



## D-05.03.22 NAWIERZCHNIA Z BETONU CEMENTOWEGO

### 1. WSTĘP

#### 1.1. Przedmiot OST

Przedmiotem niniejszej ogólnej specyfikacji technicznej (STWIORB) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonywaniem nawierzchni z betonu cementowego.

#### 1.2. Zakres stosowania STWIORB

Ogólna specyfikacja techniczna (STWIORB) stanowi podstawę opracowania szczegółowej specyfikacji, stosowanej jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót na drogach krajowych. Niniejszy dokument został opracowany na podstawie norm i dokumentów technicznych aktualnych na dzień wprowadzenia STWIORB.

#### 1.3. Zakres robót objętych STWIORB

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonywaniem n/w rodzajów nawierzchni z betonu cementowego:

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonywaniem nawierzchni z betonu kompozytowego C30/37 w klasie ekspozycji: XF3, XD1, XA2, XM2, XC4 wg PN-EN 206-1, zbrojona zbrojeniem rozproszonym 50kg/m<sup>3</sup> wraz z geowłókniną 20x20 kN/m o grubości 33 cm. Parametry zbrojenia rozproszonego, włókno stalowe haczykowane zakończone HE+ 1/60 wg normy EN 14889-1:2006: wytrzymałość stali –R<sub>m</sub>-1500MPa, długość włókien -60mm, średnica 1,0mm, smukłość –L/d=60. Dylatacje wypełnione trwale elastyczną zalewą na bazie polimeru polisiarczkowego. Całość dylatacji dyblowana prętami fi25 długości 700mm w rozstawie co 35cm. Dyble umieszczać w połowie grubości płyty. Przy dylatacji rozszerzalnej jeden z końców dybla umieścić w tulei stalowej z długości 10 cm z wkładką kompensującą ze styropianu. Dyble umieszczać na stelażach z prętów fi6 ze stali St3S-Y. Dylatacje rozszerzania należy wykonać o szerokości 2,0cm wypełnioną wkładką ze styropianu (inpregnowana płyta pilśniowa). Szczelinę należy uszczelnić sznurem (kordem) oraz wypełnić dwuskładnikową poliuretanową elastyczną masą zalewową. Dylatację skurczową nie dyblowaną wykonać jako pozorną o głębokości 100mm. Górę szczeliny do głębokości 50mm należy poszerzyć do 20mm i wypełnić poliuretanową dwuskładnikową elastyczną masą zalewową.

Krawędzie płyt swobodnie podpartych należy zazbroić górą i dołem zbrojeniem ciągłym na odcinku 1,5m od krawędzi płyty z siatki o boku 15x15cm prętami karbowanymi fi 12mm klasa stali BST500S, f<sub>yk</sub>=500 MPa, f<sub>t</sub>=550 MPa wg PN-EN 1992-1-1:2. Należy zachować otulinę 60 mm.

#### 1.4. Określenia podstawowe

- Beton - materiał powstały ze zmieszania cementu, kruszywa drobnego i grubego, wody oraz ewentualnych domieszek i dodatków, który uzyskuje swoje właściwości w wyniku hydratacji. Mieszanka betonowa - w pełni wymieszany beton, który jest jeszcze w stanie umożliwiającym jego zagęszczenie wybraną metodą.
- Beton stwardniały - beton, który jest w stanie stałym i który osiągnął pewną wytrzymałość. Beton zwykły - beton o gęstości w stanie suchym większej niż 2000 kg/m<sup>3</sup>, ale nie przekraczającej 2600 kg/m<sup>3</sup>.
- Beton projektowany (o ustalonych właściwościach) - beton, którego wymagane właściwości i dodatkowe cechy są podane producentowi odpowiedzialnemu za dostarczenie betonu zgodnego z wymaganymi właściwościami i dodatkowymi cechami.
- Beton recepturowy (o ustalonym składzie) - beton, którego skład i składniki, jakie powinny być użyte, są podane producentowi odpowiedzialnemu za dostarczenie betonu o tak określonym składzie.
- Klasa wytrzymałości betonu na ściskanie - określona jest na podstawie wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie w 28 dniu dojrzewania i oznaczana symbolem np. C35/45, w tym: - liczba „35” oznacza wytrzymałość charakterystyczną określoną na próbkach walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm (f<sub>ck</sub>, cyl),
- - liczba „45” oznacza wytrzymałość charakterystyczną określoną na próbkach sześciennych o boku



- 150 mm (fck, cube).
- Beton napowietrzony - beton zawierający mikroskopijne pęcherzyki powietrza o średnicy od 10 µm do 300 µm oraz o kształcie sferycznym lub zbliżonym do sferycznego, celowo wprowadzone do betonu podczas mieszania, z reguły przez zastosowanie środka powierzchniowo czynnego, o właściwej ilości i rozkładzie porów A300 i zawartości powietrza A.
- Beton zbrojony włóknami (fibrobeton, FRC - Fibre Reinforced Concrete) - beton zawierający włókna polimerowe klasy II (makro włókna) wg PN-EN 14889-2. Użycie włókien ma charakter stosowania konstrukcyjnego, a więc ma wpływ na nośność elementu betonowego.
- Beton nawierzchniowy - beton napowietrzony o określonej wytrzymałości na ściskanie, rozciąganiu przy zginaniu oraz mrozoodporności, wbudowany w nawierzchnię.
- Domieszka - składnik dodawany podczas procesu mieszania betonu w małych ilościach w stosunku do masy cementu w celu modyfikacji właściwości mieszanki betonowej lub betonu stwardniałego. Domieszka napowietrzająca - domieszka umożliwiająca wprowadzenie podczas mieszania określonej ilości drobnych, równomiernie rozmieszczonych pęcherzyków powietrza, które pozostają w betonie stwardniałym.
- Domieszka uplastyczniająca - domieszka, która umożliwia zmniejszenie zawartości wody w danej mieszance betonowej bez wpływu na jej konsystencję lub która bez zmniejszania ilości wody powoduje zwiększenie opadu stożka/rozplywu lub wywołuje oba te efekty jednocześnie.
- Domieszka upłynniająca - domieszka, która umożliwia znaczne zmniejszenie zawartości wody w danej mieszance betonowej bez wpływu na jej konsystencję lub która bez zmniejszania ilości wody powoduje znaczne zwiększenie opadu stożka/rozplywu lub wywołuje oba te efekty jednocześnie. Domieszka opóźniająca wiązanie - domieszka która przedłuża czas do rozpoczęcia przechodzenia mieszanki ze stanu plastycznego w stan sztywny.
- Preparat opóźniający hydratację cementu - preparat chemiczny nanoszony metodą natrysku na świeżo ułożoną nawierzchnię, opóźniający wiązanie zaprawy w celu uzyskania wymaganej makrotekstury metodą usuwania zaprawy (odsłonięcia kruszywa). Zabezpiecza również wykonaną nawierzchnię przed nadmiernym odparowaniem wody do czasu usunięcia zaprawy.
- Preparat pielęgnacyjny - środek chemiczny nanoszony metodą natrysku na powierzchnię po wykonaniu makrotekstury (uszeroknienia) w celu zabezpieczenia nawierzchni przed nadmiernym odparowaniem wody.
- Szczelina skurczowa poprzeczna (pozorna) - szczelina na pełnej grubości płyty, powstająca na skutek nacięcia (określonych wymiarów) powierzchni płyty piłą tarczową.
- Szczelina konstrukcyjna (poprzeczna) - szczelina na pełnej grubości płyty, powstaje na zakończenie każdej roboczej lub przy zatrzymaniu maszyny na okres dłuższy niż czas wiązania cementu.
- Szczelina skurczowa podłużna (pozorna) - szczelina na pełnej grubości płyty, powstająca na skutek nacięcia (określonych wymiarów) powierzchni płyty piłą tarczową.
- Masa zalewowa na gorąco - mieszanina modyfikowanych asfaltów oraz specjalnych dodatków, przeznaczona do wypełniania szczelin nawierzchni na gorąco, spełniająca wymagania PN-EN 14188-2, posiadająca wymagane dokumenty dopuszczające ją do stosowania w tym zakresie. Masa zalewowa na zimno - mieszanina żywic syntetycznych i dodatków zapewniająca wieloletnią trwałość wypełnienia, spełniająca wymagania PN-EN 14188-2, posiadająca wymagane dokumenty dopuszczające ją do stosowania w tym zakresie.
- Dybel - powleczony powłoką polimerową gładki, stalowy pręt, umieszczony pomiędzy sąsiednimi płytami (pod szczelinami poprzecznymi), jako połączenie płyt w nawierzchni betonowej, stosowany w celu poprawienia przenoszenia obciążenia i współpracy płyt oraz uniknięcia powstawania uskoków.
- Kotwa (ściąg) - stalowy pręt ze stali żebrowanej służący do połączenia płyt pod szczelinami podłużnymi w nawierzchni betonowej.



- Gruntownik, primer - roztwór gruntujący, składający się ze specjalnych substancji nanoszonych na boczne ścianki szczeliny w celu zwiększenia przyczepności zalewy do tych ścianek.
- Wkładka uszczelniająca - stosowany do wypełnienia szczelin poprzecznych, wytłaczany (prefabrykowany) i wulkanizowany gumowy sprężysty profil, który wypełnia szczelinę i zabezpiecza przed wnikaniem wody, spełniający wymagania PN-EN 14188-3, posiadający wymagane dokumenty dopuszczające go do stosowania w tym zakresie.
- Wkładka zmniejszająca głębokość szczeliny - wkładka z materiałów syntetycznych lub innych o walcowatym kształcie do uszczelnienia i uzyskania podparcia na odpowiednim poziomie dla masy zalewowej, a także wyeliminowania możliwości trójpłaszczyznowej przyczepności zalewy w wykonanej szczelinie.
- Warstwa poślizgowa - warstwa znajdująca się między podbudową a warstwą nawierzchni betonowej, pełniąca funkcję drenażową i separacyjną oraz zabezpieczającą przed erozją podbudowy związanej hydraulicznie.
- Podbudowa - część konstrukcyjna nawierzchni, której celem jest przenoszenie na podłoże obciążeń spowodowanych ruchem, może składać się z warstwy zasadniczej i pomocniczej.
- Reaktywność kruszywa - podatność pewnych rodzajów kruszyw, zawierających w składzie mineralnym reaktywną krzemionkę lub węglany, na reakcję z wodorotlenkami sodu i potasu występującymi w cieczy porowej betonu.
- Warstwa nawierzchniowa - wierzchnia warstwa konstrukcji nawierzchni poddana bezpośredniemu oddziaływaniu ruchu i czynników atmosferycznych. Stanowi ją płyta betonowa, która w zależności od kategorii ruchu może być: niedyblowana, dyblowana i kotwiona lub zbrojona. Może być układana w następujących wariantach:
  - o w pojedynczej warstwie - bez zbrojenia (JWN),
  - o w pojedynczej warstwie ze zbrojeniem ciągłym (NBZC),
  - o w podwójnej warstwie, obie warstwy z tej samej mieszanki (PWN), □ w podwójnej warstwie, każda warstwa z innej mieszanki:
    - górna warstwa nawierzchni oznaczona jako (GWN),
    - dolna warstwa nawierzchni oznaczona jako (DWN).
- Tekstura nawierzchni - oznacza sposób wykończenia powierzchni betonu celem nadania jej optymalnej makrotekstury z uwagi na wymagane właściwości przeciwoślizgowe, równość porzeczną i podłużną i właściwości akustyczne, które osiąga się następującymi metodami:
  - o ciągniętej sztucznej trawy po świeżo ułożonej nawierzchni w kierunku podłużnym (równoległym do osi jezdni);
  - o przecierania świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką (w kierunku prostopadłym do osi jezdni);
  - o opóźnienia hydratacji cementu środkami chemicznymi a następnie usunięcia niezwiązanej zaprawy cementowej szczotką mechaniczną lub wodą pod ciśnieniem w celu odsłonięcia gruboziarnistego kruszywa;
  - o szlifowania i nacinania powierzchni płyty betonowej tarczami diamentowymi w kierunku podłużnym (równoległym do osi jezdni), tzw. technologia NGCS (Next Generation Concrete Surfaces) lub G&G (Grinding & Grooving)
- Nawierzchnia „z odkrytym kruszywem” - wykończenie nawierzchni uzyskiwane przez usunięcie niezwiązanej zaprawy cementowej i odsłonięcie kruszywa grubego.
- Klasa ekspozycji - klasyfikacja chemicznych i fizycznych warunków środowiska, na działanie których może być narażony beton.
- Kategoria środowiska - klasyfikacja środowiska w odniesieniu do możliwości wystąpienia w betonie zagrożenia destrukcyjną reakcją alkalia-kruszywa AAR.
- Klasa obiektu - klasyfikacja konstrukcji budowlanych i inżynierskich w odniesieniu do wagi konsekwencji wystąpienia reakcji alkalia-kruszywa w betonie, uzależniona od znaczenia danego obiektu budowlanego, projektowanego czasu użytkowania i oczekiwanego poziomu niezawodności; klasa obiektu jest związana z konsekwencjami ekonomicznymi, społecznymi i środowiskowymi wystąpienia uszkodzeń AAR.
- Dylatacje asfaltowe - kruszywo zalewane masą asfaltową i zagęszczane warstwami. Stosowane są do połączenia nawierzchni betonowej z nawierzchnią asfaltową.



Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami aktualnymi na dzień wydania STWIORB oraz z definicjami podanymi w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt 1.4.

### 1.5. Skróty i symbole

- ASR reakcja alkalia - krzemionka
- C klasa wytrzymałości na ściskanie betonu zwykłego i betonu ciężkiego
- CC klasa wytrzymałości na ściskanie betonu na próbkach odwierconych
- E2 kategoria środowiskowa obejmująca oddziaływanie wysokiej wilgotności środowiska bez oddziaływania agresywnych czynników zewnętrznych.
- E3 kategoria środowiskowa obejmująca jednocześnie oddziaływanie wysokiej wilgotności środowiska, obciążenia dynamicznego o charakterze zmęczeniowym oraz dodatkowych agresywnych czynników środowiskowych, jak cykliczne zamrażanie i rozmrażanie, sole odładowe, przedłużone oddziaływanie podwyższonej temperatury.
- S klasa wytrzymałości betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu
- S1-S4 klasa obiektu na podstawie wagi konsekwencji wystąpienia reakcji AAR zgodnie z AASHTO R 80-17.
- S.C. klasa wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu na próbkach odwierconych
- F klasa wytrzymałości betonu na zginanie
- XF klasy ekspozycji betonu z uwagi na oddziaływanie przemiennego zamrażania i rozmrażania
- XA klasy ekspozycji betonu z uwagi na agresję chemiczną
- R0 kategoria 0 reaktywności kruszywa (kruszywo niereaktywne)
- R1 kategoria 1 reaktywności kruszywa (kruszywo umiarkowanie reaktywne)
- R2 kategoria 2 reaktywności kruszywa (kruszywo silnie reaktywne)
- R3 kategoria 3 reaktywności kruszywa (kruszywo bardzo silnie reaktywne)
- NGCS nawierzchnie betonowe nowej generacji
- G&G podłużne szlifowanie i nacinanie nawierzchni
- MTD średnia głębokość tekstury (Mean Texture Depth), otrzymana za pomocą metody objętościowej wg PN-EN 13036-1.

Pozostałe definicje, symbole i skróty zamieszczone są w normie PN-EN 206.

### 1.6. Ogólne wymagania dotyczące Robót

Wykonawca jest odpowiedzialny za jakość wykonania Robót i ich zgodność z Dokumentacją projektową i poleceniami Inżyniera. Ogólne wymagania dotyczące Robót podano w STWIORB D-M.00 „Wymagania Ogólne” pkt.1.5.

## 2. MATERIAŁY

### 2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt.2. Wszystkie materiały przeznaczone do wbudowania, podlegają zatwierdzeniu przez Inżyniera/Inspektora Nadzoru i muszą posiadać odpowiednie dokumenty.

Przy wyborze materiałów do wbudowania, należy uwzględnić zapisy podane w Tabeli 1 w stosunku do danej klasy obiektu S1-S4.



Tabela 1. Klasyfikacja konstrukcji budowlanych i inżynierskich w odniesieniu do wagi konsekwencji wystąpienia reakcji alkalia-kruszywa AAR w betonie zgodnie z AASHTO R 80-17.

Klasa obiektu	Konsekwencje AAR	Możliwość akceptacji AAR	Wybrane przykłady obiektów budowlanych
1	2	3	4
S1	Pomijalne konsekwencje ekonomiczne, środowiskowe lub dla bezpieczeństwa ruchu	Pewne uszkodzenia wskutek AAR można tolerować	nienośne elementy konstrukcji wewnątrz budynków, konstrukcje tymczasowe, np. na mniej niż 5 lat
S2	Nieznaczące konsekwencje ekonomiczne, środowiskowe lub dla bezpieczeństwa ruchu w przypadku znacznych uszkodzeń	Akceptowalne umiarkowane ryzyko uszkodzeń wskutek AAR	chodniki, krawężniki, ścieki okres eksploatacji konstrukcji mniej niż 40 lat
S3	<b>Znaczące konsekwencje ekonomiczne, środowiskowe lub dla bezpieczeństwa ruchu nawet w przypadku niewielkich uszkodzeń</b>	<b>Akceptowalne niewielkie ryzyko uszkodzeń wskutek AAR</b>	<b>nawierzchnie dróg ściany oporowe, fundamenty bariery autostradowe małe mosty na drogach lokalnych okres eksploatacji konstrukcji zazwyczaj od 40 do 75 lat</b>
S4	Bardzo poważne konsekwencje ekonomiczne, środowiskowe lub dla bezpieczeństwa ruchu nawet w przypadku niewielkich uszkodzeń	Nietolerowane żadne ryzyko uszkodzeń wskutek AAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- główne mosty, tunele</li> <li>- nawierzchnie dróg wysokiej jakości*)</li> <li>- obiekty energetyki jądrowej</li> <li>- zapory wodne</li> <li>- newralgiczne elementy konstrukcji bardzo trudne do wymiany lub naprawy</li> <li>- okres eksploatacji konstrukcji zazwyczaj powyżej 75 lat</li> </ul>

\*) *nawierzchnie dróg na strategicznie ważnych odcinkach sieci transportowej, zwłaszcza transeuropejskiej sieci transportowej zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej (UE) Nr 1315/2013/UE z dnia 11 grudnia 2013.*

Klasyfikacja obiektu i środowiska wpływająca na selekcję materiałów. Sklasyfikowane oddziaływania środowiska na beton nawierzchniowy określa Tabela 2.

Tabela 2. Środowisko betonu nawierzchniowego

Lp.	Warstwa betonu nawierzchniowego	Klasa ekspozycji wg: PN-EN 206	Kategoria środowiskowa wg CEN/TR 16349
1	2	3	4
1	górna	XF3, XM2	E3

## 2.2. Cement

Zgodność cementu z określoną normą należy wykazać Deklaracją Właściwości Użytkowych lub Krajową Deklaracją Właściwości Użytkowych wydaną przez Producenta Cementu. Każdy cement powinien być oznaczony zgodnie z normą PN-EN-197-1 przy spełnieniu dodatkowych wymagań



udokumentowanych przez producenta cementu, z wyjątkiem cementów specjalnych wymienionych w pkt 2.2.1, dla których oznaczenie powinno być zgodne z PN-B-19707.

Cement powinien zostać dobrany zgodnie z PN-EN 206 oraz poniższą Tabelą

Należy stosować cementy klasy wytrzymałości 35 lub 45 o normalnej wczesnej wytrzymałości N lub wysokiej wczesnej wytrzymałości R. Do betonu dolnej i górnej warstwy należy stosować ten sam rodzaj i klasę cementu.

Tabela 3. Cementy do betonowych nawierzchni, kategoria środowiska E3

Rodzaje nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania dodatkowe
1	2	3	4
Nawierzchnia jednowarstwowa.	Cement portlandzki: - CEM I 35 R - CEM I 35 N	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 120</math> minut</li> <li>stopień zmielenia wg PN-EN 196-6 : <math>\geq 3500\text{cm}^2/\text{g}</math></li> <li>zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>
	Cement portlandzki : - CEM I 45 R - CEM I 45 N		<ul style="list-style-type: none"> <li>początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 90</math> minut</li> <li>stopień zmielenia wg PN-EN 196-6 : <math>\geq 3800\text{cm}^2/\text{g}</math></li> <li>zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>
	Cement portlandzki żuźłowy CEM II/A-S	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 120</math> minut</li> <li>zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>
	Cement portlandzki żuźłowy CEM II/B-S	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 120</math> minut</li> <li>zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>

### 2.2.1. Stosowanie cementów specjalnych

W przypadkach niejednoznacznych wyników badań reaktywności kruszywa (wartości wyników na górnej granicy kategorii R0 lub w kategorii R1) należy stosować cementy specjalne (cementy niskoalkaliczne NA) spełniające wymagania normy PN-B 19707 Tablica 2.

W przypadku podejrzenia wystąpienia agresji chemicznej (siarczanowej), należy stosować cementy specjalne - cementy odporne na siarczany SR wg PN-EN 197-1 lub HSR spełniające wymagania normy PN-B 19707 (zalecane do stosowania w klasie ekspozycji XA2 i XA3 określonej w normie PN-EN 206).

### 2.2.2. Badanie cementu

Dla każdego stosowanego rodzaju cementu wykonawca powinien przedstawić deklarację właściwości użytkowych. Cement musi spełniać wszystkie wymagania podane w pkt. 2.2. Przed rozładunkiem każdej dostawy, należy sprawdzić dowód dostawy w celu stwierdzenia, że dostawa jest zgodna z zamówieniem i pochodzi z właściwego źródła.

W przypadku wątpliwości co do jakości cementu, na polecenie Inżyniera należy przeprowadzić badania:



- wczesnej wytrzymałości na ściskanie wg PN-EN 196-1,
- początku czasu wiązania wg PN-EN 196-3,
- stałości objętości wg PN-EN 193-3. Bezpośrednio przed użyciem cementu, należy sprawdzić jego temperaturę.

## 2.3. Kruszywa

### 2.3.1. Wymagania podstawowe

Do produkcji mieszanki betonowej należy stosować kruszywa naturalne pochodzenia mineralnego, które poza obróbką mechaniczną nie zostało poddane żadnej innej obróbce.

Każdy producent musi badać właściwości kruszyw na bieżąco i posiadać sprawozdania z wynikami badań spełniającymi wymagania:

- normy PN-EN 12620,
- normy PN-EN 13043,
- zawarte w Tabelach nr 7 i 8,
- zaleceń określonych w pkt. 2.3.1,
- dodatkowe określone w pkt. 2.3.2.

Wymienione sprawozdania muszą być udostępniane na żądanie każdemu nabywcy kruszyw.

Każdy Wykonawca nawierzchni betonowych zobowiązany jest powyższe sprawozdania dołączyć do dokumentacji związanej z projektowaniem recept, którą przedkłada Inżynierowi/Inspektorowi Nadzoru do sprawdzenia.

Do betonowych nawierzchni drogowych należy stosować ocenę zgodności kruszyw wg systemu 2+.

Kruszywo powinno być składowane w sposób uporządkowany, każda frakcja w oddzielnym boksie z utwardzonym podłożem i o trwałych ścianach, z tabliczką określającą frakcje uziarnienia. Musi być pozbawione zanieczyszczeń obcych jak: fragmenty tkanin, drobnych kawałków drewna, fragmentów plastików, margla itp. Jeżeli Inżynier stwierdzi występowanie takich zanieczyszczeń, ma obowiązek zdyskwalifikować takie kruszywo i dać polecenie Wykonawcy do natychmiastowego usunięcia z placu składowego, gdyż nie może być ono zastosowane do wytworzenia mieszanki betonowej. Do produkcji betonu na nawierzchnię betonową powinny być zastosowane kruszywa o wymiarach jak niżej, gdzie D/d nie jest mniejsze niż 1,4 o uziarnieniu:

- dla nawierzchni jednowarstwowych uziarnienie mieszanki mineralnej (stosu okruszowego) 0/22 lub 0/31,5 mm,

W przypadku mieszanki z odkrytym kruszywem zaleca się, aby w stosie okruszowym udział frakcji kruszywa większego od 4 mm stanowił minimum 68% mieszanki mineralnej.

Wymiar kruszywa należy określać za pomocą zestawu podstawowego sit plus zestaw 1, podanego w Tabeli 5. Do określania wymiaru kruszywa nie należy stosować innego zestawu sit.

Tabela 5. Wymiary otworów sit do określania wymiaru kruszywa

Zestaw sit #, [mm]									
0	1	2	4	5,6 (5)	8	11,2 (11)	16	22,4 (22)	31,5 (32)

Do uproszczonego opisu kruszywa mogą być używane wymiary otworów sit podane w nawiasach.

Wymiar kruszywa mniejszy niż 1 mm należy określać za pomocą sit podanych w Tabeli 6.



Tabela 6. Wymiary otworów sit do określania wymiaru kruszywa mniejszego niż 1 mm

Zestaw sit #, [mm]					
0	0,063	0,125	0,25	0,5	1

Wymagane właściwości i kategorie kruszywa grubego i drobnego określone są w Tabeli nr 7 i nr 8.

Tabela 7. Wymagane właściwości i kategorie kruszywa grubego do betonowych nawierzchni drogowych

L.p.	Właściwości kruszywa	Przeznaczenie betonu do nawierzchni			
		Niedyblowana i niekotwiona	Dyblowana i dylatowana zbrojone zbrojeniem ciągłym i rozproszonym		
			Warstwy z tej samej mieszanki	Warstwy z różnej mieszanki	
		Nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Górna i dolna warstwa nawierzchni (GWN i DWN), nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Dolna warstwa nawierzchni (DWN)	Górna warstwa nawierzchni (GWN) z odkrytym kruszywem lub NGCS
1	2	3	4	5	6
1	Uproszczony opis petrograficzny wg PN-EN 932-3	Deklarowany przez producenta			Zgodnie z zapisami pkt. 2.3
2	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdział 7,8 lub 9	Deklarowana przez producenta			
3	Gęstość nasypowa wg PN-EN 1097-3	Deklarowana przez producenta			
4	Uziarnienie wg PN-EN 933-1, kategoria nie niższa niż: gdzie: $D/d > 2$ , $D > 11,2$	G <sub>c</sub> 90/15			
	jw. gdzie: $D/d \leq 2$ lub $D \leq 11,2$	G <sub>c</sub> 85/20			
5	Tolerancje uziarnienia na sitach pośrednich, nie większe niż: gdzie: $D/d < 4$ ; $D/1,4$	G <sub>T</sub> 15			
	jw. lecz: $D/d \geq 4$ ; $D/2$	G <sub>T</sub> 17,5			





L.p.	Właściwości kruszywa	Przeznaczenie betonu do nawierzchni			
		Niedyblowana i niekotwiona	Dyblowana i dylatowana zbrojone zbrojeniem ciągłym i rozproszonym		
			Warstwy z tej samej mieszanki	Warstwy z różnej mieszanki	
		Nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Górna i dolna warstwa nawierzchni (GWN i DWN), nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Dolna warstwa nawierzchni (DWN)	Górna warstwa nawierzchni (GWN) z odkrytym kruszywem lub NGCS
1	2	3	4	5	6
6	Zawartość pyłu wg PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	<b>f<sub>1,5</sub></b>			f <sub>1,0</sub> <sup>1)</sup> wartość deklarowana
7	Kształt kruszywa grubego wg PN-EN 933-3 lub wg PNEN 933-4; kategoria nie wyższa niż:	<b>Sl<sub>40</sub> lub Fl<sub>35</sub></b>		<b>Sl<sub>20</sub> lub Fl<sub>20</sub></b>	Sl <sub>15</sub> lub Fl <sub>15</sub> dla odkrytego kruszywa; Sl <sub>20</sub> lub Fl <sub>20</sub> dla NGCS
8	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej według PNEN 933-5, kategoria nie niższa niż:	Brak wymagań	<b>C90/1</b>	<b>C 100/0 2)</b>	C100/0
9	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg PN-EN 1097-2, rozdział 5; badanie na kruszywie 10/14; Kategoria nie wyższa niż:	LA <sub>40</sub>	LA <sub>35</sub>	<b>LA<sub>35</sub></b>	LA25 3)
10	Odporność na polerowanie wg PN-EN 1097-8	PSVdeklarowana (nie mniej niż 48)	PSVdeklarowana (nie mniej niż 48 dla GWN i JWN)	-	PSV <sub>50</sub> (nie mniej niż 48 dla NGCS)
11	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-1; kategoria nie wyższa niż:	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> (dla DWN)	<b>F<sub>1</sub></b>	-



L.p.	Właściwości kruszywa	Przeznaczenie betonu do nawierzchni			
		Niedyblowana i niekotwiona	Dyblowana i dylatowana zbrojone zbrojeniem ciągłym i rozproszonym		
			Warstwy z tej samej mieszanki	Warstwy z różnej mieszanki	
		Nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Górna i dolna warstwa nawierzchni (GWN i DWN), nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Dolna warstwa nawierzchni (DWN)	Górna warstwa nawierzchni (GWN) z odkrytym kruszywem lub NGCS
1	2	3	4	5	6
12	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-6 badana w 1 % NaCl, wartość nie wyższa niż [w %]:	-	6 (dla GWN i JWN)	-	6
13	„Zgorzel słoneczna” bazaltu wg PN-EN 1367-3; badanie na kruszywie 10/14; kategoria:	SB <sub>LA</sub>			
14	Reaktywność kruszywa - metoda przyspieszona w 1 N roztworze NaOH w temperaturze 80°C (wg. Zał. 1).	Dla dróg o wysokiej jakości (klasy S4 wg Tabeli 1) wymaga się stosowania kruszyw niereaktywnych R0 zgodnie z Tabelą 9.			
15	Reaktywność alkaliczna - metoda długoterminowa na podstawie ASTM C1293 i RILEM AAR-3 (wg. Zał. 2).	Dla dróg o wysokiej jakości (klasy S4 wg Tabeli 1) wymaga się stosowania kruszyw niereaktywnych R0 zgodnie z Tabelą 9.			
16	Zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1 p.14.2, wartość nie wyższa niż [w %]:	0,1			



L.p.	Właściwości kruszywa	Przeznaczenie betonu do nawierzchni			
		Niedyblowana i niekotwiona	Dyblowana i dylatowana zbrojone zbrojeniem ciągłym i rozproszonym		
			Warstwy z tej samej mieszanki	Warstwy z różnej mieszanki	
		Nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Górna i dolna warstwa nawierzchni (GWN i DWN), nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Dolna warstwa nawierzchni (DWN)	Górna warstwa nawierzchni (GWN) z odkrytym kruszywem lub NGCS
1	2	3	4	5	6
17	Zawartość substancji organicznych wg PN-EN 1744-1 p.15.1	Barwa nie ciemniejsza od wzorcowej			
18	Zawartość siarki całkowitej wg PNEN 1744-1, rozdz. 11; wartość nie wyższa niż [w %]:	1			
19	Zawartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie, nie wyższa niż kategoria:	AS 0,8			
20	Zawartość chlorków rozpuszczalnych w wodzie wg PN-EN 1744-1, wartość nie wyższa niż [w %]:	0,02			

1) wg PN-EN 13043 Kruszywa do mieszanek asfaltowych bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń, stosowanych na drogach krajowych, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu,

2) w przypadku kruszywa z przekruszenia surowca skalnego ze złoża polodowcowego, dopuszcza się kategorię nie niższą niż C95/1,

3) dopuszcza się zastosowanie kruszyw o kategorii odporności na rozdrabnianie o LA 35 górnej warstwie dla nawierzchni dwuwarstwowych (z kruszywem odkrytym lub NGCS), gdy ubytek masy kruszywa w badaniu mrozoodporności w 1% NaCl przeprowadzonego na frakcji 5/8 wg PN-EN 1367-6, jest nie większy niż 2%,



Tabela 8. Wymagane właściwości i kategorie kruszywa drobnego do betonowych nawierzchni drogowych

Lp.		Przeznaczenie betonu do nawierzchni			
		Niedyblowana i niekotwiona	Dyblowana i dylatowane nawierzchnie o zbrojeniu ciągłym i rozproszonym		
			Warstwy z tej samej mieszanki	Warstwy z różnej mieszanki	
		Nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Górna i dolna warstwa nawierzchni (GWN i DWN), nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Dolna warstwa nawierzchni (DWN)	Górna warstwa nawierzchni (GWN) z odkrytym kruszywem lub NGCS
1	2	3	4	5	6
1	Uproszczony opis petrograficzny wg PN-EN 932-3	Deklarowany przez producenta			Zgodnie z zapisami pkt 2.3
2	Gęstość ziaren wg PN-EN 1097-6, rozdział 9	Deklarowana przez producenta			
3	Gęstość nasypowa wg PN-EN 1097-3	Deklarowana przez producenta			
4	Uziarnienie wg PN-EN 933-1, kategoria:	Gr85			
5	Zawartość pyłu wg PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	f <sub>3</sub>			
6	Reaktywność kruszywa - metoda przyspieszona w 1 N roztworze NaOH w temperaturze 80°C (wg. Zał. 1).	Dla dróg o wysokiej jakości (klasy S4 wg Tabeli 1) wymaga się stosowania kruszyw niereaktywnych R0 zgodnie z Tabelą 9.			
7	Reaktywność alkaliczna - metoda długoterminowa na podstawie ASTM C1293 i RILEM AAR-3 (wg. Zał. 2).	Dla dróg o wysokiej jakości (klasy S4 wg Tabeli 1) wymaga się stosowania kruszyw niereaktywnych R0 zgodnie z Tabelą 9.			



Lp.		Przeznaczenie betonu do nawierzchni			
		Niedyblowana i niekotwiona	Dyblowana i dylatowane nawierzchnie o zbrojeniu ciągłym i rozproszonym		
			Warstwy z tej samej mieszanki	Warstwy z różnej mieszanki	
		Nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Górna i dolna warstwa nawierzchni (GWN i DWN), nawierzchnia jednowarstwowa (JWN)	Dolna warstwa nawierzchni (DWN)	Górna warstwa nawierzchni (GWN) z odkrytym kruszywem lub NGCS
1	2	3	4	5	6
8	Zanieczyszczenia lekkie wg PN-EN 1744-1 p.14.2; wartość nie wyższa niż [w %]:	0,5			
9	Zanieczyszczenia organiczne wg PN-EN 1744-1 p.15.1	Barwa nie ciemniejsza od wzorcowej.			
10	Zawartość siarki całkowitej wg PN-EN 1744-1 p.11; wartość nie wyższa niż [w %]:	1%			
11	Zawartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie, nie wyższa niż kategoria:	AS 0,8			
12	Zawartość chlorków rozpuszczalnych w wodzie wg PN-EN 1744-1, wartość nie wyższa niż [w %]:	0,02			



### 2.3.2. Badanie reaktywności alkalicznej kruszyw

Klasy reaktywności kruszyw i kryteria ich oceny w zależności od zastosowanej metody badawczej zostały przedstawione poniżej w Tabeli 9.

Tabela 9. Klasyfikacja kruszyw do betonu i kryteria ich oceny z punktu widzenia ich podatności na ryzyko reakcji z alkalią w betonie.

Metoda badawcza	Jednostki	Klasyfikacja kruszywa naturalnego w stosunku do jego podatności na ryzyko reakcji AAR (wartości wyznaczone eksperymentalnie)			
		Niereaktywne R0	Umiarkowanie reaktywne R1	Silnie reaktywne R2	Bardzo silnie reaktywne R3
Dylatometryczna przyspieszona metoda pomiaru ekspansji zaprawy wg ASTM C1260-14 i RILEM AAR-2 (Wg Zał. 1)	% długości	$\leq 0,100$	$> 0,100 \leq 0,300$	$> 0,300 \leq 0,450$	$> 0,450$ <sup>1)</sup>
Dylatometryczna długoterminowa metoda pomiaru ekspansji betonu wg ASTM C1293 i RILEM AAR-3 (Wg Zał. 2)	% długości	$\leq 0,040$	$> 0,040 \leq 0,120$	$> 0,120 \leq 0,240$	$> 0,240$ <sup>2)</sup>
Analiza petrograficzna kruszywa wg ASTM C295	-	Dokładny opis petrograficzny wszystkich pobranych próbek <sup>1)</sup>			

1) W przypadku ekspansji próbek zaprawy o ponad 0,300 % długości, bez względu na wyniki innych metod ryzyko uważa się za "ekstremalne" i w tym przypadku nie zaleca się używać kruszywa o tym poziomie reaktywności.

2) Dylatometryczna długoterminowa metoda pomiaru ekspansji betonu wg ASTM C1293. W przypadku intensywnego wzrostu przebiegu krzywej rozszerzania się próbki (bez tendencji spadkowej) z materiałów o określonym ryzyku, podczas badania wg ASTM C1293, można przeprowadzić badanie w okresie 2 lat z przyjętym kryterium 0,120 % długości dla kruszywa przekruszonego, odpowiednio 0,100 % dla kruszywa wydobywanego. W przypadku przekroczenia tej wartości, bez względu na wyniki innych metod ryzyko uważa się za "ekstremalne" i w tym przypadku nie zaleca się użycia kruszywa. W przypadku rozpuszczenia bądź dezintegracji mikrobeleczek podczas badania dylatometrycznego kruszywa węglanowego zgodnie z ASTM C295 wynik jest uznawany za niezadowalający.

#### Objaśnienia:

Dla klasy środowiska E2 nie zaleca się używać kruszywa silnie reaktywnego R2 wykazującego wartość ekspansji zaprawy  $> 0,300$  i ekspansji betonu wykazującego wartość ekspansji  $> 0,120\%$  oraz kruszywa bardzo silnie reaktywnego R3, wykazującego wartość ekspansji zaprawy

$> 0,450\%$  wg ASTM C 1260 i ekspansji betonu  $> 0,240\%$  wg metody długoterminowej ASTM C1293. Wartość niepewności rozszerzonej pomiaru wynosi 0,007 wg ASTM C1260 i 0,008 wg ASTM C1293.

#### Analiza petrograficzna:

Analiza musi zawierać opis i analizę makroskopową fragmentów skał z określeniem składu petrograficznego. Niezbędną jest wykonanie badań mikroskopowych. Celem jest określenie

potencjalnej reaktywności minerałów, jak np. kwarc zdeformowany w wyniku działania ciśnienia i jego deformacje (kąt wygaszania), kwarc pochodzenia organicznego, opal, trydymit, krystobalit, szkło wulkaniczne, wapienie zawierające więcej niż 2% wagowych hornblendy, krzemienia lub chalcedonu. Procedura badawcza uwzględnia wymagania normy ASTM C295.

### Analiza dylatometryczna:

We wszystkich pobranych próbkach zostaną przeprowadzone: zmodyfikowane badanie dylatometryczne zgodnie z ASTM C1260-14 (uregulowane zgodnie z Załącznikiem nr 1).

W przypadku gdy ekspansja zaprawy wg ASTM C1260 wynosi  $\leq 0,100\%$  i jednocześnie ekspansja betonu wg ASTM C1293 wynosi  $\leq 0,040\%$ , kruszywo ocenia się jako niereaktywne R0 (Zał. 2) i może być ono stosowane niezależnie od poziomu ryzyka wystąpienia reakcji ASR, bez zabezpieczeń z uwagi na zawartość alkaliów w betonie.

W przypadku gdy ekspansja zaprawy wg ASTM C1260 wynosi  $> 0,100\%$  i  $\leq 0,300\%$  i jednocześnie ekspansja betonu wg ASTM C1293 wynosi  $> 0,040\%$  i  $\leq 0,120\%$ , kruszywo ocenia się jako umiarkowanie reaktywne R1 (Zał. 2) i może być ono stosowane dla klasy środowiska E2 i E3 wyłącznie przy ograniczonej zawartości alkaliów w betonie i przy stosowaniu dodatków pucolanowo-hydraulicznych SCM (Tabela 10).

Tabela 10. Warunki zastosowania naturalnego kruszywa do betonu w zależności od klasy środowiska E (poziomu ryzyka), reaktywności kruszywa R i zawartości alkaliów ( $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ ) w betonie.

Poziom ryzyka w przypadku kruszywa		Niereaktywne R0	Umiarkowanie reaktywne R1	Silnie reaktywne R2	Bardzo silnie reaktywne R3
		zawartość $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ na $1 \text{ m}^3$ betonu			
Klasa środowiska	E2	maks. $3,0 \text{ kg/m}^3$	maks. $2,4 \text{ kg/m}^3$	Nie ma zastosowania	
	E3	maks. $3,0 \text{ kg/m}^3$	maks. $1,8 \text{ kg/m}^3 + \text{SCM kg/m}^3$	Nie ma zastosowania	

Dla klasy środowiska E2, przydatność kruszyw do betonu obejmuje zastosowanie kruszyw niereaktywnych R0 oraz kruszyw umiarkowanie reaktywnych R1 przy ograniczonej zawartości alkaliów w betonie maks.  $2,4 \text{ kg/m}^3$ . Dla klasy środowiska E2 i E3 nie mają zastosowania kruszywa silnie reaktywne R2 i bardzo silnie reaktywne R3.

Dla klasy środowiska E3, przydatność kruszyw do betonu obejmuje zastosowanie kruszyw niereaktywnych R0 i kruszyw umiarkowanie reaktywnych R1. Warunkiem zastosowania kruszyw umiarkowanie reaktywnych R1 jest bardzo niska zawartość alkaliów w betonie maks.  $1,8 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  oraz równoczesne zastosowanie dodatków mineralnych pucolanowo-hydraulicznych SCM, wprowadzanych jako dodatek do mieszanki betonowej lub wprowadzanych z cementem.

Wymaganą przy stosowaniu kruszyw umiarkowanie reaktywnych R1 obniżoną zawartość alkaliów  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  w betonie zapewnia stosowanie cementów specjalnych niskoalkalicznych NA wg normy PN-B-19707, w tym cementów portlandzkich CEM I NA bez dodatków i cementów portlandzkich wieloskładnikowych z grupy CEM II NA z dodatkiem popiołu lotnego krzemionkowego i cementów hutniczych CEM III/A, B NA.

W przypadku gdy ekspansja zaprawy wg ASTM C1260 wynosi  $> 0,300\%$  i jednocześnie ekspansja betonu wg ASTM C1293 wynosi  $> 0,120\%$ , kruszywa ocenia się jako silnie i bardzo silnie reaktywne R2 i R3 i nie mogą być one zastosowane dla klasy środowiska E2 i E3



Badania kruszyw pod względem ich reaktywności z alkaliarni (AAR) dostawca kruszyw powinien wykonywać zgodnie z normą ASTM C1260 co 3 miesiące, natomiast zgodnie z normą ASTM C1293 co 1 rok.

Badania wykonane wg. ASTM C1260 (metoda przyspieszona) są ważne do 3 miesięcy od daty badania, zaś wg. ASTM C1293 (metoda wydłużona) są ważne do 1 roku od daty badania.

Powyższe badania muszą być wykonane w zatwierdzonej przez Nadzór/Zamawiającego akredytowanej jednostce.

## 2.4. Woda

Zarówno do wytwarzania mieszanki betonowej, jak i do pielęgnacji wykonanej nawierzchni betonowej należy stosować wodę spełniającą wymagania wody zarobowej do betonu wg PN-EN 1008. Nie dopuszcza się wody pochodzącej z recyklingu.

## 2.5. Domieszki i dodatki do betonu

Do betonu nawierzchniowego należy stosować domieszki, których właściwości spełniają wymagania określone w normach PN-EN934-1 i PN-EN 934-2. W składzie i właściwościach stosowanych domieszek, z uwagi na trwałość betonu, szczególnie istotne są:

- zawartość chlorków rozpuszczalnych w wodzie,
- zawartość alkaliów,
- oddziaływanie korozyjne.

Przy wyborze domieszki należy uwzględnić jej kompatybilność z cementem. W przypadku zastosowania więcej niż jednej domieszki należy sprawdzić ich wzajemną kompatybilność, na etapie wykonywania zarobów próbnych i podczas sprawdzania recepty. Nie należy stosować równocześnie więcej niż trzech rodzajów domieszek. Wszystkie domieszki muszą pochodzić od jednego producenta.

- stosowanie innych domieszek niż napowietrzające, powinno wynikać z potrzeb technologicznych, podyktowanych warunkami wbudowania mieszanki betonowej.

Próbki ze wszystkich rodzajów domieszek (które mogą być zastosowane), powinny zostać załączone do projektu recepty przekazywanego Zamawiającemu do sprawdzenia wraz z innymi próbkami materiałów wsadowych.

Domieszki mogą być dodawane do mieszanki betonowej po wykonaniu stosownych prób i uzyskaniu wymaganych parametrów betonu w badaniach laboratoryjnych.

W przypadku stosowania środka napowietrzającego w połączeniu ze środkiem upłynniającym można przyjąć wymagane zawartości powietrza jak dla mieszanki betonowej bez plastyfikatora, pod warunkiem uzyskania w mieszance wstępnie badanej zgodnie z PN-EN 480-11, wymagań określonych w Tabeli 17.

## 2.6. Dodatki mineralne

Niedopuszczalne jest doliczenie dodatków mineralnych do zawartości cementu i do wskaźnika wodno-cementowego.

## 2.7. Materiały do pielęgnacji

Do pielęgnacji świeżo ułożonej nawierzchni z betonu cementowego (wraz z powierzchniami bocznymi), można zastosować niżej wymienione materiały:

- folię,
- geowłókninę,
- preparaty powłokowe (hydrofobowe i parafinowe), zapobiegające szybkiej utracie wilgoci, posiadające działanie zamykające: współczynnik zamykania na poziomie min. 50% lub współczynnik zamykania po 24 h na poziomie min. 90%; zaleca się, aby w okresach wyższych temperatur i dużego nasłonecznienia środki powłokowe po aplikacji tworzyły jasną (np. mleczno-białą) powłokę odbijającą promienie słoneczne; preparaty te muszą





- posiadać posiadające aktualne dokumenty pozwalające stwierdzić przydatność danego preparatu do tego celu,
- wodę.

## 2.8. Materiały do zabezpieczenia przeciwozyjnego podbudów (warstwa poślizgowa)

Do przeciwozyjnego zabezpieczenia podbudów związanych hydraulicznie i stanowiących jednocześnie warstwę poślizgową pod warstwą nawierzchni z betonu cementowego, mogą być zastosowane następujące materiały:

- geowłóknina,
- pojedyncze powierzchniowe utwalenie z rozłożeniem kruszywa,
- warstwa z betonu asfaltowego.

### 2.8.1. GEOWŁÓKNINA

Geowłókninę stosuje się pod warstwą nawierzchni betonowej, za wyjątkiem odcinków, na których występuje nawierzchnia betonowa ze zbrojeniem ciągłym, pod którą powinna być wykonana warstwa przeciwozyjna z betonu asfaltowego.

Geowłóknina powinna być wykonana z poliolefinów (włókien polipropylenowych lub polietylenowych), jako geosyntetyk nietkany (non wovens), powinna odznaczać się odpornością na działanie alkaliów i powinna spełniać n/w parametry:

Tabela 11. Podstawowe parametry techniczne geowłókniny

Lp.	Właściwości	Jm.	Wymagania	Metoda badań wg normy
1	Gramatura / masa powierzchniowa	g/m <sup>2</sup>	450 ÷ 550	PN-EN ISO 9864
2	Wytrzymałość na rozciąganie - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	kN/m kN/m	≥ 20 ≥ 20	PN-EN ISO 10319
3	Grubość przy nacisku 20 kPa	mm	≥ 2	PN-EN ISO 9863-1
4	Wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny geowłókniny, h=50mm	l/m <sup>2</sup> s	≥ 45	PN-EN ISO 11058
5	Zdolność przepływu wody w płaszczyźnie geowłókniny przy nacisku 20 kPa, przy spadku hydraulicznym i=1	10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s	≥ 4,0	PN-EN ISO 12958

Na każdym opakowaniu dostarczanych geosyntetyków powinna być umieszczona etykieta zawierająca charakterystykę i niezbędne dane wyrobu.

### 2.8.2. POJEDYNCZE POWIERZCHNIOWE UTRWALENIE Z ROZŁOŻENIEM KRUSZYWA

Pojedyncze powierzchniowe utwalenie z rozłożeniem kruszywa należy wykonać wg oddzielnej specyfikacji z zastosowaniem n/w materiałów:

#### 2.8.2.1. EMULSJA

Do powierzchniowych utwaleń, należy stosować emulsje kationowe określone w Załączniku krajowym do normy PN-EN 13808 Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych. W wymaganiach powinna być uwzględniona pH emulsji przy podbudowach ze spoiwem hydraulicznym zgodnie z normą PN-EN 12850.

Emulsja powinna:



- być oznakowana znakiem budowlanym CE lub znakiem B, • posiadać deklarację zgodności z dokumentami odniesienia,
- posiadać certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP) wydany przez uprawnioną jednostkę certyfikującą.

#### **2.8.2.2. KRUSZYWA**

Należy stosować kruszywa o wymaganiach zawartych w niniejszej STWIORB Tabela 7. „Wymagane właściwości i kategorie kruszywa grubego do betonowych nawierzchni drogowych” z wyłączeniem poz. 9 oraz poz. 10. Wymagane są właściwości kruszywa grubego do powierzchniowych utrwaleń.

#### **2.9. Dyble,**

W nawierzchniach dwuwarstwowych, w celu zapewnienia właściwej współpracy między płytami, należy stosować dyble wg dokumentacji projektowej

##### **2.9.1. Dyble**

Dyble należy wykonać z prętów fi32 długości 700mm w rozstawie co 35cm. Dyble umieszczać w połowie grubości płyty. Przy dylatacji rozszerzalnej jeden z końców dybla umieścić w tulei stalowej z długości 10 cm z wkładką kompensującą ze styropianu. Dyble umieszczać na stelażach z prętów fi6 ze stali St3S-Y.

##### **2.9.2. Zbrojenie ciągłe**

Krawędzie płyt swobodnie podpartych należy zbroić górą i dołem zbrojeniem ciągłym na odcinku 1,5m od krawędzi płyty z siatki o boku 15x15cm prętami karbowanymi fi 12mm klasa stali BST500S, fyk=500 MPa, ft=550 MPa wg PN-EN 1992-1-1:2. Należy zachować otulinę 60 mm.

#### **2.10. Materiały stosowane przy wypełnianiu szczelin**

##### **2.10.1. WKŁADKA ZMNIEJSZAJĄCA GŁĘBOKOŚĆ SZCZELINY**

W szczelinę po jej oczyszczeniu i zagruntowaniu należy włożyć wkładkę z kordu (sznura) lub wałeczka z pianki poliuretanowej. Są to materiały syntetycznego pochodzenia o walcowatym kształcie, wciskane (ściśle dopasowane) w celu zmniejszenia głębokości zalewanej szczeliny oraz jej uszczelnienia przed wnikaniem zalewy poniżej założonego poziomu.

Średnica zewnętrzna sznura powinna być stała. Dopuszcza się tolerancję średnicy +1 mm. Średnica sznura powinna być większa od 20% do 25% od szerokości szczeliny; zaleca się, aby pochodził on z jednego źródła dla całego wykonywanego zadania. Do mas zalewowych na gorąco mogą być stosowane dostępne na rynku rodzaje sznura wykonane wyłącznie z materiału odpornego na temperatury do 220°C. Sznur uszczelniający należy składować w warunkach zabezpieczających przed wymieszaniem poszczególnych rodzajów i gatunków oraz przed zanieczyszczeniem i zawilgoceniem.

##### **2.10.2. GRUNTOWNIK**

Gruntownik, zwiększający przyczepność zalewy do ścianek szczeliny, należy stosować w przypadkach zalecanych przez producenta zalewy. Preparat gruntujący szczelinę powinien z masą zalewową wzajemnie się tolerować. Gruntownik powinien odpowiadać wymaganiom określonym przez producenta zalewy, a w przypadku ich braku lub niepełnych danych, powinien mieć cechy zgodne ze wskazaniami w Tabeli 12.



Tabela 12. Ogólne wymagania dla gruntownika

Lp.	Właściwość	Wymaganie
1	Konsystencja cieśla (do nakładania pędzlem lub natryskiem)	30 do 100 sekund wypływu z kubka Forda Ø 4mm
2	Czas odparowania rozpuszczalnika	≤ 60 minut
3	Próba rozciągania zalewy asfaltowej z gruntownikiem na modelu szczeliny w laboratorium, w temperaturze -20°C, przy rozszerzaniu szczeliny o 15%	zalewa nie powinna ulec oderwaniu od ścianek betonu

Gruntownik należy składować w pojemnikach, w sposób zabezpieczający go przed zanieczyszczeniem, z zachowaniem przepisów przeciwpożarowych.

### 2.10.3. MASA ZALEWOWA DO SZCZELIN

Do wypełnienia szczelin należy stosować wypełniacze szczelin i zalewy drogowe zgodnie z normą PN-EN 14188-1 Część 1: Wymagania wobec zalew drogowych na gorąco oraz z normą PN-EN 14188-2 Część 2: Wymagania wobec zalew drogowych na zimno.

Zalewy te powinny charakteryzować się dobrą spływnością i stabilnością w wysokich temperaturach, dobrą przyczepnością do zagruntowanych ścianek szczeliny uszczelniając ją, elastycznością w niskich temperaturach, odpornością na działanie środków odładzających, zapobieganiem wnikania wody i szkodliwych substancji. Masa zalewowa powinna być dostarczona w oryginalnych opakowaniach producenta.

### 2.11. Środki opóźniające hydratację cementu

W celu umożliwienia odkrycia kruszywa, świeżo ułożona nawierzchnia (w końcowym cyklu układania) powinna być pokryta za pomocą natrysku, preparatami chemicznymi opóźniającymi hydratację cementu w celu uzyskania wymaganej makrotekstury, opisane w pkt. 5.7.

Mogą być stosowane :

- preparaty tylko opóźniające hydratację cementu jak np. glukoza,
- preparaty spełniające jednocześnie dwie funkcje: opóźniające wiązanie cementu i wykazujące właściwości pielęgnacyjne, zapobiegające szybkiej utracie wilgoci zgodnie z pkt. 2.7

### 2.12. Kruszywo

Należy stosować kruszywo naturalne łamane ze skał kamiennych. Uziarnienie powinno być podane przez producenta w zależności od grubości nawierzchni, w której zostanie wykonane przykrycie dylatacyjne.

Jeżeli producent nie stawia innych wymagań, można stosować kruszywo o właściwościach podanych w Tabeli 13.



Tabela 13. Wymagane właściwości kruszywa do dylatacji bitumicznej

Lp.	Właściwość	Wymagania
1	Uziarnienie wg PN-EN 933-1, kategoria nie niższa niż	G <sub>c</sub> 90/10
2	Tolerancja uziarnienia; odchylenia nie większe niż wg kategorii.	G25/15
3	Zawartość pyłów wg PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż	f <sub>0,5</sub>
4	Kształt kruszywa wg PN-EN 933-3 lub wg PN-EN 933-4, kategoria nie wyższa niż	Fl <sub>15</sub> lub Sl <sub>15</sub>
5	Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym wg PN-EN 933-5; kategoria nie niższa niż	C100/0
6	Odporność kruszywa na rozdrabnianie wg normy PN-EN 1097-2, badana na kruszywie o wymiarze 10/14; kategoria nie wyższa niż:	LA <sub>25</sub>
7	Nasiąkliwość wg normy PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9	WA24 1*
8	Mrozoodporność wg PN-EN 1367-6 w 1% NaCl, badana na kruszywie o wymiarze 8/16, wartość nie wyższa niż [w %]:	6
9	Zgorzel słoneczna bazaltu wg PN-EN 1367-3, badanie na kruszywie 10/14mm; wymagana kategoria:	SB <sub>LA</sub>
10	Skład chemiczny - uproszczony opis petrograficzny wg PN-EN 932-3	deklarowany przez producenta
11	Zanieczyszczenia lekkie, wg PN-EN 1744-1, p.14.2; kategoria nie wyższa niż:	m <sub>LPC</sub> 0,1
*) <i>Jeżeli nasiąkliwość nie jest większa od podanej kategorii, to należy założyć że kruszywo jest mrozoodporne</i>		

\*) Jeżeli nasiąkliwość nie jest większa od podanej kategorii, to należy założyć że kruszywo jest mrozoodporne

## 2.12. Włókna stalowe

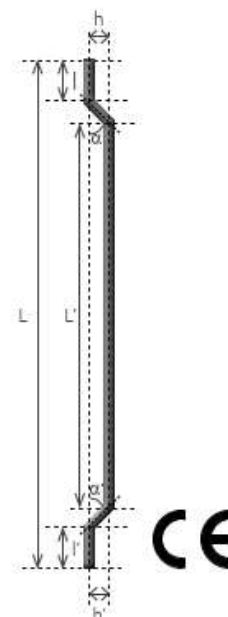
Należy użyć do zbrojenia betonu włóknami stalowymi haczykowato zakończonymi HE++ 90/60, dozowanie 30kg/m<sup>3</sup>

### Wymiary

> Średnica drutu (d)	0.90 mm
> Długość włókna (L)	60.0 mm (+2/-3 mm)
> Długość haczyka (l i l')	1 – 4
> Wysokość haczyka (h i h')	1.80 mm (+1/-0 mm)
> Kąt zgięcia ( $\alpha$ i $\alpha'$ )	45° (min. 30°)
> Stosunek (L/d)	67
> Wygięcie włókna	max. 5% of L'
> Kąt skrętu włókna	< 30°
> Ilość włókien w 1 kg	3200
> Total fibre length per 10 kg	1920m

### Charakterystyka materiału

- > Wytrzymałość na zerwanie przeciągniętego drutu: **1900 N/mm<sup>2</sup>**



### Pakowanie

> Waga netto włókien w pudełku	25 kg
> Ilość pudełek na palecie	48
> Waga netto włókien na palecie	1200 kg

- > Rvvvv
- > Włókna ułożone są w jednym kierunku
- > Paleta owinięta folią
- > Możliwość pakowania w "Big bag" po 500 kg

### Inne

Opisane włókna są zgodne z następującymi normami:

- > EN 14889-1 type 1 (druć ciągnięty na zimno)
- > ASTM A820/A820M-04 type 1 (druć ciągnięty na zimno)

## 3. SPRZĘT

### 3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt.3.

### 3.2. Sprzęt do układania geowłókniny

Do przenoszenia i układania geowłókniny Wykonawca powinien używać odpowiedniego sprzętu zalecanego przez producenta, nie powodującego uszkodzenia układanego materiału. Mogą to być np. ciągniki mające możliwość podwieszenia szpuli z geowłókniną i układanie jej podczas jazdy z powolnym rozwijaniem i naciąganiem.

### 3.3. Sprzęt do wykonywania nawierzchni z betonu cementowego

Używany sprzęt powinien być zgodny z warunkami określonymi w szczegółowej specyfikacji i zatwierdzony przez Inżyniera.

Wykonawca powinien wykazać się możliwością korzystania z:

- zestawów maszyn do wbudowania mieszanek betonowych,
- przewoźnych zbiorników na wodę,
- sprzętu do teksturowania nawierzchni,



- sprzętu do nanoszenia powłok zapobiegających odparowaniu wilgoci z nawierzchni, • sprzętu do wykonywania szczelin ich czyszczenia i wypełniania, • sprzętu do wykonania dylatacji bitumicznej.

### 3.3.1. WYTWÓRNIĘ MIESZANKI BETONOWEJ

Do produkcji mieszanek powinny być stosowane wytwórnie mieszanki betonowej o pracy cyklicznej, zapewniające produkcję mieszanki betonowej na potrzeby danego zadania, wyposażone w:

- a) automatyczne urządzenie (sterowane elektroniczne) wagowego dozowania wszystkich składników, wykonane w taki sposób, aby w rzeczywistych warunkach działania zostały spełnione i utrzymane tolerancje określone w PN-EN 206.
- b) komputerowy system sterowania zapewniający spełnienie wymagań produkcji określonych w PN-EN 206,
- c) system pomiaru wilgotności kruszywa drobnego przed mieszaniem,
- d) oddzielne dozowniki dla każdej domieszki.

Wydajność wytwórni powinna być dostosowana do potrzeb danego zadania, zapewniająca produkcję na dzienną działkę roboczą i ciągłą niezakłóconą pracę maszyn układających.

W przypadku potrzeby produkcji mieszanki o różnym uziarnieniu na potrzeby danego zadania. Wykonawca może produkować na jednej wytwórni równocześnie kilka mieszanek o różnym uziarnieniu. Ponadto dopuszcza się stosowanie wytwórni o dwóch mieszalnikach

Inżynier przeprowadza kontrolę każdej wytwórni zgłoszonej przez Wykonawcę, zgodnie z postanowieniami zawartymi w PN-EN 206.

### 3.3.2. ZESTAW MASZYN UKŁADAJĄCYCH MIESZANKĘ

Każdy rodzaj nawierzchni z betonu cementowego, powinien być układany za pomocą odpowiedniego zestawu maszyn n/w:

Nawierzchnia jednowarstwowa dyblowana: Do układania tego rodzaju nawierzchni mogą być zastosowane:

- układarki do układania nawierzchni jednowarstwowej, wyposażone m.in. w: • zespół napędowy podwozia gąsienicowego;
  - o stół układający mieszankę na całej szerokości zaprojektowanej nawierzchni;
  - o automatyczne urządzenia do sterowania stołem w pozycji pionowej i poziomej; • deskowanie ślizgowe;
  - o zespół wibratorów wgłębnych o takim rozmieszczeniu i częstotliwościach pracy, które zapewniają prawidłowe zagęszczenia mieszanki betonowej (np. rozmieszczonych co 40 cm o częstotliwości 200 Hz);
  - o mechaniczną zacieraczkę poprzeczną;
  - o mechaniczną zacieraczkę wzdłużną;
- maszyny wykańczające nawierzchnię, wyposażone m.in. w:
  - o układ sterowania kierunkiem jazdy pomostu;
  - o pomost roboczy umożliwiający wykonywanie ręcznie poprawek po niedokładnie zatartej powierzchni oraz ręcznego uszarniania za pomocą szczotek z włosiem stalowym;
  - o mechaniczne urządzenie do spryskiwania środkiem hydrofobowym;
  - o uchwyty do zamocowania ewentualnie sztucznej trawy ciągniętej za maszyną, alternatywnie wykonującej teksturowanie nawierzchni.

### 1.3.3. SPRZĘT DO TEKSTUROWANIA NAWIERZCHNI

Do teksturowania nawierzchni można używać:

- urządzenie przystosowane do czyszczenia powierzchni wodą pod wysokim ciśnieniem,
- szczotki mechaniczne z włosiem stalowym-



- opcjonalnie w przypadku konieczności poprawienia lokalnie makrostruktury nawierzchni - urządzenie do piaskowania,
- opcjonalnie w przypadku konieczności poprawienia lokalnie makrostruktury nawierzchni - urządzenie do śrutowania,
- urządzenie o wymiennych wałach, z tnącymi tarczami diamentowymi o zmiennym ich rozstawie, do podłużnego szlifowania i nacinania nawierzchni w technologii NGCS oraz do odsysania i usuwania powstającego urobku z nawierzchni,
- maszyna do mechanicznego nanoszenia powłoki parafinowej, jako zabiegu pielęgnacyjnego po teksturowaniu powierzchni lub powłoki hydrofobowej w celu ograniczenia nasiąkliwości GWN;
- pomost roboczy z zamontowaną szczotką mechaniczną z włosiem stalowym lub z tworzywa sztucznego dla wykonania tekstury w formie rysy poprzecznej na świeżym betonie.

### 3.3.4. SPRZĘT DO WYKONYWANIA SZCZELIN I ICH WYPEŁNIANIA

Do wykonywania szczelin i ich wypełniania powinny być zastosowane:

- piły tarczowe do mechanicznego cięcia szczelin dylatacyjnych w betonie, wyposażone w automatyczne odsysanie i odprowadzenie (poza jezdnię) szlamu powstałego podczas cięcia na mokro;
- urządzenie do fazowania krawędzi przy szczelinach na głębokość  $\leq 3$  mm;
- sprężarka do czyszczenia szczelin sprężonym powietrzem;
- urządzenie do gruntowania ścianek bocznych szczeliny preparatem gruntującym;
- urządzenie do wciskania kordu w szczeliny;
- urządzenie do rozgrzewania i wypełniania szczelin masą zalewową na gorąco, wyposażony w system ogrzewania pośredniego masy zalewowej; • urządzenie do wciskania wkładek uszczelniających w szczeliny.

### 3.3.5. SPRZĘT DO WYKONYWANIA DYLATACJI BITUMICZNEJ

Do wykonywania dytacji bitumicznej powinien być zastosowany sprzęt zgodny z wymaganiami producenta przykrycia dytacjiyjnego, tj:

- piły mechaniczne;
- młot pneumatyczny;
- zagęszczarka;
- sprężarka powietrza 200-300 m<sup>3</sup>/h z filtrem przeciwolewowym;
- piaskownica;
- kotły do przygotowania masy zalewowej;
- suszarkę na gaz propan-butan do podgrzewania kruszywa;
- wózki - termosy do przechowywania kruszywa;
- pędzle do nakładania środka gruntującego;
- sprzęt do transportu pomocniczego.

## 4. TRANSPORT

### 4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt.4.

### 4.2. Transport materiałów

Cement powinien być przewożony cementowozami - w postaci luźnej o temperaturze cementu poniżej 800 C lub zgodnie z zaleceniami producenta.

Kruszywo należy przewozić dowolnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem i zawilgoceniem.

Geowłókninę należy przewozić dowolnymi środkami transportu w warunkach zabezpieczających je przed zniszczeniem, rozerwaniem i zawilgoceniem.

Stal (dyble kotwy, stal zbrojeniowa) dowolnymi środkami w sposób zabezpieczony przed uszkodzeniem powłok i zgięciem.



Masy zalewowe oraz preparaty powłokowe należy przewozić zgodnie z warunkami podanymi w dokumentach producenta. Masę zalewową można przewozić dowolnymi środkami transportu, chroniąc opakowania przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Mieszanke betonową (z uwagi na konsystencje betonu) należy przewozić samochodami ze skrzyniami stalowymi. Nie dopuszcza się pojazdów ze skrzyniami aluminiowymi ze względu na reakcję cementu z aluminium.

## 5. WYKONANIE ROBÓT

### 5.1. Ogólne zasady wykonania Robót

Ogólne zasady wykonania Robót podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania Ogólne” pkt.5.

### 5.2. Wymagania dla betonu nawierzchniowego

Beton nawierzchniowy powinien spełniać wymagania zawarte w Tabeli 14.

Tabela 14. Wymagania dla betonu nawierzchniowego

L.p.	Właściwości betonu nawierzchniowego	Wymagania	Metoda badania
1	2	3	4
1	Gęstość, tolerancja w stosunku do betonu wg zatwierdzonej recepty	$\pm 3,0 \%$	PN-EN 12390-7
2	Klasa wytrzymałości na ściskanie w 28 dniu <sup>1)</sup> wg PN-EN 206, nie niższa niż:	C30/37	PN-EN 12390-3
3	Wytrzymałość betonu na zginanie w 28 dniu <sup>1)</sup> twardnienia (średnia z trzech próbek), nie niższa niż:	5,17 MPa	PN-EN 12390-5
4	Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu w 28 dniu <sup>1)</sup> twardnienia (średnia z trzech próbek sześciennych), nie niższa niż:	3,0 MPa	PN-EN 12390-6
5	Kategoria mrozoodporności w 28 dniu <sup>1)</sup> wg PN-EN 13877-2 (dla GWN oraz JWN), nie niższa niż:	FT2	PKN-CEN/TS EN 12390-9
6	Charakterystyka porów powietrznych w betonie: - zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm ( $A_{300}$ ), % - wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie, $\bar{L}$ mm	$\geq 1,5$ $\leq 0,200$	PN-EN 480-11 lub Zał. 3 dla odwiertów
7	Odporność na wnikanie benzyny i oleju <sup>2)</sup>	$\leq 30$ mm	PN-EN 13877-2 Zał. B
8	Mrozoodporność F150, przy badaniu odporności betonu na działanie mrozu w 28 dniu <sup>2)</sup> (dla DWN i JWN) • ubytek masy próbki, nie więcej niż, % • spadek wytrzymałości na ściskanie, nie więcej niż, %	5 20	PN-B-06265

<sup>1)</sup> lub w czasie równoważnym w stosunku do 28 dni twardnienia, wynikającym z charakterystyki użytego cementu wg Tabeli 15.

<sup>2)</sup> Wymaganie odnosi się tylko do nawierzchni betonowych o wysokim ryzyku pojawiania się na nich paliwa lub oleju np. punkty poboru opłat, stacje benzynowe, parkingi, miejsca obsługi podróżnych.



Tabela 15. Czas wykonywania badań w zależności od zastosowanego cementu

Rodzaj cementu	Czas równoważny [dni]
CEM I (R), CEM II/A-S (R)	28 dni
CEM I (N), CEM IIA-S (N), CEM II/B-S (N, R), CEM II/A-LL, CEM II/A-V, CEM II/A-M (S-V), CEM II/A-M (S-LL)	56 dni
CEM III/A	90 dni

### 5.3. Skład mieszanki betonowej i właściwości betonu

Przed przystąpieniem do wykonywania nawierzchni betonowej Wykonawca z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym dostarczy Inżynierowi do zatwierdzenia projekt składu mieszanki betonowej (opracowany zgodnie z wymaganiami określonymi w Tabeli 15) wraz z wynikami badań laboratoryjnych (pkt. 5.4 i 5.5) z wykonanych zarobów próbnych oraz dokumentami potwierdzającymi zgodność użytych materiałów wsadowych z wymaganiami określonymi w pkt. 2.

Po uprzednim sprawdzeniu merytorycznym, Inżynier/Inspektor Nadzoru zobowiązany jest przekazać powyższy projekt recepty wraz z otrzymanymi załącznikami i próbkami materiałów wsadowych (pobranych w jego obecności) do Laboratorium Zamawiającego w celu przeprowadzenia badań sprawdzających na zarobach próbnych (dopuszcza się wykonanie zarobu próbnego na wytwórni mieszanki betonowej) i porównaniu otrzymanych wyników z wymaganiami specyfikacji.

#### 5.3.1. SKŁAD GRANULOMETRYCZNY

Maksymalny wymiar kruszywa nie powinien przekraczać 1/4 grubości warstwy. Dla nawierzchni betonowych dylatowanych zbrojonych i dla nawierzchni o zbrojeniu ciągłym, maksymalny wymiar kruszywa nie powinien przekraczać 1/3 długości przestrzeni pomiędzy podłużnymi prętami zbrojeniowymi.

Skład mieszanki betonowej powinien być tak dobrany, aby zapewniał uzyskanie wymaganych właściwości projektowanego betonu nawierzchniowego oraz wymagań funkcjonalnych nawierzchni betonowej w przyjętych warunkach realizacji robót.

W celu spełnienia wymagań dla górnej warstwy nawierzchni betonowej o odkrytym kruszywie odnośnie makrotekstury oraz współczynnika tarcia, zaleca się stosowanie mieszanki kruszyw 0/8 mm o nieciągłym uziarnieniu.

W przypadku dwuwarstwowych nawierzchni NGCS, do górnej warstwy zaleca się stosowanie mieszanki kruszyw o uziarnieniu 0/16 lub 0/22 mm.

Krzywe dobrego uziarnienia mieszanki kruszyw, które mogą być wykorzystane do projektowania betonu nawierzchniowego, określa Tabela 16.

Tabela 16. Zalecane/informacyjne graniczne uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, [mm]	Przechodzi przez sito, [%]				
	Mieszanka mineralna 0/ 8 mm	Mieszanka mineralna 0/ 16 mm	Mieszanka mineralna 0/22,4 mm	Mieszanka mineralna 0/31,5 mm	Mieszanka mineralna 0/8 mm o nieciągłym uziarnieniu



31,5	-	-	-	100	-
22,4	-	-	100	74 ÷ 88	-
16,0	-	100	62 ÷ 85	62 ÷ 80	-
8,0	100	60 ÷ 76	38 ÷ 68	38 ÷ 62	100
4,0	61 ÷ 74	36 ÷ 56	22 ÷ 52	23 ÷ 47	30 ÷ 74
2,0	36 ÷ 57	21 ÷ 42	14 ÷ 40	14 ÷ 37	30 ÷ 57
1,0	21 ÷ 42	12 ÷ 32	8 ÷ 30	8 ÷ 28	21 ÷ 42
0,5	14 ÷ 26	8 ÷ 20	5 ÷ 19	5 ÷ 18	14 ÷ 26
0,25	5 ÷ 11	3 ÷ 8	2 ÷ 8	2 ÷ 8	5 ÷ 11

### 5.3.2. ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW DROBNOZIARNISTYCH

Zaleca się, aby zawartość cementu oraz ziaren do 0,25 mm, mieściła się w przedziale 450÷520 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.3.3. ZAWARTOŚĆ CEMENTU

W przypadku betonu zawartość cementu nie może być mniejsza niż 360 kg/m<sup>3</sup>.

Przy wykonywaniu nawierzchni z betonu z odkrytym kruszywem zawartość cementu w górnej warstwie betonu dla zapewnienia wymaganych właściwości nie może być mniejsza niż 420 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.3.4. WSKAŹNIK W/C

Wskaźnik woda/cement (w/c), określany jako stosunek efektywnej zawartości masy wody do zawartości masy cementu w mieszance betonowej, nie może przekroczyć wartości 0,45. Niedopuszczalne jest doliczanie dodatków do betonu do wskaźnika woda/cement.

## 5.4. Zakres badań na etapie zatwierdzania recepty

Przed zatwierdzeniem recepty, należy wykonać niżej wymienione badania:

### 5.4.1. ZAKRES BADAŃ DLA ZAPROJEKTOWANEJ MIESZANKI BETONOWEJ

Rodzaj badań:

- konsystencja metodą opadu stożka wg PN-EN 12350-2 lub metodą Vebe wg PN-EN, 12350-3 lub metodą stopnia zagęszczalności wg PN-EN 12350-4,
- zawartość powietrza wg PN-EN 12350-7,

- gęstość wg PN-EN 12350-6.

#### 5.4.1.1. KONSYSTENCJA

Konsystencja mieszanki betonowej powinna być dostosowana do warunków transportu, technologicznych warunków układania i zagęszczania. Ilość wody dodanej do mieszanki betonowej po uwzględnieniu danej wilgotności własnej kruszywa, czynników pogodowych oraz sposobu transportu należy ustalić w taki sposób, aby beton miał odpowiednią konsystencję, możliwa była jego obróbka, nie dochodziło do segregacji, a podczas zagęszczania powstawała jednorodna, szczelna struktura oraz została osiągnięta wymagana forma nawierzchni. Dopuszcza się konsystencję S1 ÷ S2 sprawdzaną metodą stożka opadowego wg PN-EN 12350-2, konsystencję V2 ÷ V4 sprawdzaną metodą Ve-Be wg PN-EN 12350-3, lub konsystencję C1-C2 sprawdzaną metodą stopnia zagęszczalności wg PN-EN 12350-4.

Przy wbudowywaniu betonu w deskowaniu ślizgowym, należy przyjąć taką konsystencję betonu, aby świeżo ułożona i zagęszczona nawierzchnia (po przesunięciu dekowania) nie odkształcała się tzn. nie opadała krawędź boczna.

#### 5.4.1.2. ZAWARTOŚĆ POWIETRZA W MIESZANCE BETONOWEJ

Zawartość powietrza w mieszance betonowej należy oznaczać zgodnie z PN-EN 12350-7.

Zawartość powietrza badana na etapach:

- projektowania składu mieszanki betonowej,
- zatwierdzania recepty,
- próby technologicznej,
- kontroli podczas realizacji robót, powinna spełniać wymagania podane w Tabeli 17.

Tabela 17. Wymagana zawartość powietrza w mieszance betonowej

Maksymalny wymiar ziaren kruszywa	Etap wykonywania badań	
	Projektowanie składu mieszanki betonowej	Zatwierdzanie recepty, próba technologiczna, kontrola jakości robót
1	2	3
mm	% objętości	% objętości
8,0	5,0 ÷ 6,5	Wartości z projektowania składu mieszanki (kol. 2) z uwzględnieniem tolerancji pomiarowej: -0,5; +1,0
16,0; 22,4	4,5 ÷ 6,0	
31,5	4,0 ÷ 5,5	

#### 5.4.2.1. GĘSTOŚĆ BETONU

Gęstość stwardniałego betonu powinna być zgodna z gęstością recepturową z tolerancją  $\pm 3,0$  %. Badanie należy przeprowadzić zgodnie z PN-EN 12390-7 poprzez wyparcie wody dla próbek w stanie nasycenia.

#### 5.4.2.2. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCISKANIE

Badanie wytrzymałości na ściskanie wykonuje się wg PN-EN 12390-3.

Beton kwalifikuje się do danej klasy wytrzymałości na ściskanie, jeżeli spełnione są wymagania dla wytrzymałości średniej i minimalnej podane w Tabeli 18.



Tabela 18. Klasyfikacja betonu ze względu na klasę wytrzymałości na ściskanie

Klasa wytrzymałości	Rodzaj wytrzymałości	Wytrzymałość na kostkach sześciennych o boku 150 mm [MPa (N/mm <sup>2</sup> )]	Wytrzymałość na walcach o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm [MPa (N/mm <sup>2</sup> )]
C30/37	Wytrzymałość średnia	≥ 41,0	≥ 34,0
	Wytrzymałość minimalna	≥ 33,0	≥ 26,0

#### 5.4.2.3. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI BETONU NA ZGINANIE

Badanie wytrzymałości na zginanie wykonuje się wg PN-EN 12390-5 przy dwupunktowym obciążeniu próbki - belki prostopadłościowej o wymiarach 150x150x600÷750 mm. Wymagania podano w Tabeli 19.

Tabela 19. Wytrzymałość betonu na zginanie

Wytrzymałość betonu na zginanie w 28/56/90 dniu twardnienia (w zależności od zastosowanego cementu, średnia z trzech próbek), nie niższa niż:	5,17 MPa
---	----------

#### 5.4.2.4. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI BETONU NA ROZCIĄGANIE PRZY ROZŁUPYWANIU

Badanie wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu wykonuje się na próbkach formowanych sześciennych o boku a=150 mm, zgodnie z PN- EN 12390-6. Wymagania podane są w Tabeli 20.

Tabela 20. Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu

Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu w 28/56/90 dniu twardnienia (w zależności od zastosowanego cementu, średnia z trzech próbek) nie niższa niż:	3,0 MPa
---	---------

#### 5.4.2.5. BADANIE ODPORNOŚCI NA ZAMRAŻANIE/ROZMRAŻANIE Z UDZIAŁEM SOLI ODLADZAJĄCEJ

Badanie odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej, należy wykonywać odpowiednio w odniesieniu do technologii wykonania tekstury nawierzchni:

- dla nawierzchni z teksturą inną niż GWN z odkrytym kruszywem,
- dla GWN z odkrytym kruszywem,
- dla nawierzchni jednowarstwowej (JWN).



#### 5.4.2.5.1 NAWIERZCHNIA Z TEKSTURĄ WYKONANĄ W TECHNOLOGII INNEJ NIŻ Z KRUSZYWEM ODKRYTYM.

Dla nawierzchni z makroteksturą określoną w pkt.5.6 (poza kruszywem odkrytym), badanie odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej wykonuje się wg PKN-CEN/TS EN 12390-9 na próbkach sześciennych o boku  $a=150$  mm.

Beton można zakwalifikować do odpowiedniej kategorii mrozoodporności wg PN-EN 13877-2 jeżeli spełnione są warunki podane w Tabeli 21.

Tabela 21. Kategorie odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej

L.p.	Kategoria	Ubytek masy po 28 cyklach ( $m_{28}$ )	Ubytek masy po 56 cyklach ( $m_{56}$ )	Stopień ubytku $m_{56}/m_{28}$
1	FT1	Wartość średnia $\leq 1,0$ kg/m <sup>2</sup> , przy czym żaden pojedynczy wynik $>1,5$ kg/m <sup>2</sup>	Brak wymagań	Brak wymagań
2	FT2	Średnia $\leq 0,5$ kg/m <sup>2</sup>	Wartość średnia $\leq 1,0$ kg/m <sup>2</sup> , przy czym żaden pojedynczy wynik $>1,5$ kg/m <sup>2</sup>	$\leq 2$

#### 5.4.2.5.2 NAWIERZCHNIE Z TEKSTURĄ WYKONANĄ W TECHNOLOGII ODKRYTEGO KRUSZYWA.

Dla nawierzchni z makroteksturą w postaci kruszywa odkrytego, badanie odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej wykonuje się wg PKN-CEN/TS EN 12390-9 na próbkach sześciennych o boku  $a=150$  mm.

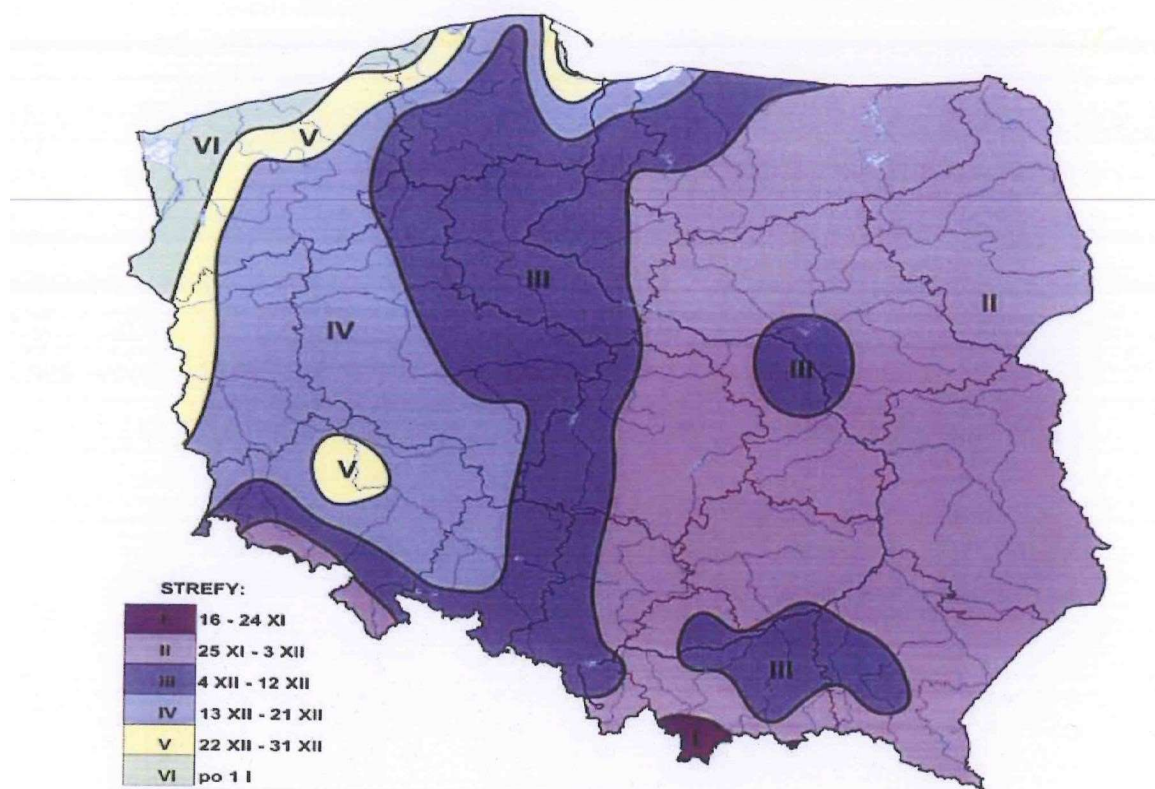
GWN z odkrytym kruszywem zalecana jest do wykonania na drogach kategorii ruchu KR5-7. Istotą tej metody jest usunięcie zaprawy cementowej na określoną głębokość z przestrzeni pomiędzy ziarnami kruszywa.

Istotne znaczenie dla nawierzchni ma długość trwania warunków zimowych, a tym samym czas chemicznego oddziaływania podczas zimowego utrzymywania zgodnie z Tabelą 22.

Tabela 22. Charakterystyka stref rozpoczęcia sezonu zimowego w Polsce w okresie 1981-2013

Strefa	Średnia data początku sezonu zimowego	Średnia data końca sezonu zimowego	Średnia długość sezonu zimowego	Data pierwszego dnia z $T_{\text{śr}} < 0^{\circ}\text{C}$	Data ostatniego dnia z $T_{\text{śr}} < 0^{\circ}\text{C}$
I	16.11	22.03	127	4.10	30.04
II	25.11	15.03	94	1.10	30.04
III	4.12	03.03	77	15.10	24.04
IV	13.12	04.03	70	14.10	16.04
V	22.12	23.02	55	18.10	13.04
VI	01.01	22.02	32	1.11	13.04

Mapa stref rozpoczęcia sezonu zimowego w Polsce według Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej



Wymagania z zachowaniem zasad normy PN-EN 13877-2 dla nawierzchni z kruszywem odkrytym zlokalizowanych w poszczególnych strefach przedstawione są w Tabeli 23.

Tabela 23. Kryteria zgodności do oceny odporności betonu górnej warstwy nawierzchni z „odkrytym kruszywem” na cykliczne zamrażanie - odmrażanie przy udziale soli odladzającej

L.p.	Lokalizacja nawierzchni betonowej z „odkrytym kruszywem”	Ubytek masy po 28 cyklach ( $m_{28}$ )	Ubytek masy po 56 cyklach ( $m_{56}$ )	Stopień ubytku $m_{56}/m_{28}$
1	nawierzchnia betonowa w strefie I÷II	wartość średnia $\leq 0,2 \text{ kg/m}^2$ , przy czym żaden pojedynczy wynik $> 0,4 \text{ kg/m}^2$	wartość średnia $\leq 0,4 \text{ kg/m}^2$ przy czym żaden pojedynczy wynik $> 0,8 \text{ kg/m}^2$	brak wymagań
2	nawierzchnia betonowa w strefie III÷VI	wartość średnia $\leq 0,250 \text{ kg/m}^2$ , przy czym żaden pojedynczy wynik $> 0,5 \text{ kg/m}^2$	wartość średnia $\leq 0,50 \text{ kg/m}^2$ , przy czym żaden pojedynczy wynik $> 1,0 \text{ kg/m}^2$	$\leq 2$



#### **5.4.2.6. CHARAKTERYSTYKA PORÓW POWIETRZNYCH W BETONIE**

Charakterystykę porów powietrznych w betonie wykonuje się wg PN-EN 480-11 na próbkach o wymiarach 100x150x40 mm lub 100x100x20 mm, wyciętych z kostek formowanych o boku  $a=150$  mm lub zgodnie z Instrukcją - Załącznikiem 3 dla próbek z odwiertów rdzeniowych o średnicy  $\Phi=150$  mm.

Wymagania funkcjonalne nawierzchni betonowej dotyczące charakterystyki porów powietrznych w stwardniałym betonie należy przyjmować wg Tabeli 14 pkt. 6.

#### **5.4.2.7. BADANIE ODPORNOŚCI NA WNIKANIE BENZYNY I OLEJU.**

Badanie odporności na wnikanie benzyny i oleju wykonuje się wg PN-EN 13877-2 Zał. B.

na próbkach sześciennych o boku  $d=150$  mm. Wymaganie przedstawiono w Tabeli 10, które odnosi się tylko do nawierzchni betonowych o wysokim ryzyku pojawiania się na nich paliwa lub oleju np. punkty poboru opłat, parkingi, miejsca obsługi podróżnych.

#### **5.4.2.8. BADANIE ODPORNOŚCI BETONU NA DZIAŁANIE MROZU**

Badanie odporności betonu na działanie mrozu należy zgodnie z PN-B-06265, po 150 cyklach zamrażania/odmrażania, na próbkach o wymiarach sporządzonych i pielęgnowanych wg w/w normy. Wyniki badań powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w Tabeli 14.

#### **5.4.2.9. GRUBOŚĆ NAWIERZCHNI**

Pomiar grubości nawierzchni wykonuje się w trakcie wykonywania nawierzchni oraz na próbkach odwierconych o średnicy  $d=100$  mm.

Grubość jest określona jako średnia arytmetyczna z poszczególnych odwierconych próbek w badanej lokalizacji. Żaden wynik pomiaru grubości odwiertu nie powinien być mniejszy niż wartość projektowana minus wartość 5 mm, dla kategorii T5 (wg normy PN-EN 13877-2 Tabela 4). Dla nawierzchni betonowej o zbrojeniu ciągłym (NBZC), żaden wynik pomiaru grubości odwiertu nie powinien być mniejszy niż wartość projektowana minus wartość 5 mm i nie większa niż zaprojektowana plus 10 mm.

W przypadku nawierzchni betonowej wykonanej w:

- układzie dwuwarstwowym - w technologii „mokre na mokre” górna warstwa o grubości 9-10 cm, pozostała grubość przypisana jest warstwie dolnej,
- układzie dwuwarstwowym z odkrytym kruszywem w technologii „mokre na mokre” górna warstwa o grubości 4-5 cm, pozostała grubość przypisana jest warstwie dolnej.

W przypadku zastosowania technologii NGCS dla teksturowania nawierzchni nowo wykonanych zaleca się, aby dla nawierzchni dwuwarstwowch górna warstwa nawierzchni (GWN) miała 9-10 cm grubości. Ze względu na późniejsze, kolejne zastosowania technologii NGCS na tej samej nawierzchni, już na etapie projektowania konstrukcji nawierzchni, grubość płyty betonowej należy powiększyć o 1 cm w stosunku do rozwiązań KTKNS lub w stosunku do indywidualnie zaprojektowanego projektu konstrukcji nawierzchni.

#### **5.4.2.10. POŁĄCZENIE MIĘDZY WARSTWAMI**

Połączenie pomiędzy dwoma warstwami powinno zostać oznaczone zgodnie z EN-PN 13863-2. Wartość wytrzymałości charakterystycznej połączenia powinna wynosić min. 1,0 MPa. Badanie





należy wykonać na próbkach pobranych z miejsc, w których była zatrzymana maszyna układająca, na czas dłuższy niż 30 minut.

## 5.5. Warunki przystąpienia do robót

### 5.5.1. PRZYGOTOWANIE PODŁOŻA

Bezpośrednim podłożem nawierzchni betonowej jest warstwa przeciwoerozyjna (warstwa poślizgowa (pkt.2.8) ułożona na podbudowie z kruszywa związanego hydraulicznie.

Można również podbudowę wykonać z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie i wówczas nie stosuje się warstwy poślizgowej.

Przy nawierzchniach o zbrojeniu ciągłym, na podbudowach układa się warstwę przeciwoerozyjną tylko z betonu asfaltowego.

Podbudowa powinna być szersza od układanej nawierzchni o szerokość pozwalającą na poruszanie się po niej zespołu maszyn wbudowujących mieszankę. Warstwa poślizgowa z geowłókniny, powierzchniowego utrwalenia powinna być szersza o min 2 x15 cm od układanej nawierzchni jezdni.

Podbudowa powinna być wykonana wg wymagań i zasad określonych w odrębnie napisanych specyfikacjach.

Przed ułożeniem warstwy poślizgowej, Inżynier powinien dokonać odbioru podbudowy która powinna być czysta, równa oraz sucha (dotyczy warstwy powierzchniowego utrwalenia) i przy braku zastrzeżeń, wydać Wykonawcy pozwolenie na ułożenie warstwy poślizgowej.

Jedną ze stosowanych rodzajów warstw poślizgowych jest geowłóknina, która powinna być:

- a. układana mechanicznie (rozwijana z wałka zamocowanego na ciągniku),
- b. po odpowiednim naciągnięciu, przymocowana do podłoża za pomocą gwoździ z podkładkami,
- c. zroszona wodą, przed wbudowywaniem mieszanki betonowej,
- d. złączona podłużnie i poprzecznie na zakładkę przy zakładach nie mniejszych niż 15 cm, a ilość warstw łączona jednym gwoździem, nie może być większa niż trzy. Po ułożeniu i zamocowaniu, geowłóknina nie może być:
- e. zdeformowana (pozagniatana, pofalowana),
- f. uszkodzona (porozrywana) przez koła samochodów transportowych dowożących mieszankę. Dopuszcza się bardzo wolny ruch pojazdów, bez gwałtownych skrętów mogących spowodować zerwania i sfalowania geowłókniny.

### 5.5.2. PRÓBA TECHNOLOGICZNA

Warunkiem przystąpienia Wykonawcy do Robót, jest wykonanie (z odpowiednim wyprzedzeniem) próby technologicznej na odcinku próbnym dla sprawdzenia:

- przygotowania Wykonawcy do procesu układania nawierzchni betonowej w zakresie sprawności: sprzętu, maszyn, transportu, wytwórni betonu;
- prawidłowości przygotowania procesu technologicznego budowy nawierzchni;
- parametrów betonu wyprodukowanego w wytwórni betonu.

Po odebraniu przez Inżyniera wytwórni mieszanek betonowych oraz po zaakceptowaniu przez niego zgłoszonych maszyn i urządzeń do wykonywania nawierzchni betonowej, a także po zatwierdzeniu recepty, Wykonawca zgłasza gotowość wykonania odcinka próbnego nawierzchni betonowej, proponując termin i lokalizację. Po zaakceptowaniu zgłoszenia, Inżynier/Inspektor Nadzoru przekazuje informacje do Laboratorium Zamawiającego, które powinno być obecne przy próbie technologicznej w celu pobrania próbek do przeprowadzenia wszystkich badań mieszanki i cech fizycznych stwardniałego betonu (jak przy sprawdzaniu projektu recepty). Wyniki z tych badań powinny być zgodne z wynikami uzyskanymi podczas sprawdzania recepty i wymaganiami specyfikacji. Ponadto, na wykonanej nawierzchni, Laboratorium Zamawiającego w obecności Inżyniera/Inspektora Nadzoru i Wykonawcy powinno przeprowadzić m.in. badania:

- a. na odcinku próbnym o długości pozwalającym na wykonanie poniższych badań,





- równość podłużną i poprzeczną,
- głębokość makrotekstury, na odcinku próbnym o długości pozwalającym na wykonanie poniższych badań
- współczynnik tarcia,
- grubość,

Długość odcinka próbnego Wykonawca ma uzgodnić z Zamawiającym.

Wszystkie wyniki badań i pomiarów zbiera Inżynier i po ich analizie wydaje zgodę na wykonywanie nawierzchni na ciągu głównym lub nie wydaje zgody i wówczas Wykonawca jest zobowiązany wykonać próbę jeszcze raz z uwzględnieniem uwag Inżyniera a wykonany odcinek rozebrać na własny koszt.

Na odcinku próbnym Wykonawca powinien użyć materiałów oraz sprzętu do wytworzenia mieszanki betonowej i jej rozkładania, jak na ciągu docelowym.

### 5.5.3. ORGANIZACJA PRODUKCJI MIESZANKI BETONOWEJ

Mieszanka betonowa przeznaczona do budowy nawierzchni drogowych powinna być wytwarzana w wytwórniach betonu o wydajnościach zapewniających ciągłość produkcji i potrzeby danej budowy.

Wytwórnia betonu powinna posiadać odpowiednie zaplecze produkcyjne, m.in.:

- plac o nawierzchni utwardzonej;
- zasieki dla każdej frakcji kruszywa (z oznakowaniem frakcji na tabliczkach) oraz z zabezpieczeniem uniemożliwiającym wzajemne mieszanie się kruszyw;
- zasobniki (silosy) do przechowywania cementu; □ transport wewnętrzny.

Odległość węzła betoniarskiego od miejsca wbudowania mieszanki betonowej musi być jak najmniejsza gdyż łączny czas: produkcji, dostawy i wbudowania nie może być dłuższy od czasu początku wiązania cementu.

### 5.5.4. TECHNOLOGIA PRODUKCJI MIESZANKI BETONOWEJ

Czas mieszania w mieszalnikach o mieszanii wymuszonym powinien wynosić, co najmniej 45 sekund i zapewnić jednorodność i stabilność urabialności mieszanki betonowej. W przypadku stosowania domieszki uplastyczniającej lub upłynniającej należy przestrzegać właściwej kolejności dozowania. Kolejność i moment dozowania domieszek należy ustalić doświadczalnie w Laboratorium, podczas wykonywania zarobów próbnych i zgodnie z zaleceniami producenta. Recepta powinna być korygowana na bieżąco o wartości wilgotności kruszyw. Producent betonu powinien zapewnić niezbędną obsługę laboratoryjną do weryfikacji wilgotności kruszyw minimum raz na dobę dla produkcji nieciągłej i minimum dwa razy na dobę dla produkcji ciągłej. Wskazania automatycznych higrometrów będących na wyposażeniu węzłów betoniarskich należy traktować orientacyjnie.

Do wytwarzania betonu nie dopuszcza się cementu o temperaturze wyższej niż 80°C.

Wytwórnia musi wyprodukować, a samochody muszą przewieźć na miejsce wbudowywania taką ilość mieszanki by maszyna układająca nawierzchnię mogła pracować bez zatrzymań na każdej dziennej działce. Każde zatrzymanie maszyny skutkuje powstaniem nierówności podłużnej.

Stosowany na wytwórni system kontroli produkcji mieszanki betonowej, powinien być zgodny z wymaganiami normy PN-EN 206 oraz rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17.11.2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. poz.196 z późniejszymi zmianami).

### 5.5.5. WARUNKI POGODOWE

Nawierzchnie betonowe powinny być wykonywane w temperaturze powietrza nie niższej niż +5°C i nie wyższej od +25°C (w ciągu całej doby). Dopuszcza się wykonywanie nawierzchni betonowej w temperaturze powyżej +25°C pod warunkiem, że temperatura mieszanki betonowej nie przekroczy +30°C.



W przypadkach koniecznych dopuszcza się wykonywanie nawierzchni betonowej w temperaturze powietrza poniżej  $+5^{\circ}\text{C}$  pod warunkiem stosowania zabiegów specjalnych pozwalających na utrzymanie temperatury mieszanki betonowej powyżej  $+5^{\circ}\text{C}$  przez okres, co najmniej 3 dni. Przy temperaturze powietrza poniżej  $-3^{\circ}\text{C}$  betonowanie należy przerwać. Betonowania nie należy wykonywać podczas opadów deszczu. Dopuszczalny zakres temperatury mieszanki betonowej i temperatury powietrza przedstawiono w Tabeli 24.

Tabela 24. Dopuszczalny zakres temperatur dla wykonywania nawierzchni betonowych

Temperatura powietrza $t_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Temperatura układanej mieszanki betonowej $t_b$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Uwagi
$+5 < t_p \leq +25$	$+5 \leq t_b \leq +30$	dopuszcza się prowadzenie robót
$+25 < t_p < +30$	$t_b \leq +30$	dopuszcza się przy zastosowaniu zabiegów specjalnych
$t_p < -3$	$t_b < +5$	nie dopuszcza się betonowania
$t_p < -3$	$t_b > +30$	nie dopuszcza się betonowania

### 5.5.6. TRANSPORT MIESZANKI BETONOWEJ

Transport mieszanki betonowej powinien odbywać się samochodami ze skrzyniami stalowymi. Nie należy stosować samochodów ze skrzyniami aluminiowymi, gdyż podczas transportu oraz rozładunku, starte (przez kruszywo w betonie) cząstki aluminium wchodzi w reakcję z wodorotlenkiem wapnia zawartym w betonie i wydziela się wodór, który to wywiera ciśnienie w zaprawie i przemieszcza się ku powierzchni pozostawiając kanał w świeżym betonie.

Po stwardnieniu betonu w tym miejscu pozostaje widoczne koliste wzniesienie z węglanu wapnia. To zjawisko może być powodem degradacji nawierzchni.

Czas transportu od wytwórni do miejsca jej wbudowania powinien być uzależniony od właściwości mieszanki betonowej i temperatury otoczenia.

Mieszanki betonowe o różnym składzie na górną i na dolną warstwę muszą być transportowane oddzielnymi samochodami.

Liczba środków transportowych musi zapewnić ciągłą pracę zespołu układającego mieszankę betonową. Podczas transportu i oczekiwania na rozładunek, mieszanka betonowa powinna być skutecznie zabezpieczona przed nadmierną utratą wilgotności. Wykonawca musi uzyskać akceptację Inżyniera na zgłoszone środki transportu oraz na harmonogram dostaw.

Podczas transportu, mieszanka nie może być narażona na:

- segregację składników,
- zmienność składu,
- zanieczyszczenia,
- zmianę projektowanych właściwości przy wbudowaniu.

### 5.5.7. WBUDOWYWANIE MIESZANKI BETONOWEJ

Wbudowanie mieszanki betonowej (wykonanie warstwy nawierzchniowej) można wykonać w następujących opcjach:

- a. układ jednowarstwowy
- b. układ dwuwarstwowy - stosowany w technologii „mokre na mokre”, górna warstwa o grubości 9-10 cm, pozostała grubość przypisana jest warstwie dolnej. Obie warstwy mają tą samą wytrzymałość.
- c. układ dwuwarstwowy z „odkrytym kruszywem”, układany „mokre na mokre”, górna warstwa o grubości 4 - 5 cm, pozostała grubość przypisana jest warstwie dolnej. Obie warstwy mają taką samą wytrzymałość.



Proces wbudowywania i zagęszczania (łącznie z wytworzeniem i transportem) mieszanki powinien być zakończony przed rozpoczęciem wiązania zastosowanego cementu. Po upływie tego czasu, każdy samochód z ładunkiem mieszanki musi być usunięty z budowy.

Czas ten należy ustalać na podstawie dokumentu wystawionego przez WB (węzeł betonowy) z podaną godziną załadunku, a stwierdzonym czasem rozładunku przy układaniu nawierzchni betonowej.

W każdym przypadku zatrzymania maszyny na czas dłuższy niż czas początku wiązania cementu, może nastąpić niebezpieczeństwo nieodpowiedniego połączenia ze sobą warstw i brak możliwości zagęszczenia mieszanki, więc należy w tym miejscu wyjechać maszyną i wykonać szczelinę konstrukcyjną określoną w pkt. 1.4.

Jeżeli niweleta drogi ma pochylenie podłużne większe od 4%, to należy odwrócić kierunek rozkładania mieszanki betowej - z dołu do góry w celu zapobieżenia powstaniu spękań powierzchniowych od rozciągania.

Miejsca połączeń nawierzchni betonowej z elementami infrastruktury drogowej (np.

studzienki kanalizacyjne, telefoniczne, elementy prefabrykowane, krawężnik) należy uszczelnić na całej grubości nawierzchni betonowej np.: taśmami bitumicznymi samoprzylepnymi o grubości min. 10 mm. Miejsca połączeń nawierzchni betonowej z nawierzchnią asfaltową, należy łączyć za pomocą dylatacji opisanej w pkt. 5.7.12 lub innych rozwiązań określonych w Dokumentacji projektowej.

Wbudowywanie mieszanki betonowej może odbywać się w sposób ręczny i mechaniczny.

Układanie ręczne mieszanki dopuszcza się w miejscach trudnodostępnych dla maszyn i za zgodą Inżyniera. Należy wówczas wbudowywać ją w jednej warstwie tak, by nie miała miejsca segregacja kruszywa i nie powstały strefy o nierównomiernym zagęszczeniu. Mieszanke należy zagęszczać listwami wibracyjnymi na całej szerokości płyty i wibratorami wgłębnymi w pobliżu deskowań lub krawędzi wcześniej ułożonych płyt. Wibratory te nie mogą służyć do wstępnego rozprowadzania mieszanki betonowej w obrysie deskowań.

Wymieniane płyty w ułożonej nawierzchni, należy odtworzyć w tej samej technologii.

Do mechanicznego wbudowywania mieszanki należy używać odpowiednio dobranego zestawu maszyn opisanego w pkt. 3.3.

Ruch maszyn powinien być płynny, bez zatrzymań, co zabezpiecza przed powstawaniem nierówności. Zalecana prędkość przesuwu powinna być zgodna z danymi producenta maszyny oraz otrzymanymi z odcinka próbnego.

Nawierzchnia betonowa, powinny być zazbrojone w stal w postaci dybli lub zbrojenia ciągłego. Dyble mogą być wbudowane:

- ręcznie: na kosztach,
- mechanicznie przez urządzenie znajdujące się w maszynie.

Wbudowywanie mechaniczne mieszanki odbywa się za pomocą odpowiednich zestawów maszyn:

- a. pierwsza maszyna (z zestawu) - układa mieszanke betonowa w warstwie dolnej o grubości (określonej w dokumentacji), a na jej powierzchni, urządzenie automatycznie wwibrowyduje dyble (pkt. 2.9.1) równolegle do osi jezdni - w miejscach i ilości określonej w dokumentacji, z zachowaniem tolerancji odległości między nimi  $\pm 50$  mm, przesunięcia wzdłużnego dybli względem dylatacji  $\pm 50$  mm, tolerancji głębokości  $\pm 20$  mm i tolerancją położenia  $\pm 20$  mm w płaszczyźnie (osi) pionowej i poziomej (nieosiowość pionowa i pozioma). Na powierzchni wykonanej nawierzchni w tych miejscach (nad dyblami w połowie ich długości) będą nacinane szczeliny poprzeczne skurczowe. Na poziomie dybli, wwibrowywane są również automatycznie lub ręcznie kotwy (pkt. 2.9.2) prostopadle do osi jezdni w miejscach i ilości określonej w dokumentacji, z zachowaniem tolerancji odległości między nimi  $\pm 50$  mm, przesunięcia wzdłużnego kotew względem dylatacji  $\pm 50$  mm, tolerancji głębokości  $\pm 20$  mm i tolerancją położenia  $\pm 20$  mm w płaszczyźnie (osi) pionowej i poziomej (nieosiowość pionowa i pozioma). W tych miejscach, na powierzchni górnej warstwy nawierzchni (nad kotwami w



połowie ich długości), będą nacinane szczeliny podłużne skurczowe. Zespół wibratorów układarki powinien być wyregulowany w ten sposób, by zagęszczenie masy betonowej było równomierne na całej szerokości i grubości wbudowywanego betonu. Nie wolno dopuszczać do przewibrowania mieszanki betonowej.

- b. druga maszyna (z zestawu) - układa górną warstwę nawierzchni i zawibrowuje ją oraz wstępnie wygładza ją zacieraczką. Natomiast zacieranie wykonanej powierzchni, wykonywane jest za pomocą mechanicznej listwy gładzącej (zacieraczki wzdłużnej) zamocowanej w tylnej części tej maszyny.
- c. trzecia maszyna (z zestawu) z pomostem, umożliwia ręczne poprawienie niedokładności, zatarcie powierzchni oraz za pomocą zamontowanych urządzeń spryskujących, nanosi na świeżą nawierzchnię preparaty chemiczne (opóźniające hydratację cementu lub ograniczające utratę wilgoci). Również na bieżąco, po przesunięciu szalunku ślizgowego, muszą być zacierane i uzupełniane boczne powierzchnie nawierzchni po pojawiających się rakach, ubytkach, dziurach. W tym czasie, też należy obserwować, czy nie opada krawędź boczna nawierzchni. W przypadku zaistnienia zjawiska opadania krawędzi, należy wstrzymać układanie nawierzchni, zebrać i wywieźć mieszankę rozładowaną w miejscu układania i zastąpić ją nową o właściwej konsystencji, przy której krawędź nie opada. Deski szalunku ślizgowego powinny być tak ustawione, by ich płozy (dolne krawędzie) ślizgały się po powierzchni warstwy poślizgowej. Na zakończenie każdej działki roboczej (na całej szerokości układanego przekroju poprzecznego), ułożony beton powinien być zabezpieczony (przed osiadaniem krawędzi poprzecznej) belką drewnianą o wymiarach równych grubości nawierzchni. Można też po wyjeździe maszyny i stwardnieniu betonu, odciąć poprzecznie tę część ułożonej nawierzchni, która nie spełnia parametrów tj. grubości i spadków poprzecznych i zbędny beton usunąć. W obu przypadkach w powstałej ścianie poprzecznej (czołowej) należy wywiercić otwory o średnicy odpowiadającej grubości dybli i głębokości równej połowie ich długości. W wywiercone otwory należy wkleić na trwale dyble.

#### **5.5.7.1. WBUDOWANIE MIESZANKI BETONOWEJ W WARUNKACH ODBIEGAJĄCYCH OD PRZECIĘTNYCH**

Do warunków odbiegających od przeciętnych podczas realizacji robót należy zaliczyć:

- warunki obniżonej temperatury, gdy temperatura powietrza wynosi poniżej +5oC,
- warunki podwyższonej temperatury, gdy temperatura powietrza wynosi powyżej +25oC,
- warunki niskiej wilgotności powietrza, gdy wilgotność względna powietrza wynosi poniżej 50%,
- warunki deszczowe.

Temperatura mieszanki betonowej w okresie między jej przygotowaniem i wbudowaniem nie może być niższa niż +5oC lub wyższa niż +30oC.

#### **5.5.7.2. REALIZACJA ROBÓT W WARUNKACH OBNIŻONEJ TEMPERATURY**

Realizacja robót betonowych w obniżonych temperaturach w przedziale 0°C ÷ +5°C jest dopuszczalna w przypadku konieczności dokończenia istotnych fragmentów robót i jest pewność, że taka temperatura utrzyma się przez trzy kolejne dni. Wymaganą wytrzymałość beton powinien osiągnąć przez zachowanie ciepła uzyskanego podczas podgrzewania składników mieszanki betonowej (kruszywo, woda) oraz ciepła technologicznego wydzielonego w procesie wiązania i twardnienia. Konieczna w tym przypadku jest staranna ochrona mieszanki betonowej przed utratą ciepła w okresie jej przygotowania, transportu, układania, wiązania i twardnienia do czasu uzyskania przez beton wytrzymałości zapewniającej odporność na działanie mrozu.

Można też podjąć specjalne środki zabezpieczające tj.:

- zwiększenie zawartości cementu (w następstwie zwiększa się ryzyko spękań w wyniku skurczu),
- zastosowanie cementu o wyższej wytrzymałości wczesnej,
- podgrzewanie dodawanej wody lub podgrzewanie kruszywa do betonu.



Dodawaną wodę o temperaturze przekraczającej 70°C, należy mieszać z kruszywem przed dodaniem cementu w taki sposób, aby nie wywołać szoku termicznego kruszywa.

#### **5.5.7.3. REALIZACJA ROBÓT W WARUNKACH PODWYŻSZONEJ TEMPERATURY**

Budowa nawierzchni betonowych powinna być wykonywana w temperaturach otoczenia nie wyższych niż +25°C. W przypadku wystąpienia wyższej temperatury należy stosować zabiegi obniżające temperaturę mieszanki betonowej z jednoczesnym schłodzeniem podłoża.

Możliwym rozwiązaniem jest prowadzenie robót betonowych w innych porach doby. W każdych warunkach powierzchnia betonu powinna być zabezpieczona przed nadmiernym nasłonecznieniem. Temperatura mieszanki betonowej przed wbudowaniem nie może przekroczyć +30°C.

#### **5.5.7.4. REALIZACJA ROBÓT W WARUNKACH NISKIEJ WILGOTNOŚCI POWIETRZA**

W przypadku zaistnienia podczas betonowania nawierzchni zjawiska niskiej wilgotności powietrza należy zabezpieczyć powierzchnię preparatem pielęgnującym o wysokim współczynniku blokady i rozważyć dodatkowe zabezpieczenie betonu; folią, geowłókniną i dodatkowym skrapianiem wodą w ciągu doby. W przypadku przykrywania folią nawierzchni podczas jej układania, nie zachodzi konieczność wykonywania dodatkowych zabezpieczeń.

#### **5.5.7.5. REALIZACJA ROBÓT W WARUNKACH OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH**

W czasie wystąpienia opadów atmosferycznych należy wstrzymać realizację robót układania nawierzchni. Każda ilość wody z opadów, wpłynie niekorzystnie na konsystencję mieszanki betonowej. Ponadto, niezabezpieczona ułożona nawierzchnia ulegnie uszkodzeniu. W przypadku zaistnienia uszkodzenia, odpowiedni fragment ułożonej nawierzchni należy jak najszybciej rozebrać i ponownie odbudować na koszt Wykonawcy.

### **5.6. Tekstutowanie nawierzchni**

Tekstutowanie ma na celu wykonanie powierzchni o takiej makroteksturze, która poprawia bezpieczeństwo ruchu (szczególnie w czasie opadów deszczu), a także zapewnia właściwy poziom akustyczny nawierzchni.

Teksturę powierzchni jezdnej można wykonać niżej przedstawionymi metodami:

- ciągniętej sztucznej trawy,
- przecierania świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką (w kierunku prostopadłym do osi jezdni;
- wykonania GWN w technologii kruszywa odkrytego,
- podłużnego szlifowania i nacinania nawierzchni wg. technologii NGCS (G&G).

Na drogach o kategorii ruchu KR5+KR7 w przypadku wykonania tekstury metodą kruszywa odkrytego świeżo ułożona powierzchnia nawierzchni, musi być pokryta środkiem chemicznym opóźniającym hydratację cementu. Następnie po upływie odpowiedniego czasu (w zależności od temperatury otoczenia) i przeprowadzaniu prób, niezwiązana zaprawa cementowa musi być usunięta i tym samym zostanie odsłonięte kruszywo w celu uzyskania wymaganej makrotekstury. Wskazaniem jest dodać do opóźniacza kolorowego pigmentu, w celu ułatwienia wizualnej kontroli pokrycia nim powierzchni a podczas odsłaniania - głębokości powstającej makrotekstury.

Preparat chemiczny, powinien być dozowany metodą równomiernego rozpylania na całym przekroju poprzecznym w ilości zapewniającej niezwiązanie zaprawy na wymaganą głębokość. Niedopuszczalny jest jego wyciek z dysz powodujący powstawianie kałuż, które powodują niezwiązanie zaprawy na głębokość większą niż wymagana, a podczas usuwania zaprawy, powstają wgłębienia w nawierzchni wymagające zastosowania programu naprawczego.



W przypadku stosowania preparatu o kompleksowym działaniu (połączenie funkcji środka opóźniającego oraz zabezpieczającego przed utratą wilgoci o współczynniku zamykania wynoszącym min. 90%), nie ma konieczności dodatkowego zabezpieczenia świeżo ułożonej nawierzchni środkiem hydrofobowym, przed usunięciem niezwiązanej zaprawy.

Zaprawę można usuwać jednym z niżej wymienionych sposobów:

- za pomocą szczotki mechanicznej z włosia stalowo-polipropylenowego zamocowanej w urządzeniu z możliwością regulacji nacisku, zawieszanej na nośniku z możliwością regulowania wysokości;
- za pomocą specjalistycznego samochodu podającego wodę pod wysokim ciśnieniem. W miejscach, w których nie uzyskano wymaganej głębokości tekstury, można ją poprawić metodą: śrutowania (materiałem są kulki stalowe), piaskowania (materiałem jest piasek), wodą pod wysokim ciśnieniem.

W przypadku zastosowania preparatu tylko opóźniającego hydratację cementu, natychmiast po jego naniesieniu, powierzchnia powinna być przykryta folią polietylenową (o gramaturze 130) rozwijaną z wałka zamontowanego na maszynie wykańczającej. Folia powinna być dociskana do układanej powierzchni, za pomocą ciągniętej sztucznej trawy zamocowanej na tej samej maszynie.

Rozłożona folia powinna być zdejmowana w trakcie usuwania zaprawy.

W obu wyżej opisanych przypadkach, bezpośrednio po usunięciu niezwiązanej zaprawy, na powierzchnię należy nanieść środek do pielęgnacji, zapobiegający nadmiernemu odparowaniu wilgoci z betonu o współczynniku zamykania nie mniejszym niż 85%, przez okres min. 7 dni.

Folia może być również używana w celu zabezpieczenia ułożonej nawierzchni przed:

- szybkim odparowaniem wody (zwłaszcza przy wysokich temperaturach powietrza),
- opadami deszczu,
- niekontrolowanym wejściem ludzi.

## 5.7. Przygotowanie stali do zbrojenia ciągłego

### 5.7.1. CZYSTOŚĆ POWIERZCHNI ZBROJENIA

Pręty i walcówki przed ich użyciem do zbrojenia konstrukcji należy oczyścić z zendry, luźnych płatków rdzy, kurzu i błota.

Pręty zbrojenia zanieczyszczone tłuszczem (smary, oliwa) lub farbą olejną należy opalać np. lampami lutowniczymi aż do całkowitego usunięcia zanieczyszczeń.

Czyszczenie prętów powinno być dokonywane metodami niepowodującymi zmian we właściwościach technicznych stali, ani późniejszej ich korozji.

### 5.7.2. PRZYGOTOWANIE ZBROJENIA

Pręty stalowe użyte do wykonania wkładek zbrojeniowych powinny być wyprostowane. W przypadku stwierdzenia krzywizn w prętach stali zbrojeniowej należy ją prostować. Cięcie i gięcie stali zbrojeniowej należy wykonywać mechanicznie.

Haki, odgięcia prętów, złącza i rozmieszczenie zbrojenia należy wykonywać wg Dokumentacji projektowej z równoczesnym zachowaniem postanowień normy PN-91/S-10042.

### 5.7.3. MONTAŻ ZBROJENIA

Montaż zbrojenia bezpośrednio w deskowaniu zaleca się wykonywać przed ustawieniem szalowania bocznego. Montaż zbrojenia płyt należy wykonywać bezpośrednio w deskowaniu wg oznaczonego rozstawu prętów. Dla zachowania właściwej grubości otulin należy układać w deskowaniu zbrojenie podpierając podkładkami betonowymi lub z tworzyw sztucznych o grubości równej grubości otulenia.

Szkielety płaskie i przestrzenne po ich ustawieniu i ułożeniu w deskowaniu należy łączyć przez spawanie (zgodnie z rysunkami roboczymi).



Łączenie prętów należy wykonywać zgodnie z postanowieniami normy PN-91/S-10042. W przypadku łączenia prętów podłużnych schodkowo, należy przestrzegać zasady, że w przekroju poprzecznym nie może być łączonych więcej niż 1/3 prętów. Do zgrzewania, spawania prętów mogą być dopuszczeni jedynie pracownicy wykwalifikowani, mający odpowiednie uprawnienia.

Skrzyżowania prętów należy wiązać drutem miękkim, spawać lub łączyć specjalnymi zaciskami. Skrzyżowanie zbrojenia płyt należy wiązać, zgrzewać lub spawać: • w dwóch rzędach prętów skrajnych - każde skrzyżowanie, • w pozostałych rzędach - co drugie w szachownicę.

Zamknięcia strzemion należy umieszczać na przemian. Przy stosowaniu spawania skrzyżowań prętów i strzemion, styki spawania mogą się znajdować na jednym przęcie.

Liczba uszkodzonych skrzyżowań w dostarczonych na budowę siatkach lub szkieletach płaskich nie powinna przekraczać 4 w stosunku do wszystkich skrzyżowań w siatce lub szkielecie płaskim. Liczba uszkodzonych skrzyżowań na jednym przęcie nie powinna przekraczać 25 % ogólnej ich liczby.

## 5.8. Nacinanie szczelin

W nawierzchniach betonowych stosuje się system szczelin. Ze względu ich usytuowanie, szczeliny dzielą się na podłużne i poprzeczne. Ich wykonanie w nawierzchni, musi być zgodne z planem ich rozmieszczenia opracowanym przez Projektanta i zamieszczonym w Dokumentacji projektowej.

Pły przeznaczane do cięcia szczelin w betonie, muszą być wyposażone w automatyczne odsysanie szlamu powstałego podczas cięcia na mokro i jego odprowadzenie rurami, poza krawędzie jezdni. Krawędzie szczelin w czasie drugiego cięcia powinny być sfazowane na głębokość  $\leq 3$  mm.

### 5.8.1. SZCZELINY POPRZECZNE

Rodzaje i rozmieszczenie szczelin w nawierzchni powinno być zgodne z dokumentacją projektową. W nawierzchni betonowej są stosowane następujące rodzaje szczelin:

- - Szczeliny skurczowe pozorne - dyblowane.

Nacięcia szczelin pozornych należy wykonywać w miejscu wbetonowanych dybli stalowych fi.32mm o długości min. 70cm ze stali St3SY w rozstawie 35cm. Dyble muszą być wykonane z prętów bez karbów i innych nierówności i powleczone elastyczną, odporną na korozję powłoką polimerową grub. min.0,3mm. Dyble powinny spoczywać w trakcie betonowania na stalowych koziołkach wg projektu.

Szczeliny dylatacyjne należy wykonać zgodnie z dokumentacją projektową

Wytrzymałość betonu na ściskanie w momencie nacinania powinna wynosić od 8 do 10 MPa. Orientacyjny czas rozpoczęcia nacinania szczelin w zależności od temperatury powietrza podano w tabelicy 25

Drugie cięcie poszerzające wykonuje się szer. 0,8cm na głęb. 3-4cm . Szczeliny należy wypełnić masą zalewową.

- Szczeliny pełne (rozszerzania) należy wykonać podczas betonowania poprzez wstawienie w to miejsce płyty pilśniowej impregnowanej o szerokości 2,0cm na pełną grubość płyty. Po zaschnięciu betonu płytę pilśniową należy całkowicie usunąć.

Przed betonowaniem, w miejscu szczelin rozszerzania należy ustawić na konstrukcji podtrzymującej dyble stalowe fi.25mm o długości min.60cm ze stali St3SY 35cm.

Po osiągnięciu przez beton wytrzymałości 10 MPa płytę pilśniową na całkowicie usunąć i wypełnić wkładką ściśliwą i uszczelnić masą zalewową.

Orientacyjny czas rozpoczęcia nacinania szczelin skurczowych w zależności od temperatury powietrza podano w Tabeli 25.



Tabela 25. Czas rozpoczęcia nacinania szczelin

Średnia temperatura powietrza w °C	5	od 5 do 15	od 15 do 25	od 25 do 30
Ilość godzin od ułożenia mieszanki do osiągnięcia przez beton wytrzymałości 10 MPa	od 20 do 30	od 15 do 20	od 10 do 15	od 6 do 10

### 5.8.2. SZCZELINY W NAWIERZCHNI O ZBROJENIU CIĄGŁYM

Rozstaw szczelin podłużnych w nawierzchni o zbrojeniu ciągłym jest podobny do określonego w pkt 5.8.1, natomiast nie wykonuje się szczelin poprzecznych.

Szczeliny podłużne należy usytuować pomiędzy prętami zbrojącymi podłużnie. Niedopuszczalne jest pokrywanie się szczelin z przebiegiem prętów.

Nacięcia w nawierzchni o zbrojeniu ciągłym, ze względu na otulinę prętów wykonuje się na głębokość:

- pierwsze cięcie na głębokość 7 cm,
- drugie cięcie poszerzające - na głębokość 2,7cm.

## 5.9. Wypełnianie szczelin

### 5.9.1. CZYSZCZENIE I SUSZENIE SZCZELIN

Przed wypełnieniem, szczeliny należy dokładnie oczyścić z zanieczyszczeń obcych, a zwłaszcza z kruszywa, które z powodu zalegania w szczelinie jest częstą przyczyną pękania płyt. Do czyszczenia należy stosować szczotki mechaniczne tarczowe o wymiarach tarczy dostosowanej do szerokości i głębokości szczeliny. Pozostały pył należy wydmuchać za pomocą sprężonego powietrza. Po oczyszczeniu ściany szczelin powinny być suche i czyste.

W przypadku zawilgocenia szczeliny, np. po porannym zaleganiu mgły lub opadach deszczu, szczeliny należy wysuszyć i wygrzać przy zastosowaniu lancy z gorącym powietrzem.

Po wewnętrznym oczyszczeniu szczeliny, po obu jej stronach na szerokości min.

1,0 m, powierzchnia jezdni powinna być zamieciona.

Bezpośrednio przed wypełnianiem, należy sprawdzić:

- wizualnie wilgotność elementów uszczelnianych (ścianki szczeliny i jej dno powinny być suche),
- dokładnie oczyszczenie nawierzchni i usunięcia z niej przeszkód (np. materiałów, sprzętu),
- czy jest wstrzymany ruch pojazdów i praca jakiegokolwiek innego sprzętu.

Szczeliny poprzeczne należy wypełniać:

- a. wkładkami uszczelniającymi lub
- b. masą zalewową na zimno lub na gorąco, Szczeliny podłużne należy wypełniać masą zalewową na zimno lub na gorąco.

### 5.9.2. WYPEŁNIANIE WKŁADKAMI USZCZELNIAJĄCYMI

Szczeliny poprzeczne można wypełnić profilami elastycznymi gumowymi (zamkniętymi lub otwartymi) odpowiednio ściśle i szczelnie dopasowanymi do szerokości szczelin, przez ich wciśnięcie, po uprzednim wypełnieniu szczeliny podłużnej. Profile powinny być wykonane z gumy odpornej na działanie:

- wysokich i niskich temperatur,
- środków odładzających,
- promieni UV,
- paliw i olejów samochodowych.





Na całej szerokości jezdni w szczelinę powinien być wciśnięty jeden ciągły kawałek profilu. Każdy profil (w swej dolnej części) powinien posiadać zamontowaną linkę służącą do wyciągania profilu ze szczeliny w przypadku wymiany.

Zaproponowane przez Wykonawcę profile, powinien zaakceptować Inżynier/Inspektor Nadzoru. Nie używa się profili do szczelin podłużnych ze względu na niebezpieczeństwo wyssania ich przez koła samochodów.

### **5.9.3. WYPEŁNIANIE MASAMI ZALEWOWYMI**

#### **5.9.3.1. Gruntowanie szczelin**

Jeśli wymaga tego producent masy zalewowej (po dokładnym oczyszczeniu), boczne ścianki szczelin powinny być zagruntowane gruntownikiem (roztworem środka zwiększającego przyczepność). Gruntować należy tylko ścianki szczelin przewidziane do wypełnienia w ciągu jednego dnia pracy.

Po odparowaniu rozpuszczalnika z gruntownika (co zwykle występuje po 15 do 30 min), można przystąpić do wypełnienia szczelin.

#### **5.9.3.2. Warunki atmosferyczne**

Roboty związane z wypełnieniem szczelin masami zalewowymi na gorąco należy wykonywać przy braku opadów i w warunkach atmosferycznych określonych w aprobacie technicznej i wskazaniach producenta (przeważnie gdy temperatura otoczenia i podłoża nie jest niższa niż + 5°C i nie wyższa niż +40°C). Dopuszcza się zalewanie szczelin masą na gorąco w temperaturze poniżej 5°C, za zgodą Inżyniera, pod warunkiem wysuszenia i wygrzania szczelin laną gorącego powietrza. Nie zaleca się wypełniania szczelin zalewą w czasie silnych wiatrów ( $V > 16$  m/s).

#### **5.9.3.3. Wypełnienie dolnej części szczeliny**

W dolnej części szczeliny (na jej dnie) należy ułożyć metodą wciśnięcia sznur uszczelniający (kord) lub wałeczek z pianki poliuretanowej o średnicy większej od 20% do 25% od szerokości szczeliny. Po wypełnieniu jej dolnej części szczeliny, głębokość do wypełnienia masą zalewowa powinna wynosić nie mniej niż 17 mm.

#### **5.9.3.4. Przygotowanie masy zalewowej**

Masę zalewową na gorąco rozgrzewa się w odpowiednich kotłach (zgodnie z zaleceniami producenta), do uzyskania stanu płynnego, który jest przeważnie osiągany w temperaturze od 150 do 180°C. Masy nie wolno przegrzewać, gdyż może ulec zniszczeniu lub stracić elastyczność. Należy unikać wielokrotnego rozgrzewania tej samej porcji masy. Należy rozgrzewać jej tyle, aby ją całkowicie zużyć i nie pozostawiać w zbiorniku po skończonej pracy.

#### **5.9.3.5. Wprowadzanie masy zalewowej do szczelin**

Po uzyskaniu odpowiedniej konsystencji (określonej przez producenta) mas zalewowych na zimno lub na gorąco, wprowadza się je w szczelinę grawitacyjnie lub pod ciśnieniem przy pomocy węża z odpowiednią końcówką. Normalnie szczeliny zalewa się jednorazowo. W przypadku większych głębokości niż 17 mm lub na pochyłych powierzchniach, można wykonywać zalewanie w dwóch warstwach. Powierzchnia masy po pierwszym zalaniu nie może być zanieczyszczona. Masa w szczelinie powinna tworzyć menisk wklęsły 3 do 5 mm. Masa powinna mieć bardzo dobrą adhezję do ścianek szczeliny, a zerową do dna szczeliny czyli podparcia w postaci kordu lub wałeczka poliuretanowego. Przed przystąpieniem do wypełniania szczeliny zaleca się zabezpieczyć powierzchnię wzdłuż szczelin przed zabrudzeniem, np. przez naklejenie na niej taśmy samoprzylepnej wzdłuż krawędzi szczeliny. Ewentualny nadmiar masy lub powstałe zabrudzenia należy usunąć z nawierzchni przy pomocy odpowiednich narzędzi wskazanych przez producenta.

### **5.10. Wykonanie dylatacji bitumicznej szczelnej**

Dylatacje asfaltowe stosuje się na połączeniach nawierzchni betonowej z nawierzchnią asfaltową.

#### **5.10.1. ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE**

Przed przystąpieniem do robót należy, na podstawie Dokumentacji projektowej, ST lub wskazań Inżyniera/Inspektora Nadzoru :



- ustalić materiały niezbędne do wykonania robót,
- określić kolejność, sposób i termin wykonania robót,
- wytyczyć przebieg dylatacji,
- wykonać koryto pod dylatację.

Przed przystąpieniem do robót, Wykonawca powinien przedłożyć Inżynierowi:

- dokumenty dopuszczające wyrób budowlany do obrotu i powszechnego stosowania,
- deklaracje zgodności z dokumentami odniesienia, aprobaty techniczne,
- wyniki przeprowadzonych badań.

### 5.10.2. WYCIECIE KORYTA DYLATACJI

Szerokość i kształt koryta w przekroju poprzecznym nawierzchni asfaltowej, powinien być zgodny z Dokumentacją projektową, jak również z zaleceniami producenta uwzględniającymi dobór tych parametrów w zależności od konstrukcji nawierzchni oraz długości płyt betonowych. Do wycięcia koryta konieczne jest użycie piły mechanicznej i młotów pneumatycznych. Z wnętrza koryta należy usunąć nawierzchnię bitumiczną na niezbędną wymaganą głębokość. Niedopuszczalne jest przy tym uszkodzenie więcej niż 5% powierzchni pionowych koryta. Koryto powinno być wykonane z dokładnością  $\pm 2$  cm. Jeżeli projekt roboczy zakłada wykonanie odsadzek nawierzchni, powinny być one usytuowane na poziomie połączenia warstwy ścieralnej i wiążącej. Ewentualne uszkodzenia krawędzi nawierzchni betonowej, powinny zostać naprawione zaprawami do napraw betonu, zatwierdzonymi przez Inżyniera

Przed przystąpieniem do wbudowywania dylatacji asfaltowej, koryto wycięte w nawierzchni powinno być oczyszczone z pyłów, luźnych frakcji i innych zanieczyszczeń przez przedmuchanie sprężonym powietrzem, a następnie przez piaskowanie czołowej ścianki nawierzchni betonowej. Przed wypełnieniem, koryto jak i powierzchnia jezdni po obu jego stronach na szerokość min. 10 cm, ponownie powinno być oczyszczone sprężonym powietrzem.

Nawierzchnię wzdłuż koryta należy zabezpieczyć przed zabrudzeniem poprzez np. ułożenie pasów papy.

### 5.10.3. WYPEŁNIENIE KORYTA

Wypełnienie dylatacji masą asfaltową można wykonywać w temperaturze otoczenia powyżej 0°C w dni bezdeszczowe. Dopuszczalne jest wykonywanie wypełnień w niższych temperaturach po wyrażeniu zgody przez Inżyniera.

#### 5.10.3.1. Przygotowanie materiałów

Masa zalewowa powinna być podgrzana do temperatury podanej przez producenta (około 175÷190°C) i wymieszana w celu uzyskania jednakowej temperatury. Temperaturę masy należy sprawdzić termometrem zewnętrznym w różnej odległości od ścian kotła.

Kruszywo należy wysuszyć i podgrzać w przenośnej suszarce (opalanej gazem propan-butan). Temperatura kruszywa powinna być zgodna z podaną przez producenta, zwykle w granicach 110 ÷ 150°C (przy wykonywaniu wypełnień w niskiej temperaturze otoczenia należy podgrzewać kruszywo do temperatury wyższej). Kruszywo należy przechowywać w uprzednio wygrzanych wózkach-termosach.

#### 5.10.3.2. Roboty przy wypełnianiu koryta

Wypełnienie koryta obejmuje następujące roboty:

- a) ewentualne posmarowanie ścianek środkiem gruntującym,
- b) wypełnienie koryta na przemian odpowiednio rozgrzaną masą zalewową i gorącym kruszywem. Grubość warstw kruszywa powinna być tak dobrana, aby masa zalewowa mogła dokładnie wypełnić w nim wszystkie puste przestrzenie i mogła zespolic się z poprzednią warstwą (około 2÷4 cm). Ostatnia warstwa kruszywa powinna być ułożona na równo z powierzchnią nawierzchni i starannie zawałowana w celu prawidłowego ułożenia się kruszywa. Równość należy sprawdzić łata. Ostatnią warstwę kruszywa należy zalać masą zalewową i pozostawić do wystygnięcia,



c) po dokładnym spenetrowaniu kruszywa przez masę zalewową (najczęściej na drugi dzień) pozostaje wylanie ostatniej warstwy masy. Górna powierzchnia masy zalewowej powinna wystawać 1÷3 mm ponad poziomem nawierzchni. Ułożone warstwy należy zagęścić płytą lub walcem wibracyjnym, d) wykonanie warstwy wykończeniowej - w tym celu należy oczyścić przykrycie dylatacyjne sprężonym powietrzem, podgrzać palnikami gazowymi, przykryć cienką warstwą masy zalewowej i posypać drobną frakcją kruszywa łamanego granitowego lub bazaltowego o frakcji zalecanej przez producenta. Posypanie kruszywem należy wykonać, gdy lepiszczke jest jeszcze gorące i kruszywo może się do niego przykleić.

## **6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT**

### **6.1. Ogólne zasady kontroli jakości Robót**

Ogólne zasady kontroli jakości Robót podano w specyfikacji STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt.6.

### **6.2. Badania i pomiary**

Badania i pomiary dzielą się na:

- a) badania Wykonawcy (w ramach własnego nadzoru),
- b) kontrolne, wykonywane na zlecenie Inżyniera/Inspektora Nadzoru przez Laboratorium Zamawiającego. Badania i pomiary kontrolne dzielą się na podstawowe, dodatkowe i arbitrażowe.

#### **6.2.1. BADANIA I POMIARY (PODSTAWOWE) WYKONYWANE PRZEZ WYKONAWCĘ**

Wykonawca jest zobowiązany do przeprowadzania na bieżąco badań i pomiarów w celu sprawdzania czy jakość wykonanych Robót jest zgodna z postawionymi wymaganiami. Powinny być one wykonywane z niezbędną starannością, zgodnie z obowiązującymi przepisami i w wymaganym zakresie. Wyniki Wykonawca jest zobowiązany przekazywać Inżynierowi. Rodzaje i częstotliwość wykonywanych badań i pomiarów, podano w Tabeli 26.



Tabela 26. Zakres oraz częstotliwość badań i pomiarów wykonywanych przez Wykonawcę

Lp.	Materiał	Badana cecha	Częstotliwość	Badanie wg
1	Mieszanka betonowa	Gęstość (z GWN i z DWN oraz z JWN)	1 raz na działce roboczej	PN-EN 12350-6
2		Zawartość powietrza (z GWN i z DWN oraz z JWN)	W miejscu wbudowania, nie rzadziej niż raz na godzinę.	PN-EN 12350-7
3		Konsystencja (z GWN i z DWN oraz z JWN)	W miejscu wbudowania, nie rzadziej niż 3 razy na działce roboczej	PN-EN 12350-2 PN-EN 12350-3 PN-EN 12350-4
4		Temperatura mieszanki i powietrza (z GWN i z DWN oraz z JWN)	co 1 godzinę betonowania	
5	Beton (próbki formowane)	Gęstość (z GWN i z DWN oraz z JWN)	1 raz dziennie	PN-EN 12390-7
6		Wytrzymałość na ściskanie (z GWN i z DWN oraz z JWN), próbki sześciennie o boku $a=150\text{mm}$	Seria = po 3 próbki: - z działki roboczej	PN-EN 12390-3
7		Wytrzymałość betonu na zginanie (z GWN i z DWN oraz z JWN). Próbki belkowe $150 \times 150 \times 600 \div 750\text{mm}$	Seria = po 3 próbki: - z powierzchni próbnej, - pierwszego dnia produkcji betonu, - z każdych $30\,000\text{ m}^2$	PN-EN 12390-5
8		Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu (z GWN i z DWN oraz z JWN). Próbki sześciennie o boku $a=150\text{mm}$	Seria = po 3 próbki - z działki roboczej	PN-EN 12390-6
9		Odporność na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej (dla GWN oraz JWN). Próbki sześciennie o boku $a=150\text{mm}$	Seria = 4 próbki: - z powierzchni próbnej, - z pierwszego dnia produkcji betonu, - z każdych $30\,000\text{ m}^2$	PKN-CEN/TS EN 12390-9
10		Charakterystyka porów powietrznych (z GWN i z DWN oraz z JWN). Próbki sześciennie o boku $a=150\text{mm}$	Seria = 2 próbki: - z powierzchni próbnej, - pierwszego dnia produkcji betonu, - z każdych $30\,000\text{ m}^2$	PN-EN 480-11
11		Mrozoodporność po 150 cyklach, przy badaniu metodą bezpośrednią (DWN). Próbki o boku $a=100\text{mm}$ lub $a=150\text{mm}$	Seria = po 12 próbek: - z powierzchni próbnej, - pierwszego dnia produkcji betonu, - z każdych $30\,000\text{ m}^2$	PN-B- 06265
12	Beton (próbki odwiercone z nawierzchni)	Połączenie międzywarstwowe, (GWN/DWN). Próbki o średnicy $d=150\text{mm}$	Seria = 3 próbki W miejscach, gdzie postój maszyny trwał ponad 30 min.	PN-EN 13863-2



Lp.	Materiał	Badana cecha	Częstotliwość	Badanie wg
13		Odporność na wnikanie benzyny i oleju (GWN), Próbki o średnicy d=150mm	Seria: 6 próbek Na nawierzchniach betonowych o wysokim ryzyku pojawiania się na nich paliwa lub oleju	PN-EN 12390-8 Zał. B
W przypadkach wątpliwych na polecenie Inżyniera Wykonawca wykonuje poniższe badania:				
14	Beton (próbki odwiercone z nawierzchni).	Gęstość (DWN). Próbki o średnicy d=100mm lub a=150mm	Seria = 3 próbki - z każdych 50 000 m <sup>2</sup> lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem.	PN-EN 12390-7
15		Charakterystyka porów powietrznych. Próbki odwiercone z nawierzchni, o średnicy 150mm	1 odwiert z każdych 20 000 m <sup>2</sup> lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem. Próbki do badań (dla warstwy górnej o wysokości 50 mm) wycinane z rdzenia do oznaczenia charakterystyki porów w betonie.	Instrukcja - Zał. 3 Wymagania zgodnie z Tabelą 14, pkt. 6
16		Klasa wytrzymałości na ściskanie. Dwa badania z jednego rdzenia: 1. GWN+DWN 2. DWN Próbki o średnicy d=100mm	Seria = 4 próbki - z każdych 50 000 m <sup>2</sup> lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PN-EN 12390-3
17		Kategoria mrozoodporności. Odporność na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odładowej (GWN oraz JWN). Próbki o średnicy d=150mm	Seria = 4 próbki - z każdych 50 000 m <sup>2</sup> lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PKN-CEN/TS EN 12390-9
18		Grubość nawierzchni betonowej	Seria = 3 próbki - z każdych 30 000 m <sup>2</sup> lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PN-EN 13863-3 lub PN-EN 13863-1



W przypadkach wątpliwych na polecenie Inżyniera Wykonawca wykonuje poniższe badania				
31	Beton (próbki odwiercone z nawierzchni).	Gęstość. Próbki o średnicy d=100mm	Seria = 3 próbki - z każdych 50 000 m <sup>2</sup> - jedna seria z odcinka jezdni o długości do 3km lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PN-EN 12390-7
32		Charakterystyka porów powietrznych. Próbki odwiercone z nawierzchni, o średnicy 150mm	1 odwiert z każdych 20 000 m <sup>2</sup> lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem. Próbki do badań (dla warstwy górnej o wysokości 50 mm) wycinane z rdzenia do oznaczenia charakterystyki porów w betonie.	Instrukcja - Zał. 3 Wymagania zgodnie z Tabelą 14, pkt. 6
33		Klasa wytrzymałości na ściskanie. Próbki o średnicy d=100mm	Seria = 4 próbki - z każdych 50 000 m <sup>2</sup> - jedna seria z odcinka jezdni o długość do 3km lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PN-EN 12390-3
34		Kategoria mrozoodporności Odporność na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej ( <b>GWN</b> oraz <b>JWN</b> ). Próbki o średnicy d=150mm	Seria = 4 próbki - z każdych 50 000 m <sup>2</sup> - jedna seria z odcinka jezdni o długość do 3km lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PKN-CEN/TS EN 12390-9
35		Grubość nawierzchni betowej	Seria = 3 próbki - z każdych 30 000 m <sup>2</sup> - jedna seria z odcinka jezdni o długość do 3km lub z częstotliwością uzgodnioną z Inżynierem	PN-EN 13863-3
<i>*) Dodatkowe pomiary spadków poprzecznych i ukształtowanie osi w planie należy wykonać w punktach głównych łuków poziomych.</i>				
<i>1) W przypadku zastosowania technologii NGCS dla teksturowania GWN betonowej, badania należy przeprowadzić zgodnie z Instrukcją GDDKiA, w przypadku teksturowania betonowej nawierzchni istniejącej należy wykonać dodatkowo badania odtworzenia oznakowania poziomego na nawierzchni.</i>				



### **6.2.2. BADANIA KONTROLNE PODSTAWOWE**

W celu zweryfikowania wyników Wykonawcy, Inżynier/Inspektor Nadzoru zleca wykonanie badań kontrolnych lub pomiarów do Laboratorium Zamawiającego. Jeżeli wystąpią wyniki negatywne (nie spełniające wymagań określonych w specyfikacji), to Inżynier wydaje polecenie Wykonawcy na przedstawienie programu naprawczego. Wykonawca w programie tym, jest zobowiązany przedstawić sposób naprawienia wady i określić zasięg jej występowania (np. powierzchnię, element) za pomocą przeprowadzenia własnych badań uzupełniających w obecności Inżyniera.

### **6.2.3. BADANIA KONTROLNE DODATKOWE**

W przypadku uznania, że wyniki badań lub pomiarów kontrolnych nie są reprezentatywne dla ocenianego odcinka budowy, Inżynier/Kierownik Projektu mogą wystąpić do Laboratorium Zamawiającego o przeprowadzenie badań lub pomiarów kontrolnych dodatkowych. Inżynier/Kierownik Projektu decydują wspólnie o miejscach pobierania próbek i wyznaczeniu odcinków częściowych ocenianego odcinka budowy.

### **6.2.4. BADANIA ARBITRAŻOWE**

Badania arbitrażowe są powtórzeniem badań kontrolnych lub kontrolnych dodatkowych, co do których istnieją uzasadnione wątpliwości ze strony Inżyniera/Kierownika Projektu lub Wykonawcy (np. na podstawie własnych badań). Zgodę na ich przeprowadzenie wyraża Inżynier po analizie zasadności wniosku złożonego przez Wykonawcę.

### **6.2.5. BADANIA W CZASIE ROBÓT ZWIĄZANYCH Z BETONOWANIEM**

#### **6.2.5.1. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów**

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie wykonywania nawierzchni betonowej podano w Tabeli 26.

#### **6.2.5.2. Badania szczelin w czasie robót**

W czasie robót należy sprawdzać szerokość i głębokość szczelin, które powinny być jednakowe na całej swej długości, a także sprawdzać czystość szczelin po oczyszczeniu. Wizualnie i dotykem należy sprawdzić, czy oczyszczone ścianki szczeliny nie zawierają żadnych niezwiązanych okruszków nawierzchni, ziaren kruszywa, pyłów oraz śladów wilgoci, a także śladów i plam olejowych. Jeżeli występują jakiegokolwiek ślady wilgoci należy je usunąć lancą z gorącym powietrzem. Plamy olejowe należy wytrawić odpowiednimi rozpuszczalnikami.

Jeżeli ścianki oczyszczonej szczeliny są pokrywane gruntownikiem, należy sprawdzić dotykem czy naniesiona warstwa środka zwiększającego przyczepność nie zawiera nieodparowanych cząstek rozpuszczalnika (zagruntowane ścianki przy pocieraniu nie powinny wykazywać objawów ścierania gruntownika).

#### **6.2.5.3. Badanie masy zalewowej w czasie robót**

Należy stale sprawdzać makroskopowo barwę i konsystencję masy zalewowej. Należy sprawdzać wskazania czujników temperatury zalewy i oleju grzewczego. W razie jakichkolwiek wątpliwości należy pobrać do dwóch jednolitrowych, czystych metalowych puszek z przykrywkami próbki zalewy i dostarczyć je wraz z kopią świadectwa badania (producenta) do właściwego laboratorium celem wykonania badań kontrolnych.

Po zalaniu szczelin należy wizualnie sprawdzić prawidłowość ich wypełnienia. Jeżeli gorącą masę posypano materiałem drobnoziarnistym, to należy sprawdzić makroskopowo czy materiał ten równomiernie pokrywa zalaną powierzchnię szczeliny.

### **6.3. Wymagania dotyczące cech geometrycznych i użytkowych wykonanej nawierzchni betonowej**

#### **6.3.1. SZEROKOŚĆ NAWIERZCHNI**

Szerokość nawierzchni powinna być zgodna z Dokumentacją projektową, z tolerancją od 0 do 3 cm. Pomiaru należy dokonać z częstotliwością określoną w Tabeli 26.



### 6.3.2. SPADEK POPRZECZNY

Spadki poprzeczne nawierzchni na prostych i łukach powinny być zgodne z Dokumentacją projektową z tolerancją  $\pm 0,2\%$ . Pomiaru należy dokonać z częstotliwością określoną w Tabeli 26.

### 6.3.3. RZĘDNE WYSOKOŚCIOWE DO RZĘDNYCH PROJEKTOWANYCH

Przy wykonywaniu nowych i przebudowie dróg powinny być badane rzędne wysokościowe podłoża, podbudowy i powierzchni nawierzchni. Na drogach klasy A i S pomiar wykonuje się na siatce o rozmiarach  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  wraz ze sprawdzeniem rzędnych osi podłużnej jezdni i obu krawędzi. Na drogach o jezdni węższej niż  $10\text{ m}$  sprawdza się rzędne osi podłużnej i krawędzi. Na drogach klasy GP i drogach niższych klas sprawdza się rzędne osi podłużnej jezdni i krawędzi co  $20\text{ m}$ , a na odcinkach krzywoliniowych co  $10\text{ m}$ . Wartości dopuszczalnych odchyłeń w stosunku do rzędnych projektowych określa Tabela 27:

Tabela 27. Wartości dopuszczalnych odchyłeń w stosunku do rzędnych projektowanych

Rodzaj warstwy konstrukcyjnej	Dopuszczalne odchylenia
Warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego	$\pm 1,0\text{ cm}$

Wymaga się, aby  $95\%$  zmierzonych rzędnych danej warstwy nie przekraczało dopuszczalnych odchyłeń.

### 6.3.4. UKSZTAŁTOWANIE OSI W PLANIE

Oś nawierzchni w planie powinna być usytuowana zgodnie z dokumentacją projektową z tolerancją  $\pm 3\text{ cm}$  dla ciągu głównego i  $\pm 5\text{ cm}$  dla pozostałych dróg i miejsc postojowych.

### 6.3.5. GRUBOŚĆ NAWIERZCHNI

Grubość nawierzchni należy mierzyć z częstotliwością określoną w Tabeli 26. Pojedynczy wynik pomiaru nie powinien być mniejszy niż wartość projektowana z tolerancją minus  $5\text{ mm}$ . Wartość średnia ze wszystkich pomiarów grubości warstwy nawierzchniowej z betonu cementowego powinna być równa bądź większa w stosunku do grubości przyjętej w projekcie konstrukcji nawierzchni.

## 6.4. Równość nawierzchni

Przed przystąpieniem do pomiarów, Wykonawca musi powiadomić Inżyniera o terminie ich przeprowadzenia. Wykonawca ma zapewnić czystą nawierzchnię oraz oświadczyć że nawierzchnia jest czysta bez jakichkolwiek zabrudzeń i nadaje się do przeprowadzenia pomiarów.

### 6.4.1 RÓWNOŚĆ POPRZECZNA

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  $2\text{ m}$ ) a zarejestrowanym profilem poprzecznym warstwy. Efektywna szerokość pomiarowa jest równa szerokości mierzonego pasa ruchu (elementu nawierzchni) z tolerancją  $\pm 15\%$ . Wartość odchylenia równości poprzecznej należy wyznaczać z krokiem co  $1\text{ m}$ .

W miejscach niedostępnych dla profilografu, pomiar równości poprzecznej warstwy nawierzchni należy wykonać z użyciem łąty i klina wg PN-EN13036-7. W czasie pomiaru łąta powinna leżeć prostopadle do osi drogi i w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni badanej warstwy. Klin należy podkładać pod łątę w miejscu, w którym prześwit jest największy (największe odchylenie równości). Wielkość prześwitu jest równa najmniejszej liczbie widocznej na klinie podłożonym pod łątę.

Długość łąty w pomiarze równości poprzecznej powinna wynosić  $2,0\text{ m}$ . Pomiar powinien być wykonany nie rzadziej niż co  $5,0\text{ m}$ .





Tabela 30. Maksymalne wartości odchyień równości poprzecznej przy odbiorze warstwy

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne odbiorcze wartości odchyień równości poprzecznej warstwy nawierzchniowej z betonu cementowego [mm]
1	2	3
A, S, GP	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, jezdnie łącznic	4
	Jezdnie MOP, utwardzone pobocza	6
G, Z	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, postojowe, jezdnie łącznic	6
	Utwardzone pobocza	9
L, D, place, parkingi	Wszystkie pasy ruchu i powierzchnie przeznaczone do ruchu i postoju pojazdów	9

## 6.5. Ocena właściwości przeciwpoślizgowych

Przed przystąpieniem do pomiarów, Wykonawca musi powiadomić Inżyniera o terminie ich przeprowadzenia. Wykonawca ma zapewnić czystą nawierzchnię oraz oświadczyć że nawierzchnia jest czysta bez jakichkolwiek zabrudzeń i nadaje się do przeprowadzenia pomiarów.

Przy ocenie właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogi klasy G i dróg wyższych klas powinien być określony współczynnik tarcia na mokrej nawierzchni przy całkowitym poślizgu opony testowej. Pomiar wykonuje się urządzeniem o pełnej blokadzie koła nie rzadziej niż co 50 m na nawierzchni zwilżanej wodą w ilości 0,5 l/m<sup>2</sup>, przy 100% poślizgu opony testowej rowkowanej (ribbed tyre) rozmiaru 165 R 15 - zalecanej przez Światową Organizację Drogową (PIARC). Dopuszcza się inną wiarygodną metodę równoważną, jeśli dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów na wartości uzyskiwane zestawem o pełnej blokadzie koła. Pomiary powinny być wykonywane w temperaturze otoczenia od 5°C do 30°C, na czystej nawierzchni. Badanie należy wykonać przed dopuszczeniem nawierzchni do ruchu drogowego oraz powtórnie w okresie od 4 do 8 tygodni od oddania nawierzchni do eksploatacji.

Badanie powtórne należy wykonać w śladzie koła. Jeżeli warunki atmosferyczne uniemożliwiają wykonanie pomiaru w wymienionym terminie, powinien być on zrealizowany z najmniejszym możliwym opóźnieniem. W przypadku uzyskania wyników pomiarów właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni nie spełniających wymagań określonych w Tabeli 31, nawierzchnia będzie traktowana jako wykonana wadliwie. Ponowny pomiar właściwości przeciwpoślizgowych należy przeprowadzić w terminie nieprzekraczającym 10 miesięcy od oddania drogi do użytkowania. Uzyskane wartości współczynnika tarcia należy rejestrować z dokładnością do trzech miejsc po przecinku. Miarą właściwości przeciwpoślizgowych jest miarodajny współczynnik tarcia. Za miarodajny współczynnik tarcia przyjmuje się różnicę wartości średniej  $E(m)$  i odchylenia standardowego  $D$ :  $E(m) - D$ . Wyniki podaje się z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Długość ocenianego odcinka nawierzchni nie powinna być większa niż 1000 m, a liczba pomiarów nie mniejsza niż 10. Odcinek końcowy o długości mniejszej niż 500 m należy oceniać łącznie z odcinkiem poprzedzającym.



Tabela 31. Minimalne wartości miarodajnego współczynnika tarcia nawierzchni.

Klasa drogi	Element nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia [ $\mu$ ] przy prędkości
		30km/h
GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, jezdnie łącznic, utwardzone pobocza	>0,51**

\*wartość wymagana dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 90km/h, (wyjaśnienie - gdy urządzenie nie jest przystosowane do pomiaru z prędkością 90km/h),

\*\*wartości wymagane dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 60km/h,

## 6.6. Ocena makrotekstury

Ocena makrotekstury (do odbioru) warstwy nawierzchniowej z betonu cementowego z odkrytym kruszywem powinna być wykonana na podstawie pomiarów średniej głębokości tekstury MTD (Mean Texture Depth) ustalonej zgodnie z PN-EN 13036-1. Wartość średnią MTD należy uzyskać z czterech pomiarów wykonanych na jednej płycie. Wartość średnia MTD musi zostać określona co najmniej raz na 300 mb jezdni. Wymagana wartość średnia MTD powinna się zawierać w przedziale od 0,8 mm do 1,3 mm, natomiast pojedynczy wynik pomiaru MTD powinien zawierać się w przedziale od 0,6 mm do 1,5 mm.

Przy ocenie makrotekstury warstwy nawierzchniowej z betonu cementowego z odkrytym kruszywem wykonanej w ramach danego zadania wymaga się, aby 95% wartości średnich spełniało powyższe wymagania.

Za zgodą Inżyniera dopuszcza się stosowanie metody profilometrycznej do oceny makrotekstury zgodnie z PN-EN ISO 13473-1.

## 6.7. Sprawdzanie szczelin

Sprawdzenie prawidłowości wypełnienia szczelin lub ułożenia profili uszczelniających należy przeprowadzić przez wykonanie oględzin i pomiarów. Szczeliny powinny być rozmieszczone zgodnie z Dokumentacją projektową z tolerancją  $\pm 5$  cm.

### 6.7.1. SPRAWDZENIE WYPEŁNIENIA SZCZELIN WKŁADKAMI USZCZELNIAJĄCYMI

Sprawdzenie polega na wizualnej ocenie, czy:

- szczelina jest wypełniona jednym kawałkiem wkładki na całej długości,
- wkładki uszczelniające przylegają do ścianek szczeliny,
- wkładki uszczelniające posiadają wmontowany drut.

Nie spełnienie jednego z powyższych wymagań, wiąże się z usunięciem wkładki i wymianą na nową. Wkładka powinna być osadzona nie głębiej niż 4 mm poniżej powierzchni jezdnej.



### 6.7.2. SPRAWDZENIE POPRAWNOŚCI WYPEŁNIENIA SZCELIN MASĄ ZALEWOWĄ

Sprawdzenie materiałów wypełniających i poprawności wypełnienia polega na oględzinach zewnętrznych i otwarciu na długości min. 10 cm dwóch losowo wybranych fragmentów szczelin na każde 1000 m długości odbieranego odcinka.

Poziom masy w szczelinach powinien się mieścić w przedziale od 0 do -5 mm (menisk wklęsły).

Nie dopuszcza się nadlewek i masy zalewowej w szczelinach powyżej poziomu nawierzchni.

W trakcie oględzin zewnętrznych i otwarcia szczeliny należy sprawdzić:

- adhezję masy do ścianek szczeliny;
- wypełnienie szczeliny przy odrywaniu od ścianki powinno zerwać się w masie (kohezynie), nie dopuszcza się odspojenia od ścianki;
- elastyczność wbudowanej masy;
- wyjmowana ze szczeliny masa w każdym miejscu powinna być elastyczna bez oznak kruchości;
- rzędną zamontowania kordu (sznura) lub wałeczka poliuretanowego.

Zamontowany kord lub wałeczek powinien ściśle przylegać do ścianek szczeliny, na całej jej długości. Dopuszcza się tolerancję głębokości montażu w zakresie od 0 do 5 mm.

### 6.8. Badanie rozmieszczenia dybli

Pomiar kontrolny zamontowania w nawierzchni kotew i dybli, należy przeprowadzić odpowiednim sprzętem elektronicznym przeznaczonym do tego celu, z częstotliwością nie większą niż co 250 m wzdłuż trasy.

Dyble muszą być rozmieszczone zgodnie z Dokumentacją projektową - równolegle do osi jezdni - w miejscach i ilości określonej w dokumentacji, z zachowaniem tolerancji odległości między nimi  $\pm 50$  mm, przesunięcia wzdłużnego dybli względem dylatacji  $\pm 50$  mm, tolerancji głębokości  $\pm 20$  mm i tolerancją położenia  $\pm 20$  mm w płaszczyźnie (osi) pionowej i poziomej (nieosiowość pionowa i pozioma).

Kotwy muszą być rozmieszczone zgodnie z Dokumentacją projektową - prostopadle do osi jezdni - w miejscach i ilości określonej w dokumentacji, z zachowaniem tolerancji odległości między nimi  $\pm 50$  mm, przesunięcia wzdłużnego kotew względem dylatacji  $\pm 50$  mm, tolerancji głębokości  $\pm 20$  mm i tolerancją położenia  $\pm 20$  mm w płaszczyźnie (osi) pionowej i poziomej (nieosiowość pionowa i pozioma).

## 7. OBMIAR ROBÓT

### 7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt 7. Szczegółowe zasady obmiaru powinny być określone w szczegółowej specyfikacji oraz w dokumentach kontraktowych opracowanych do każdego zadania.

- Jednostką obmiarową jest m<sup>2</sup> (metr kwadratowy) wykonania płyty betonowej płyta z betonu C30/37 w klasie ekspozycji XF3, XD1, XA2, XM2, XC4 zbrojona włóknami stalowymi 50 kg/m<sup>3</sup>
- Jednostką obmiarową jest m<sup>2</sup> (metr kwadratowy) wykonania geowłóknina 20/20 kN/m, masa powierzchniowa 550 g/m<sup>2</sup>
- Jednostką obmiarową jest m<sup>2</sup> (metr kwadratowy) wykonania siatka stalowa o boku 15x15 cm z prętów fi 12 mm BST500S, zbrojenie dołem i górą płyty wolnopodparte
- Jednostką obmiarową jest m (metr) wykonania, dylatacja skurczowa pozorna nie dyblowana (nacinana) z masa zalewową
- Jednostką obmiarową jest m (metr) wykonania, dylatacja rozszerzalna pełna dyblowana, dybel L70 cm, fi 25, 620 St3SY co 35 cm, kord fi 25mm, masa zalewowa
- Jednostką obmiarową jest m (metr) wykonanie, dylatacja skurczowa pełna dyblowana, , dybel L70 cm, fi 25, 620St3SY co 35 cm, kord fi 25 mm, masa zalewowa
- Jednostką obmiarową jest m (metr) wykonanie, dylatacja rozszerzalna pełna nie dyblowana, kord fi 25 mm, masa zalewowa



## 8. ODBIÓR ROBÓT

### 8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt 8.

Szczegółowe zasady odbioru powinny być określone w szczegółowej specyfikacji oraz w dokumentach kontraktowych opracowanych do każdego zadania.

## 9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

### 9.1. Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w STWIORB D-M-00 „Wymagania ogólne” pkt 9.

Szczegółowe zasady płatności powinny być określone w szczegółowej specyfikacji oraz w dokumentach kontraktowych opracowanych do każdego zadania.

## 10. PRZEPISY ZWIĄZANE

### 10.1. Normy:

- 1 PN-EN 196-1 Metody badania cementu - Część 1: Oznaczanie wytrzymałości.
- 2 PN-EN 196-2 Metody badania cementu - Część 2: Analiza chemiczna cementu.
- 3 PN-EN 196-3 Metody badania cementu - Część 3: Oznaczanie czasu wiązania i stałości objętości.
- 4 PN-EN 196-6 Metody badania cementu - Część 6: Oznaczanie stopnia zmielenia.
- 5 PN-EN 197-1 Cement - Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementu powszechnego użytku.
- 6 PN-EN 206 Beton - Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- 7 PN-EN 480-11 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Metody badań - Część 11: Oznaczanie charakterystyki porów powietrznych w stwardniałym betonie.
- 8 PN-EN 934-2 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu - Część 2: Domieszki do betonu. Definicje i wymagania, zgodność, znakowanie i etykietowanie.
- 9 PN-EN 934-1 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu - Część 1: Wymagania podstawowe.
- 10 PN-EN 932-3 Badania podstawowych właściwości kruszyw. Procedura i terminologia uproszczonego opisu petrograficznego.
- 11 PN-EN 933-1 Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Część 1: Oznaczenie składu ziarnowego. Metoda przesiewowa.
- 12 PN-EN 933-3 Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Część 3: Oznaczenie kształtu ziaren za pomocą wskaźnika płaskości.
- 13 PN-EN 933-4 Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Część 4: Oznaczenie kształtu ziaren. Wskaźnik kształtu.
- 14 PN-EN 933-5 Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Część 5: Oznaczenie procentowej zawartości ziaren o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych.
- 15 PN-EN 1008 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- 16 PN-EN 1097-2 Badanie mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 2: Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie.
- 17 PN-EN 1097-6 Badanie mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 6: Oznaczanie gęstości ziaren i nasiąkliwości.



- 
- 18 PN-EN 1097-8 Badanie mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 8: Oznaczanie polerowalności kamienia.
- 19 PN-EN 1367-3 Badanie właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 3: Badanie bazaltowej zgorzeli słonecznej metodą gotowania.
- 20 PN-EN 1367-6 Badanie właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych - Część 6: Mrozoodporność w obecności soli.
- 21 PN-EN 1744-1 Badanie chemicznych właściwości kruszyw - Część 1: Analiza chemiczna.
- 22 PN-B-03007 Konstrukcje budowlane. Dokumentacja techniczna.
- 23 PN-B-06265 Krajowe uzupełnienie PN-EN 206-1 Beton - Część 1: Wymagania, właściwości produkcyjne i zgodność.
- 24 PN-EN/ISO Geosyntetyki. Wyznaczanie grubości przy określonych naciskach - Część 1: 9863-1 Warstwy pojedyncze.
- 25 PN-EN/ISO 9864 Geosyntetyki. Metoda badań do wyznaczenia masy powierzchniowej geotekstyliów i wyrobów pokrewnych.
- 26 PN-EN 10060 Pręty stalowe okrągłe walcowane na gorąco ogólnego zastosowania - Wymiary i tolerancje kształtu i wymiarów.
- 27 PN-EN 10080 Stal do zbrojenia betonu. Spawalna stal zbrojeniowa. Postanowienia ogólne.
- 28 PN-EN/ISO Geosyntetyki Badania wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich 10319 próbek.
- 29 PN-EN/ISO Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie charakterystyk 11058 wodoprzepuszczalności w kierunku prostym do powierzchni wyrobu bez obciążenia.
- 30 PN-EN 12271 Powierzchniowe utwardzenie. Wymagania.
- 31 PN-EN 12271-3 Powierzchniowe utwardzenie. Wymagania techniczne - Część 3: Dozowanie i dokładność dozowania lepiszcza i kruszywa.
- 32 PN-EN 12272-1 Powierzchniowe utwardzenie. Metody badań - Część 1: Dozowanie i poprzeczny rozkład lepiszcza i kruszywa.
- 33 PN-EN 12350-1 Badania mieszanki betonowej - Część 1: Pobieranie próbek.
- 34 PN-EN 12350-2 Badania mieszanki betonowej - Część 2: Badanie konsystencji metodą stożka opadowego.
- 35 PN-EN 12350-3 Badania mieszanki betonowej - Część 3: Badanie konsystencji metodą Ve-Be. 36 PN-EN 12350-4 Badania mieszanki betonowej - Część 4: Badanie konsystencji metodą oznaczania stopnia zagęszczalności.
- 37 PN-EN 12350-6 Badania mieszanki betonowej - Część 6: Gęstość.
- 38 PN-EN 12350-7 Badania mieszanki betonowej - Część 7: Badanie zawartości powietrza. Metody ciśnieniowe.
- 39 PN-EN 12390-1 Badania betonu - Część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form.
- 40 PN-EN 12390-2 Badania betonu - Część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych.
-



- 
- 41 PN-EN 12390-3 Badania betonu - Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania. 42 PN-EN 12390-4 Badania betonu - Część 4: Wytrzymałość na ściskanie. Wymagania dla maszyn wytrzymałościowych.
- 43 PN-EN 12390-5 Badania betonu - Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badania.
- 44 PN-EN 12390-6 Badania betonu - Część 6: Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania.
- 45 PN-EN 12390-7 Badania betonu - Część 7: Gęstość betonu.
- 46 PKN-CEN/TS Testing hardened concrete - Part 9: Freeze-thaw resistance-scaling. 12390-9
- 47 PN-EN 12504-1 Badania betonu w konstrukcjach - Część 1: Odwierty rdzeniowe - Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.
- 48 PN-EN/ISO Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie zdolności przepływu wody 12958 w płaszczyźnie wyrobu.
- 49 PN-EN 13036-1 Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań - Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową.
- 50 PN-EN 13036-7 Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań - Część 7: Pomiar nierówności nawierzchni, badanie liniałem mierniczym.
- 51 PN-EN/ISO Charakterystyka struktury nawierzchni przy użyciu profili powierzchniowych 13473-1 - Część 1: Określenie Średniego Profilu Głębokości. 52 PN-EN 13670 Wykonywanie konstrukcji z betonu.
- 53 PN-EN 13863-1 Nawierzchnie betonowe - Część 1: Metoda określania grubości nawierzchni metoda pomiarową.
- 54 PN-EN 13863-2 Nawierzchnie betonowe - Część 2: Metoda określania związania pomiędzy warstwami.
- 55 PN-EN 13863-3 Nawierzchnie betonowe - Część 3: Metoda określania grubości nawierzchni na podstawie odwiertów.
- 56 PN-EN 13877-3 Nawierzchnie betonowe - Część 3: Wymagania dla dybli stosowanych w nawierzchniach drogowych betonowych.
- 57 PN-EN 14188-1 Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe - Część 1: Wymagania wobec zalew drogowych na gorąco.
- 58 PN-EN 14188-2 Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe - Część 2: Wymagania wobec zalew drogowych na zimno.
- 59 PN-EN 14188-3 Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe - Część 3: Wymagania wobec wkładek uszczelniających.
- 60 PN-EN 14188-4 Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe - Część 4: Wymagania dla podkładów używanych w zalewanych złączach.
- 61 PN-B-19707 Cement. Cement specjalny. Skład, wymagania, kryteria zgodności.
- 62 CEN/TR 16349 Framework for a specification on the avoidance of a damaging Alkali-Silica Reaction (ASR) in concrete.
- 63 ACI 308R-01 Guide to Curing Concrete (Reapproved 208).
- 64 ASTM C1260-14 Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method).
- 65 AASHTO T 318-Standard Method of test for Water Content of Freshly Mixed Concrete Using 02 (2001) Microwave Drying.
-



- 
- 66 AASHTO R 80- Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and  
17 Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2017
  - 67 PN-EN 12620 Kruszywa do betonu.
  - 68 PN-EN 12850 Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczenie wartości pH emulsji asfaltowych.
  - 69 PN-EN 12591 Asfalty i produkty asfaltowe - Wymagania dla asfaltów drogowych. 70  
PN-EN 13043 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwardzeń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu.
  - 71 PN-EN 1427 Asfalty i produkty naftowe - Oznaczanie temperatury mięknięcia - Metoda  
Pierścień i Kula.
  - 72 PN-EN 12597 Asfalty i produkty asfaltowe - Terminologia.
  - 73 PN-EN 13808 Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych.
  - 74 PN-EN 12697-1 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego.
  - 75 PN-EN 12697-2 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 2: Oznaczanie składu ziarnowego.
  - 76 PN-EN 12697-3 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 3: Odzysk asfaltu: wyparka obrotowa.
  - 77 PN-EN 12697-5 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 5: Oznaczanie gęstości.
  - 78 PN-EN 12697-6 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej metodą hydrostatyczną.
  - 79 PN-EN 12697-8 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni.
  - 80 PN-EN 12697-12 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badania mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 12: Określanie wrażliwości na wodę.
  - 81 PN-EN 12697-28 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralnoasfaltowych na gorąco - Część 28: Przygotowanie próbek do oznaczania zawartości lepiszcza, zawartości wody i uziarnienia.
  - 82 PN-EN 13108-1 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Wymagania - Część 1: Beton asfaltowy.
  - 83 PN-EN 13108-20 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Wymagania - Część 20: Badanie typu.
  - 84 PN-EN ISO Geotekstyli i wyroby pokrewne. Wyznaczanie zdolności przepływu wody  
12959 w płaszczyźnie wyrobu.
  - 85 ASTM C 295-12 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
-



- 86 ASTM C289-07 Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method).
- 87 ASTM C1293-08 Standard Test Method for Concrete Aggregates by Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction.

## 10.2. Inne dokumenty:

1. Ustawa o wyrobach budowlanych: z dn. 16 kwietnia 2004 r. (Dz.U.2004 Nr 92, poz.881) z późn. zmianami - ostatni tekst jednolity opublikowany w Dz. U z 2014 r. poz. 883 z dn. 2 lipca 2014 r., obejmujący Ustawę z dn. 13 czerwca 2013 r. - o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych oraz ustawy o systemie oceny zgodności - opublikowanej w Dz. U z dn. 8 sierpnia 2013 r. poz. 898.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. Nr 198, poz.2041 z późn. zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. (Dz.U. 2016 poz. 124) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
4. Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, załącznik do Zarządzenia Nr 30 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.
5. WT- 1 2014 Kruszywa. Wymagania techniczne, załącznik do Zarządzenia Nr 46 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 25.09.2014 r.
6. Zarządzenie Nr 8 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dn. 9 maja 2016 r. zmieniające zarządzenie w sprawie wymagań technicznych na drogach krajowych dotyczące kruszyw do mieszanek mineralno-asfaltowych.
7. WT- 2 2014 Część I. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne, załącznik do Zarządzenia Nr 54 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 18.11.2014 r.
8. WT- 2 2016 Część II Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych. Wymagania techniczne. Załącznik do Zarządzenia Nr 7 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dn. 9 maja 2016 r.
9. Instrukcja DP-T 14 Ocena jakości na drogach krajowych, Część I - Roboty drogowe, Załącznik do Zarządzenia Nr 10 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dn. 30 marca 2017 r.
10. Ogólna Specyfikacja Techniczna D-M-00. Wymagania ogólne.
11. Ocena potencjalnej reaktywności kruszywa żwirowego w stosunku do alkali na podstawie badań instrumentalnych, Instrukcja 317, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1993.
12. Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego, Antoni Szydło, Wydawnictwo: Polski Cement Sp. z o.o Kraków 2004.
13. ZTV Beton-StB 07 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV 899,2007+korrekturen 2012.
14. TP Beton-StB 10 Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV 892,2010+korrekturblatt 01.07.2010
15. Instrukcja techniczna „Tekstuiowanie górnej warstwy nawierzchni drogowej - Instrukcja techniczna dla wykonania i odbioru robót, związanych z przeprowadzeniem na nawierzchni betonowej zabiegu jej podłużnego frezowania (grindingu) oraz rowkowania (groovingu)”.





---

### Załączniki:

1. Instrukcja badania reaktywności kruszyw metodą przyśpieszoną.
2. Instrukcja badania reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C według ASTM C1293.
3. Instrukcja wyznaczania charakterystyki porów powietrznych w odwiertach betonowych.



## Załącznik 1

### **Instrukcja badania reaktywności kruszyw metodą przyspieszoną w 1 N roztworze NaOH w temperaturze 80°C**

#### **1. Przedmiot i zakres instrukcji**

Instrukcja dotyczy oceny reaktywności kruszyw mineralnych z wodorotlenkami sodu i potasu występującymi w cieczy porowej betonu. Sposób postępowania jest oparty na metodzie przedstawionej w normie ASTM C1260-14 oraz RILEM AAR-2. Umożliwia stwierdzenie wystąpienia szkodliwej reakcji alkalia-kruszywo w ciągu 16 dni (30 dni) na podstawie oznaczenia zmiany długości beleczek z zaprawy cementowej z badanym kruszywem.

#### **2. BHP**

Zagadnienia bezpieczeństwa i higieny pracy, których należy przestrzegać przy przeprowadzaniu badań, zostały szczegółowo opisane w ASTM C1260. Ustalenie właściwych procedur bezpieczeństwa i ochrony zdrowia leży w zakresie obowiązków użytkownika.

#### **3. Dokumenty związane**

AASHTO R 80-17, Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2017

ASTM C151/C151M-15 Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement

ASTM C1260-14 Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)

PN-EN 196-1:2016 Metody badania cementu - Część 1: Oznaczanie wytrzymałości

PN-EN 196-3+A1:2011 Metody badania cementu - Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości

PN-EN 197-1:2012 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku

PN-EN 12620+A1:2010, Kruszywa do betonu

PN-ISO 565:2000, Sita kontrolne - tkanina z drutu, blacha perforowana i blacha cienka perforowana elektrochemicznie - wymiary nominalne oczek

RILEM Recommended Test Method: AAR-2 - Detection of Potential Alkali-Reactivity - Accelerated Mortar-Bar Test Method for Aggregates. In: Nixon P.J., Sims I. (eds) RILEM Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali-Aggregate Reactions in New Concrete Structures. RILEM State-of-the-Art Reports, Vol. 17. Springer, 61-77, 2016

#### **4. Terminologia**

Zmiana długości - zwiększenie lub zmniejszenie wymiarów liniowych próbki badanej, mierzone równoległe do osi wzdłużnej.

#### **5. Aparatura**

5.1. Sita - o otworach kwadratowych, z materiału tkanego z drutu, średnicy 4 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm i 125 µm, zgodne z PN-ISO 565.

5.2. Mieszarka, łopatką i naczynie mieszarki do wykonania zaprawy cementowej, ubijak i zgarniak.

5.3. Waga do 1000 g, z dokładnością do 1 g.

5.4. Forma - jedno- lub wieloczęściowa (od 1 do 3 próbek) umożliwiająca wykonanie próbek o wymiarach 25 x 25 x 285 mm. Końce płytek formy muszą mieć w centrum otwory umożliwiające wkręcenie stalowych czopików.

5.5. Pojemniki do przechowywania próbek powinny umożliwiać całkowite zanurzenie próbek zaprawy albo w wodzie destylowanej albo w 1 N roztworze NaOH. Pojemniki powinny być wykonane z materiału odpornego na przedłużoną ekspozycję w temperaturze 80°C i na działanie



1 N roztworu NaOH. Pojemniki muszą być zbudowane w taki sposób, aby zapobiegać utracie lub wzrostowi wilgotności w trakcie przechowywania próbek zaprawy przez ściśle przylegające pokrywki. Próbkę nie powinny dotykać do ścianek pojemnika ani do siebie nawzajem; powinny być tak podparte, aby zapewnić dostęp roztworu na całej powierzchni.

Uwaga: Pojemniki szklane lub metalowe mogą ulegać korozji pod wpływem działania roztworu NaOH. Niektóre pojemniki do przechowywania, odporne na działanie promieniowania mikrofalowego, wykonane z polipropylenu lub polietylenu o dużej gęstości są odpowiednie do zastosowania.

5.6. Komora termostatyczna - komora termostatyczna ze sterowaniem poziomu temperatury  $80,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ .

5.7. Urządzenie pomiarowe - Przyrząd do pomiaru zmian długości stanowi okrągły mikrometr lub inny przyrząd pomiarowy z podziałką 0,001 mm i z dokładnością 0,002 mm w przedziale  $\pm 0,020$  mm oraz dokładnością 0,005 mm w przedziale  $\pm 0,250$  mm. Zakres pomiarowy przynajmniej  $\pm 10$  mm. Konstrukcja przyrządu powinna umożliwiać kontrolę urządzenia pomiarowego przy użyciu pręta referencyjnego z invaru. Zewnętrzna długość pręta kalibracyjnego powinna wynosić  $295 \pm 0,1$  mm. Górny koniec pręta powinien być oznaczony strzałką lub (\*). Środkowa część na długości 100 mm powinna być pokryta gumową rurką o ścianach o grubości co najmniej 3 mm, w celu zmniejszenia wpływu zmian temperatury podczas pomiaru. Urządzenie pomiarowe o konstrukcji ulepszonej, wykonane z invaru w celu minimalizacji efektów termicznych, ze zmodyfikowanym sposobem mocowania próbki w celu minimalizacji niedokładności ułożenia czopików w gniazdach, pokazano na Rysunku 1.

## 6. Odczynniki

6.1. Wodorotlenek sodu (NaOH): klasa czystości - co najmniej techniczna.

6.2. Czystość wody: woda destylowana lub dejonizowana.

6.3. Roztwór wodorotlenku sodu - każdy litr roztworu powinien zawierać 40,0 g NaOH rozpuszczonego w 900 ml wody destylowanej lub dejonizowanej i powinien być rozcieńczony przy użyciu dodatkowej porcji wody destylowanej lub dejonizowanej do uzyskania roztworu o objętości 1 litra. Stosunek objętości roztworu wodorotlenku sodu do objętości belek w pojemniku powinien wynosić  $4 \pm 0,5$  objętości roztworu do 1 objętości belek. Objętość belek można przyjąć za równą 184 ml. Należy dostarczyć odpowiednią ilość roztworu tak aby zapewnić całkowite zanurzenie belek zaprawy.

Ostrzeżenie: Przed użyciem NaOH należy skontrolować:

- środki bezpieczeństwa dotyczące stosowania NaOH;
- środki pierwszej pomocy w przypadku oparzeń;
- procedury postępowania w przypadku wycieku, jak to opisano w karcie charakterystyki substancji lub w innych dokumentach dotyczących zasad bezpieczeństwa. NaOH może powodować bardzo poważne oparzenia lub uszkodzenia niechronionej skóry lub oczu. Zawsze należy stosować właściwe środki ochrony osobistej. Środki te powinny obejmować: całkowitą ochronę twarzy, gumowy fartuch i rękawice nieprzepuszczalne dla NaOH i izolujące od wysokiej temperatury  $80,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ .

## 7. Warunki prowadzenia badań

7.1. Temperatura pomieszczenia, w którym następuje formowanie próbek zaprawy, a także suchych składników zaprawy i destylowanej wody zarobowej powinna być utrzymywana w zakresie  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

7.2. Utrzymywać wilgotność względną pomieszczenia laboratoryjnego, w którym wykonywane są beleczki z zaprawy w zakresie nie mniejszym niż 50%.

7.3. Temperaturę w komorze termostatycznej, w której przechowywane będą pojemniki z próbkami zapraw, należy utrzymywać w zakresie  $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

7.4. Warunki panujące w laboratorium podczas pomiaru wydłużenia próbek powinny być stałe, a temperatura powietrza wynosić  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .



## 8. Pobieranie próbek kruszywa i przygotowanie próbek zapraw

8.1. Selekcja kruszywa - Materiały wybrane do zastosowania jako kruszywo drobne w betonie przygotować jak to opisano w pkt. 8.2. Przygotować kruszywo, minimalizując kruszenie. Materiały wybrane do zastosowania jako kruszywo grube w betonie przygotować poprzez kruszenie do uzyskania frakcjonowanego kruszywa, zbliżonego jak to tylko możliwe do rzeczywistego kruszywa.

8.2. Przygotowanie kruszywa - Przygotować wszystkie kruszywa zgodnie z wymaganiami w zakresie uziarnienia i zawartości poszczególnych frakcji, podanymi w Tabeli 1.

Tabela 1. Wymagane uziarnienie kruszywa

Wymiar sita #		Zawartość frakcji [% (m/m)]
Przesiew przez sito	Odsiew na sicie	
4,0 mm	2,0 mm	10
2,0 mm	1,0 mm	25
1,0 mm	500 µm	25
500 µm	250 µm	25
250 µm	125 µm	15

Kruszywo, w którym nie występują wystarczające ilości poszczególnych frakcji, przekruszyć do uzyskania wymaganej ilości materiału. W przypadku kruszyw zawierających niewystarczającą ilość jednej lub więcej frakcji grubych wymienionych w Tabeli 1, i jeżeli nie jest dostępny grubszy materiał do kruszenia, jest dopuszczalne, aby pierwsza frakcja, która występuje w ilości wystarczającej do kruszenia, zawierała skumulowany w dół udział procentowy materiału, aż do tego rozmiaru, jak to określono na podstawie klasyfikacji podanej w Tabeli 1. Kiedy kruszywo zostanie już rozfrakcjonowane do różnych rozmiarów sitowych, przemyć na sicie każdą z frakcji strumieniem wody w celu usunięcia pyłu i drobnych cząstek przylegających do ziaren kruszywa. Wysuszyć frakcje zatrzymane na różnych sitach i, jeżeli nie będą użyte natychmiast, przechowywać każdą osobno w czystym pojemniku zaopatrzonym w ściśle przylegającą pokrywkę.

Naturalny materiał występujący jako kruszywo drobne (np. piasek) powinien być badany w postaci otrzymanej (bez kruszenia), jednak z uwzględnieniem warunków by nie zawierał cząstek powyżej 4 mm oraz poniżej 125 µm. Gdy brak frakcji 4-2 mm, zawartość frakcji 2-1 mm wynosi 35%.

### 8.3. Wybór i przygotowanie cementu:

8.3.1 Cement referencyjny - stosować cement portlandzki CEM I 52,5 lub 42,5 o minimalnej zawartości alkaliów  $0,9 \pm 0,1\%$ , wyrażonej jako ekwiwalent tlenku sodu  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \times \text{K}_2\text{O}$ ). Cement powinien spełniać wymagania ograniczonej ekspansji według metody ASTM C151/C151M (metoda autoklawowa) nie większej niż 0,20%. Alternatywnie stałość objętości oznaczona metodą Le Chateliera (PN-EN 196-3) powinna wykazywać wzrost rozstawu końcówek pomiarowych  $<1\text{mm}$ . Miałkość cementu oznaczona metodą PN-EN 196-6 powinna być nie mniejsza niż 450 m<sup>2</sup>/kg, a wytrzymałość 2-dniowa na ściskanie nie mniejsza niż 30,0 MPa zgodnie z PN-EN 197-1.

8.3.2 Przygotowanie cementu - stosować cement przed upływem 60 dni od daty produkcji. Jeżeli występują grudki, cement przesiać przez sito 250 µm, aby je usunąć.

### 8.4. Przygotowanie próbek zaprawy:

8.4.1. Liczba próbek zaprawy - przygotować co najmniej trzy próbki dla każdej kombinacji kruszywo-cement.



8.4.2. Przygotowanie form - wewnętrzna powierzchnia formy powinna być pokryta środkiem antyadhezyjnym, który nie wpłynie na wiązanie cementu ani nie będzie hamować przenikania wody do próbki. Nie pokrywać środkiem antyadhezyjnym powierzchni stalowych czopików.

8.4.3. Skład zaprawy - odmierzyć składniki suche zaprawy cementowej w proporcji 1 część cementu do 2,25 części frakcjonowanego kruszywa (masowo) w przypadku kruszyw o gęstości równej 2,45 kg/dm<sup>3</sup> lub więcej.

Masa suchych składników koniecznych jednorazowo do wykonania porcji zaprawy cementowej, wystarczającej na 3 próbki beleczkowe, powinna wynosić: 440 g cementu i 990 g kruszywa uzyskanego przez połączenie frakcji zatrzymanych na sitach w ilościach opisanych w Tabeli 1. Zastosować współczynnik wodno-cementowy równy 0,47 masowo.

8.4.4. Mieszanie zaprawy - zaprawę wymieszać zgodnie z PN-EN 196-1.

8.4.5. Formowanie próbek zaprawy - formować próbki zaprawy w ciągu czasu nie dłuższego niż 2 min i 15 s, który upłynął od zakończenia mieszania porcji zaprawy. Wypełnić formę w dwóch porównywalnych warstwach, z których każda była zagęszczana za pomocą ubijaka. Wprowadzić zaprawę do narożników formy, wokół stalowych czopików oraz wygładzić powierzchnię formy używając zgarniaka do chwili uzyskania jednorodnej próbki. Po zagęszczeniu górnej warstwy zaprawy, usunąć jej nadmiar i wygładzić powierzchnię próbki za pomocą kilku pociągnięć zgarniaka.

## 9. Procedura badania

9.1. Początkowe przechowywanie i odczyt - umieścić każdą z form wypełnioną zaprawą w komorze klimatycznej ze stałą temperaturą  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  i wilgotnością nie mniejszą niż 90% RH na okres  $24 \pm 2$  godzin. Próbkę wyjąć z form, opisać, zaznaczyć strzałką lub (\*) jeden z końców próbki, który od tej pory będzie wkładany do urządzenia pomiarowego u góry i dokonać początkowego odczytu porównawczego ich długości, wkładając próbkę do urządzenia pomiarowego zaczynając od górnego czopika. Wykonywać i rejestrować początkowe i wszystkie kolejne odczyty z dokładnością do 0,001 mm. Próbkę zaprawy wykonane z danym kruszywem umieścić w pojemniku do przechowywania napełnionym wodą destylowaną w ilości zapewniającej ich całkowite zanurzenie. Zamknąć pojemnik i umieścić w komorze termostatycznej o temperaturze  $80,0 \pm 2^\circ\text{C}$  na okres 24 h.

9.2. Pomiar zerowy - przenosić pojedynczo pojemniki z komory termostatycznej. Kolejne pojemniki przenosić dopiero jeżeli wszystkie belki z poprzedniego pojemnika zostały zmierzone, a pojemnik umieszczono ponownie w komorze termostatycznej. Czas, który upłynął pomiędzy przeniesieniem a odłożeniem pojemników do komory termostatycznej nie powinien przekraczać 10 min. Wyjmować pojedynczo belki z wody i oczyszczać powierzchnię czopików z osadu papierowym ręcznikiem. Osuszanie powierzchni próbki powinno być ograniczone do minimum, ponieważ może powodować jej wysychanie i zmniejszanie wymiarów. Wykonać pomiar zerowy (L0) każdej z próbek natychmiast po osuszeniu. Po pomiarze włożyć do urządzenia pręt referencyjny i sprawdzić, czy różnica nie jest większa niż 3  $\mu\text{m}$  (jeżeli tak, pomiar belek należy powtórzyć). Zakończyć osuszanie i odczyt w czasie nie dłuższym niż 10 - 15 s od wyjęcia próbki z wody. Jeżeli czas pomiaru się wydłuża, należy umieścić próbkę w gorącej wodzie i powtórzyć pomiar po upływie co najmniej 3 minut. Po odczytaniu wskazania, pozostawić próbkę na ręczniku do chwili uzyskania odczytów zmian liniowych pozostałych belek. Umieścić wszystkie próbki zaprawy z próbką danego kruszywa w pojemniku zawierającym 1 N roztwór NaOH o temperaturze  $80,0 \pm 2^\circ\text{C}$  w ilości wystarczającej do całkowitego zanurzenia próbek. Uszczelnić pojemnik i umieścić go ponownie w komorze termostatycznej.

Uwaga: Przed każdym pomiarem należy wykonać pomiar pręta referencyjnego, ponieważ ciepło wydzielane przez belki zaprawy może wywołać zmiany długości urządzenia pomiarowego. Urządzenie pomiarowe o konstrukcji ulepszonej (Rysunek 1) nie wykazuje znaczących zmian długości wskutek wydzielania ciepła z próbek.

9.3. Dalsze przechowywanie i pomiary - wykonywać okresowo kolejne odczyty (Lx) zmian liniowych długości próbek, z co najmniej trzema odczytami pośrednimi, przez 14 dni po pomiarze zerowym, o tej samej, porównywalnej porze każdego dnia. Jeżeli odczyty kontynuowane są poza okresem 14



dni, wykonywać co najmniej dwa pomiary tygodniowo. Procedura jest identyczna do tej opisanej w punkcie o pomiarze zerowym z tym wyjątkiem, że po wykonaniu pomiaru każda z belek jest odkładana bezzwłocznie do tego samego pojemnika do przechowywania, z którego zostały pobrane.

## 10. Obliczenia

Obliczyć różnicę pomiędzy pomiarem zerowym długości próbki a pomiarem długości w każdym okresie przechowywania w zaokrągleniu do 0,001% efektywnej odległości pomiędzy końcami czopików umieszczonych w zaprawie i zarejestrować jako ekspansję próbki dla tego okresu przechowywania. Przedstawić średnią ekspansję trzech próbek zaprawy dla danej kombinacji cementu i kruszywa z dokładnością do 0,01% jako ekspansję w danym okresie.

Zmianę długości badanej próbki oblicza się następująco:

$$\text{zmiana długości próbki [\%]} = 100 \times (L_n - L_0) / G,$$

gdzie:

$L_n$  - długość próbki po „n dniach” [mm], przy czym n oznacza liczbę dni liczonych od pomiaru zerowego,

$L_0$  - długość zerowa próbki [mm],

$G$  - odległość pomiędzy wewnętrznymi końcami czopików metalowych umieszczonych w zaprawie [mm], z dokładnością do 0,1mm.

## 11. Dopuszczalna różnica między wynikami

11.1 Zgodnie z objaśnieniami w ASTM C1260 pkt. 12 dopuszczalna różnica pomiędzy dwoma wynikami prawidłowo przeprowadzonych badań kruszywa, wykazującego średnią 14-dniową zmianę długości > 0,1%, w tym samym laboratorium nie powinny różnić się więcej niż o 8,3%. Wyniki dwóch prawidłowo przeprowadzonych badań takiego kruszywa w różnych laboratoriach nie powinny różnić się więcej niż o 43%.

11.2 Niepewność pomiaru oszacowana na podstawie testów statystycznych Zakładu Cementu OSiMB-ICiMB na poziomie ufności 95% i współczynniku  $k=2$  wynosi:

$\pm 0,003\%$  w przypadku oczekiwanej ekspansji 0,05%,  $\pm 0,008\%$  w przypadku oczekiwanej ekspansji 0,10%.

## 12. Ocena

Zgodnie z AASHTO R-80 ocena reaktywności kruszywa na podstawie średniej zmiany długości próbek zaprawy po 14 dniach przechowywania w 1 N roztworze NaOH w temperaturze 80°C jest następująca:

Kategoria reaktywności kruszywa	Opisowe określenie reaktywności	14-dniowa zmiana długości próbek [%]
R0	niereaktywne	$\leq 0,10$
R1	umiarkowanie reaktywne	$>0,10; \leq 0,30$
R2	silnie reaktywne	$>0,30; \leq 0,45$
R3	bardzo silnie reaktywne	$>0,45$



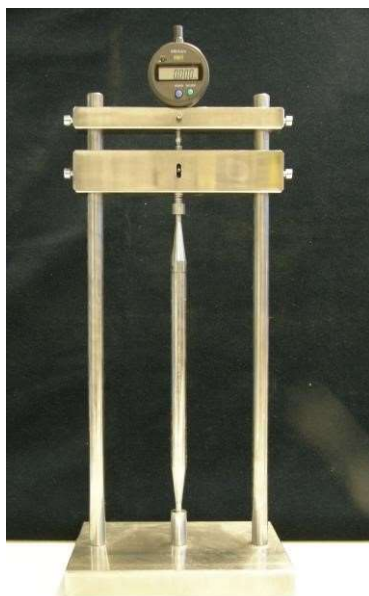
Uwagi:

- W literaturze cytowanej w ASTM C1260 stwierdzono, że niektóre granitognejsy i metabazalty wykazują ekspansję w zastosowaniach rzeczywistych pomimo, że 14-dniowa zmiana długości próbek zaprawy z tymi kruszywami była mniejsza niż 0,10%. W przypadku takich kruszyw zaleca się analizę obserwacji z praktycznych ich zastosowań w betonie w obiektach rzeczywistych. Jeżeli brak takich danych, należy zastosować właściwe środki zapobiegawcze przeciwko szkodliwym skutkom reakcji alkalia-kruszywo.
- W przypadku 14-dniowej zmiany długości próbek w zakresie 0,08-0,20% zaleca się przedłużenie badań do 28 dni. W przypadku takich kruszyw wskazane jest przeprowadzenie badań próbek betonu metodami długotrwałymi w 38°C lub 60°C.
- Jeżeli stwierdzono znaczącą zmianę długości próbek, należy uzyskać dane uzupełniające, które potwierdzą, że ekspansja wystąpiła z powodu reakcji alkalia-krzemionka w kruszywie. Źródło takich informacji dodatkowych stanowią: (1) analiza petrograficzna kruszywa w celu określenia czy znane minerały reaktywne występują w kruszywie; (2) identyfikacja produktów reakcji alkalia-krzemionka w próbkach zaprawy po zakończeniu badania; (3) dane z eksploatacji w warunkach rzeczywistych, o ile są dostępne, mogą być zastosowane do oceny reaktywności kruszywa.
- Z literatury znana jest skuteczność opisanej procedury do oceny kruszyw z uwagi na wystąpienie reakcji alkalia-krzemionka, również w przypadku kruszyw wapiennych. Przydatność procedury w przypadku reakcji alkalia-wegłany nie jest potwierdzona.
- Gdy na podstawie wyników badań przeprowadzonych przy użyciu niniejszej metody badawczej i informacji dodatkowych stwierdzono, że dane kruszywo powinno być traktowane jako umiarkowanie reaktywne, to należy sprawdzić efektywność możliwych środków zapobiegających szkodliwym skutkom. Do takich sposobów zalicza się m.in. stosowanie niskoalkalicznego cementu portlandzkiego, obniżenie zawartości alkaliów w betonie, zastosowanie dodatków mineralnych wskazanych w AASHTO R 80.

### 13. Sprawozdanie

W sprawozdaniu przedstawić następujące informacje:

- Rodzaj i pochodzenie kruszywa.
- Rodzaj i pochodzenie cementu.
- Ekspansję w autoklawie lub stałość objętości cementu oraz procentową zawartość alkaliów w cemencie: tlenku potasu ( $K_2O$ ), tlenku sodu ( $Na_2O$ ) i obliczonego ekwiwalentu tlenku sodu ( $Na_2O_{eq} = \% Na_2O + 0,658 \times \% K_2O$ ).
- Średnią zmianę długości, wyrażoną w procentach, dla każdego pomiaru próbek.
- Wszelkie istotne informacje dotyczące przygotowania kruszyw, łącznie z uziarnieniem kruszywa jeżeli różni się od frakcji podanych w pkt. 8.2.
- Wszelkie istotne cechy ujawnione w trakcie oraz po badaniu próbek.
- Ilość wody zarobowej wyrażonej jako procent masowy cementu.
- Wykres zmian długości w funkcji czasu od pomiaru zerowego do końca okresu ekspozycji w 1 N roztworze NaOH w temperaturze 80°C.



Rysunek 1. Urządzenie pomiarowe (dylatometr) o konstrukcji ulepszonej, z invaru





## Załącznik 2

### **Instrukcja badania reaktywności kruszyw w temperaturze 38°C według ASTM C1293/RILEM AAR-3**

#### **1. Przedmiot i zakres instrukcji**

Instrukcja dotyczy oceny reaktywności kruszyw mineralnych z wodorotlenkami sodu i potasu występującymi w cieczy porowej betonu. Sposób postępowania jest oparty na metodzie przedstawionej w normie ASTM C1293, z modyfikacjami wymaganymi w warunkach krajowych, zgodnie ze wskazówkami RILEM AAR-3. Umożliwia stwierdzenie wystąpienia szkodliwej reakcji alkalia-kruszywo w ciągu 365 na podstawie oznaczenia zmiany długości próbek betonu z badanym kruszywem.

#### **2. BHP**

Zagadnienia bezpieczeństwa i higieny pracy, których należy przestrzegać przy przeprowadzaniu badań, zostały szczegółowo opisane w ASTM C1293. Ustalenie właściwych procedur bezpieczeństwa i ochrony zdrowia leży w zakresie obowiązków użytkownika.

#### **2a. Dokumenty związane**

AASHTO R 80-17, Standard Practice for Determining the Reactivity of Concrete Aggregates and Selecting Appropriate Measures for Preventing Deleterious Expansion in New Concrete Construction, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2017

ASTM C1293-08b(2015) Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction

PN-EN 197-1:2012 Cement - Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku

PN-ISO 565:2000, Sita kontrolne - tkanina z drutu, blacha perforowana i blacha cienka perforowana elektrochemicznie - wymiary nominalne oczek

RILEM Recommended Test Method: AAR-3-Detection of Potential Alkali-Reactivity-38 °C Test Method for Aggregate Combinations Using Concrete Prisms. w: Nixon P.J., Sims I. (eds) RILEM Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali-Aggregate Reactions in New Concrete Structures. RILEM State-of-the-Art Reports, Vol. 17. Springer, 79-97, 2016

#### **3. Terminologia**

Zmiana długości - zwiększenie lub zmniejszenie wymiarów liniowych próbki badanej, mierzone równolegle do osi wzdłużnej.

#### **4. Aparatura**

4.1. Sita - o otworach kwadratowych, z materiału tkanego z drutu o wymiarach 22,4; 16,0; 8,0; 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 i 0,125 mm, zgodne z PN-ISO 565.

4.2. Mieszarka laboratoryjna z obrotową misą do betonu, łopatką, zgarniak, stół wibracyjny.

4.3. Waga do 50 kg z dokładnością do 0,1 kg oraz waga do 5 kg z dokładnością do 0,1 g.

4.4. Formy - trzy formy umożliwiające wykonanie próbki o długości 250±50 mm i boku 75±5 mm. Końce płytek formy muszą mieć w centrum otwory umożliwiające wkręcenie stalowych czopików.

4.5. Pojemniki do przechowywania próbek powinny umożliwiać umieszczenie 3 próbek jednocześnie w pozycji pionowej, jednak dopuszczalne jest stosowanie pojemników, w których próbki układane są poziomo. Pojemniki wypełniane są wodą destylowaną lub dejonizowaną do wysokości 25±5 mm. Próbki nie powinny dotykać do ścianek pojemnika ani do siebie nawzajem; powinny być tak podparte, aby znajdowały się 10 mm nad powierzchnią wody. Pojemniki powinny zapobiegać utracie wilgoci w wyniku parowania dzięki odpowiednio szczelnej nakrywie.

4.6. Komora termostatyczna ze sterowaniem poziomu temperatury 38,0±2,0°C.



4.7. Urządzenie pomiarowe - Przyrząd do pomiaru zmian długości stanowi okrągły mikrometr lub inny przyrząd pomiarowy z podziałką 0,001 mm i z dokładnością 0,002 mm w przedziale  $\pm 0,020$  mm oraz dokładnością 0,005 mm w przedziale  $\pm 0,250$  mm. Zakres pomiarowy przynajmniej  $\pm 10$  mm. Konstrukcja przyrządu powinna umożliwiać kontrolę urządzenia pomiarowego przy użyciu pręta referencyjnego z invaru. Zewnętrzna długość pręta kalibracyjnego powinna wynosić  $295 \pm 0,1$  mm. Górny koniec pręta powinien być oznaczony strzałką lub (\*). Środkowa część na długości 100 mm powinna być pokryta gumową rurką o ścianach o grubości co najmniej 3 mm, w celu zmniejszenia wpływu zmian temperatury podczas pomiaru. Urządzenie pomiarowe o konstrukcji ulepszonej, wykonane z invaru w celu minimalizacji efektów termicznych, ze zmodyfikowanym sposobem mocowania próbki w celu minimalizacji niedokładności ułożenia czopików w gniazdach, pokazano w Załączniku 1.

## 5. Odczynniki

5.1. Wodorotlenek sodu (NaOH): klasa czystości - co najmniej techniczna.

5.2. Czystość wody: woda destylowana lub dejonizowana.

Ostrzeżenie: Przed użyciem NaOH należy skontrolować:

- środki bezpieczeństwa dotyczące stosowania NaOH;
- środki pierwszej pomocy w przypadku oparzeń;
- procedury postępowania w przypadku wycieku, jak to opisano w karcie charakterystyki substancji lub w innych dokumentach dotyczących zasad bezpieczeństwa. NaOH może powodować bardzo poważne oparzenia lub uszkodzenia niechronionej skóry lub oczu. Zawsze należy stosować właściwe środki ochrony osobistej. Środki powinny obejmować: całkowitą ochronę twarzy, gumowy fartuch i rękawice nieprzepuszczalne dla NaOH.

## 6. Warunki prowadzenia badań

6.1. Temperatura pomieszczenia, w którym następuje formowanie próbek zaprawy, a także suchych składników zaprawy i destylowanej wody zarobowej powinna być utrzymywana w zakresie  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Po zaformowaniu próbki należy przechowywać w tej samej temperaturze oraz zapewnić warunki wysokiej wilgotności (co najmniej 90%). Pomiaru początkowe wykonywane są bezpośrednio po rozformowaniu w warunkach laboratorium suchego ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , RH > 50%).

6.2. Temperaturę w komorze termostatycznej, w której przechowywane będą pojemniki z próbkami betonowymi, należy utrzymywać w zakresie  $38 \pm 2^\circ\text{C}$ .

## 7. Pobieranie próbek kruszywa i przygotowanie próbek betonów

### 7.1. Wybór kruszywa

Do określenia reaktywności kruszywa należy przygotować jedną lub dwie z następujących kombinacji kruszyw:

- (I) Badane kruszywo drobne połączone z niereaktywnym kruszywem grubym
- (II) Badane kruszywo grube połączone z niereaktywnym kruszywem drobnym

Niereaktywne kruszywo drobne lub grube jest dobierane na podstawie badania reaktywności wg normy ASTM C1260 i RILEM AAR-2 (według Instrukcji w Załączniku 1). Kryterium niereaktywności kruszywa w tym przypadku jest 14-dniowa zmiana długości próbek poniżej 0,05%.

W standardowej mieszance kruszywo drobne (0-4 mm) powinno stanowić 40% masy całego kruszywa, natomiast kruszywo grube (4-22) 60%. Udział masowy poszczególnych frakcji przedstawiony jest w Tabeli 1.

Tabela 1. Wymagane uziarnienie kruszywa

Średnica oczka (mm)	Przechodzi przez sito
22,4	(100%)
16,0	75-95
8,0	45-70
4,0	35-55



2,0	25-45
1,0	20-35
0,5	10-25
0,25	4-12
0,125	1-8

## 7.2. Wybór cementu:

Cement referencyjny - stosować cement portlandzki CEM I 52,5 lub 42,5 R zgodny z PN-EN 197-1 o zawartości alkaliów  $0,9 \pm 0,1\%$  wyrażonej jako ekwiwalent tlenku sodu  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \times \text{K}_2\text{O}$ ). Zawartość alkaliów w cemencie należy wyznaczyć na podstawie badań lub certyfikatu od producenta. Aby zwiększyć zawartość alkaliów w mieszance, do  $1,25 \pm 0,05\%$  na masę cementu, wyrażoną jako ekwiwalent  $\text{Na}_2\text{O}$ , należy dodać  $\text{NaOH}$  do wody zarobowej.

Uwaga: Zawartość alkaliów wyrażona jako ekwiwalent  $\text{Na}_2\text{O}$  równy 1,25% została wybrana, aby przyspieszyć proces ewentualnej ekspansji, a nie aby odzwierciedlić warunki zastosowań praktycznych. Przy zawartości cementu 420 kg/m<sup>3</sup> odpowiada to zawartości 5,25 kg/m<sup>3</sup> alkaliów w mieszance betonowej.

## 7.3. Przygotowanie próbek betonowych:

7.3.1. Liczba próbek betonowych - Przygotować co najmniej trzy próbki dla każdej kombinacji kruszywa.

7.3.2. Przygotowanie form - wewnętrzna powierzchnia formy powinna być pokryta środkiem antyadhezyjnym, który nie wpłynie na wiązanie cementu ani nie będzie hamować przenikania wody do próbki. Nie pokrywać środkiem antyadhezyjnym stalowych czopików.

### 7.3.3. Proporcje mieszanki betonowej

7.3.3.1. Zawartość cementu  $420 \pm 10$  kg/m<sup>3</sup>.

7.3.3.2. Omówiony w ASTM C1293 przypadek zastosowania aktywnych dodatków mineralnych jako zamiennika części masy cementu w mieszance betonowej jest tu pominięty z powodu niedopuszczenia stosowania dodatków do betonu przeznaczonego na nawierzchnie drogowe o kategorii ruchu KR5÷KR7.

7.3.3.3. Współczynnik wodno-cementowy (w/c) - należy utrzymać w przedziale od 0,42 do 0,45. Współczynnik w/c należy wybrać tak, tak aby osiągnąć wystarczającą urabialność mieszanki, która pozwoli na odpowiednie jej zagęszczenie w formach. Jeżeli niemożliwe jest uzyskanie odpowiedniej urabialności mieszanki albo pojawia się nadmierny bleeding lub segregacja, można zastosować plastifikator lub domieszkę modyfikującą lepkość. Należy zanotować współczynnik w/c oraz rodzaj i zawartość domieszki, jeżeli taką stosowano.

7.3.3.4. Dodatek  $\text{NaOH}$  do wody zarobowej - rozpuścić wodorotlenek sodu w wodzie zarobowej w takiej ilości, aby zawartość  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  wynosiła 1,25% masy cementu.

### 7.3.4. Mieszanie składników

Przed rozpoczęciem mieszania należy zwilżyć wodą mieszalnik. Następnie należy postępować wg schematu przedstawionego w Tabeli 2.



Tabela 2. Kolejność oraz czas mieszania składników

Dodawanie składników w kolejności:	Czas po którym należy dodać poszczególne składniki od momentu rozpoczęcia (s)	Całkowity czas mieszania (s)
Kruszywo drobne + kruszywo grube	0	60
½ wody + dodatek NaOH	60	120
(Przerwa)	120	180
Cement + ½ wody (+ plastyfikator, jeśli jest to konieczne)	180	300

Konsystencję mieszanki należy określić na podstawie pomiaru opadu stożka. Opad powinien wynosić od 100 do 180 mm, nie powinien się przekraczać maksymalnej wartości nawet w przypadku użycia superplastyfikatora. Należy też wykonać pomiary zawartości powietrza w mieszance oraz wyznaczyć gęstość mieszanki stosując metody normowe.

#### 7.3.5. Formowanie próbek betonowych

Formy powinny być pokryte środkiem antyadhezyjnym, należy unikać zbyt dużego ich użycia i nie pokrywać nim stalowych czopików. Mieszankę betonową należy układać w formach w dwóch równych warstwach, zagęszczając wibracyjnie. W miarę możliwości unikać wygładzania próbek po zawibrowaniu. Z jednej mieszanki betonowej wykonać trzy próbki betonowe. Zaformowane próbki przechowywać w temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  w warunkach wysokiej wilgotności ( $\text{RH} \geq 90\%$ , najlepiej przykryte szczelnie folią) przez  $24 \pm 1$  h. Bezpośrednio po zaformowaniu oraz przed rozformowaniem należy zważyć próbki w formach, by upewnić się, że nie przekroczono dopuszczalnego ubytku wody w trakcie 24 h dojrzewania próbek.

## 8. Procedura badania

8.1. Pomiar początkowy (zerowy) - zaraz po wyjęciu próbek z formy (po  $24 \pm 1$  h) wykonać pomiar początkowy długości próbek oraz ich masy. Następnie próbki umieścić w pojemnikach do przechowywania opisanych w pkt. 5.5., w temperaturze  $38 \pm 2^\circ\text{C}$ .

8.2. Dalsze przechowywanie i pomiary - wykonywać okresowo kolejne odczyty zmian liniowych długości próbek betonowych ( $L_x$ ) oraz masy próbek ( $m_x$ ) po upływie 7 i 28 dni oraz 2, 4, 13, 26 i 52 tygodni od zaformowania. Nie należy wykonywać pomiarów pośrednich. W przypadku wolno reagujących kruszyw, bazując na lokalnym doświadczeniu, można wydłużyć długość trwania testu do 2 lat. Przed każdym pomiarem wyjąć pojemniki z próbkami z komory termostatycznej i przełożyć do komory wilgotnościowej na  $16 \pm 4$  h, temp.  $23^\circ\text{C}$ , RH 95%. Probki wyjmować z pojemników bezpośrednio przed pomiarem. Pomiar wykonywać w pomieszczeniu o temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej nie mniejszej niż 50%. Po każdym pomiarze próbki umieszczać na podkładkach w pojemniku. Dodatkowo, aby zredukować zjawisko wymywania alkaliów z próbek betonowych, co 2 tygodnie wszystkie próbki należy obracać o  $180^\circ$  (□□) jeżeli przechowywane są w pionie lub o  $90^\circ$  zgodnie z ruchem wskazówek zegara, jeżeli przechowywane są w poziomie. Jeśli występuje utrata wody w wyniku parowania, należy uzupełnić braki wodą destylowaną.

#### 8.3. Wymywanie alkaliów z betonu

Zastosowanie wody destylowanej lub dejonizowanej do utrzymania warunków wysokiej wilgotności podczas przechowywania próbek w pojemniku umożliwia monitorowanie stężenia alkaliów wymytych z betonu. Zaleca się kontrolne przeprowadzanie pomiarów pH wody znajdującej się w pojemnikach po 1, 3, 6 i 12 miesiącach, by sprawdzić czy z obojętnego zmienia się w zasadowy. Więcej informacji dotyczącej stężenia alkaliów w wodzie mogą dostarczyć bardziej zaawansowane metody pomiarowe, jak ICP-MS (spektroskopia mas sprzężona z plazmą wzbudzaną indukcyjnie) lub fotometria płomieniowa. W celu przeprowadzania tych badań należy pobrać próbkę wody z pojemnika (100 ml) i przekazać do kompetentnego laboratorium. Probki wody należy umieścić w



jałowym pojemniku, szczelnie zamknięte. Jeśli próbki nie będą badane bezpośrednio po pobraniu, powinny zostać schłodzone do temperatury ok. 10 °C (w lodówce). Probki należy chronić przed światłem słonecznym i przegrzaniem, zwłaszcza podczas transportu. Ze względu na wysoki koszt badań zaleca się ich przeprowadzenie po 3, 6 i 12 miesiącach.

## 9. Obliczenia

Obliczyć różnicę pomiędzy pomiarem zerowym długości próbki a pomiarem długości w każdym okresie przechowywania w zaokrągleniu do 0,001% efektywnej odległości pomiędzy końcami czopików umieszczonymi w próbce i zarejestrować jako ekspansję próbki dla tego okresu przechowywania. Przedstawić średnią ekspansję trzech próbek betonowych w przypadku danej kombinacji kruszywa z dokładnością do 0,01% jako ekspansję w danym okresie. Zmianę długości badanej próbki oblicza się następująco:

$$\Delta L = \frac{Lx - L0}{G} * 100\%$$

$\Delta L$  - zmiana długości próbki [%],

$LX$  - długość próbki po upływie czasu  $x$  [mm],

$L0$  - długość zerowa próbki (pomiar po 24 h) [mm],

$G$  - odległość pomiędzy wewnętrznymi końcami czopików metalowych umieszczonych w betonie [mm], z dokładnością do 0,1 mm.

Obliczyć zmiany masy próbek betonowych ( $\Delta m$ ) w każdym okresie przechowywania zgodnie ze wzorem:

$$\Delta m = \frac{mx - m0}{m0} * 100\%$$

$mx$  - masa próbki po upływie czasu  $x$  [g],  $m0$  - masa zerowa próbki (pomiar po 24 h) [g].

Przedstawić średnią zmianę masy z trzech próbek betonowych.

## 10. Dopuszczalna różnica między wynikami

### 10.1. Badania wykonane w różnych laboratoriach

Zgodnie z objaśnieniem w ASTM C 1293 pkt. 13 odchylenie standardowe od średniej z pomiarów 3 próbek nie powinno być większe niż 0,0032% przy średniej ekspansji poniżej 0,014%. Wyniki dwóch prawidłowo wykonanych badań tego samego kruszywa nie powinny się różnić więcej niż o 0,009%.

Przy średniej ekspansji powyżej 0,014% współczynnik zmienności pomiarów 3 próbek nie powinien być większy niż 23%. Wyniki dwóch prawidłowo wykonanych badań tego samego kruszywa nie powinny się różnić więcej niż o 65%.

### 10.2. Badania wykonane w tym samym laboratorium

Przy średniej ekspansji poniżej 0,02% odchylenie standardowe wyników badania nie powinno być większe niż 0,0025%. W związku z tym różnica pomiędzy największym i najmniejszym wynikiem z trzech pojedynczych próbek nie powinna być większa niż 0,008%.

Przy średniej ekspansji powyżej 0,02% współczynnik zmienności pomiarów 3 próbek nie powinien być większy niż 12%. W związku z tym różnica pomiędzy największą i najmniejszą zmianą długości próbki z serii trzech próbek nie powinien być większy niż 40% średniej.



## 11. Ocena

Zgodnie z AASHTO R-80 ocena reaktywności kruszywa na podstawie średniej zmiany długości próbek betonu po 365 dniach przechowywania w temperaturze 38°C jest następująca:

Kategoria reaktywności kruszywa	Opisowe określenie reaktywności	365-dniowa zmiana długości próbek [%]
R0	niereaktywne umiarkowanie	$\leq 0,04$
R1	reaktywne silnie reaktywne	$>0,04 ; \leq 0,12$
R2	bardzo silnie reaktywne	$>0,12 ; \leq 0,24$
R3		$>0,24$

## 12. Sprawozdanie

W sprawozdaniu przedstawić następujące informacje:

- Rodzaj i źródło grubego i drobnego kruszywa oraz stosowane uziarnienie kruszywa grubego.
- Rodzaj i źródło cementu portlandzkiego.
- Zawartość alkaliów w cemencie (zawartość tlenku potasu, tlenku sodu, i wyliczone  $\text{Na}_2\text{Oeq}$ ).
- Zawartość dodanej domieszki do betonu, jeżeli taką stosowano (plastyfikator lub domieszka modyfikująca lepkość).
- Skład mieszanki betonowej.
- Ilość dodanego  $\text{NaOH}$  do wody zarobowej wyrażonej jako %  $\text{Na}_2\text{Oeq}$  w stosunku do masy cementu.
- Współczynnik w/c.
- Właściwości mieszanki: konsystencja (opad stożka), gęstość, zawartość powietrza.
- Średnia zmiana długości próbek w danym terminie odczytu i pojedyncze zmiany długości każdej próbki wyrażone w %.
- Zmiany zaobserwowane na powierzchni próbek, w trakcie badań oraz po zakończeniu (np. spękania, wypływ żelu, obwódki wokół ziaren).
- Rodzaj pojemnika do przechowywania próbek oraz rodzaj urządzenia utrzymującego temperaturę w zakresie  $38 \pm 2^\circ\text{C}$ , o ile różnią się od urządzeń wyspecyfikowanych powyżej.



## Załącznik 3

### **Instrukcja wyznaczania charakterystyki porów powietrznych w odwiertach betonowych z nawierzchni dwuwarstwowej z eksponowanym kruszywem**

#### **1. Przedmiot i zakres instrukcji**

Instrukcja dotyczy wyznaczania charakterystyki porów powietrznych w próbkach odwierconych z nawierzchni betonowych. Sposób postępowania jest oparty na metodzie przedstawionej w normie PN-EN 480-11. Umożliwia wyznaczenie wskaźnika

rozmieszczenia porów ( L ) i zawartości mikroporów (A300) na zglądach wyciętych z próbek odwiertów z nawierzchni ułożonej w dwóch warstwach.

Ustalono sposób pobierania i przygotowania próbek betonowych do pomiaru charakterystyki porów. Aby uzyskany wynik był reprezentatywny w przypadku warstwy górnej i dolnej betonu nawierzchniowego, określono minimalną długość linii pomiarowej na badanej powierzchni zglądów betonowych.

Określono sposób prowadzenia linii trawersowej na próbkach górnej i dolnej warstwy betonu.

#### **2. Dokumenty związane**

PN-EN 480-11:2008 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu - Metody badań - Część 11: Oznaczanie charakterystyki porów powietrznych w stwardniałym betonie

PN-EN 12504-1:2011 Badania betonu w konstrukcjach - Część 1: Próbki rdzeniowe - Pobieranie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie

TP Beton-StB 10 Technische Prüvorschriften für tragschichten mit hydraulischen

Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, FGSV 892, 2010+korrektublatt, 01.07.2010

ONR 23303:2010 Prüfverfahren Beton (PVB) - Nationale Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe (Technische Regel; Austrian Standards)

#### **3. Aparatura**

Zgodnie z punktem 5.2 normy PN-EN 480-11:2008

#### **4. Pobieranie próbek - odwiertów**

Próbki betonowe pobiera się z nawierzchni betonowej zgodnie z procedurą PN-EN 12504-1:2011 po minimum 7 dniach od wykonania nawierzchni. Odwiert stanowi fragment betonu wycięty prostopadle do powierzchni z eksponowanym kruszywem przez całą grubość warstwy nawierzchni. Średnica odwiertu powinna wynosić minimum 145 mm.

#### **5. Przygotowywanie próbek do wyznaczania charakterystyki porów**

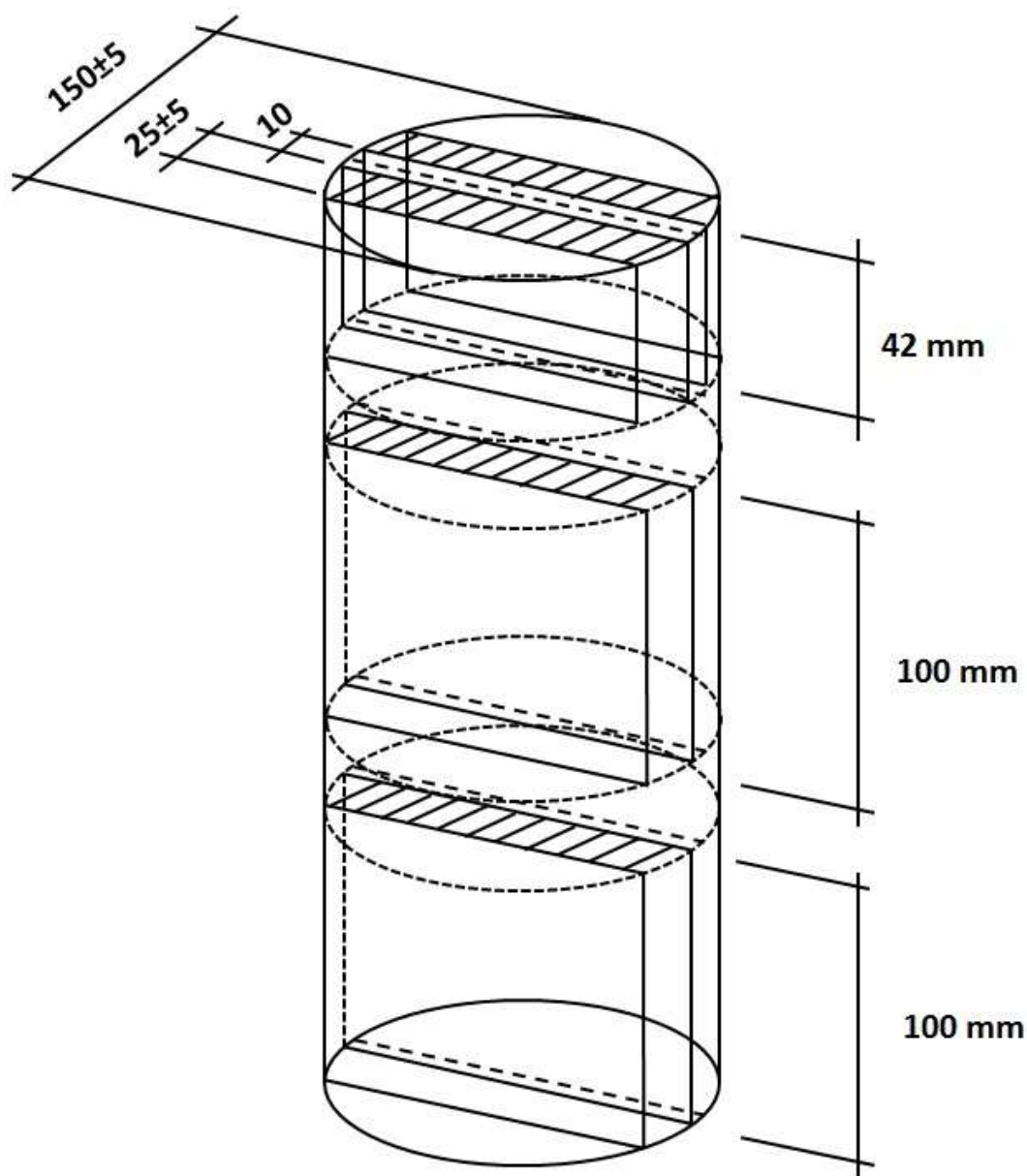
Zalecane jest wycinanie próbek z odwiertów o średnicy  $150 \pm 5$  mm. Należy wyciąć po 2 próbki płytki z górnej warstwy betonu i z dolnej warstwy betonu zgodnie ze schematem przedstawionym na Rysunku 1. Zasadnicze znaczenie ma uzyskanie jak największej powierzchni płytek do przeprowadzenia pomiarów mikroskopowych, stąd zalecane na schemacie odległości powinny być zachowane. Istotny jest 10 mm odstęp między sąsiadującymi ze sobą powierzchniami próbek, wycinanych z górnej warstwy. Odstęp wprowadzono w celu eliminacji tych samych porów powietrznych widocznych na sąsiednich próbkach.

Wycięte próbki betonu powinny mieć wymiary około  $(135-150) \times 42 \times 25$  mm w przypadku górnej warstwy betonu oraz około  $(135-150) \times 100 \times 25$  mm w przypadku dolnej warstwy betonu. Wysokość próbki wyciętej z górnej warstwy betonu uzależniona jest od grubości warstwy betonowej - nie powinna być mniejsza niż 42 mm. Pozostałe wymiary powinny być zachowane z tolerancją  $\pm 5$  mm. Cięcie przebiegające na łączeniu warstwy górnej i dolnej nawierzchni betonowej powinno umożliwić



uzyskanie jak największej wysokości próbki górnej warstwy nawierzchni, stąd zaleca się prowadzenie cięcia około 5 mm poniżej widocznej granicy górnej warstwy betonu.

Rysunek 1. Wykonanie próbek do badań z odwiertu nawierzchni betonowej o średnicy nie mniejszej niż  $150 \pm 5$  mm



## 6. Przygotowanie powierzchni zglądu

Powierzchnie, na których ma być wykonywany pomiar należy szlifować i polerować na mokro aż staną się płaskie, a jakość krawędzi porów powietrznych umożliwi jednoznaczny pomiar cięciw wyznaczanych przez linie pomiarowe (trawersowe). Dwie próbki wycięte z górnej warstwy nawierzchni o wymiarach około  $(135-150) \times 42 \times 25$  mm powinny być polerowane dwustronnie, aby możliwe było osiągnięcie na czterech powierzchniach minimalnej długości linii trawersowej ( $T_{tot}$ ) 2400 mm. Dwie próbki dolnej warstwy betonu o wymiarach około  $(135-150) \times 100 \times 25$  mm z górnej i dolnej jej części należy polerować jednostronnie na powierzchni o największych wymiarach.





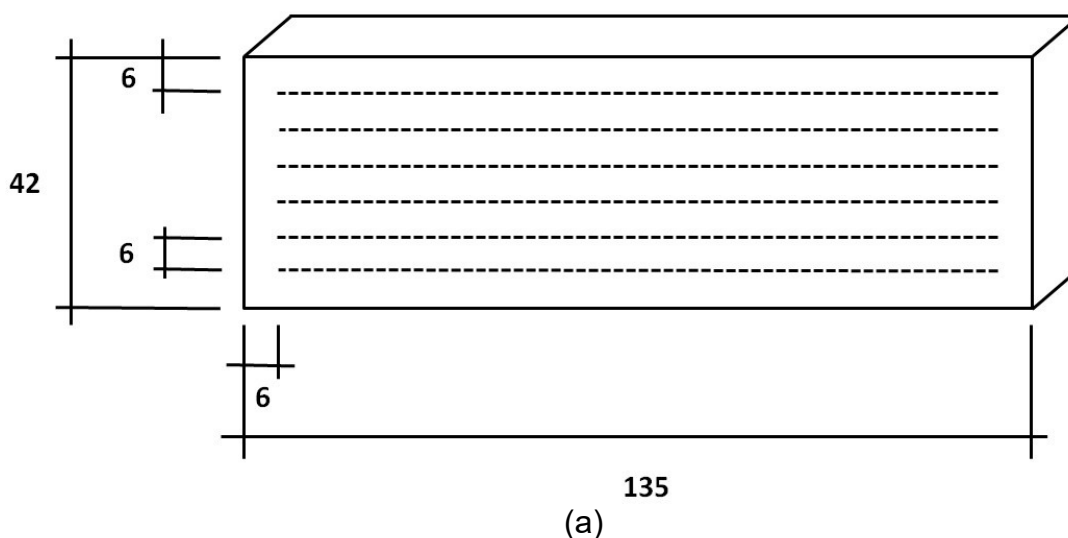
## 7. Procedura prowadzenia linii pomiarowych

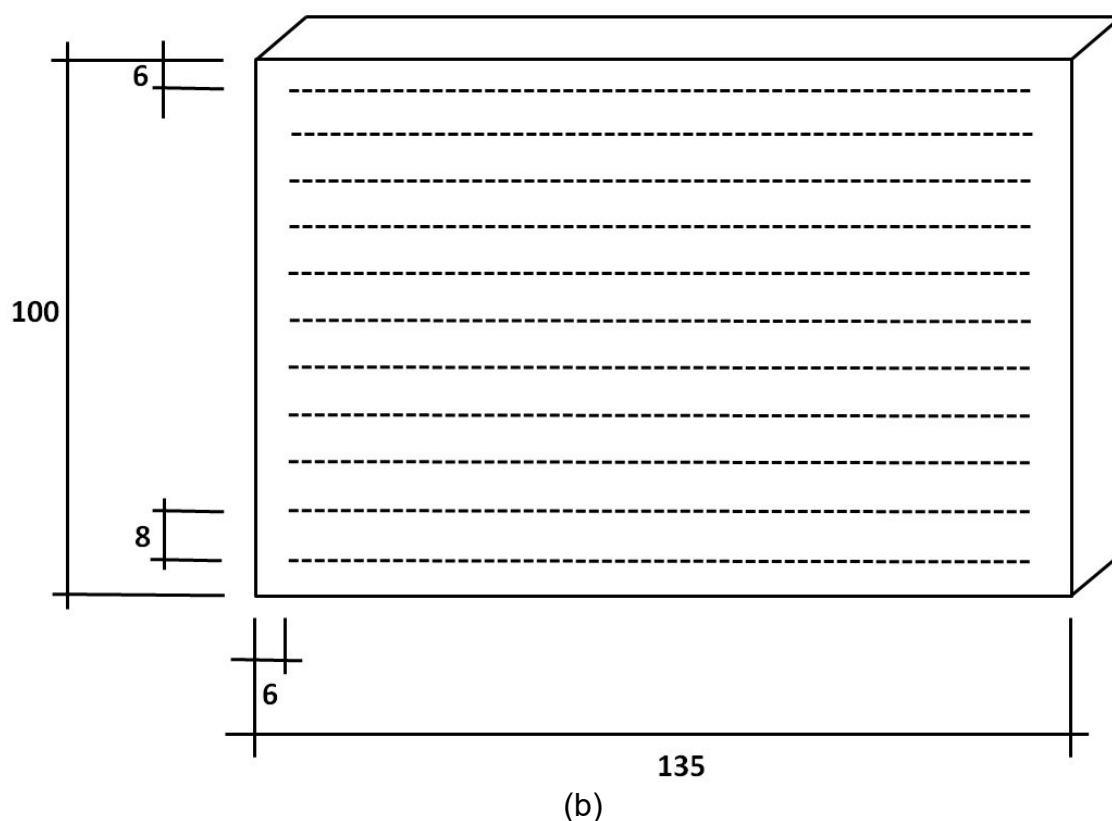
Linie pomiarowe (trawersowe) należy prowadzić równoległe do pierwotnej górnej powierzchni odwiertu. Odległość linii pomiarowych od krawędzi zglądu powinna wynosić co najmniej 6 mm. Odległość między liniami pomiarowymi nie powinna być mniejsza niż 6 mm. Linie należy rozmieścić równomiernie na badanych powierzchniach próbek, aby łączna ich długość wynosiła minimum 2400 mm w danej warstwie betonu. Przykład rozmieszczenia linii pomiarowych przedstawiono na Rysunku 2.

Linie pomiarową o długości minimum 2400 mm w danej warstwie betonu należy przeprowadzić:

- na 4 powierzchniach zglądów (2 płytki po obu stronach) w przypadku górnej warstwy betonu,
- na 2 powierzchniach zglądów (2 płytki) w przypadku dolnej warstwy betonu.

Pomiary na zglądach oraz obliczenia charakterystyki porów należy wykonać zgodnie z PN-EN 480-11:2008.





Rysunek 2. Rozkład linii pomiarowych (linia przerywana) na powierzchni zglądu (a) górnej warstwy nawierzchni o wymiarach 135x42 mm - rozstaw co 6 mm, odległość od krawędzi zglądu 6 mm (długość linii pomiarowej na powierzchni - 738mm); (b) dolnej warstwy nawierzchni o wymiarach 135x100 mm - rozstaw co 8 mm, odległość od krawędzi 6 mm (długość linii pomiarowej na powierzchni - 1353 mm); przy najmniejszej możliwej długości zglądu 130 mm całkowita długość linii pomiarowej wynosi odpowiednio 708 mm i 1298 mm.