbowa iloczynu C·A jest wynikiem mnożenia zawartości CaO i Al₂O₃ oznaczonych analitycznie w granulowanym żużlu wielkopiecowym.

Tabela 5. Kategorie iloczynu C·A

Iloczyn C·A	Kategoria
> 550	CA 1
425 - 550	CA 2
< 425	CA 3

Zawartość procentowa drobnych ziaren w zagęszczonej mieszance związanej granulowanym żużlem wielkopiecowym jest funkcją kruchości użytego żużla. Im bardziej kruchy żużel, tym więcej drobnych ziaren powstaje podczas wałowania i tym większa reaktywność żużla

Kruchość żużla należy oceniać przez określenie współczynnika alfa zgodnie z normą PN-EN 13286-44 [27]. Im mniejszy współczynnik alfa tym mniejsza kruchość granulowanego żużla wielkopiecowego. Klasyfikacji współczynnika alfa dokonuje się na podstawie tabeli 6.

Tabela 6. Kategorie współczynnika alfa granulowanego żużla wielkopiecowego

Współczynnik alfa	Kategoria
< 20	α 1
20 do 40	α 2
40 do 60	α 3
> 60	α 4

2.2.9. Inne składniki

Do polepszenia wiązania i procesu twardnienia mieszanki z popiołem lotnym mogą zostać użyte składniki

zawierające chlorek wapniowy i węglan sodowy.

2.2.10. Woda

Woda nie powinna zawierać składników niekorzystnie wpływających na efekt twardnienia i pogarszających własności mieszanki z popiołem lotnym.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 3.

3.2. Sprzęt stosowany do wykonania robót

Przy wykonywaniu robót Wykonawca w zależności od potrzeb, powinien wykazać się możliwością korzystania ze sprzętu dostosowanego do przyjętej metody robót, jak:

- wytwórnia stacjonarna lub mobilna do wytwarzania mieszanki,
- przewoźne zbiorniki na wodę,
- układarki do rozkładania mieszanki (lub równiarki),
- walce statyczne, wibracyjne lub ogumione,
- zagęszczarki płytowe, ubijaki mechaniczne lub małe walce wibracyjne do zagęszczania w miejscach trudno dostępnych.

Sprzęt powinien odpowiadać wymaganiom określonym w dokumentacji projektowej, ST, instrukcjach producentów lub propozycji Wykonawcy i powinien być zaakceptowany przez Inżyniera.

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 4.

4.2. Transport materiałów

Materiały sypkie można przewozić dowolnymi środkami transportu, w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem, zmieszaniem z innymi materiałami i nadmiernym zawilgoceniem.

Popioły lotne w stanie suchym można transportować samochodami do przewozu cementu, a w stanie zawilgoconym – ciężarowymi samochodami wywrotkami.

Cement w workach może być przewożony samochodami krytymi.

Woda może być dostarczana wodociągiem lub przewożnymi zbiornikami wody.

Inne materiały należy przewozić w sposób zalecony przez producentów i dostawców, nie powodując pogorszenia ich walorów użytkowych.

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Ogólne zasady wykonania robót

Ogólne zasady wykonania robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 5.

5.2. Zasady wykonywania robót

Sposób wykonania robót powinien być zgodny z dokumentacją projektową i ST. W przypadku braku wystarczających danych można korzystać z ustaleń podanych w niniejszej specyfikacji oraz z informacji podanych w załącznikach.

Podstawowe czynności przy wykonaniu robót obejmują:

1. roboty przygotowawcze,
2. projektowanie mieszanki,
3. odcinek próbny,
4. wytworzenie i wbudowanie mieszanki,
5. roboty wykończeniowe.

5.3. Roboty przygotowawcze

Przed przystąpieniem do robót należy, na podstawie dokumentacji projektowej, ST lub wskazań Inżyniera:

- ustalić lokalizację robót,
- przeprowadzić obliczenia i pomiary niezbędne do szczegółowego wytyczenia robót oraz ustalenia danych wysokościowych,
- usunąć przeszkody utrudniające wykonanie robót,
- wprowadzić oznakowanie drogi na okres robót,

- zgromadzić materiały i sprzęt potrzebne do rozpoczęcia robót.

Można dodatkowo korzystać z ST D-01.00.00 [2] przy robotach przygotowawczych oraz z ST D-02.00.00 [3] przy występowaniu robót ziemnych.

5.4. Projektowanie mieszanki związanej popiołem lotnym

5.4.1. Ustalenia wstępne

Przed przystąpieniem do robót, w terminie uzgodnionym z Inżynierem, Wykonawca dostarczy Inżynierowi do akceptacji projekt składu mieszanki związanej popiołem lotnym oraz wyniki badań laboratoryjnych poszczególnych składników i próbki materiałów pobrane w obecności Inżyniera do wykonania badań kontrolnych przez Inżyniera.

Projektowanie mieszanki polega na doborze składników wymienionych w punkcie 2. Procedura projektowa powinna być oparta na próbach laboratoryjnych i/lub polowych przeprowadzonych na tych samych składnikach, z tych samych źródeł i o takich samych właściwościach, jak te które będą stosowane do wykonania podbudowy lub podłoża ulepszanego.

Określone w badaniu progowe ilości wody powinny uwzględniać właściwe zagęszczenie i oczekiwane parametry mechaniczne mieszanki. Należy określić procentowy udział składników w stosunku do całkowitej masy mieszanki w stanie suchym oraz uziarnienie i gęstość objętościową. Proporcje należy określić laboratoryjnie lub/i na podstawie praktycznych doświadczeń z mieszankami wykonywanymi z tych samych składników i w tych samych warunkach, spełniające wymagania niniejszej specyfikacji.

Sprawdzenie uziarnienia mieszanki mineralnej należy wykonać zgodnie z metodą wg PN-EN 933-1 [10]. Do analizy stosuje się zestaw sit podstawowy +1, składający się z następujących sit o oczkach kwadratowych w mm: 0,063; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 4,0; 5,6; 8,0; 11,2; 16,0; 22,4; 31,5; 45,0; 63.

5.4.2. Rodzaje mieszanek i ich przeznaczenie

Odróżnia się następujące rodzaje mieszanek związanych popiołem lotnym, które mogą być stosowane do warstw podłoża ulepszanego i podbudowy:

- 1) mieszanka typu 1 – o uziarnieniu 0/31,5 mm z zastosowaniem krzemionkowego lub wapiennego popiołu lotnego,
- 2) mieszanka typu 2 – z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, posiadająca trzy podtypy
 - ▮) typ 2 o uziarnieniu 0/22,4 mm,
 - ▮) typ 2 o uziarnieniu 0/16 mm,
 - ▮) typ 2 o uziarnieniu 0/11,2 mm,
 z zastosowaniem krzemionkowego lub wapiennego popiołu lotnego,
-) mieszanka typu 3 – o uziarnieniu 0/11,2 mm z zastosowaniem krzemionkowego lub wapiennego popiołu lotnego,
-) mieszanka typu 4 – o uziarnieniu deklarowanym przez producenta z zastosowaniem krzemionkowego lub wapiennego popiołu lotnego,
-) mieszanka typu 5 – o uziarnieniu deklarowanym przez producenta, przy czym krzemionkowy popiół lotny jest podstawowym składnikiem mieszanki i częścią spoiwa.

W dalszej części ST przy określaniu uziarnienia mieszanek nie uwzględniono w nich zawartości popiołu lotnego z wyjątkiem mieszanki typu 5.

Mieszanki związane popiołem lotnym mogą być stosowane do warstw ulepszanego podłoża i podbudowy nawierzchni drogowej, przenoszących ruch kategorii od KR1 do KR6. Szczegółowe przeznaczenie mieszanek przedstawia tabela 7.

Tabela 7. Przeznaczenie mieszanek związanych popiołem lotnym

Mieszanka	Warstwa podbudowy pomocniczej			Warstwa podbudowy zasadniczej			Warstwa ulepszanego podłoża
	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6	KR1-KR6
Typ 1 0/31,5	+	+	+	+	+	+	+
Typ 2- 0/22,4	+	+	+	+	+	+	+
Typ 2- 0/16	+	+	+	+	+	+	+
Typ 2- 0/11,2	+	+	+	+	+	+	+
Typ 3 0/11,2	-	-	-	-	-	-	+
Typ 4	±	±	±	±	±	±	±
Typ 5	+	+	+	-	-	-	+

+ mieszanka zalecana

- mieszanka niedopuszczona do stosowania

± przeznaczenie zależne od deklarowanych właściwości mieszanki

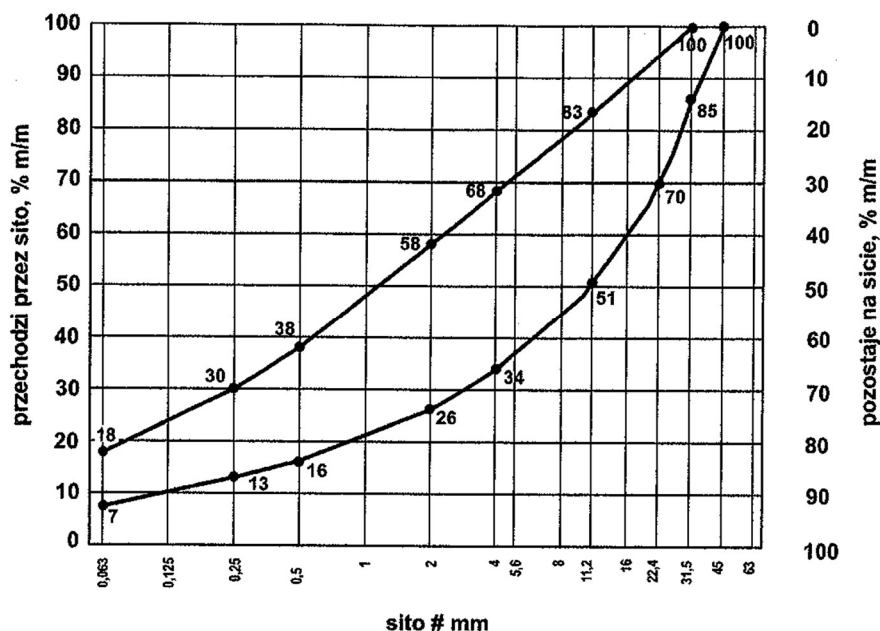
Przy produkcji mieszanek należy prowadzić kontrolę produkcji zgodnie z WT-5 [33] część 5.

5.4.3. Mieszanka typu 1

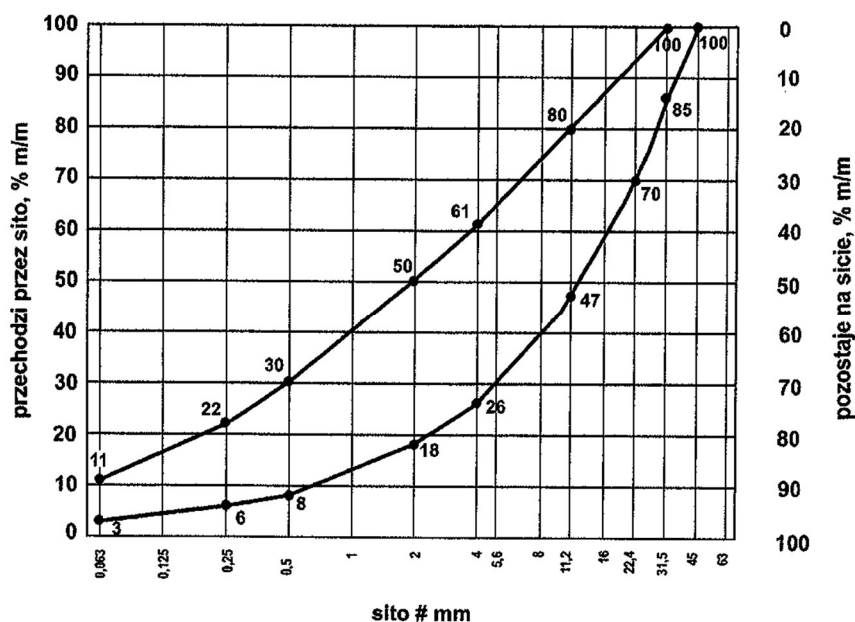
Mieszanka związana popiołem lotnym typu 1 powinna być mieszanką o uziarnieniu 0/31,5 mm. Uziarnienie mieszanki typu 1, określone według normy PN-EN 933-1 [10], w zależności od rodzaju popiołu lotnego, powinno być zgodne z:

- rys. 1 w przypadku zastosowania krzemionkowego popiołu lotnego,
- rys. 2 w przypadku zastosowania wapiennego popiołu lotnego.

Laboratoryjna ocena właściwości mechanicznych mieszanki powinna opierać się na badaniu wytrzymałości na ściskanie, na podstawie klasyfikacji podanej w tabeli 10. Wymagania wobec mieszanki typu 1 przedstawia tabela 13.



Rys. 1. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm z krzemionkowym popiołem lotnym



Rys. 2. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm z wapiennym popiołem lotnym

5.4.4. Mieszanka typu 2

Mieszanka związana popiołem lotnym typu 2 powinna składać się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, gdzie popioły lotne stanowią część spoiwa. Mieszanka związana popiołem lotnym typu 2 powinna być mieszanką spełniającą wymaganie szczelności. Mieszanka typu 2 powinna być wybrana spośród podtypów: 2-0/22,4 mm; 2-0/16 mm; 2-0/11,2 mm.

Uziarnienie wybranego podtypu mieszanki typu 2, określone według normy PN-EN 933-1 [10] powinno być zgodne z tabelą 8.

Tabela 8. Uziarnienie mieszanki z popiołem lotnym typu 2

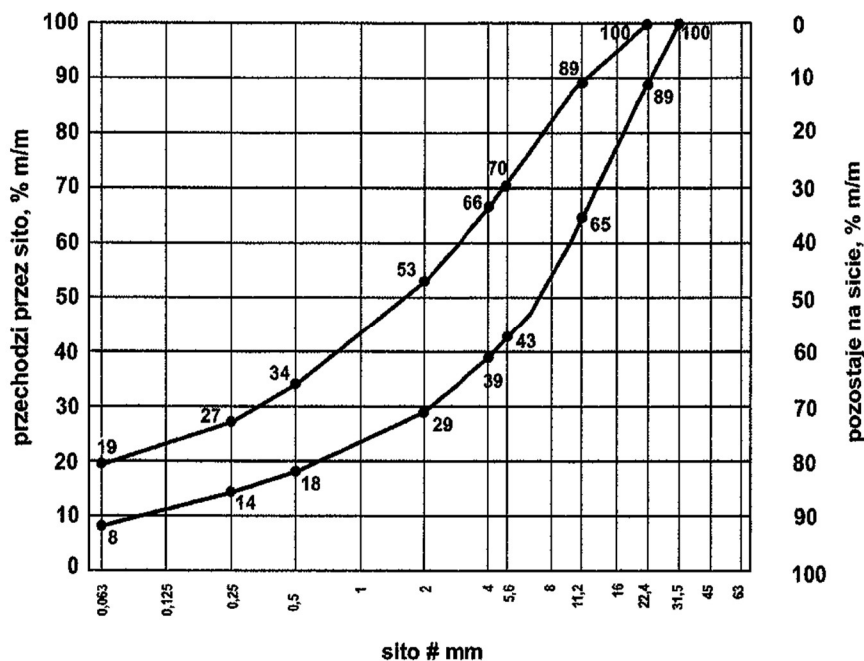
Mieszanka związana popiołem lotnym	Uziarnienie, mm	Krzywe graniczne uziarnienia	
		Mieszanki związane krzemionkowym popiołem lotnym	Mieszanki związane wapiennym popiołem lotnym
Typ 2 – 0/22,4	0/22,4	rysunek 3	rysunek 4
Typ 2 – 0/16	0/16	rysunek 5	rysunek 6
Typ 2 – 0/11,2	0/11,2	rysunek 7	rysunek 8

Minimalna szczelność każdej mieszanki typu 2 przy maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu wg zmodyfikowanej metody Proctora powinna wynosić nie mniej niż 0,8. Badanie szczelności wykonuje się wg p. 5.4.14.

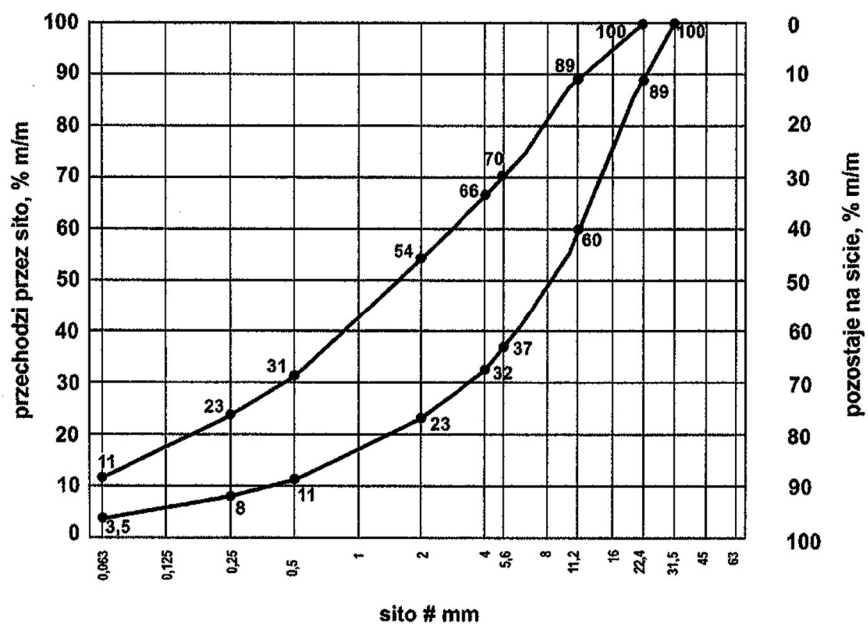
Uziarnienie wybranego podtypu mieszanki typu 2, określone zgodnie z normą PN-EN 933-1 [10], powinno być zgodne z rys. 3÷8, w zależności od rodzaju zastosowanego popiołu lotnego.

W przypadku mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/11,2 mm natychmiastowy wskaźnik nośności określony zgodnie z normą PN-EN 13286-47 [28] według metody Proctora nie powinien być mniejszy od 50 (Natychmiastowy wskaźnik nośności stosuje się do określenia właściwości umożliwiających prowadzenie ruchu technologicznego po warstwie).

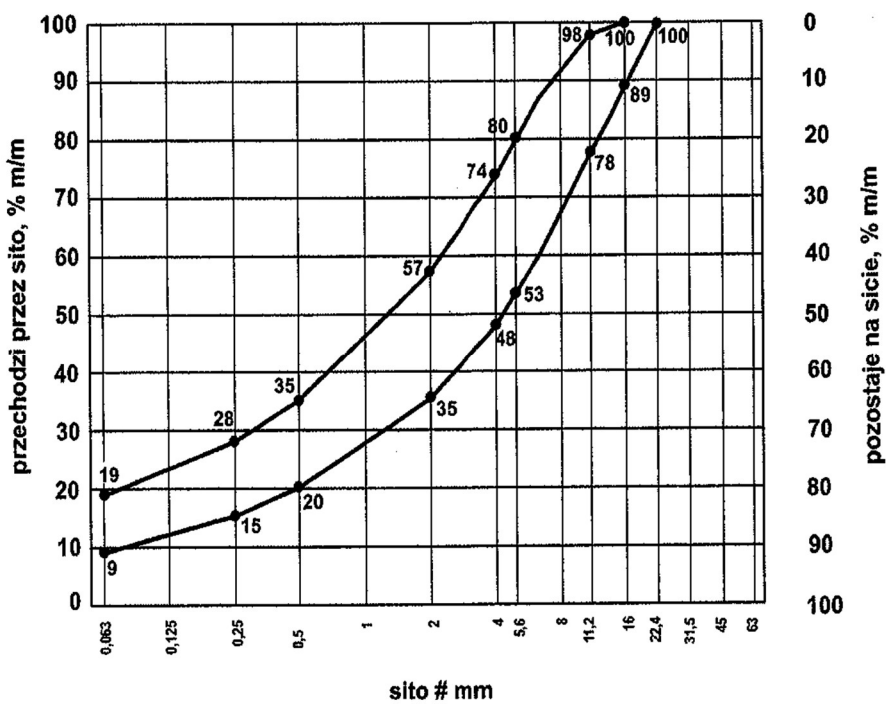
Wymagania wobec mieszanki typu 2 przedstawia tabela 14.



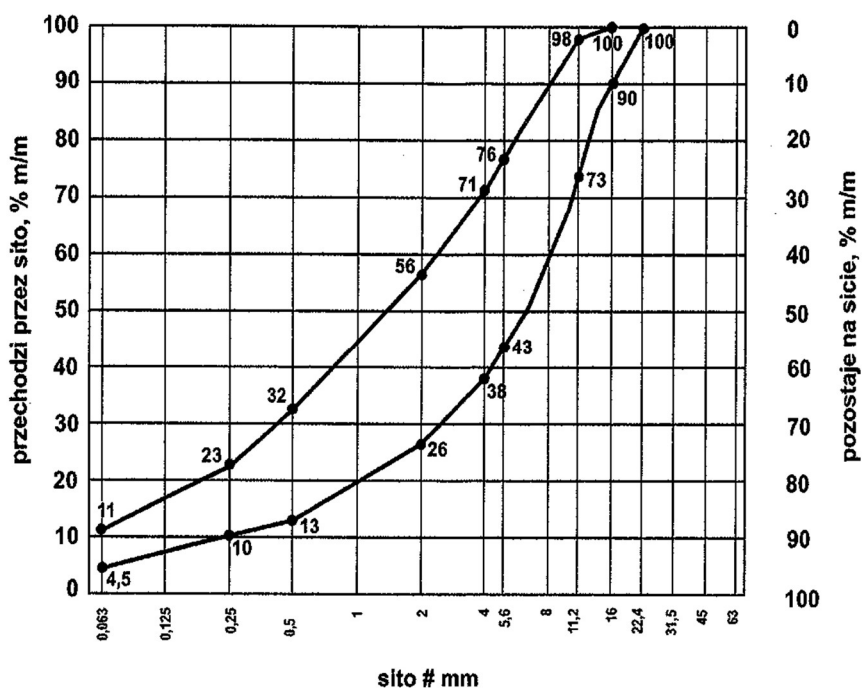
Rys. 3. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/22,4 mm dla mieszanek związanych krzemionkowym popiołem lotnym



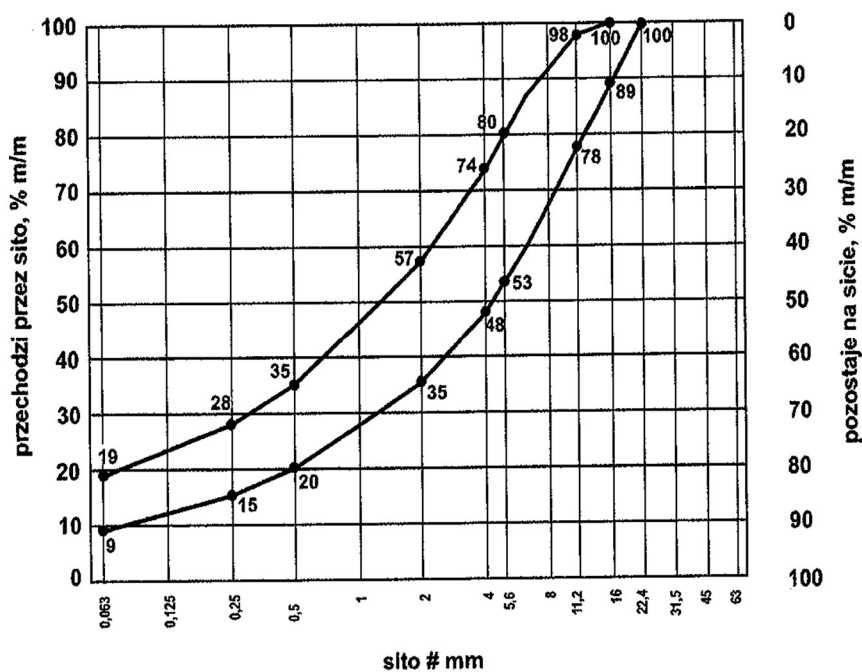
Rys. 4. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/22,4 mm dla mieszanek związanych wapiennym popiołem lotnym



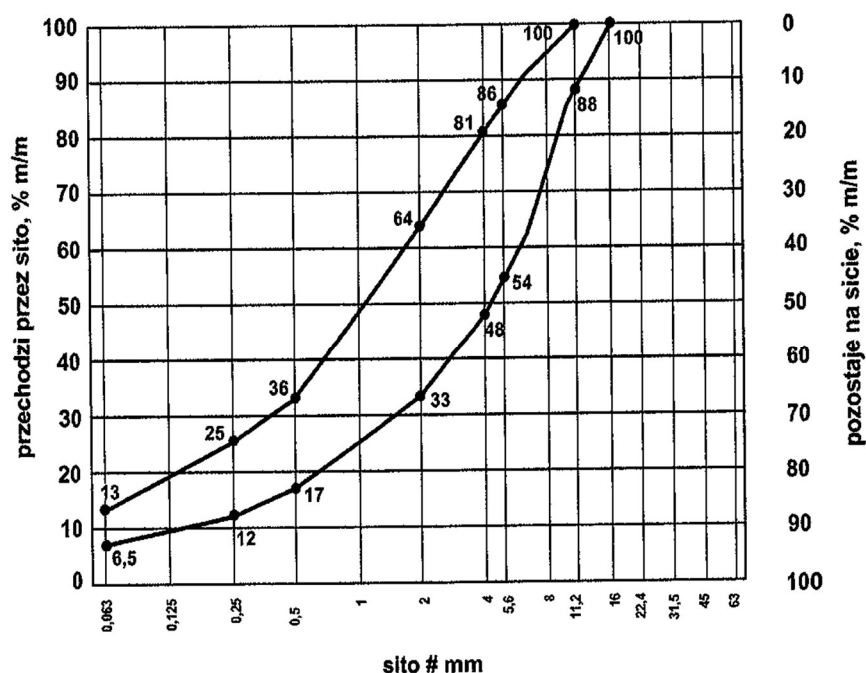
Rys. 5. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/16 mm dla mieszanek związanych krzemionkowym popiołem lotnym



Rys. 6. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/16 mm dla mieszanek związanych wapiennym popiołem lotnym



Rys. 7. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/11,2 mm dla mieszanek związanych krzemionkowym popiołem lotnym



Rys. 8. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 2 o uziarnieniu 0/11,2 mm dla mieszanek związanych wapiennym popiołem lotnym

5.4.5. Mieszanka typu 3

Mieszanka typu 3 powinna być mieszanką składającą się z mieszanki kruszyw drobnych oraz spoiwa, którego część stanowią popioły lotne, spełniającą wymaganie wobec natychmiastowego wskaźnika nośności. Uziarnienie mieszanki, określone zgodnie z normą PN-EN 933-1 [10], powinno odpowiadać podanemu w tabeli 9.

Tabela 9. Uziarnienie mieszanki z popiołem lotnym typu 3

Sito [mm]	11,2	5,6	0,063
Procent przechodzącej masy	100	≥ 85	≤ 35

Natychmiastowy wskaźnik nośności stosuje się w celu określenia wymaganych właściwości mieszanki umożliwiających prowadzenie ruchu technologicznego po warstwie oraz ułatwienia zagęszczenia kolejnej warstwy. Natychmiastowy wskaźnik nośności mieszanki, określony zgodnie z normą PN-EN 13286-47 [28], powinien być oparty na klasyfikacji podanej w tabeli 11.

Wymagania wobec mieszanki typu 3 przedstawia tabela 15.

5.4.6. Mieszanka typu 4

Uziarnienie mieszanki typu 4, określone zgodnie z normą PN-EN 933-1 [10], deklarowane jest przez producenta. Jeżeli jest to konieczne, producent może zadeklarować dodatkowo inne właściwości mieszanki takie jak np. natychmiastowy wskaźnik nośności, wytrzymałość na ściskanie (R_c) itp.

Wymagania wobec mieszanki typu 4 przedstawia tabela 16.

5.4.7. Mieszanka typu 5

Mieszanka związana popiołem lotnym typu 5 to mieszanka, w której popiół lotny jest podstawowym składnikiem mieszanki i częścią spoiwa. Popiół lotny powinien być popiołem krzemionkowym zgodnym z p. 2.2.4.2.

W przypadku mieszanek aktywowanych:

- gipsem – jego zawartość w mieszance nie powinna być większa niż 7% m/m suchej mieszanki,
- wapnem palonym CaO - jego zawartość w mieszance nie powinna być większa niż 5% m/m suchej mieszanki,
- wapnem hydratyzowanym - jego zawartość w mieszance nie powinna być większa niż 6% m/m suchej mieszanki.

W przypadku, gdy składniki mieszanki lub mieszanka nie są znane lub nie zostały wcześniej dokładnie zbadane, konieczne jest sprawdzenie rozszerzalności mieszanki (stałości objętości).

Wymagania wobec mieszanki typu 5 przedstawia tabela 17.

5.4.8. Zawartość popiołu lotnego

Zawartość popiołu lotnego powinna być dobrana w odniesieniu do wymaganych właściwości mieszanki.

5.4.9. Zawartość wody

Zawartość wody powinna być tak dobrana, aby możliwe było zagęszczanie mieszanki w miejscu wbudowania poprzez wałowanie oraz aby uzyskać jej optymalne właściwości mechaniczne. Zawartość wody w mieszance powinna być określona na podstawie procedury projektowej wg metody Proctora, zgodnie z PN-EN 13286-2 [25] i/lub doświadczenia z mieszankami wyprodukowanymi przy użyciu proponowanych składników. Określone w badaniu progowe ilości wody powinny uwzględniać właściwe zagęszczenie i oczekiwane parametry mechaniczne mieszanki.

5.4.10. Warunki przygotowania i pielęgnacji próbek

Próbki walcowe, zagęszczane ubijakiem Proctora, powinny być przygotowane zgodnie z PN-EN 13286-50 [29]. Probki należy przechowywać w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem (w komorze o wilgotności $95\% \div 100\%$ lub w wilgotnym piasku):

- przez 28 dni, w przypadku badania po 42 dniach,
- przez 76 dni, w przypadku badania po 90 dniach

i następnie zanurzyć na 14 dni do wody o temperaturze pokojowej. Łączny czas pielęgnacji wynosi:

- 42 dni ($28 + 14 = 42$ dni),
- 90 dni ($76 + 14 = 90$ dni).

Nasycanie próbek wodą odbywa się pod ciśnieniem normalnym i przy całkowitym ich zanurzeniu w wodzie. Wytrzymałość 90 dniowa jest wytrzymałością informacyjną, jako wartość deklarowana, wskazująca charakter wytrzymałości w dłuższym czasie, co powinno być uwzględnione w projekcie warstwy nośnej.

5.4.11. Badanie wytrzymałości na ściskanie

Badanie wytrzymałości na ściskanie (System I) należy przeprowadzić na próbkach walcowych przygotowanych zgodnie z PN-EN 13286-50 [29], zagęszczonych metodą Proctora, przy wykorzystaniu metody badawczej zgodnej z PN-EN 13286-41 [26]. Probki powinny być pielęgnowane zgodnie z p. 5.4.10. Wytrzymałość na ściskanie określonej mieszanki powinno być oznaczane zgodnie z PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji. W fazie projektowania mieszanki należy dodatkowo oznaczyć wytrzymałość na ściskanie po 90 dniach pielęgnacji. Dopuszcza się w praktyce wykonawczej stosowanie dodatkowo wytrzymałości na ściskanie określonej po innym okresie pielęgnacji, np. po 7 lub 14 dniach. Wymagane właściwości po 42 dniach pielęgnacji pozostają bez zmian.

Mieszanki klasyfikuje się według wytrzymałości na ściskanie R_c po 42 dniach określonej zgodnie z normą PN-EN 13286-41 [26], na próbce przygotowanej zgodnie z normą PN-EN 13286-50 [29] i pielęgnowanej według p. 5.4.10. W ocenie lub projektowaniu mieszanek w laboratorium, wartość R_c powinna być średnią z wyników badań co najmniej trzech próbek. Wynik badania różniący się od średniej o więcej niż 20% należy odrzucić, a jako miarodajne R_c należy przyjąć średnią obliczoną z pozostałych dwóch wyników. Klasa R_c powinna być wybrana z tabeli 10, z uwzględnieniem wybranej metody przygotowania próbki.

Tabela 10. Klasyfikacja R_c

Klasa R_c	Minimalne R_c [MPa] dla cylindra o wskaźniku smukłości 2 ^a	Minimalne R_c [MPa] dla cylindra o wskaźniku smukłości 1 ^a
C 0,4/0,5	0,4	0,5
C 0,8/1	0,8	1
C 1,5/2	1,5	2
C 3/4	3	4
C 6/8	6	8
C 9/12	9	12
C 12/16	12	16
C 15/20	15	20
C 18/24	18	24
C 21/28	21	28
C 24/32	24	32
C 27/36	27	36
C _{Dv}	wartość deklarowana	wartość deklarowana

^a jeżeli wykorzystano cylindry o wskaźniku smukłości innym niż 1 lub 2, należy przed użyciem określić ich korelację z cylindrami o wskaźnikach smukłości 1 lub 2

Dopuszcza się podawanie wytrzymałości na ściskanie R_c z dodatkowym indeksem informującym o czasie pielęgnacji, np. R_{c7} , R_{c14} , R_{c28} .

5.4.12. Badanie mrozoodporności

Wskaźnik mrozoodporności mieszanki popiołowej określany jest stosunkiem wytrzymałości na ściskanie R_c^{z-o} próbki po 42 dniach pielęgnacji i po 14 cyklach zamrażania i odmrażania do wytrzymałości na ściskanie R_c próbki po 42 dniach pielęgnacji wg p. 5.4.10.

$$= \frac{R_c^{z-o}}{R_c}$$

Wskaźnik mrozoodporności

Próbki do oznaczenia wskaźnika mrozoodporności należy przechowywać przez 42 dni w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95% ÷ 100% lub w wilgotnym piasku). Następnie należy zanurzyć je całkowicie na 1 dobę w wodzie, a następnie w ciągu kolejnych 14 dni poddać cyklom zamrażania i odmrażania. Po 57 dniach należy oznaczyć wytrzymałość na ściskanie wg PN-EN 13286-41 [26] i obliczyć wskaźnik mrozoodporności. Jeden cykl zamrażania i odmrażania w wodzie o temp. +18 ±2°C przez 16 godzin. Oznaczenie wskaźnika mrozoodporności należy przeprowadzać na 3 próbkach i do obliczeń przyjmować średnią. Wynik badania różniący się od średniej o więcej niż 20% należy odrzucić, a jako miarodajną wartość wytrzymałości na ściskanie R_c^{z-o} , R_c należy przyjąć średnią obliczoną z pozostałych dwóch wyników, z dokładnością 0,1 MPa.

5.4.13. Natychmiastowy wskaźnik nośności (IPI)

Badanie wykonywane jest przede wszystkim na mieszankach typu 3. Natychmiastowy wskaźnik nośności stosuje się w celu określenia wymaganych właściwości mieszanki umożliwiających prowadzenie ruchu technologicznego po warstwie oraz ułatwienia zagęszczenia kolejnej warstwy. Wskaźnik określany jest według normy PN-EN 13286-47 [28] (bez stosowania obciążników) i klasyfikowany na podstawie tabela 11.

Tabela 11. Kategorie natychmiastowego wskaźnika nośności IPI dla mieszanki

Kategoria IPI	Wymagany natychmiastowy wskaźnik nośności
IPI ₄₀	≥ 40
IPI ₂₅	≥ 25
IPI _{NR}	brak wymagań

Mieszanki z natychmiastowym wskaźnikiem nośności IPI mniejszym niż 40 mogą nie wytrzymać natychmiastowego obciążenia ruchem i powinny być używane z rozważą. W przypadku konieczności użycia takiej mieszanki może być konieczne dodanie innego kruszywa w celu osiągnięciażądanego natychmiastowego wskaźnika nośności.

5.4.14. Szczelność mieszanki

Szczelność określa się dla mieszanek typu 2.

Szczelność mieszanki przed związaniem definiuje się jako stosunek objętości ziaren do objętości mieszanki zawierającej ziarna i wolne przestrzenie między nimi. Szczelność oblicza się ze stosunku maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu mieszanki (ρ_d wg PN-EN 13286-2 [25] zmodyfikowana metoda Proctora) do gęstości objętościowej ziaren mieszanki (ρ_d wg PN-EN 1097-6 [17] załącznik A).

Szczelność oblicza się według następującego wzoru:

$$C = \left(\frac{\rho_d}{100} \right) \cdot \left(\frac{a}{\rho_{pA}} + \frac{b}{\rho_{pB}} + \frac{c}{\rho_{pC}} \dots \right)$$

w którym:

C	szczelność
ρ_d	maksymalna gęstość objętościowa mieszanki w stanie suchym (Mg/m ³)
ρ_{pA}	gęstość objętościowa ziaren składnika A (Mg/m ³)
ρ_{pB}	gęstość objętościowa ziaren składnika B (Mg/m ³)
ρ_{pC}	gęstość objętościowa ziaren składnika C (Mg/m ³)
a	zawartość składnika A w mieszance (% masy)
b	zawartość składnika B w mieszance (% masy)
c	zawartość składnika C w mieszance (% masy)

Gęstość objętościową ziaren składników (ρ_{pA} , ρ_{pB} , ρ_{pC} ) należy określić w zależności od wielkości ziaren zgodnie z normą PN-EN 1097-6 [17] załącznik A (ρ_p) lub PN-EN 1097-7 [18].

Przykład obliczenia szczelności C przy maksymalnej gęstości objętościowej w zmodyfikowanym Proctorze mieszanki przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Przykład obliczenia szczelności

Składnik mieszanki	% masy mieszanki	Gęstość objętościowa ziaren (Mg/m ³)
Kruszywo grube 5,6/22,4 mm	50	$\rho_{pA} = 2,69$

Kruszywo 0/5,6 mm	36	$\rho_{pB} = 2,65$
Popioły lotne krzemionkowe	12	$\rho_{pC} = 2,20$
Wapno hydratyzowane	2	$\rho_{pD} = 2,25$
Maksymalna gęstość objętościowa mieszanki w zmodyfikowanym Proctorze (Mg/m^3)		$\rho_d = 2,11$

$$C = (2,11/100) \times (50/2,69 + 36/2,65 + 12/2,20 + 2/2,25) = 0,81$$

5.4.15. Wymagania wobec mieszanek

W zależności od typu mieszanki oraz od jej przeznaczenia wg tabeli 7, wymagania odczytuje się z tabel 13 ÷ 17.

Mieszanka typu 1

Tabela 13. Wymagania wobec mieszanki typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm

Właściwość	Wymagania dla ruchu							Uwagi
	KR1 – KR2		KR3 – KR4		KR5 – KR6		KR1 – KR6	
	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Warstwa ulepszonego podłoża	
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tabeli 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowany żużel wielkopiecowy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 1								
Uziarnienie:	krzywe graniczne uziarnienia							
-mieszanka typu 1, 0/31,5 mm	rys. 1 lub 2							
Wytrzymałość na ściskanie ^{*)} – klasa wytrzymałości R_c wg tabelki 10	C 3/4 ale nie więcej niż 8 MPa	C 1,5/2 ale nie więcej niż 4 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 12 MPa	C 3/4 ale nie więcej niż 12 MPa	C 9/12 ale nie więcej niż 16 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 16 MPa	C 0,4/0,5 ale nie więcej niż 4 MPa	wg p. 3.2.6 Badanie wg PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji
Mrozoodporność	$\geq 0,7$	$\geq 0,6$	$\geq 0,7$	$\geq 0,6$	$\geq 0,7$	$\geq 0,6$	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12

^{*)} W przypadku przekroczenia wytrzymałości na ściskanie 5 MPa należy stosować rozwiązania przeciwspekaniowe wg p. 5.7

Mieszanka typu 2

Tabela 14. Wymagania wobec mieszanek typu 2

Właściwość	Wymagania dla ruchu							Uwagi
	KR1 – KR2		KR3 – KR4		KR5 – KR6		KR1 – KR6	
	Podbudowa	Podbudowa	Podbudowa	Podbudowa	Podbudowa	Podbudowa	Warstwa ulepszonego	

	zasadnic za	pomocnicz a	zasadnic za	pomocni cza	zasadnic za	pomocnic za	podłoża	
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tabeli 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowany żużel wielkopiecowy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 2 – 0/22,4								
Uziarnienie:	krzywe graniczne uziarnienia							
-mieszanka 2 - 0/22,4 mm	rys. 3 lub 4							
Szczelność	C ≥ 0,8		C ≥ 0,8		C ≥ 0,8		C ≥ 0,8	wg p.5.4.14
Wytrzymałość na ściskanie*) – klasa wytrzymałości R _c wg tabeli 10	C 3/4 ale nie więcej niż 8 MPa	C 1,5/2 ale nie więcej niż 4 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 12 MPa	C 3/4 ale nie więcej niż 12 MPa	C 9/12 ale nie więcej niż 16 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 16 MPa	C 0,4/0,5 ale nie więcej niż 4 MPa	wg p.5.4.11 Badanie wg PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji
Mrozoodporność	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12
Mieszanka typu 2 – 0/16								
Uziarnienie:	krzywe graniczne uziarnienia							
-mieszanka 2 - 0/16 mm	rys. 5 lub 6							
Szczelność	C ≥ 0,8		C ≥ 0,8		C ≥ 0,8		C ≥ 0,8	wg p.5.4.14
Wytrzymałość na ściskanie*) – klasa wytrzymałości R _c wg tabeli 10	C 3/4 ale nie więcej niż 8 MPa	C 1,5/2 ale nie więcej niż 4 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 12 MPa	C 3/4 ale nie więcej niż 12 MPa	C 9/12 ale nie więcej niż 16 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 16 MPa	C 0,4/0,5 ale nie więcej niż 4 MPa	wg p.5.4.11 Badanie wg PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji
Mrozoodporność	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12
Mieszanka typu 2 – 0/11,2								
Uziarnienie:	krzywe graniczne uziarnienia							
Uziarnienie 0/11,2 mm	rys. 7 lub 8							
Szczelność	C ≥ 0,8		C ≥ 0,8		C ≥ 0,8		C ≥ 0,8	wg p.5.4.14
Natychmiastowo-wy	IPI 50		IPI 50		IPI 50		IPI 50	wg p.

wskaźnik nośności mieszanki IPI								5.4.13
Wytrzymałość na ściskanie ^{*)} – klasa wytrzymałości R _c wg tabeli 10	C 3/4 ale nie więcej niż 8 MPa	C 1,5/2 ale nie więcej niż 4 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 12 MPa	C 3/4 ale nie więcej niż 12 MPa	C 9/12 ale nie więcej niż 16 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 16 MPa	C 0,4/0,5 ale nie więcej niż 4 MPa	wg p.5.4.11 Badanie wg PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji
Mrozoodporność	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12

^{*)} W przypadku przekroczenia wytrzymałości na ściskanie 5 MPa należy stosować rozwiązania przeciwspekaniowe wg p. 5.7

Mieszanka typu 3

Tabela 15. Wymagania wobec mieszanki typu 3

Właściwość	Wymagania dla ruchu							Uwagi
	KR1 – KR2		KR3 – KR4		KR5 – KR6		KR1 – KR6	
	Podbudo wa zasadnic za	Podbudow a pomocnicz a	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocni cza	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocnic za	Warstwa ulepszzonego podłoża	
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tabeli 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowany żużel wielkopiecowy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 3 – 0/11,2								
Uziarnienie: mieszanka typu 1, 0/31,5 mm	Nie stosuje się		Nie stosuje się		Nie stosuje się		krzywe graniczne uziarnienia: tabela 3.7	
Wytrzymałość na ściskanie – klasa wytrzymałości R _c wg tabeli 10							C 0,4/0,5 ale nie więcej niż 4 MPa	wg p.5.4.11 Badanie wg PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji

Natychmiast o-wy wskaźnik nośności mieszanki IPI				IPI 40	wg p. 5.4.13
Mrozoodporność				CBR $\geq$ 40	wg p. 5.4.12

Mieszanka typu 4

Tabela 16. Wymagania wobec mieszanki typu 4

Właściwość	Wymagania dla ruchu							Uwagi
	KR1 – KR2		KR3 – KR4		KR5 – KR6		KR1 – KR6	
	Podbudo wa zasadnic za	Podbudow a pomocnicz a	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocni cza	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocnic za	Warstwa ulepszzonego podłoża	
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tabeli 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowan y żużel wielkopieco wy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 4								
Uziarnienie:	deklarowane przez producenta							
Wytrzymało ść na ściskanie*) – klasa wytrzy- małości R _c wg tabeli 10	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 4 MPa	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 2 MPa	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 8 MPa	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 4 MPa	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 12 MPa	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 8 MPa	R _c deklaro- wana ale nie mniej niż 0,5 MPa	wg p.5.4.11 Badanie wg PN- EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnac ji
Szczelność	C dekla- rowane	C dekla- rowane	C dekla- rowane	C dekla- rowane	C dekla- rowane	C dekla- rowane	C deklarowane	wg p. 5.4.14
Natychmiast o-wy wskaźnik nośności mie-szanki IPI	IPI deklaro- wany	IPI deklaro- wany	IPI deklaro- wany	IPI deklaro- wany	IPI deklaro- wany	IPI deklaro- wany	IPI deklarowany	wg p. 5.4.13
Mrozoodpor- ność	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12

*) W przypadku przekroczenia wytrzymałości na ściskanie 5 MPa należy stosować rozwiązania przeciwspekaniowe wg p. 5.7

Mieszanka typu 5

Tabela 17. Wymagania wobec mieszanki typu 5

	Wymagania dla ruchu				
	KR1 – KR2	KR3 – KR4	KR5 – KR6	KR1 – KR6	

Właściwość	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocni cza	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocni cza	Podbudo wa zasadnic za	Podbudo wa pomocni cza	Warstwa ulepszono- go podłoża	Uwagi
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tabeli 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowan y żużel wielkopieco wy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 5								
Uziarnienie:	deklarowane przez producenta							
Wytrzymało ść na ściskanie*) – klasa wytrzy- małości R _c wg tabeli 10	Nie stosuje się	klasa C 3/4 (nie więcej niż 6,0 MPa)	Nie stosuje się	klasa C 3/4 (nie więcej niż 6,0 MPa)	Nie stosuje się	klasa C 3/4 (nie więcej niż 6,0 MPa)	klasa C 1,5/2,0 (nie więcej niż 6,0 MPa)	wg p.5.4.11 Badanie wg PN- EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnac ji
Natychmiast o-wy wskaźnik nośności mie-szanki IPI		IPI deklaro- wany		IPI deklaro- wany		IPI deklaro- wany	IPI deklarowany	wg p. 5.4.13
Szczelność		C dekla- rowane		C dekla- rowane		C dekla- rowane	C deklarowane	wg p. 5.4.14
Mrozoodpor- ność		≥ 0,6				≥ 0,6		≥ 0,6

*) W przypadku przekroczenia wytrzymałości na ściskanie 5 MPa należy stosować rozwiązania przeciwspekaniowe wg p. 5.7

5.5. Odcinek próbny

Wykonawca powinien wykonać odcinek próbny w celu:

- stwierdzenia czy sprzęt do produkcji mieszanki oraz jej rozkładania i zagęszczania jest właściwy,
- określenia grubości warstwy wbudowanej mieszanki przed zagęszczeniem, koniecznej do uzyskania wymaganej grubości warstwy zagęszczonej,
- określenia liczby przejść walców do uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia warstwy.

Na odcinku próbnym Wykonawca powinien użyć materiałów oraz sprzętu takich, jakie będą stosowane do wykonania podbudowy lub podłoża ulepszanego.

Powierzchnia odcinka próbnego powinna wynosić od 100 m² do 800 m², a długość nie powinna być mniejsza niż 50 m.

Odcinek próbny powinien być zlokalizowany w miejscu wskazanym przez Inżyniera.

Wykonawca może przystąpić do wykonywania podbudowy lub podłoża ulepszanego po zaakceptowaniu odcinka próbnego przez Inżyniera.

5.6. Warunki przystąpienia do robót i przygotowanie podłoża

Podbudowa lub podłoże ulepszone z mieszanek związanych popiołem lotnym powinny być wykonywane, gdy temperatura powietrza jest wyższa od +5°C oraz w okresie suchym.

Podłoże pod mieszankę powinno być przygotowane zgodnie z wymaganiami określonymi w dokumentacji

projektowej i ST. Zaleca się do korzystania z ustaleń podanych w ST D-04.01.01 „Koryto wraz z profilowaniem i zagęszczeniem podłoża” [4] i ST D-02.00.00 „Roboty ziemne” [3].

Jeśli warstwa mieszanki kruszywa ma być układana w prowadnicach, to należy je ustawić na podłożu tak aby wyznaczały ściśle linie krawędzi układanej warstwy według dokumentacji projektowej. Wysokość prowadnic powinna odpowiadać grubości warstwy mieszanki kruszywa w stanie niezagęszczonym. Prowadnice powinny być ustawione stabilnie, w sposób wykluczający ich przesuwanie się pod wpływem oddziaływania maszyn użytych do wykonania warstwy. Od użycia prowadnic można odstąpić przy zastosowaniu technologii gwarantującej odpowiednią równość warstwy, po uzyskaniu zgody Inżyniera.

5.7. Wytwarzanie i wbudowanie mieszanki

Mieszankę kruszywa związanego popiołem lotnym o ściśle określonym składzie zawartym w recepturze laboratoryjnej należy wytwarzać w wytwórniach (mieszarkach) stacjonarnych lub mobilnych zapewniających ciągłość produkcji i gwarantujących otrzymanie jednorodnej mieszanki. Mieszarka powinna być wyposażona w urządzenia do wagowego dozowania kruszywa i popiołu lotnego oraz objętościowego dozowania wody.

Mieszanka po wyprodukowaniu powinna być od razu transportowana na miejsce wbudowania, w sposób zabezpieczony przed segregacją i nadmiernym wysychaniem.

Mieszanka dowieziona z wytwórni powinna być układana przy pomocy układarek lub równiarek. Grubość układania mieszanki powinna zapewniać uzyskanie wymaganej grubości warstwy po zagęszczeniu. Warstwę można wykonać o grubości np. 20 cm po zagęszczeniu. Gdy wymagana jest większa grubość, to do układania drugiej warstwy można przystąpić po odbiorze pierwszej warstwy przez Inżyniera. Grubość górnej warstwy nie powinna być mniejsza niż 10 cm. Przy układaniu mieszanki za pomocą równiarek konieczne jest stosowanie prowadnic.

Przed zagęszczeniem warstwa powinna być wyprofilowana do wymaganych rzędnych, spadków podłużnych i poprzecznych. Natychmiast po wyprofilowaniu mieszanki należy rozpocząć jej zagęszczanie, które należy kontynuować do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia nie mniejszego od 0,98 maksymalnego zagęszczenia określonego według normalnej próby Proctora przy ruchu lekkim i średnim oraz 1,03 przy ruchu ciężkim i bardzo ciężkim. Zagęszczenie powinno być zakończone w dniu prowadzenia robót. Specjalną uwagę należy poświęcić zagęszczeniu mieszanki w sąsiedztwie spoin roboczych podłużnych i poprzecznych oraz wszelkich urządzeń obcych. Zaleca się aby Wykonawca organizował roboty w sposób unikający podłużnych spoin roboczych. Jeśli jest to niemożliwe, przy warstwie wykonywanej w prowadnicach, przed wykonaniem kolejnego pasa należy pionową krawędź wykonanego pasa zwilżyć wodą. Jeżeli stosowano jako dodatek cement i od momentu zakończenia zagęszczania pasma upłynęło ponad 60 minut, to spoinę roboczą należy wykonać przez wyrównanie pionowo obciążonej krawędzi i usunięcie stwardniałego, odciętego materiału. Przyległe pasmo warstwy należy wbudować po zwilżeniu wodą krawędzi wykonanego pasma. Jeśli jednak w dolnej warstwie podbudowy występują spoiny robocze, to spoiny w górnej warstwie podbudowy powinny być względem nich przesunięte o co najmniej 30 cm dla spoiny podłużnej i 1 m dla spoiny poprzecznej.

Jeśli dokumentacja projektowa przewiduje wykonanie szczelin pozornych w podbudowie, to zaleca się je wykonać przez wycięcie szczelin np. grubości 3÷5 mm na głębokość około 1/3 jej grubości w początkowej fazie twardnienia betonu, tak aby powierzchnia podbudowy była podzielona na kwadratowe lub prostokątne płyty.

Dla warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki o wytrzymałości na ściskanie R_c powyżej 10 MPa należy stosować dylatowanie poprzeczne i podłużne według ustaleń dokumentacji projektowej.

Dla warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki o wytrzymałości R_c przekraczającej 5 do 10 MPa należy stosować technologie przeciwspekaniowe według ustaleń dokumentacji projektowej, z zastosowaniem geosyntetyków lub membran, odpowiadających wymaganiom krajowych lub europejskich norm lub ocen technicznych.

5.8. Pielęgnacja warstwy kruszywa związanego popiołem lotnym

Warstwa kruszywa związanego popiołem lotnym powinna być natychmiast po zagęszczeniu poddana pielęgnacji według jednego z następujących sposobów:

- a) skropienie emulsją asfaltową lub odpowiednim i dopuszczonym do stosowania preparatem pielęgnacyjnym,
- b) przykrycie na okres 7 do 10 dni nieprzepuszczalną folią z tworzywa sztucznego, ułożoną na zakład co najmniej 30 cm i zabezpieczoną przed zerwaniem przez wiatr,
- c) innymi środkami zaakceptowanymi przez Inżyniera.

Nie należy dopuszczać ruchu pojazdów i maszyn po warstwie kruszywa związanej popiołem lotnym w okresie do 30 dni, chyba że natychmiastowy wskaźnik nośności mieszanki charakteryzuje warstwę jako umożliwiającą prowadzenie ruchu technologicznego po warstwie.

5.9. Roboty wykończeniowe

Roboty wykończeniowe, zgodne z dokumentacją projektową, ST lub wskazaniami Inżyniera, dotyczą prac związanych z dostosowaniem wykonanych robót do istniejących warunków terenowych, takie jak:

- odtworzenie przeszkód czasowo usuniętych,
- uzupełnienie zniszczonych w czasie robót istniejących elementów drogowych lub terenowych,
- roboty porządkujące otoczenie terenu robót,
- usunięcie oznakowania drogi wprowadzonego na okres robót.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 6.

6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (np. stwierdzenie o oznakowaniu materiału znakiem CE lub znakiem budowlanym B, deklarację właściwości użytkowych, krajową lub europejską ocenę techniczną), ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.,
- sprawdzić właściwości materiałów do wykonania robót, obejmujące wymagania określone w ST,
- ew. wykonać własne badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone przez Inżyniera.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji.

6.3. Badania w czasie robót

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów, które należy wykonać w czasie robót podaje tabela 18.

Tabela 18. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót

Lp.	Wyszczególnienie robót	Częstotliwość badań	Wartości dopuszczalne
1	Lokalizacja i zgodność granic terenu robót z dokumentacją projektową	1 raz	Wg pktu 5 i dokumentacji projektowej
2	Roboty przygotowawcze	Ocena ciągła	Wg pktu 5.3
3	Właściwości kruszywa	Dla każdej partii kruszywa i przy każdej zmianie kruszywa	Tabela 1
4	Właściwości wody	Dla każdego wątpliwego źródła	PN-EN 1008 [14] i p. 2.2.10
5	Właściwości popiołu lotnego i innych składników	Dla każdej partii	wg p. 2.2.4÷2.2.10
6	Uziarnienie mieszanki	2 razy dziennie	Rys. 1 ÷ 8
7	Wilgotność mieszanki	Jw.	Wilgotność optymalna z tolerancją +10%, -20%
8	Grubość warstwy podbudowy	Jw.	Tolerancja ± 1 cm
9	Zagęszczenie warstwy mieszanki	Jw.	wg p. 5.7
10	Szczelność mieszanki	Jw.	wg p. 5.4.14
11	Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie	3 próbki dziennie	wg p. 5.4.11
12	Natychmiastowy wskaźnik nośności	wg potrzeb	wg p. 5.4.13
13	Oznaczenie mrozoodporności	Na zlecenie Inżyniera	p. 5.4.12
14	Wykonanie robót wykończeniowych	Ocena ciągła	Według punktu 5.9

6.4. Wymagania dotyczące cech geometrycznych i wytrzymałościowych podbudowy lub ulepszanego podłoża

Zakres, częstotliwość badań i pomiarów oraz wymagania dotyczące wybranych cech geometrycznych warstwy ulepszanego podłoża i podbudowy zasadniczej podaje tabela 19.

Tabela 19. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów warstwy ulepszanego podłoża i podbudowy

Lp.	Wyszczególnienie	Minimalna	Dopuszczalne odchyłki
-----	------------------	-----------	-----------------------

	badan i pomiarów	częstotliwość badań i pomiarów	
1	Szerokość	10 razy na 1 km	+10 cm, -5 cm: różnice od szerokości projektowanej
2	Spadki poprzeczne *)	10 razy na 1 km	± 0,5% dopuszczalna tolerancja od dokumentacji projektowej
3	Ukształtowanie osi w planie *)	co 100 m	Przesunięcie od osi projektowanej ± 5 cm
4	Grubość podbudowy i ulepszonego podłoża	w 3 punktach, lecz nie rzadziej niż raz na 2000 m ²	Różnice od grubości projektowanej dla: a) podbudowy zasadniczej ±10% b) podbudowy pomocniczej i podłoża ulepszonego +10%, -15%

*) Dodatkowe pomiary spadków poprzecznych i ukształtowania osi w planie należy wykonać w punktach głównych łuków poziomych.

Do oceny równości podłużnej warstw ulepszonego podłoża i podbudowy nawierzchni dróg wszystkich klas należy stosować metodę pomiaru ciągłego równoważną użyciu łąty i klina np. z wykorzystaniem planografu, umożliwiającego wyznaczanie odchylenia równości podłużnej jako największej odległości (prześwitu) pomiędzy teoretyczną linią łączącą spody kółek jezdnych urządzenia a mierzoną powierzchnią warstwy [mm].

W miejscach niedostępnych dla planografu pomiar równości podłużnej warstw nawierzchni należy wykonać w sposób ciągły z użyciem łąty i klina.

Długość łąty w pomiarze równości podłużnej powinna wynosić 4 m.

Do oceny równości poprzecznej warstw nawierzchni dróg wszystkich klas oraz placów i parkingów należy stosować metodę pomiaru profilometrycznego równoważną użyciu łąty i klina, umożliwiającą wyznaczenie odchylenia równości w przekroju poprzecznym pasa ruchu/elementu drogi. Odchylenie to jest obliczane jako największa odległość (prześwit) pomiędzy teoretyczną łątą (o długości 2 m) a zarejestrowanym profilem poprzecznym warstwy. Efektywna szerokość pomiarowa jest równa szerokości mierzonego pasa ruchu (elementu nawierzchni) z tolerancją ±15%. Wartość odchylenia równości poprzecznej należy wyznaczać z krokiem co 1 m.

W miejscach niedostępnych dla profilografu pomiar równości poprzecznej warstw nawierzchni należy wykonać z użyciem łąty i klina. Długość łąty w pomiarze równości poprzecznej powinna wynosić 2 m. Pomiar powinien być wykonywany nie rzadziej niż co 5 m.

Wymagania dotyczące równości podłużnej i poprzecznej warstwy ulepszonego podłoża i podbudowy podano w tabeli 20.

Tabela 20. Maksymalne nierówności ulepszonego podłoża i podbudowy [34]

Klasa drogi	Element nawierzchni	Maksymalne nierówności ulepszonego podłoża [mm]	Maksymalne nierówności podbudowy [mm]
A, S, GP	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, jezdnie łącznic, utwardzone pobocza	12	9
	Jezdnie MOP	15	12
G, Z	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, postojowe, utwardzone pobocza	15	12
L, D, place, parkingi	Wszystkie pasy ruchu i powierzchnie przeznaczone do ruchu i postoju pojazdów	18	15

Pomiar rzędnych wysokościowych na drogach klasy A i S wykonuje się na siatce o rozmiarach 10 m × 10 m wraz ze sprawdzeniem rzędnych osi podłużnej jezdni i obu krawędzi. Na drogach o jezdni węższej niż 10 m sprawdza się rzędne osi podłużnej i krawędzi. Na drogach klasy GP i drogach niższych klas sprawdza się rzędne osi podłużnej jezdni i krawędzi co 20 m, a na odcinkach krzywoliniowych co 10 m. Dopuszczalne odchylenie w stosunku do

rzędnych projektowych warstwy podłoża wynosi -2, +0 cm, a podbudowy -1, +0 cm.

Wymaga się, aby 95% zmierzonych rzędnych danej warstwy nie przekraczało dopuszczalnych odchyleń.

7. OBMIAR ROBOT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 7.

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest m² (metr kwadratowy) wykonanej podbudowy i podłoża ulepszanego.

8. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne zasady odbioru robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 8.

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, ST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji według punktu 6 dały wyniki pozytywne.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1. Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 9.

9.2. Cena jednostki obmiarowej

Cena wykonania jednostki obmiarowej (1 m²) obejmuje:

- prace pomiarowe i roboty przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- dostarczenie materiałów i sprzętu,
- wyprodukowanie mieszanki i jej transport na miejsce wbudowania,
- dostarczenie, ustawienie, rozebranie i odwiezienie prowadnic oraz innych materiałów i urządzeń pomocniczych,
- rozłożenie i zagęszczenie mieszanki,
- ew. nacięcie szczelin i wykonanie technologii przeciwpękaniowych,
- pielęgnacja wykonanej warstwy,
- przeprowadzenie wymaganych pomiarów i badań,
- uporządkowanie terenu robót i jego otoczenia,
- roboty wykończeniowe,
- odwiezienie sprzętu.

Wszystkie roboty powinny być wykonane według wymagań dokumentacji projektowej, ST, specyfikacji technicznej i postanowień Inżyniera.

9.3. Sposób rozliczenia robót tymczasowych i prac towarzyszących

Cena wykonania robót określonych niniejszą ST obejmuje:

- roboty tymczasowe, które są potrzebne do wykonania robót podstawowych, ale nie są przekazywane Zamawiającemu i są usuwane po wykonaniu robót podstawowych,
- prace towarzyszące, które są niezbędne do wykonania robót podstawowych, niezaliczane do robót tymczasowych, jak geodezyjne wytyczenie robót itd.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Specyfikacje techniczne (ST)

- | | | |
|----|--------------|---|
| 1. | D-M-00.00.00 | Wymagania ogólne |
| 2. | D-01.00.00 | Roboty przygotowawcze |
| 3. | D-02.00.00 | Roboty ziemne |
| 4. | D-04.01.01 | Koryto wraz z profilowaniem i zagęszczeniem podłoża |

10.2. Normy

- | | | |
|----|-------------|---|
| 5. | PN-EN 196-2 | Metody badania cementu – Część 2: Analiza chemiczna cementu |
| 6. | PN-EN 196-3 | Metody badania cementu – Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości |
| 7. | PN-EN 196-7 | Metody badania cementu – Część 7: Metody pobierania i |

- przygotowania próbek cementu
8. PN-EN 197-1 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
 9. a) PN-EN 451-1 Metoda badania popiołu lotnego – Część 1: Oznaczanie zawartości wolnego tlenku wapnia
b) PN-EN 451-2 Metoda badania popiołu lotnego – Część 2: Oznaczanie mialkości przez przesiewanie na mokro
 10. PN-EN 933-1 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie składu ziarnowego – Metoda przesiewania
 11. PN-EN 933-3 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie kształtu ziarn za pomocą wskaźnika płaskości
 12. PN-EN 933-4 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie kształtu ziarn – Wskaźnik kształtu
 13. PN-EN 933-5 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie procentowej zawartości ziarn o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych
 14. PN-EN 1008 Woda zarobowa do betonu – Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu
 15. PN-EN 1097-1 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)
 16. PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie
 17. PN-EN 1097-6 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości
 18. PN-EN 1097-7 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Część 7: Oznaczanie gęstości wypełniacza – Metoda piknometryczna
 19. PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych – Część 1: Oznaczanie mrozoodporności
 20. PN-EN 1367-3 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych – Część 3: Badanie bazaltowej zgorzeli słonecznej metodą gotowania
 21. PN-EN 1744-1 Badania chemicznych właściwości kruszyw – Analiza chemiczna
 22. PN-EN 1744-3 Badania chemicznych właściwości kruszyw – Część 3: Przygotowanie wyciągów przez wymywanie kruszyw
 23. PN-EN 13242 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
 24. PN-EN 13286-1 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 1: Laboratoryjne metody oznaczania referencyjnej gęstości i wilgotności – Wprowadzenie, wymagania ogólne i pobieranie próbek
 25. PN-EN 13286-2 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 2: Metody określania gęstości i zawartości wody – Zagęszczanie metodą Proctora
 26. PN-EN 13286-41 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym
 27. PN-EN 13286-44 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 44: Metoda oznaczania wskaźnika alfa granulowanego żużla wielkopieczowego
 28. PN-EN 13286-47 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 47: Metoda badania do określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności i pęcznienia liniowego
 29. PN-EN 13286-50 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 50: Metoda sporządzania próbek związanych hydraulicznie za pomocą aparatu Proctora lub zagęszczania na stole wibracyjnym
 30. PN-EN 14227-3 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Wymagania – Część 3: Mieszanki związane popiołami lotnymi
 31. PN-EN 14227-4 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Wymagania – Część 4: Popioły lotne do mieszanek

32. PN-EN 14227-15 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym -- Specyfikacje --
Część 15: Grunty stabilizowane hydraulicznie

10.3. Inne dokumenty

33. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych – WT-5 2010 Wymagania techniczne (zalecone do stosowania w specyfikacji technicznej na roboty budowlane na drogach krajowych wg zarządzenia nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19.11.2010 r.)
34. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych - WT-2 2016 – część II - Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych. Wymagania Techniczne. Załącznik do Zarządzenia nr 7 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 9 maja 2016 roku zmieniającego zarządzenie w sprawie stosowania wymagań technicznych na drogach krajowych dotyczących mieszanek mineralno-asfaltowych
35. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych (Załącznik do zarządzenia Nr 30 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.)