

Załącznik
do zarządzenia Nr 30
Generalnego Dyrektora Dróg
Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.

KATALOG TYPOWYCH KONSTRUKCJI
NAWIERZCHNI SZTYWNYCH

Opracowano w:

Katedrze Dróg i Lotnisk

Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej
Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Opracował zespół w składzie:

prof. dr hab. inż. Antoni Szydło – Kierownik Zespołu

dr inż. Piotr Mackiewicz
dr inż. Robert Wardęga
dr inż. Bartłomiej Krawczyk

Opracowano na zlecenie:

Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad
00-874 Warszawa, ul. Wronia 53

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	8
SYMBOLE I SKRÓTY	9
1. PODSTAWOWE INFORMACJE W ODNIESIENIU DO POPRZEDNIEGO „KATALOGU TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI SZTYWNYCH” Z 2001 R.....	11
2. ZAKRES STOSOWANIA KATALOGU I OGRANICZENIA.....	13
3. DEFINICJE	15
4. SCHEMAT I TERMINOLOGIA WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI SZTYWNYCH ORAZ WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA	17
CHARAKTERYSTYKA WARSTW KONSTRUKCJI ORAZ PODŁOŻA GRUNTOWEGO NAWIERZCHNI.....	19
SPÓD KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI I POZIOM NIWELETY ROBÓT ZIEMNYCH.....	21
5. PROCEDURA PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI I WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA GRUNTOWEGO Z UŻYCIEM KATALOGU	22
6. RUCH PROJEKTOWY I KATEGORIA RUCHU.....	23
WSTĘP.....	23
OŚ STANDARDOWA	23
OKRES PROJEKTOWY.....	23
RUCH RZECZYWISTY POJAZDÓW CIĘŻKICH.....	23
OKREŚLENIE LICZBY OSI STANDARDOWYCH	24
KLASYFIKACJA RUCHU	27
7. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE	28
WYMAGANIA OGÓLNE.....	28
WARUNKI WODNE.....	28
WARUNKI GRUNTOWE	29
USTALENIE GRUPY NOŚNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO NAWIERZCHNI NA ETAPIE PROJEKTOWANIA...	30
SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO NAWIERZCHNI W CZASIE ROBÓT	32
8. PROJEKTOWANIE WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA I DOLNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI	34
ROLA WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA I DOLNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI.....	34
UKŁAD WARSTW.....	34
WYMAGANA NOŚNOŚĆ.....	36
WARSTWA ULEPSZONEGO PODŁOŻA	36
WARSTWA MROZOOCHRONNA	37
PODBUDOWA POMOCNICZA	37
WARSTWA ODSĄCZAJĄCA	37
WARSTWA ODCINAJĄCA	38
TYPOWE ROZWIĄZANIA.....	39
WZMOCNIENIE GEOSYNTETYKAMI	44
9. WYBÓR TYPOWEGO ROZWIĄZANIA GÓRNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI W ZALEŻNOŚCI OD PROJEKTOWANEGO MATERIAŁU PODBUDOWY ZASADNICZEJ	46

10. SPRAWDZENIE WYMAGANEJ ODPORNOŚCI NAWIERZCHNI NA WYSADZINY 53

POSTĘPOWANIE W PRZYPADKU GRUNTÓW ORGANICZNYCH W PODŁOŻU GRUNTOWYM.....	44
KONTROLA W CZASIE ROBÓT	45

11. WYMAGANIA MATERIAŁOWE I TECHNOLOGICZNE 55

WYMAGANIA OGÓLNE.....	55
WARSTWA NAWIERZCHNIOWA – WYMAGANIA OGÓLNE.....	56
WARSTWA NAWIERZCHNIOWA – DYBLE I KOTWY, ZBROJENIE.....	59
WARSTWA NAWIERZCHNIOWA – SZCELINY.....	60
WARSTWA POŚLIZGOWA	61
PODBUDOWA ZASADNICZA.....	62
PODBUDOWA POMOCNICZA	69
WARSTWA MROZOOCHRONNA	69
WARSTWA ULEPSZONEGO PODŁOŻA	70
WARSTWA ODSĄCZAJĄCA	70
WARSTWA ODCINAJĄCA	71
MINIMALNE I MAKSYMALNE GRUBOŚCI WARSTW	71

13. INDYWIDUALNE PROJEKTOWANIE NAWIERZCHNI 72

13. PRZEPISY I NORMY ZWIĄZANE..... 74

NORMY KRAJOWE.....	74
PRZEPISY PRAWNE	77
INSTRUKCJE, WYTYCZNE	78
KATALOGI I METODY PROJEKTOWANIA POLSKIE I ZAGRANICZNE	78

ZAŁĄCZNIK A. PRZYKŁADY 81

PRZYKŁAD A1	81
PRZYKŁAD A2	82
PRZYKŁAD A3	83
PRZYKŁAD A4	84
PRZYKŁAD A5	87
PRZYKŁAD A6	94

ZAŁĄCZNIK B. OBCIĄŻENIE NAWIERZCHNI, TEMPERATURA OBLICZENIOWA I STAŁE MATERIAŁOWE..... 100

B1. OBCIĄŻENIE.....	100
B2. TEMPERATURA OBLICZENIOWA	100
B3. STAŁE MATERIAŁOWE GÓRNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI	100
<i>B3.1. Beton cementowy.....</i>	<i>100</i>
<i>B3.2. Mieszanki mineralno-asfaltowe.....</i>	<i>100</i>
<i>B3.3. Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej.....</i>	<i>100</i>
<i>B3.4. Podbudowa zasadnicza z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym ...</i>	<i>100</i>
<i>B3.5. Nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszzonego podłoża</i>	<i>100</i>
<i>B4. Warstwa mrozochronna.....</i>	<i>101</i>
<i>B5. Warstwa ulepszzonego podłoża</i>	<i>101</i>
B5. STAŁE MATERIAŁOWE PODŁOŻA GRUNTOWEGO NAWIERZCHNI	102

SPIS RYSUNKÓW

<i>Rys. 4.1. Schemat i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>17</i>
<i>Rys. 4.2. Przekrój poprzeczny i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>18</i>
<i>Rys. 8.1. Schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR1-KR2 w wykopie i w nasypie oraz wymagane wartości wtórnych modułów odkształcenia na powierzchni warstw; a) w przypadku grupy nośności podłoża G1, b) w przypadku grupy nośności podłoża G2, G3 i G4.....</i>	<i>35</i>
<i>Rys. 8.2. Schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR3-KR7 w wykopie i w nasypie oraz wymagane wartości wtórnych modułów odkształcenia na powierzchni warstw; a) w przypadku grupy nośności podłoża G1 i G2, b) w przypadku grupy nośności podłoża G3 i G4.....</i>	<i>35</i>
<i>Rys. 10.1. Głębokość przemarzania gruntu h_z wg PN-81/B-03020.....</i>	<i>54</i>

SPIS TABEL

<i>Tab. 6.1. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na osie standardowe 100 kN i 115 kN.....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 6.2. Współczynniki obliczeniowego pasa ruchu f_1</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 6.3. Współczynniki szerokości pasa ruchu f_2.....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 6.4. Współczynniki pochylenia niwelety f_3</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 6.5. Klasyfikacja ruchu projektowego (30 lat)</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 7.1. Klasyfikacja warunków wodnych podłoża gruntowego nawierzchni.....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 7.2. Podział gruntów pod względem wysadzinowości</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 7.3. Klasyfikacja grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni G_j.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 7.4. Grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni w zależności od wysadzinowości gruntu i warunków wodnych</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 8.1. Wymagania w zakresie nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu.....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 8.2. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 8.3. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 8.4. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR1 i KR2 ($E_2 \geq 80$ MPa). Grubości warstw podano w cm.</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 9.1. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka niezwiązana z kruszywa $C_{50/30}$</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 9.2. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka niezwiązana z kruszywa $C_{90/3}$</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 9.3. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 9.4. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza:.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 9.5. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza:.....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 10.1. Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na odporność na wysadziny</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 11.1. Wymagania dla cementów dla nawierzchni betonowych</i>	<i>57</i>

<i>Tab. 11.2. Wymagania dla geowłókniny stosowanej pomiędzy płytą betonową i podbudową zasadniczą z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi oraz z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi</i>	<i>62</i>
<i>Tab. 11.3. Zakres stosowania materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w zależności od kategorii ruchu</i>	<i>63</i>
<i>Tab. 11.4. Wymagania i zakres stosowania rodzaju nawierzchni betonowej w zależności od kategorii ruchu</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 11.5. Zakres stosowania i wymagania dotyczące mieszanek niezwiązanych do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 11.6. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 11.7. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża.....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 11.8. Zakres stosowania i wymagania dotyczące gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych) do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża</i>	<i>68</i>

PRZEDMOWA

W związku ze znacznym rozwojem technologicznym w budowie nawierzchni betonowych w Polsce oraz potrzebami dostosowania wymagań do aktualnych przepisów, opracowano weryfikację i aktualizację „Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych” wydanego w 2001 roku. *Katalog* ten był opracowany gdy nawierzchnie betonowe nie były stosowane na szeroką skalę w kraju.

Katalog został zmodyfikowany z uwzględnieniem aktualnych technologii wykonywania nawierzchni betonowych, stosownie do nowych kategorii obciążenia ruchem. Zaprezentowane konstrukcje katalogowe dostosowano do zwiększonego obciążenia ruchem w Polsce oraz aktualnych przepisów prawnych w zakresie wymiarów i wymaganych nacisków na osie pojazdów. W opracowaniu wykorzystano wyniki pomiarów ważenia pojazdów na stacjach zainstalowanych na nawierzchniach drogowych.

Wprowadzono nowe wartości współczynników pozwalających na przeliczenie sylwetek pojazdów na osie standardowe. Zostały one wyznaczone z wykorzystaniem zawansowanych metod numerycznych i algorytmów opartych na warstwowych układach sprężystych. Współczynniki wyznaczone dla przeliczeniowych sylwetek pojazdów na osie standardowe 100 i 115 kN.

Studia nad kryteriami zmęczeniowymi (zagranicznymi i krajowym) do określania trwałości zmęczeniowej oraz analiza warunków klimatycznych na obszarze kraju, pozwoliły na przyjęcie odpowiednich modeli obliczeniowych nawierzchni betonowych, które następnie zostały wykorzystane do wymiarowania konstrukcji nawierzchni betonowych.

W końcowej części *Katalogu* zamieszczono aktualne wymagania technologiczne nawiązujące do aktualnych przepisów i specyfikacji technicznych.

Katalog jest wynikiem szerokiego zakresu prac wykonywanych w kilku etapach dla zadania badawczego pt.: „Aktualizacja Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych” zleconego przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie do Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej.

Autorzy mają nadzieję, że *Katalog* będzie rozwijał zapoczątkowane wiele lat temu tradycje związane z nawierzchniami betonowymi w Polsce oraz spełni oczekiwania inżynierów, projektantów i wykonawców.

Wrocław, październik 2013 r.

SYMBOLE I SKRÓTY

W niniejszym opracowaniu przyjęto następujące symbole i skróty:

- A - autobusy (zgodnie z definicją punkt: 3.5);
- C - samochody ciężarowe bez przyczep (zgodnie z definicją punkt: 3.2);
- C+P - samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami (zgodnie z definicją punkt: 3.3 i 3.4);
- CBR - kalifornijski wskaźnik nośności (ang. *California Bearing Ratio*);
- $C_{i/j}$ - zawartość ziaren przekuszonych lub łamanych i oraz całkowicie zaokrąglonych j (np. $C_{90/3}$);
- C_{NR} - nie określa się wymagań zawartości ziaren przekuszonych lub łamanych;
- $C_{X/Y}$ - klasa wytrzymałości X/Y materiału związanego spoiwem hydraulicznym (np. $C_{1,5/2}$ lub $C_{3/4}$);
- DCP - sonda dynamiczna stożkowa (ang. *Dynamic Cone Penetrometer*);
- D_{15} - wymiar sita, przez które przechodzi 15% ziaren;
- d_{85} - wymiar sita, przez które przechodzi 85% ziaren;
- E_1 - pierwotny moduł odkształcenia;
- E_2 - wtórny moduł odkształcenia;
- FWD - urządzenie do pomiaru ugięć nawierzchni od obciążenia udarowego (ang. *Falling Weight Deflectometer*);
- F_i - mrozoodporność kruszywa;
- f_1 - współczynnik obliczeniowego pasa ruchu;
- f_2 - współczynnik szerokości pasa ruchu;
- f_3 - współczynnik pochylenia niwelety;
- G_i - grupa nośności podłoża, $i = \{1, 2, 3, 4\}$;
- $H_{całk}$ - całkowita grubość warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża gruntowego;
- H_{min} - minimalna suma grubości warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom;
- H_{ZWG} - odległość pomiędzy poziomem zwierciadła wody gruntowej, a spodem konstrukcji nawierzchni;
- h_z - głębokość przemarzania gruntu;
- k - współczynnik filtracji;
- KR_i - kategoria ruchu i , gdzie $i = \{1, 2, \dots, 7\}$;
- LA_i - klasa odporności materiału na rozdrabnianie w bębnie Los Angeles;
- n - n -ty rok eksploatacji konstrukcji nawierzchni;
- N_{100} - ruch projektowy, sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy;

- N_{115} - ruch projektowy, sumaryczna liczba osi standardowych 115 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy;
- N_A - ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba autobusów (A) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi;
- N_C - ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep (C) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi;
- N_{C+P} - ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi;
- r_A^{100} - współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 100 kN;
- r_A^{115} - współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 115 kN;
- r_C^{100} - współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 100 kN;
- r_C^{115} - współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 115 kN;
- R_c - klasa wytrzymałości na ściskanie gruntu stabilizowanego;
- r_{C+P}^{100} - współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) na liczbę osi standardowych 100 kN;
- r_{C+P}^{115} - współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) na liczbę osi standardowych 115 kN;
- SE - wskaźnik piaskowy (stare oznaczenie - WP);
- T - liczba lat w okresie projektowym;
- UF_i - maksymalna zawartość cząstek przechodzących przez sito 0,063 mm;
- w - wartość wpędu w mm na jedno uderzenie bijaka sondy DCP;
- WM - warstwa mrozoochronna;
- WUP - warstwa ulepszonego podłoża.

1. PODSTAWOWE INFORMACJE W ODNIESIENIU DO POPRZEDNIEGO „KATALOGU TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI SZTYWNYCH” Z 2001 r.

- 1.1. Wprowadzono zmiany i uściślenia w terminologii konstrukcji nawierzchni sztywnych.
- 1.2. Pozostawiono 30-letni okres projektowy. Klasyfikację ruchu oparto o sumaryczną liczbę osi standardowych w okresie projektowym.
- 1.3. Wprowadzono nowe, dostosowane do występujących obciążeń, współczynniki służące do przeliczania pojazdów ciężkich na osie standardowe.
- 1.4. Wprowadzono nową kategorię ruchu bardzo ciężkiego KR7.
- 1.5. Wprowadzono współczynniki szerokości pasa ruchu i współczynniki pochylenia niwelety do obliczania ruchu projektowego.
- 1.6. Wprowadzono nieznaczne zmiany w klasyfikacji grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni i uzupełniono ją o wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2 .
- 1.7. Wprowadzono wymóg kontroli nośności gruntu w czasie robót, po odsłonięciu podłoża gruntowego w wykopach lub po uformowaniu nasypów, w celu sprawdzenia założeń projektowych.
- 1.8. Przyjęto trzy poziomy wymaganej nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, pod podbudową zasadniczą w zależności od kategorii ruchu.
- 1.9. Usystematyzowano zasady stosowania warstw odsączającej i odcinającej.
- 1.10. Podano różnorodne rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne do warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w celu zapewnienia możliwości wyboru rozwiązania dostosowanego do warunków miejscowych.
- 1.11. Uwzględniono nowe wymagania sformułowane zgodnie z Normami Europejskimi w odniesieniu do kruszyw, cementów, mieszanek betonowych, mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych oraz gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi i wapnem.
- 1.12. Konstrukcje typowe podane w nowym *Katalogu* określono na podstawie zaawansowanych metod obliczeniowych z zastosowaniem dotychczasowego kryterium zmęczeniowego stosowanego w poprzednim *Katalogu*. Wyniki obliczeń konfrontowano z konstrukcjami typowymi w innych krajach o podobnych warunkach klimatycznych. Wykorzystano także badania autorów oraz dotychczasowe doświadczenia krajowe.
- 1.13. Opracowano nowe wymagania technologiczne dotyczące składników betonu, zasad produkcji mieszanek betonowych, transportu i wbudowania oraz wymagań dla betonu do nawierzchni drogowych na podstawie nowych specyfikacji technicznych.

W listopadzie 2012 roku opracowano w Katedrze Inżynierii Drogowej Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”. W związku z tym, w celu ujednoczenia niektórych klasyfikacji, terminologii, procedur i wymagań, wykorzystano z „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” (KTKNPiP) na życzenie Zleceniodawcy niektóre informacje i zastosowano w niniejszym Katalogu. Dotyczy to głównie wzmocnienia podłoża, wymagań materiałowych. Układ niniejszego Katalogu jest zbliżony do KTKNPiP w celu ujednoczenia procedur projektowania.

2. ZAKRES STOSOWANIA KATALOGU I OGRANICZENIA

- 2.1. *Katalog* został opracowany do stosowania w projektowaniu dróg publicznych. Nie jest przeznaczony do projektowania dróg leśnych, rolniczych i wewnętrznych.
- 2.2. *Katalog* został opracowany do projektowania nowych konstrukcji nawierzchni i nie obejmuje projektowania wzmocnień nawierzchni istniejących.
- 2.3. *Katalog* nie powinien być wykorzystywany do projektowania konstrukcji nawierzchni dróg o bardzo małym natężeniu ruchu pojazdów ciężkich (poniżej 45 000 osi standardowych w okresie projektowym). Nawierzchnie tych dróg mogą być cieńsze od podanych w tym *Katalogu* i powinny być projektowane na podstawie innych przepisów.
- 2.4. *Katalog* obejmuje konstrukcje nawierzchni składających się z górnej warstwy z betonu cementowego oraz podbudów wykonanych z mieszanek niezwiązanych, betonu asfaltowego, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi, gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi.
- 2.5. W *Katalogu* uwzględniono nawierzchnie z płyt betonowych zbrojonych, dyblowanych i kotwionych oraz niezbrojonych. *Katalog* nie obejmuje nawierzchni o górnych warstwach wykonanych z elementów prefabrykowanych, kostki kamiennej i kostki betonowej. Nie dotyczy także nawierzchni wykonanych z płyt betonowych sprężonych, z włóknami rozproszonymi, z betonu wałowanego, z betonu porowatego, z betonu piaskowego oraz nawierzchni złożonych (mieszanych) - warstwa betonowa ułożona na istniejącej nawierzchni asfaltowej (whitetopping).
- 2.6. *Katalog* został opracowany przy założeniu typowych warunków gruntowo-wodnych. W przypadku gruntów słabych (organicznych) oraz w sytuacjach wyjątkowych (np. kurzawki) konieczne jest indywidualne projektowanie wzmocnienia podłoża gruntowego nawierzchni lub budowli ziemnej. Po zapewnieniu odpowiedniej nośności takiego podłoża, równomierności osiadań i ograniczeniu wartości osiadań całkowitych, możliwe jest przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni z *Katalogu*.
- 2.7. *Katalog* nie jest przeznaczony do projektowania drogowych budowli ziemnych i ich posadowienia.
- 2.8. W przypadku gruntów skalistych zalecane jest indywidualne projektowanie dolnych warstw konstrukcji nawierzchni. Warstwy górne konstrukcji nawierzchni mogą być przyjęte z *Katalogu*.
- 2.9. *Katalog* nie jest przystosowany do projektowania konstrukcji nawierzchni na terenach szkód górniczych. Wzmocnienia podłoża na terenach szkód górniczych muszą być projektowane indywidualnie. Po zapewnieniu wymaganego wzmocnienia podłoża na terenach szkód górniczych możliwe jest przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni z *Katalogu*.
- 2.10. *Katalog* został opracowany dla określonych materiałów obecnie stosowanych do budowy dróg, opisanych w rozdziale 11. Zastosowanie nowych, innowacyjnych

materiałów jest możliwe na zasadach indywidualnego projektowania konstrukcji nawierzchni, opisanego w rozdziale 12 i ich akceptacji przez Zarządcę Drogi.

- 2.11. W przypadkach, gdy nawierzchnia betonowa poddawana jest dużym obciążeniom wykraczającym poza przedstawioną klasyfikację oraz przy występowaniu incydentalnych zmian klimatycznych w Polsce (znaczne wahania dobowe temperatur), konstrukcje nawierzchni powinny być projektowane indywidualnie.
- 2.12. Zastosowanie w sposób prawidłowy *Katalogu* i ustalenie właściwych grubości warstw konstrukcji nawierzchni nie gwarantuje uniknięcia niektórych uszkodzeń nawierzchni takich jak: spękania skurczowe, uszkodzenia powierzchniowe powodowane przez wodę, mróz, środki zimowego utrzymania dróg lub inne spękania płyty betonowej itp. Uszkodzenia te zależą głównie od właściwego doboru składu mieszanek betonowych i prawidłowego wykonania nawierzchni w związku odpowiednią pielęgnacją i warunkami termicznymi.

3. DEFINICJE

- 3.1. **Pojazd ciężki** – pojazd samochodowy, którego masa całkowita przekracza 3.5 t. Stanowią go samochody ciężarowe bez przyczep, samochody ciężarowe z przyczepami (zespoły pojazdów), ciągniki siodłowe z naczepami (pojazdy członowe) oraz autobusy.
- 3.2. **Samochód ciężarowy bez przyczepy** – pojazd samochodowy o masie całkowitej przekraczającej 3.5 t, również samochód ciężarowo-osobowy przeznaczony konstrukcyjnie do przewozu ładunków i osób w liczbie od 4 do 9.
- 3.3. **Samochód ciężarowy z przyczepą (zespół pojazdów)** – pojazd samochodowy o masie całkowitej przekraczającej 3.5 t, wraz z przyczepą.
- 3.4. **Ciągnik siodłowy z naczepą (pojazd członowy)** – pojazd samochodowy przystosowany do ciągnięcia naczepy, o masie całkowitej wraz z naczepą przekraczającej 3.5 t (ciągnik siodłowy bez naczepy należy zaliczać do grupy samochodów ciężarowych bez przyczep).
- 3.5. **Autobus** – pojazd samochodowy przystosowany do przewozu więcej niż 9 osób (łącznie z kierowcą).
- 3.6. **Oś standardowa** – zastępcza oś pojedyncza o kołach pojedynczych i ustalonym obciążeniu (100 kN lub 115 kN). Jest ona podstawą klasyfikacji ruchu pod względem obciążenia nawierzchni drogowej.
- 3.7. **Współczynnik przeliczeniowy pojazdów ciężkich** – współczynnik uwzględniający stopień oddziaływania (agresywności) pojazdów ciężkich na nawierzchnię, wyrażony liczbą osi standardowych przypadających na jeden pojazd ciężki.
- 3.8. **Ruch rzeczywisty** – liczba pojazdów ciężkich poruszających się w przekroju drogi w całym okresie projektowym. Ruch rzeczywisty powinien być określony na podstawie prognozy ruchu dla założonego okresu projektowego oddzielnie dla każdej sylwetki.
- 3.9. **Ruch projektowy** – liczba osi standardowych przypadająca na najbardziej obciążony pas ruchu w całym okresie projektowym.
- 3.10. **Kategoria ruchu** – pojęcie określające obciążenie drogi ruchem projektowym w zależności od sumarycznej liczby osi standardowych w okresie projektowym. Występuje siedem kategorii ruchu oznaczonych symbolami: KR1, KR2, KR3, KR4, KR5, KR6, KR7.

Warunki gruntowo-wodne

- 3.11. **Podłoże gruntowe budowli ziemnej (nasypu lub wykopu)** – strefa gruntu rodzimego poniżej spodu budowli ziemnej, której właściwości mają wpływ na projektowanie, wykonanie i eksploatację budowli ziemnej. Zakres badań oraz projektowanie budowli i podłoża budowli ziemnych określają odrębne przepisy. Niniejszy *Katalog* nie obejmuje zagadnień związanych z projektowaniem i posadowieniem budowli ziemnych.

- 3.12. **Podłoże gruntowe nawierzchni** – strefa gruntu rodzimego lub nasypowego poniżej spodu konstrukcji nawierzchni, której właściwości mają wpływ na projektowanie, wykonanie i eksploatację nawierzchni. Zakres i częstotliwość badań podłoża nawierzchni są uzależnione od złożoności warunków gruntowych i określają je odrębne przepisy.
- 3.13. **Grupa nośności podłoża gruntowego nawierzchni** – klasyfikuje nośność podłoża gruntowego nawierzchni w zależności od rodzaju i stanu gruntu podłoża, warunków wodnych w podłożu, wysadzinowości gruntu oraz od charakterystyki korpusu drogowego. Występują cztery grupy nośności podłoża gruntowego oznaczone symbolami: G1, G2, G3 i G4.

Konstrukcja nawierzchni

- 3.14. **Konstrukcja nawierzchni lub nawierzchnia** – zespół odpowiednio dobranych warstw, którego celem jest rozłożenie naprężeń od kół pojazdów na podłoże gruntowe nawierzchni oraz zapewnienie bezpieczeństwa i komfortu jazdy pojazdów. Konstrukcja nawierzchni spoczywa na podłożu gruntowym lub na warstwie ulepszanego podłoża. Określenia „konstrukcja nawierzchni” i „nawierzchnia” są równoznaczne i mogą być stosowane wymiennie.
- 3.15. **Grubość konstrukcji nawierzchni sztywnej** – suma grubości warstwy nawierzchniowej wykonanej z betonu cementowego, warstwy poślizgowej, podbudowy zasadniczej, podbudowy pomocniczej. W skład grubości konstrukcji nawierzchni nie wchodzi warstwa ulepszanego podłoża.
- 3.16. **Trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni** – liczba osi standardowych, jaką może przenieść konstrukcja nawierzchni do wystąpienia stanu granicznego.
- 3.17. **Nośność konstrukcji nawierzchni** – zdolność konstrukcji nawierzchni do przenoszenia obciążeń od ruchu drogowego.

Warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszanego podłoża

- 3.18. Definicje i opis warstw konstrukcji nawierzchni oraz warstwy ulepszanego podłoża przedstawiono w rozdziale 4.

Inne

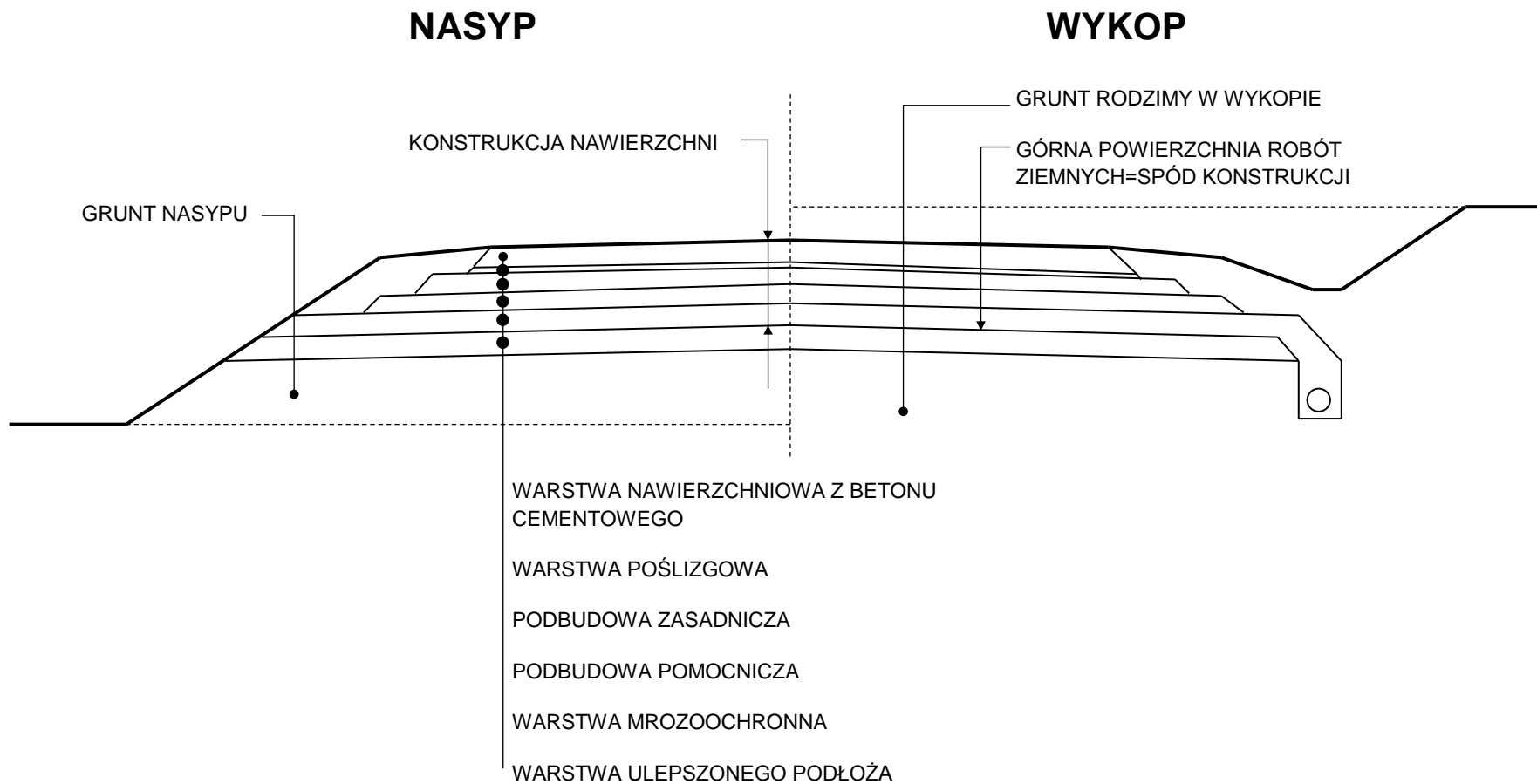
- 3.21. **Wymagania Krajowe** – załączniki krajowe do norm europejskich, wymagania techniczne, specyfikacje techniczne lub inne dokumenty przenoszące zapisy norm serii PN-EN, jakie zostaną uznane przez Zarządcę Drogi za obowiązujące w odniesieniu do stosowanych materiałów i technologii.
- 3.22. **Zarządca Drogi** – organ administracji rządowej lub jednostki samorządu terytorialnego, do którego zadań należą sprawy z zakresu planowania, budowy, przebudowy, remontu, utrzymania i ochrony dróg.

4. SCHEMAT I TERMINOLOGIA WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI SZTYWNYCH ORAZ WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA

- 4.1. Schemat i terminologię warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz podłoża gruntowego nawierzchni przedstawiono na rys. 4.1 i rys. 4.2.
- 4.2. Dodatkowe elementy takie jak: odsadzki poszczególnych warstw, elementy prefabrykowane, elementy drenażu itp. powinny być przedmiotem oddzielnego projektowania.
- 4.3. Na rys. 4.1 i rys. 4.2 nie pokazano warstwy odcinającej, która nie zawsze występuje w konstrukcji nawierzchni. Nie pokazano także warstwy odsączającej, z tego powodu, że rolę warstwy odsączającej pełnić może warstwa mrozochronna lub warstwa ulepszanego podłoża.
- 4.4. Nie wszystkie warstwy pokazane na rys. 4.1 i rys. 4.2 muszą występować w konkretnym projekcie nawierzchni.
- 4.5. Liczba i rodzaj warstw występujących w danej konstrukcji nawierzchni zależy od warunków gruntowo-wodnych, kategorii ruchu, specyficznych warunków klimatycznych oraz od materiałów użytych do warstw nawierzchni.

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa nawierzchniowa (płyta niedyblowana, dyblowana i kotwiona, zbrojona)
		Warstwa poślizgowa
		Podbudowa zasadnicza
	Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Podbudowa pomocnicza
		Warstwa mrozochronna
Podłoże gruntowe nawierzchni	Warstwa ulepszanego podłoża	
	Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.	

Rys. 4.1. Schemat i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz warstwy ulepszanego podłoża



Rys. 4.2. Przekrój poprzeczny i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz warstwy ulepszonego podłoża

- 4.6. **Warstwy górne konstrukcji nawierzchni** to: warstwa nawierzchniowa (płyta niedyblowana, dyblowana i kotwiona, zbrojona), warstwa poślizgowa i podbudowa zasadnicza. Mają one podstawowe znaczenie w przenoszeniu obciążeń od ruchu drogowego. Warstwy te dobierane są w zależności od kategorii ruchu oraz od typu podbudowy zasadniczej.
- 4.7. **Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni** to: warstwa podbudowy pomocniczej i warstwa mrozoochronna. Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni stanowią „fundament” dla warstw górnych konstrukcji nawierzchni. Warstwy te dobierane są w zależności od grupy nośności podłoża gruntowego i od wymaganej nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni.
- 4.8. Konstrukcja nawierzchni spoczywa na podłożu gruntowym nawierzchni. W razie potrzeby podłożę gruntowe nawierzchni może być wzmocnione przez wykonanie na jego górnej powierzchni warstwy ulepszanego podłoża. Warstwa ulepszanego podłoża pełni istotną rolę w pracy nawierzchni, ale formalnie zaliczana jest do robót ziemnych i nie jest wliczana w skład warstw konstrukcji nawierzchni.
- 4.9. Na rys. 4.1 i rys. 4.2 nie pokazano warstwy odsączającej i odcinającej. W szczególnych przypadkach należy zaprojektować:
- warstwę odsączającą, której rolę może pełnić warstwa mrozoochronna lub warstwa ulepszanego podłoża wykonana z odpowiedniego materiału,
 - warstwę odcinającą, o ile zajdzie potrzeba oddzielenia spoiwego podłoża gruntowego od najniższej leżącej warstwy wykonanej z materiału ziarnistego.

Charakterystyka warstw konstrukcji oraz podłoża gruntowego nawierzchni

- 4.10. **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.
- 4.11. **Warstwa poślizgowa** – warstwa znajdująca się pomiędzy płytą betonową, a podbudową zasadniczą pełniąca rolę warstwy antyspękania, filtrującej oraz poślizgowej (ograniczającej naprężenia w wyniku zmian temperatury). Wykonuje się ją z geowłókniny o odpowiednich parametrach wytrzymałościowych. Do wykonania warstwy poślizgowej można także zastosować powierzchniowe utrwalenie. Funkcję warstwy poślizgowej oraz przeciwspękania-przeciwerozrywnej może stanowić także warstwa z betonu asfaltowego o grubości 5 cm stosowana dla nawierzchni o ciągłym zbrojeniu.
- 4.12. **Podbudowa zasadnicza** - warstwa konstrukcji nawierzchni spełniająca podstawową funkcję w rozłożeniu naprężeń od kół pojazdów. Podbudowa zasadnicza może być wykonana z mieszanek niezwiązanych, betonu asfaltowego, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi, gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi.
- 4.13. **Podbudowa pomocnicza** – warstwa tworząca platformę umożliwiającą prawidłowe wbudowanie podbudowy zasadniczej, a w czasie eksploatacji nawierzchni wspomagający warstwy górne konstrukcji nawierzchni w rozłożeniu

naprężeń od kół pojazdów oraz ochronę nawierzchni przed wysadzinami powodowanymi przez szkodliwe działanie mrozu. Warstwa podbudowy pomocniczej powinna zapewnić wymagany moduł wtórny na górnej powierzchni warstwy. Materiałami używanymi do podbudowy pomocniczej mogą być: mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi, grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi.

- 4.14. **Warstwa mrozoochronna** – warstwa, której głównym zadaniem jest ochrona nawierzchni przed wysadzinami powodowanymi przez szkodliwe działanie mrozu i zwiększenie nośności warstw dolnych konstrukcji nawierzchni. Materiałami stosowanymi do warstwy mrozoochronnej mogą być: mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi, grunty niewysadzinowe, grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi, grunty stabilizowane wapnem.

W szczególnych przypadkach (bliskie sąsiedztwo zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) warstwa mrozoochronna, wykonana z gruntu niewysadzinowego lub z mieszanki niezwiązanej, może pełnić funkcję warstwy odsączającej.

- 4.15. **Warstwa ulepszanego podłoża** – wierzchnia warstwa podłoża gruntowego nawierzchni ulepszona w celu:

- a) zwiększenia nośności gruntu rodzimego w wykopie lub gruntu w nasypie w czasie budowy i w czasie eksploatacji nawierzchni,
- b) ochrony gruntu rodzimego w wykopie lub gruntu w nasypie przed deformacjami powodowanymi przez ciężkie pojazdy i maszyny robocze w czasie budowy nawierzchni,
- c) właściwego wbudowania i zagęszczenia wyżej leżących warstw konstrukcji nawierzchni,
- d) zwiększenia odporności nawierzchni na powstawanie wysadzin.

Materiałami stosowanymi do wykonania warstwy ulepszanego podłoża mogą być: mieszanki niezwiązane, grunty rodzime w wykopie lub grunty w nasypie stabilizowane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem, grunty niewysadzinowe.

W szczególnych przypadkach (bliskie sąsiedztwo zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) warstwa ulepszanego podłoża, wykonana z gruntu niewysadzinowego lub z mieszanki niezwiązanej, może pełnić funkcję warstwy odsączającej.

- 4.16. **Warstwa odsączająca** – warstwa zapewniająca odprowadzenie wody przedostającej się do spodu nawierzchni. W szczególnych przypadkach rolę warstwy odsączającej może pełnić także warstwa mrozoochronna lub warstwa ulepszanego podłoża. Aby warstwy te mogły pełnić funkcję warstwy odsączającej muszą być wykonane z materiału ziarnistego (mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego) o odpowiednim uziarnieniu i o współczynniku filtracji $k_{10} \geq 8$ m/dobę.

- 4.17. **Warstwa odcinająca** – warstwa separująca dolne warstwy konstrukcji nawierzchni lub warstwę ulepszanego podłoża, o ile wykonane są z materiału ziarnistego, od przenikania do nich drobnych cząstek ze spoistego podłoża gruntowego. Materiałami do wykonania warstwy odcinającej mogą być

geotekstylią (geowłókniny i geotkaniny separacyjne) lub w ekonomicznie uzasadnionych przypadkach odpowiednio uziarniony piasek.

Spód konstrukcji nawierzchni i poziom niwelety robót ziemnych

4.18. **Spodem konstrukcji nawierzchni** jest spód jej najniższej warstwy, spoczywającej na podłożu gruntowym nawierzchni lub na warstwie ulepszanego podłoża.

4.19. **Poziomem niwelety robót ziemnych** jest:

- a) poziom górnej powierzchni gruntu nasypowego w nasypie, lub
- b) poziom górnej powierzchni gruntu rodzimego w wykopie, lub
- c) poziom górnej powierzchni warstwy ulepszanego podłoża, o ile taka warstwa występuje.

Poziom niwelety robót ziemnych pokrywa się ze spodem konstrukcji nawierzchni.

5. PROCEDURA PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI I WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA GRUNTOWEGO Z UŻYCIEM KATALOGU

Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża gruntowego z użyciem *Katalogu* jest następująca:

- 5.1. Zebranie danych wejściowych do projektowania, dotyczących warunków geotechnicznych, obciążenia drogi ruchem i warunków klimatycznych.
- 5.2. Obliczenie ruchu projektowego i wyznaczenie kategorii ruchu.
- 5.3. Ustalenie warunków gruntowo-wodnych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni.
- 5.4. Wybór typowego rozwiązania warstwy ulepszanego podłoża oraz dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu oraz rodzaju materiałów przyjętych do poszczególnych warstw.
- 5.5. Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odsączającej i w razie takiej potrzeby nadanie tej funkcji warstwie mrozochronnej lub warstwie ulepszanego podłoża.
- 5.6. Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odcinającej i w razie takiej potrzeby zaprojektowanie tej warstwy.
- 5.7. Wybór typowego rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od projektowanego materiału podbudowy zasadniczej.
- 5.8. Sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę.
- 5.9. W przypadku niespełnienia warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę odpowiednie zwiększenie grubości warstwy mrozochronnej lub warstwy ulepszanego podłoża. Ponowne sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę.
- 5.10. Określenie podstawowych wymagań materiałowych dotyczących wykonania poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni.

6. RUCH PROJEKTOWY I KATEGORIA RUCHU

Wstęp

- 6.1. Metoda opisana w niniejszym rozdziale służy do wyznaczenia kategorii ruchu w zakresie od KR1 do KR7 na drogach publicznych. Określenie kategorii ruchu można przeprowadzić dla znanej liczby osi standardowych 115 kN lub 100 kN w całym okresie projektowym.
- 6.2. Wybór osi standardowych (115 kN lub 100 kN) do wyznaczenia kategorii ruchu nie jest obligatoryjnie związany z wymaganiami maksymalnych dopuszczalnych nacisków. Zaleca się jednak powiązać wartość osi standardowej z dopuszczalnym naciskiem dla danej drogi publicznej.

Oś standardowa

- 6.3. Ruch rzeczywisty należy przeliczyć na ruch projektowy, który wyrażany jest poprzez sumaryczną liczbę osi standardowych w całym okresie projektowym.
- 6.4. Każda sylwetka pojazdu ciężkiego wywołuje w nawierzchni drogowej różną szkodę zmęczeniową. W celu uwzględnienia homogenicznego oddziaływania różnych pojazdów na nawierzchnię stosuje się współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich. Pozwalają one „przeliczyć” sylwetkę pojazdu ciężkiego na oś standardową, wywołującą te same szkody jednostkowe.

Okres projektowy

- 6.5. Okres projektowy jest to okres od oddania nawierzchni do użytkowania do osiągnięcia stanu krytycznego, wymagającego przebudowy nawierzchni. W okresie projektowym powinny być prowadzone roboty utrzymaniowe oraz remontowe polegające na naprawie górnych warstw nawierzchni i jej elementów.
- 6.6. Niezależnie od klasy drogi, przyjęto w niniejszym *Katalogu* dla wszystkich konstrukcji nawierzchni sztywnych okres projektowy 30 lat. Dla jednego roku przyjmuje się 365 dni.

Ruch rzeczywisty pojazdów ciężkich

- 6.7. W grupie pojazdów ciężkich rozróżnia się trzy rodzaje sylwetek pojazdów:
 - a) C - samochody ciężarowe bez przyczep,
 - b) C+P - samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami,
 - c) A - autobusy.
- 6.8. W obliczeniach ruchu projektowego, dla każdej z trzech sylwetek należy uwzględnić sumaryczny ruch rzeczywisty pojazdów ciężkich w całym okresie projektowym.
- 6.9. Ruch rzeczywisty w przekroju drogi powinien być określony na podstawie prognozy ruchu dla założonego okresu projektowego oddzielnie dla każdej sylwetki (N_C , N_{C+P} , N_A). Liczbę sylwetek pojazdów ciężkich ustala się na

podstawie prognoz ruchu wykonanych z wykorzystaniem odrębnych przepisów i algorytmów obliczeniowych.

Określenie liczby osi standardowych

6.10. Sumaryczną liczbę osi standardowych przypadającą na pas obliczeniowy w całym okresie projektowym oblicza się według wzorów:

$$N_{100} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{100} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{100} + N_A \cdot r_A^{100}) \quad (6.1)$$

$$N_{115} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{115} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{115} + N_A \cdot r_A^{115}) \quad (6.2)$$



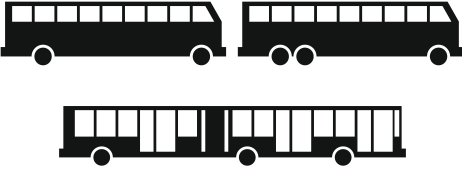
gdzie:

- N_{100} – ruch projektowy, sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy,
- N_{115} – ruch projektowy, sumaryczna liczba osi standardowych 115 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy,
- N_A – ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba autobusów (A) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi,
- N_C – ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep (C) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi,
- N_{C+P} – ruch rzeczywisty, sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) w całym okresie projektowym, w przekroju drogi,
- r_A^{100} – współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 100 kN,
- r_A^{115} – współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 115 kN,
- r_C^{100} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 100 kN,
- r_C^{115} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 115 kN,
- r_{C+P}^{100} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) na liczbę osi standardowych 100 kN,
- r_{C+P}^{115} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami (C+P) na liczbę osi standardowych 115 kN,
- f_1 – współczynnik obliczeniowego pasa ruchu,
- f_2 – współczynnik szerokości pasa ruchu,
- f_3 – współczynnik pochylenia niwelety.

Należy zwrócić uwagę, że sumaryczna liczba pojazdów N_C , N_{C+P} , N_A podawana jest w całym okresie projektowym, w przekroju drogi. Może być określona dla jednego kierunku ruchu lub dla dwóch kierunków ruchu na danej drodze, z odpowiednim uwzględnieniem współczynnika obliczeniowego pasa ruchu f_1 .

6.11. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich, należy dobierać według tablicy 6.1. w zależności od rodzaju sylwetki pojazdów i osi standardowej (115 kN lub 100 kN).

Tab. 6.1. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na osie standardowe 100 kN i 115 kN

Lp.	Rodzaje pojazdów	Przykładowe typy sylwetek pojazdów	Współczynnik przeliczeniowy r	
			Oś standardowa 100 kN	Oś standardowa 115 kN
1	2	3	4	5
1.	Samochody ciężarowe bez przyczep C		0,347	0,130
2.	Samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami C+P		3,946	1,483
3.	Autobusy A		0,530	0,199

- 6.12. Współczynniki przeliczeniowe zostały opracowane na podstawie analizy danych ze stacji ważenia pojazdów w ruchu na drogach krajowych w Polsce w ostatnich 4 latach. Wartości współczynników uwzględniają:
- zróżnicowanie pojazdów pod względem konfiguracji osi i ich obciążenia,
 - oddziaływanie pojazdów na konstrukcję nawierzchni,
 - możliwość wzrostu nacisków pojazdów w przyszłości.
- 6.13. Przy ustalaniu współczynników przeliczeniowych pojazdów ciężkich na osie standardowe, uwzględniono:
- Oddziaływanie różnych sylwetek pojazdów na różną nawierzchnię drogową.
 - Oddziaływanie różnych konfiguracji osi i typów ogumienia na nawierzchnię drogową.
 - Oddziaływanie różnych nacisków na osie pojazdów na podstawie analizy danych ze stacji ważenia pojazdów w ruchu.
 - Podstawową zasadą przy ustalaniu współczynników przeliczeniowych było określenie szkody zmęczeniowej w nawierzchni od pojazdu samochodowego i osi standardowej w modelu.
- 6.14. Ze względu na możliwość zmiany struktury ruchu oraz zwiększenia liczby danych z nowych punktów ważenia pojazdów w ruchu, współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na osie standardowe mogą w przyszłości zostać zaktualizowane.

- 6.15. Obliczeniowy pas ruchu jest to pojedynczy, najbardziej obciążony pas ruchu projektowanej jezdni przez pojazdy ciężkie. W tab. 6.2 przedstawiono współczynniki obliczeniowego pasa ruchu f_1 w zależności od liczby pasów ruchu i od liczby kierunków ruchu, dla których określono sumaryczną liczbę pojazdów ciężkich. Współczynnik f_1 oznacza udział pojazdów ciężkich na pasie obliczeniowym. Dopuszcza się przyjęcie współczynnika f_1 większego niż podano w tab. 6.2, jeżeli analiza ruchu wykaże większy udział pojazdów ciężkich na pasie obliczeniowym.

Tab. 6.2. Współczynniki obliczeniowego pasa ruchu f_1

Lp.	Liczba pasów ruchu w przekroju drogi	Współczynnik f_1	
		Dwa kierunki ruchu w przekroju drogi	Jeden kierunek ruchu w przekroju drogi
1	2	3	4
1.	1	1,00	1,00
2.	2	0,50	0,90
3.	3	0,50	0,70
4.	4	0,45	0,70
5.	5	0,45	0,70
6.	6 i więcej	0,35	0,70

- 6.16. Szerokość pasa ruchu wpływa na rozkład poprzeczny obciążeń na pasie ruchu. Przy węższych pasach ruchu obciążenia mocniej koncentrują się wzdłuż jednego śladu. Zjawisko to uwzględnia się w projektowaniu dobierając odpowiednio współczynnik szerokości pasa ruchu f_2 zgodnie tab. 6.3.

Tab. 6.3. Współczynniki szerokości pasa ruchu f_2

Lp.	Szerokość pasa ruchu (s)	Współczynnik
1	2	3
1.	$s \geq 3,50$ m	1,00
2.	$3,00 \leq s < 3,50$ m	1,06
3.	$2,75 \leq s < 3,00$ m	1,13
4.	$s < 2,75$ m	1,25

- 6.17. Na drogach, gdzie występują duże pochylenia niwelety drogi, obciążenia nawierzchni wzrastają wskutek oddziaływania sił poziomych i zmniejszenia prędkości ruchu. Do obliczania ruchu projektowego należy wprowadzić współczynnik pochylenia niwelety f_3 , uwzględniający zwiększenie obciążenia na dużych pochyleniach niwelety wtedy, gdy pochylenie na rozpatrywanym odcinku drogi przekracza 6%. Współczynnik pochylenia niwelety należy zastosować zarówno do wzniesień, jak i do spadków podłużnych drogi.
- 6.18. Ze względu na zachowanie jednolitej konstrukcji nawierzchni i technologii robót zaleca się na danym odcinku drogi, o dużych zróżnicowanych pochyleniach niwelety przyjąć jedną kategorię ruchu. Zaleca się przyjąć uśrednione pochylenie podłużne i dla niego określić z tab. 6.4 współczynnik pochylenia niwelety f_3 .

Tab. 6.4. Współczynniki pochylenia niwelety f_3

Lp.	Pochylenie niwelety drogi (i)	Współczynnik f_3
1	2	3
1.	$i < 6\%$	1,00
2.	$6\% \leq i < 7\%$	1,10
3.	$7\% \leq i < 9\%$	1,25
4.	$9\% \leq i < 10\%$	1,35
5.	$i \geq 10\%$	1,45

6.19. Dopuszcza się odstępstwo od zasady podanej w punkcie 6.18 i przyjęcie na długim, pojedynczym odcinku drogi o dużym pochyleniu podłużnym konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu zwiększonej o jeden stopień.

Klasyfikacja ruchu

6.20. Klasyfikację ruchu projektowego ze względu na sumaryczną liczbę osi standardowych 100 kN (N_{100}) i 115 kN (N_{115}) w całym okresie projektowym (30 lat), przedstawiono w tab. 6.5.

6.21. W przypadku projektowania skrzyżowań kategorię ruchu należy dobierać jak do projektowania konstrukcji nawierzchni najbardziej obciążonego ruchem wlotu drogi.

Tab. 6.5. Klasyfikacja ruchu projektowego (30 lat)

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym (30 lat) [milion osi 100 kN na pas obliczeniowy]	N_{115} - sumaryczna liczba osi standardowych 115 kN w całym okresie projektowym (30 lat) [milion osi 115 kN na pas obliczeniowy]
1	2	3
KR1	$0,045 < N_{100} \leq 0,15$	$0,017 < N_{115} \leq 0,06$
KR2	$0,15 < N_{100} \leq 0,75$	$0,06 < N_{115} \leq 0,28$
KR3	$0,75 < N_{100} \leq 6,39$	$0,28 < N_{115} \leq 2,40$
KR4	$6,39 < N_{100} \leq 15,99$	$2,40 < N_{115} \leq 6,00$
KR5	$15,99 < N_{100} \leq 42,63$	$6,00 < N_{115} \leq 16,00$
KR6	$42,63 < N_{100} \leq 101,25$	$16,00 < N_{115} \leq 38,00$
KR7	$N_{100} > 101,25$	$N_{115} > 38,00$

6.22. Wyznaczenie kategorii ruchu na łącznicach węzłów drogowych należy przeprowadzić z wykorzystaniem ruchu prognozowanego na każdej łącznicy z osobna. Jeżeli nie dysponuje się prognozą ruchu dla łącznic to należy przyjąć jedną kategorię ruchu niższą, niż do projektowania konstrukcji nawierzchni jezdni głównej.

6.23. Kategorię ruchu i konstrukcję nawierzchni: pasów awaryjnych oraz pasów włączenia i wyłączenia oraz w szczególnych przypadkach poboczy utwardzonych, należy przyjąć taką samą jak dla pasów ruchu na jezdni.

7. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE

Wymagania ogólne

- 7.1. Niniejszy rozdział dotyczy określania warunków gruntowo-wodnych podłoża gruntowego nawierzchni. Wymagania i badania związane z drogowymi robotami ziemnymi określają odrębne normy i dokumenty związane.
- 7.2. Częstotliwość i zakres badań związanych z rozpoznaniem warunków gruntowo-wodnych powinny być zgodne z aktualnymi przepisami dotyczącymi rozpoznania podłoża gruntowego budowli drogowych. Głębokość prowadzonego rozpoznania podłoża gruntowego powinna umożliwiać prawidłowe zaprojektowanie budowli ziemnej i konstrukcji nawierzchni.
- 7.3. Warunki gruntowo-wodne do celów projektowania konstrukcji nawierzchni z zastosowaniem *Katalogu* są scharakteryzowane poprzez określenie grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni od G1 do G4.
- 7.4. W celu określenia grupy nośności podłoża nawierzchni z zastosowaniem *Katalogu* należy ocenić:
- warunki wodne do głębokości 2 m od zakładanego spodu konstrukcji nawierzchni,
 - rodzaj i właściwości gruntu zalegającego do głębokości 1 m od zakładanego spodu konstrukcji nawierzchni.

Należy także ocenić czy w warstwach dolnych podłoża, poniżej 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni, nie występują warstwy słabe, wymagające indywidualnego projektowania.

Zakres badań gruntów musi umożliwiać określenie grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni zgodnie z wymaganiami *Katalogu*.

- 7.5. Jeżeli w podłożu gruntowym występują grunty lub zjawiska nietypowe to warstwę ulepszoną podłoża i dolne warstwy konstrukcji nawierzchni należy zaprojektować indywidualnie i nie stosuje się procedury określenia grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni.

Warunki wodne

- 7.6. Przyjęto trzystopniową klasyfikację warunków wodnych:
- warunki wodne dobre,
 - warunki wodne przeciętne,
 - warunki wodne złe.
- 7.7. Klasyfikację warunków wodnych w zależności od najwyższego poziomu występowania swobodnego zwierciadła wody gruntowej poniżej spodu konstrukcji nawierzchni oraz charakterystyki korpusu drogowego podano w tab. 7.1. Przez wysokość nasypu i głębokość wykopu rozumie się w tym punkcie najmniejszą odległość pionową pomiędzy powierzchnią terenu, a koroną drogi w danym przekroju poprzecznym.

- 7.8. Najwyższy poziom wody gruntowej należy ustalić w oparciu o aktualne przepisy rozpoznania podłoża budowli drogowych. Poziom występowania wody gruntowej powinien być określony z uwzględnieniem dostępnych najwyższych notowań z ostatnich lat, uwarunkowanych największymi opadami atmosferycznymi oraz ich skutkami lub wysokimi stanami wód powierzchniowych (nie dotyczy powodzi).
- 7.9. W ustalaniu warunków wodnych należy również uwzględnić stwierdzone sączenia wody w wykopach. W takim przypadku należy przyjąć warunki wodne gorsze o jeden stopień niż te wynikające z ustalonego poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej, wg tab. 7.1.

Tab. 7.1. Klasyfikacja warunków wodnych podłoża gruntowego nawierzchni

Lp.	Charakterystyka korpusu drogowego		Warunki wodne, gdy najwyższy poziom swobodnego zwierciadła wody gruntowej występuje na głębokości poniżej spodu konstrukcji nawierzchni		
			< 1 m	1 ÷ 2 m	> 2 m
1	2	3	4	5	6
1.	Wykopy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne	Przeciętne
		b	złe	przeciętne	Dobre
2.	Nasypy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne	Przeciętne
		b	przeciętne	przeciętne	Dobre
3.	Wykopy > 1 m	a	złe	przeciętne	Przeciętne
		b	złe	przeciętne	Dobre
4.	Nasypy > 1 m	a	złe	przeciętne	Dobre
		b	przeciętne	dobre	Dobre

a – pobocza nieutwardzone,

b – pobocza utwardzone i szczelne oraz dobre odprowadzenie wód powierzchniowych

UWAGA: W przypadku sączeń wody w wykopach przyjąć warunki wodne o jeden stopień gorsze niż odczytane z tablicy.

Warunki gruntowe

- 7.10. Warunki gruntowe należy ocenić pod względem wysadzinowości. Cechy gruntu powinny być ustalone na podstawie badań laboratoryjnych właściwości wymienionych w tab. 7.2. W każdym przypadku należy określić uziarnienie gruntu, a na jego podstawie rodzaj gruntu i zawartość drobnych cząstek gruntu. Wskaźnik piaskowy stanowi dodatkowe kryterium oceny gruntów niespoistych, zwłaszcza zbliżonych do mało spoistych. Jeśli ocena na podstawie określenia rodzaju gruntu, zawartości drobnych cząstek i wskaźnika piaskowego jest rozbieżna to decyduje wynik najmniej korzystny.
- 7.11. Podział gruntów pod względem wysadzinowości podano w tab. 7.2. W tabeli podano nazwy gruntów zgodne z normą PN-B-02480:1986.
- 7.12. Do chwili obecnej brakuje jednoznacznych sformułowań Załącznika Krajowego do normy PN-EN ISO 14688-1/-2 oraz PN-EN 14689-1 dotyczących oznaczenia i klasyfikacji gruntów i skał. Po sformułowaniu nowych przepisów podział gruntów w oparciu o te normy zostanie wprowadzony do *Katalogu*.

7.13. W przypadku, jeżeli podłoże gruntowe nawierzchni mają stanowić grunty (materiały) antropogeniczne, niewymienione w podstawowej klasyfikacji gruntów, należy ocenić je indywidualnie pod względem wysadzinowości.

Tab. 7.2. Podział gruntów pod względem wysadzinowości

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Grupy gruntów		
		Niewysadzinowe	Wątpliwe	Wysadzinowe
1	2	3	4	5
1.	Rodzaj gruntu wg PN-B-02480 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> • Rumosz niegliniasty (KR) • Żwir (Ż) • Pospółka (Po) • Piasek gruby (Pr) • Piasek średni (Ps) • Piasek drobny (Pd) • Żużel nierozpadowy 	<ul style="list-style-type: none"> • Piasek pylasty (Pn) • Zwiertzelina gliniasta (KWg) • Rumosz gliniasty (KRg) • Żwir gliniasty (Żg) • Pospółka gliniasta (Pog) 	<u>Grunty mało wysadzinowe:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Gлина piaszczysta zwięzła (Gpz) • Gлина zwięzła (Gz) • Ił (I) • Ił piaszczysty (Ip) • Ił pylasty (In) <u>Grunty bardzo wysadzinowe</u> <ul style="list-style-type: none"> • Piasek gliniasty (Pg) • Pył piaszczysty (np) • Pył (n) • Gлина piaszczysta (Gp) • Gлина (G) • Gлина pylasta (Gn) • Ił warwowy
2.	Zawartość cząstek, wg PKN-CEN ISO/TS 17892-4, [%] ≤ 0,063 mm ≤ 0,02 mm	< 15 < 3	od 15 do 30 od 3 do 10	> 30 > 10
3.	Wskaźnik piaskowy wg BN-64/8931-01 ¹⁾ [%]	> 35	od 25 do 35	< 25

Uwaga: 1) Do chwili ustalenia kryteriów zgodnych z normami PN-EN należy stosować dotychczasowe normy i kryteria.

Ustalenie grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni na etapie projektowania

7.14. Ustalenie grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni z zastosowaniem *Katalogu* wymaga określenia rodzaju i cech gruntu zalegającego do głębokości 1 m od zakładanego spodu konstrukcji nawierzchni. Jeżeli w tej strefie występują warstwy różnych gruntów o miąższości poniżej 1 m, to do projektowania należy przyjąć warunki gruntowe wynikające z rodzaju i cech gorszego gruntu.

7.15. Przyjęto cztery grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni: G1, G2, G3 i G4. Klasyfikacja podłoża do danej grupy nośności powinna być przeprowadzona według dwóch sposobów:

- a) według wartości wskaźnika nośności CBR,
- b) według wysadzinowości gruntu i warunków wodnych.

Jeżeli wyniki klasyfikacji podłoża gruntowego nawierzchni według tych dwóch sposobów są różne to do projektowania należy przyjąć gorszą grupę nośności podłoża gruntowego.

7.16. Klasyfikację grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni według wartości wskaźnika nośności CBR przedstawiono w tab. 7.3. W przypadku dróg ekspresowych i autostrad należy wykonać badania laboratoryjne wartości wskaźnika nośności CBR gruntu zalegającego w strefie do 1 metra poniżej spodu konstrukcji nawierzchni. W przypadku pozostałych dróg dopuszcza się przyjmowanie CBR na podstawie danych literaturowych i doświadczeń praktycznych.

Tab. 7.3. Klasyfikacja grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni G_i

Lp.	Grupa nośności podłoża gruntowego G_i	Wskaźnik nośności CBR po 4 dniach nasączenia wodą ¹⁾ [%]	Wtórny moduł odkształcenia E_2 ¹⁾ [MPa]
1	2	3	4
1.	G1	$CBR \geq 10$	$E_2 \geq 80$
2.	G2	$5 \leq CBR < 10$	$50 \leq E_2 < 80$
3.	G3	$3 \leq CBR < 5$	$35 \leq E_2 < 50$
4.	G4	$2 \leq CBR < 3$	$25 \leq E_2 < 35$

Uwaga: 1) warunki badania przyjęć wg normy PN-S-02205:1998

7.17. Wartości wtórnego modułu odkształcenia E_2 , podane w tab. 7.3 są wykorzystywane w czasie kontroli robót do weryfikacji założeń projektowych.

7.18. W tab. 7.4 przedstawiono zestawienie, pozwalające ocenić grupę nośności podłoża gruntowego na podstawie wysadzinowości gruntu i charakterystyki warunków wodnych.

Tab. 7.4. Grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni w zależności od wysadzinowości gruntu i warunków wodnych

Lp.	Rodzaj gruntu podłoża nawierzchni	Grupa nośności podłoża gruntowego nawierzchni, gdy warunki wodne są:		
		dobrze	przeciętne	złe
1	2	3	4	5
1.	Grunty niewysadzinowe	G1	G1	G1
2.	Grunty wątpliwe	G2	G2	G3
3.	Grunty mało wysadzinowe ¹⁾	G3	G4	G4
4.	Grunty bardzo wysadzinowe ¹⁾	G4	G4	G4

Uwaga 1) W stanie zwartym lub twaroplastycznym ($I_L \leq 0,25$ lub $I_c \geq 0,75$ wg PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2:2012 tablica 6); grunty wysadzinowe w stanie plastycznym, miękoplastycznym lub bardzo miękoplastycznym wykazują wartość wskaźnika CBR < 2% i wymagają indywidualnego projektowania.

- 7.19. Grunty wysadzinowe w stanie miękoplastycznym lub plastycznym wykazują wartość wskaźnika CBR mniejszą niż 2%. W przypadku występowania w podłożu gruntowym nawierzchni takich gruntów należy zastosować postępowanie określone w punktach 8.34-8.35 i opracować indywidualny projekt dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża.
- 7.20. W przypadku występowania w podłożu gruntów organicznych należy przeprowadzić szczegółowe rozpoznanie podłoża według zasad określonych w odrębnych przepisach i w projektowaniu konstrukcji nawierzchni zastosować postępowanie określone w punktach 8.36-8.38.
- 7.21. W przypadku gruntów skalistych dolne warstwy konstrukcji nawierzchni powinny być projektowane indywidualnie.
- 7.22. Podczas ustalania grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni należy pamiętać o tym, że każda zmiana grupy nośności podłoża skutkuje zmianą grubości warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża i może skutkować także zmianą technologii. Ze względu na konieczność ujednoczenia wykonawstwa robót zbyt częste zmiany grubości warstw i technologii nie są wskazane. Z tego powodu długości odcinków drogi o przyjętej projektowej grupie nośności podłoża gruntowego nawierzchni powinny być dostatecznie długie. Jeżeli w określonych warunkach gruntowo-wodnych występują częste zmiany grupy nośności to należy odcinki o różnej grupie nośności połączyć ze sobą w celu ujednoczenia technologii robót. W takim przypadku należy do projektowania przyjąć najmniej korzystną grupę nośności spośród wszystkich występujących na tym odcinku.

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego nawierzchni w czasie robót

- 7.23. Projektant jest zobowiązany do podania w projekcie grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni, przyjętej jako podstawa do projektowania konstrukcji nawierzchni. Informacja ta określa równocześnie minimalne wartości wskaźnika

CBR oraz wtórnego modułu odkształcenia E_2 , podane w tab. 7.3 odpowiadające przyjętej grupie nośności podłoża gruntowego.

- 7.24. W czasie robót budowlanych, bezpośrednio po odsłonięciu podłoża gruntowego nawierzchni w wykopach lub po uformowaniu nasypów, przed wykonaniem warstwy ulepszanego podłoża lub pierwszej warstwy konstrukcji nawierzchni, należy przeprowadzić badania kontrolne potwierdzające założenia dotyczące nośności podłoża, przyjęte w czasie projektowania, określone w punktach od 7.15 do 7.17. Ocenę nośności należy przeprowadzić poprzez określenie wtórnego modułu odkształcenia E_2 na powierzchni podłoża gruntowego i porównanie, czy wyznaczona wartość odpowiada założonej grupie nośności podłoża, zgodnie z klasyfikacją podaną w tab. 7.3. Wartość wtórnego modułu odkształcenia E_2 należy określić z badań płytą pod naciskiem statycznym.
- 7.25. Dopuszcza się zastosowanie innej metody określenia nośności podłoża gruntowego nawierzchni:
- użycie sondy dynamicznej stożkowej DCP w celu pośredniego wyznaczenia wartości wskaźnika CBR,
 - badanie lekką płytą dynamiczną do pośredniego wyznaczenia wartości wtórnego modułu odkształcenia E_2 ,
 - badanie ugięciomierzem FWD w celu pośredniego wyznaczenia wartości wtórnego modułu odkształcenia E_2 ,

W przypadkach wątpliwych decyduje badanie płytą pod naciskiem statycznym.

- 7.26. Badania ugięciomierzem FWD oraz lekką płytą dynamiczną powinny być wcześniej skalibrowane z badaniem płytą pod naciskiem statycznym. W przypadku zastosowania sondy dynamicznej stożkowej DCP można – do czasu opracowania polskiej instrukcji badania – wykorzystać następującą zależność określoną w przepisach brytyjskich:

$$\log_{10}(\text{CBR}) = 2,48 - 1,057 \cdot \log_{10} W \quad (7.1)$$

gdzie:

- CBR – wartość wskaźnika nośności CBR [%],
W – wartość wpędu w mm na jedno uderzenie bijaka sondy DCP zakończonej stożkiem o średnicy 20 mm i kącie 60° [mm/uderzenie].

- 7.27. Jeżeli badania kontrolne wykażą, że grupa nośności podłoża gruntowego określona w czasie robót jest gorsza od przyjętej do projektowania konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża to należy przeprojektować dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwę ulepszanego podłoża z uwzględnieniem niższej nośności podłoża gruntowego nawierzchni. Jeżeli badania kontrolne wykażą zwiększoną nośność podłoża gruntowego w stosunku do założeń projektowych, to nie należy wprowadzać żadnych zmian w projekcie

8. PROJEKTOWANIE WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA I DOLNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

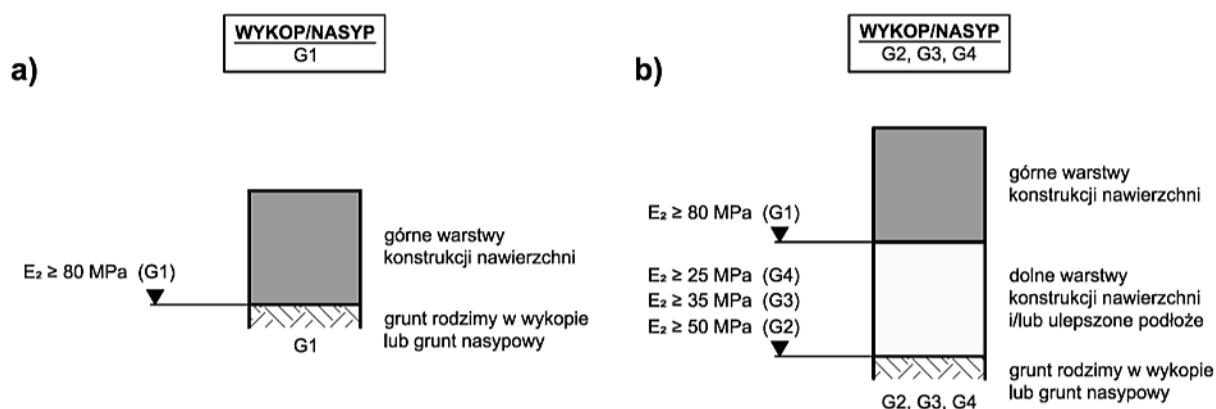
Rola warstwy ulepszonych podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni

- 8.1. Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni (warstwa mrozoochronna i warstwa podbudowy pomocniczej) oraz warstwa ulepszonych podłoża (o ile jest konieczna) zapewniają wymaganą nośność na poziomie spodu górnych warstw konstrukcji nawierzchni, odporność konstrukcji nawierzchni na powstawanie wysadzin oraz odwodnienie wgłębne. Wymagany poziom nośności musi być zapewniony w czasie budowy drogi oraz w całym okresie eksploatacji nawierzchni.
- 8.2. Rolą warstwy ulepszonych podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni jest:
- a) W czasie budowy drogi – rozłożenie naprężeń od ruchu technologicznego, ochrona przed powstaniem uszkodzeń na każdym etapie prac budowlanych oraz zapewnienie prawidłowego ułożenia i zagęszczenia górnych warstw nawierzchni.
 - b) W czasie eksploatacji nawierzchni – bezpieczne przejęcie powtarzalnych obciążeń od ruchu pojazdów oraz ochrona nawierzchni przed negatywnymi skutkami działania wody i przed wysadzinami powodowanymi przez szkodliwe działanie mrozu.
- 8.3. Właściwe pełnienie roli przez warstwę ulepszonych podłoża oraz przez dolne warstwy konstrukcji nawierzchni zależy od prawidłowego zaprojektowania i wykonania robót ziemnych oraz związanych z nimi elementów odwodnienia wgłębne i powierzchniowego.

Układ warstw

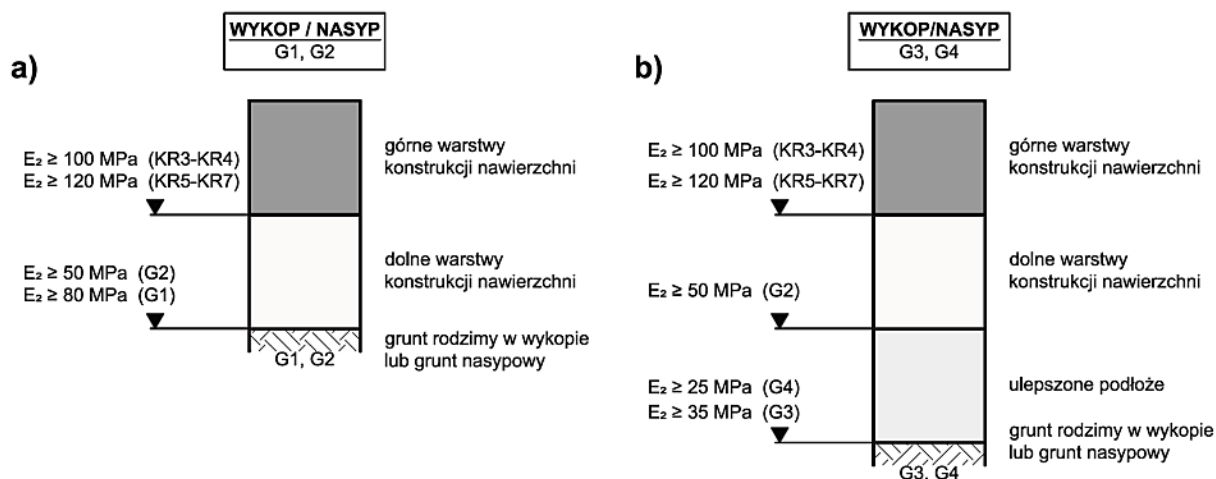
- 8.4. Schematy układu warstw konstrukcji nawierzchni przedstawiono na rys. 8.1 i rys. 8.2. Zadaniem Projektanta jest określenie potrzeby zastosowania poszczególnych warstw w istniejących warunkach lokalnych i przyjęcie odpowiedniego typowego rozwiązania spośród przedstawionych w tab. 8.2 - tab. 8.4, zapewniającego osiągnięcie wymaganej nośności.

KR1-KR2



Rys. 8.1. Schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR1-KR2 w wykopie i w nasypie oraz wymagane wartości wtórnych modułów odkształcenia na powierzchni warstw; a) w przypadku grupy nośności podłoża G1, b) w przypadku grupy nośności podłoża G2, G3 i G4

KR3-KR7



Rys. 8.2. Schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR3-KR7 w wykopie i w nasypie oraz wymagane wartości wtórnych modułów odkształcenia na powierzchni warstw; a) w przypadku grupy nośności podłoża G1 i G2, b) w przypadku grupy nośności podłoża G3 i G4

Wymagana nośność

- 8.5. Nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni określa wartość wtórnego modułu odkształcenia E_2 , wyznaczonego z badania płytą pod naciskiem statycznym. Wymaganie w zakresie nośności na powierzchni najwyższej spośród dolnych warstw konstrukcji nawierzchni jest uzależnione od kategorii ruchu, zgodnie z tab. 8.1.

Tab. 8.1. Wymagania w zakresie nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu

Lp.	Kategoria ruchu	Wymagana nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni
1	2	3
1.	KR1-KR2	$E_2 \geq 80$ MPa
2.	KR3-KR4	$E_2 \geq 100$ MPa
3.	KR5-KR7	$E_2 \geq 120$ MPa

- 8.6. W przypadku kategorii ruchu KR3-KR7 przyjęto, że nośność podłoża gruntowego na poziomie spodu konstrukcji nawierzchni musi wynosić co najmniej 50 MPa. Jeżeli nośność podłoża gruntowego nawierzchni jest mniejsza od $E_2 = 50$ MPa to należy wykonać warstwę ulepszanego podłoża. W przypadku kategorii ruchu KR3-KR4 dolne warstwy konstrukcji nawierzchni mają za zadanie zapewnić osiągnięcie nośności $E_2 \geq 100$ MPa, a w przypadku kategorii ruchu KR5-KR7 nośności $E_2 \geq 120$ MPa.
- 8.7. W przypadku kategorii ruchu KR1 lub KR2 warstwa ulepszanego podłoża oraz dolne warstwy konstrukcji nawierzchni, zaprojektowane łącznie, powinny zapewniać uzyskanie nośności $E_2 \geq 80$ MPa.

Warstwa ulepszanego podłoża

- 8.8. Do wykonania warstwy ulepszanego podłoża należy stosować następujące materiały: mieszanki niezwiązane, grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem, grunty niewysadzinowe (naturalne lub antropogeniczne).
- 8.9. Warstwa ulepszanego podłoża powinna być wykonana na całej szerokości korpusu ziemnego, zgodnie z rys. 4.2.
- 8.10. Jeżeli warstwa ulepszanego podłoża jest wykonana z materiału niezwiązanego to niezależnie od klasyfikacji warunków wodnych musi być wykonana ze spadkiem poprzecznym, zapewniającym skuteczne odprowadzanie wody oraz musi być wyprowadzona w nasypach na skarpę lub do drenażu podłużnego, a w wykopach do drenażu podłużnego lub na skarpę rowu co najmniej 20 cm powyżej jego dna.

Warstwa mrozochronna

- 8.11. Do wykonania warstwy mrozochronnej należy stosować następujące materiały: mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi, grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem, grunty niewysadzinowe (naturalne lub antropogeniczne).
- 8.12. Warstwa mrozochronna powinna być wykonana na całej szerokości korpusu ziemnego, zgodnie z rys. 4.2.
- 8.13. Jeżeli warstwa mrozochronna jest wykonana z materiału niezwiązanego to niezależnie od klasyfikacji warunków wodnych musi być wykonana ze spadkiem poprzecznym, zapewniającym skuteczne odprowadzanie wody. Warstwa mrozochronna z materiału niezwiązanego musi być wyprowadzona w nasypach na skarpę lub do drenażu podłużnego, a w wykopach do drenażu podłużnego lub na skarpę rowu co najmniej 20 cm powyżej jego dna.

Podbudowa pomocnicza

- 8.14. Do wykonania podbudowy pomocniczej należy stosować następujące materiały: mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi i grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi.

Warstwa odsączająca

- 8.15. Warstwę odsączającą należy zastosować na podłożach z gruntów wątpliwych i wysadzinowych, jeżeli zwierciadło wody gruntowej znajduje się bliżej niż 1,5 m od spodu konstrukcji nawierzchni.
- 8.16. Jeżeli zwierciadło wody gruntowej znajduje się bliżej niż 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni, to zaleca się podniesienie niwelety drogi lub obniżenie zwierciadła wody gruntowej, o ile jest to możliwe.
- 8.17. Minimalna grubość warstwy odsączającej wynosi 15 cm w przypadku kategorii ruchu KR1-KR2 i 20 cm w przypadku kategorii ruchu KR3-KR7.
- 8.18. Funkcję warstwy odsączającej może pełnić warstwa mrozochronna lub warstwa ulepszonych podłoża, wykonana z materiału ziarnistego (mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego) o odpowiednim uziarnieniu i współczynniku filtracji $k_{10} \geq 8$ m/dobę oraz o innych właściwościach podanych w punktach 11.59 i 11.60.
- 8.19. Jeżeli grubość warstwy mrozochronnej lub warstwy ulepszonych podłoża, która ma pełnić funkcję warstwy odsączającej, podana w rozwiązaniach typowych w tab. 8.2 - tab. 8.4, jest istotnie większa od minimalnej podanej w punkcie 8.17, to warstwę tę można wykonać w postaci dwóch warstw technologicznych w następujący sposób:
 - a) Warstwa dolna powinna mieć właściwości warstwy odsączającej ($k_{10} \geq 8$ m/dobę i zawartość ziaren poniżej 0,063 mm nie więcej niż 6%) i grubość nie mniejszą od minimalnej podanej w punkcie 8.17.

- b) Warstwa górna powinna mieć właściwości typowej warstwy mrozoochronnej lub warstwy ulepszanego podłoża (zawartość ziaren poniżej 0,063 mm nie więcej niż 15%, brak wymagań co do współczynnika filtracji) i grubość co najmniej 15 cm.

Postępowanie takie jest możliwe, jeżeli grubość warstwy mrozoochronnej lub warstwy ulepszanego podłoża podana w tab. 8.2 - tab. 8.4, jest większa od 30 cm w przypadku kategorii ruchu KR1-KR2 i 35 cm w przypadku kategorii ruchu KR3-KR7.

- 8.20. Jeżeli musi być zastosowana warstwa odsączająca, to w przyjętym typie warstw dolnych i warstwy ulepszanego podłoża musi występować warstwa mrozoochronna lub warstwa ulepszanego podłoża wykonana z materiału ziarnistego (mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego). W takim przypadku nie dopuszcza się stosowania typów 7 oraz 10 dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża, przedstawionych odpowiednio tab. 8.3 i tab. 8.4.
- 8.21. Warstwa odsączająca musi być wykonana na całej szerokości korpusu drogi ze spadkiem poprzecznym, zapewniającym skuteczne odprowadzanie wody. Warstwa odsączająca musi być wyprowadzona w nasypach na skarpę lub do drenażu podłużnego, a w wykopach do drenażu podłużnego lub na skarpę rowu co najmniej 20 cm powyżej jego dna.
- 8.22. W przekroju ulicznym warstwa odsączająca musi być wyprowadzona do drenu podłużnego.

Warstwa odcinająca

- 8.23. W przypadku, gdy na podłożu gruntowym z gruntu wątpliwego lub wysadzinowego jest ułożona warstwa z materiału ziarnistego (mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego: żwiru, pospółki, piasku grubego, piasku średniego lub ziarnistego materiału antropogenicznego) to należy zabezpieczyć tę warstwę przed wnikaniem drobnych cząstek, przez wykonanie warstwy odcinającej. Dopuszczenie do zanieczyszczenia materiału ziarnistego może spowodować obniżenie nośności, podatność na wysadziny oraz brak wodoprzepuszczalności warstwy. Wykonanie warstwy odcinającej jest szczególnie istotne w złych warunkach wodnych. Takie zabezpieczenie jest zbędne, jeżeli warstwa z materiału ziarnistego jest ułożona na warstwie stabilizowanej spoiwem hydraulicznym lub wapnem.
- 8.24. Do wykonania warstwy odcinającej należy stosować geotekstylię (geowłókniny lub geotkaniny separacyjne) o właściwościach dobranych z uwzględnieniem właściwości stykających się materiałów – gruntu podłoża i spoczywającej na nim warstwy. Zalecenia dotyczące geotekstyliów do wykonania warstwy odcinającej podano w punkcie 11.62.
- 8.25. Warstwa odcinająca z geotekstyliów musi być zawsze zastosowana pod warstwą odsączającą, jeżeli nie spoczywa ona na warstwie stabilizowanej spoiwem hydraulicznym lub wapnem.

- 8.26. Jeżeli warstwa ulepszanego podłoża lub warstwa mrozochronna jest wykonana z materiału ziarnistego, ale nie pełni roli warstwy odsączającej, to postępowanie z projektowaniem warstwy odcinającej na gruntach wątpliwych i wysadzinowych jest następujące:
- W przypadku kategorii ruchu KR5-KR7 pod warstwą ulepszanego podłoża lub warstwą mrozochronną musi być wykonana warstwa odcinająca z geotekstyliów.
 - W przypadku kategorii ruchu KR1-KR4 pod warstwą ulepszanego podłoża lub warstwą mrozochronną zalecana jest warstwa odcinająca z geotekstyliów, ale można z niej zrezygnować wtedy, gdy spełniony jest warunek nieprzenikania cząstek drobnych podany wzorem (8.1).
- 8.27. W przypadku kategorii ruchu KR1-KR2, o ile jest to ekonomicznie uzasadnione, dopuszcza się wykonanie warstwy odcinającej z drobnego piasku lub z materiału antropogenicznego o uziarnieniu zbliżonym do uziarnienia drobnego piasku. Grubość warstwy odcinającej powinna wynosić 10 cm. Materiał warstwy odcinającej powinien spełniać warunek nieprzenikania cząstek drobnych. Warstwa odcinająca z piasku drobnego jest mniej skuteczna i trudniejsza w wykonaniu od warstwy odcinającej z geotekstyliów. Grubości warstwy odcinającej nie wlicza się do grubości podanych w typowych rozwiązaniach, przedstawionych w tab. 8.2 - tab. 8.4.
- Ze względu na możliwe zanieczyszczenie warstwy odcinającej z piasku przez cząstki gruntu wątpliwego lub wysadzinowego jej grubości nie wlicza się do sumarycznej grubości warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża w ocenie odporności nawierzchni na wysadzinę.
- 8.28. Warunek nieprzenikania cząstek drobnych gruntu podłoża do warstwy z materiału ziarnistego ułożonej bezpośrednio na podłożu opisany jest wzorem:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (8.1)$$

gdzie:

- D_{15} – wymiar sita przez które przechodzi 15% ziaren materiału warstwy ułożonej bezpośrednio na podłożu,
 d_{85} – wymiar sita przez które przechodzi 85% ziaren gruntu podłoża.

Typowe rozwiązania

- 8.29. Grubości dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża, podane w *Katalogu*, zostały przyjęte na podstawie:
- obliczeń modułów z wykorzystaniem modelu wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej,
 - porównania z grubościami i rodzajami analogicznych warstw podanych w katalogach i metodach innych krajów,
 - dotychczasowych doświadczeń krajowych.
- 8.30. Typowe rozwiązania obejmujące warstwę ulepszanego podłoża i dolne warstwy konstrukcji nawierzchni przedstawiono tab. 8.2 ($E_2 \geq 120$ MPa), w tab. 8.3

($E_2 \geq 100$ MPa) i tab. 8.4 ($E_2 \geq 80$ MPa). W każdej kolumnie tabel podano jeden typ konstrukcji. Ze względu na ujednoczenie technologii robót na projektowanym odcinku drogi zaleca się przyjęcie jednego typu konstrukcji, który będzie obowiązywał w odniesieniu do wszystkich grup nośności podłoża.

- 8.31. Typ 1 oraz typ 5 dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża, przedstawione odpowiednio w tab. 8.2 i tab. 8.3 mają identyczny układ oraz grubości warstw pomimo, że są projektowane dla nośności 120 MPa (typ 1) i 100 MPa (typ 5). Powodem tego jest:
- a) zastosowanie w każdym z przypadków materiałów o innych właściwościach,
 - b) przyjęcie minimalnych grubości warstw ze względów technologicznych.

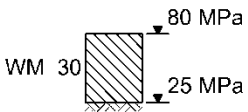
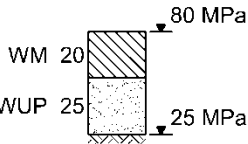
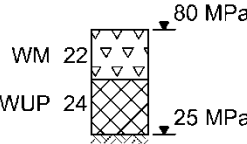
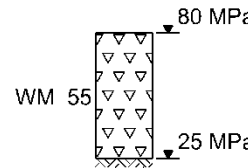
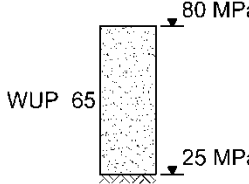

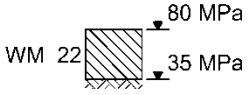
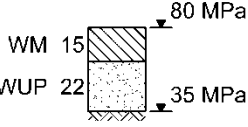
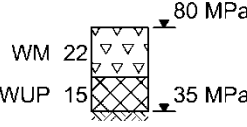
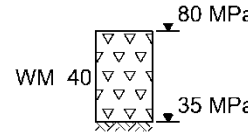
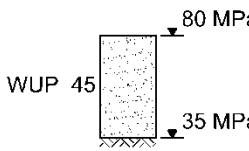
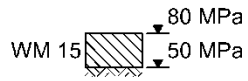
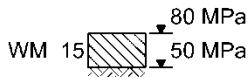
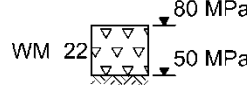
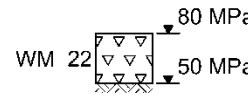
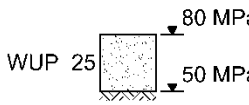
Tab. 8.2. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR5, KR6 i KR7 ($E_2 \geq 120$ MPa). Grubości warstw podano w cm.





		TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4	
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4					<p>LEGENDA:</p> <p>PP - podbudowa pomocnicza WM - warstwa mrozochronna WUP - warstwa ulepszego podłoża - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2</p> <p>WUP* W przypadku typów 2 i 4 dla grupy nośności G2 WUP celowo przyjęta nad warstwą o nośności 50 MPa ze względu na ujednoczenie technologii z konstrukcjami podanymi w przypadku G3 i G4</p>
	G3					
	G2					
	G1					
		podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym;	podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej o CBR $\geq 60\%$;	warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 35\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;	warstwa ulepszego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;	warstwa ulepszego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa ulepszego podłoża pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;

Tab. 8.3. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR3 i KR4 ($E_2 \geq 100$ MPa). Grubości warstw podano w cm.

		TYP 5	TYP 6	TYP 7 <small>(nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odsączająca)</small>	TYP 8	TYP 9	LEGENDA:
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4						<p>PP - podbudowa pomocnicza WM - warstwa mrozochronna WUP - warstwa ulepszonego podłoża ▽ - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2</p> <p>WM* Warstwa mrozochronna w typach 7 i 8 dla grupy nośności G1 została zastosowana tylko w celu zwiększenia nośności i w tym przypadku nie pełni roli przeciwdziałania wysadzinom. Jej zastosowanie ma na celu ujednolicenie technologii z konstrukcjami podanymi w typach 7 i 8 dla grup nośności G4, G3 i G2.</p>
	G3						
	G2						
	G1						
		<p>podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym;</p>	<p>podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej o CBR $\geq 60\%$;</p>	<p>warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 35\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;</p>	<p>warstwa mrozochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym;</p>	<p>warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;</p>	<p>warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;</p>

Tab. 8.4. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR1 i KR2 ($E_2 \geq 80$ MPa). Grubości warstw podano w cm.

		TYP 10 (nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odsączająca)	TYP 11	TYP 12	TYP 13	TYP 14	LEGENDA:
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4						<p>PP - podbudowa pomocnicza WM - warstwa mrozochronna WUP - warstwa ulepszanego podłoża  - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2</p>
	G3						
	G2						
	G1	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	

	warstwa mrozochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;
	warstwa mrozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 25\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;
	warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;
	warstwa ulepszanego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa mrozochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k \geq 8$ m/dobę;

Wzmocnienie geosyntetykami

- 8.32. Duże grubości warstw podbudowy pomocniczej, warstwy mrozoochronnej i warstwy ulepszanego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego w przypadku, gdy warstwy te spoczywają na gruncie o niskiej nośności, można zmniejszyć przez wzmocnienie podłoża gruntowego geosyntetykami. W szczególności zaleca się wykonać wzmocnienie podłoża gruntowego nawierzchni geosyntetykami wtedy, gdy jest ono sklasyfikowane jako G3 lub G4, a z tab. 8.2 - tab. 8.4 wynika, że grubość warstw niezwiązanych na podłożu gruntowym przekracza 40 cm. Wzmocnienie podłoża geosyntetykami zaleca się także w przypadku podłoża z nadmiernie nawilgoconych gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym.
- 8.33. Wzmocnienie geosyntetykami i wynikającą z niego redukcję grubości warstwy (warstw) z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego należy projektować indywidualnie z zastosowaniem odpowiednich metod, opartych o analizę przy założeniu małych odkształceń warstw dolnych konstrukcji nawierzchni. Nie dopuszcza się stosowania metod opracowanych i przeznaczonych dla sytuacji, w których zakłada się powstanie znacznego odkształcenia geosyntetyku oraz koleiny na powierzchni warstwy, na której ułożono geosyntetyk (tzw. „efekt membrany”). W wyborze rozwiązania należy wziąć pod uwagę doświadczenia praktyczne z danym typem geosyntetyku.

Postępowanie w przypadku podłoża gruntowego z gruntów nieorganicznych o CBR < 2%

- 8.34. W przypadku występowania w podłożu nawierzchni gruntów nieorganicznych o wskaźniku CBR < 2% ($E_2 < 25$ MPa) wzmocnienie podłoża należy projektować indywidualnie. Wynika to z dużego wpływu rodzaju słabego gruntu i jego miąższości oraz umiejscowienia słabej warstwy w podłożu na nośność podłoża oraz zagrożenie ewentualnymi osiadaniami nawierzchni.
- 8.35. W takim przypadku można rozważyć następujące rozwiązania:
- wymianę gruntu podłoża na grunt (materiał) niewysadzinowy o większej nośności,
 - stabilizację gruntu podłoża spoiwem hydraulicznym lub wapnem,
 - wzmocnienie podłoża poprzez ułożenie warstwy z mieszanki niezwiązanej zbrojonej warstwą lub warstwami geosyntetyków,
 - wzmocnienie poprzez stosowanie kolumn, pali itp. w przypadku głębokiego zalegania gruntów słabonośnych.

Postępowanie w przypadku gruntów organicznych w podłożu gruntowym

- 8.36. W przypadku występowania w podłożu gruntowym budowli ziemnej lub nawierzchni gruntów organicznych, w celu zapewnienia wymaganych warunków pracy konstrukcji nawierzchni oraz przeciwdziałania jej spękanom i deformacjom, należy w zależności od warunków miejscowych wykonać: wymianę gruntu organicznego na grunt mineralny, wzmocnienie wgłębne słabego podłoża (na przykład zastosowanie kolumn, pali lub innych metod) albo

wzmocnienie powierzchniowe z zastosowaniem geomateracy. Rozwiązania takie należy projektować indywidualnie.

- 8.37. Podstawowym kryterium oceny efektywności projektowanego wzmocnienia wglębnego lub powierzchniowego z zastosowaniem geomateracy, w odniesieniu do mechaniki pracy konstrukcji nawierzchni, jest skuteczność w przeciwdziałaniu nierównomiernym osiadaniom podłoża pod konstrukcją nawierzchni w przekroju poprzecznym i podłużnym. Nierównomierne osiadania nie mogą przekraczać wartości dopuszczalnych, podanych w odrębnych przepisach.
- 8.38. Oprócz nierównomierności osiadań należy sprawdzić wielkość osiadań całkowitych, które nie mogą przekraczać wartości dopuszczalnych podanych w odrębnych przepisach.

Kontrola w czasie robót

- 8.39. W czasie robót oraz po ich wykonaniu należy przeprowadzić badania kontrolne potwierdzające uzyskanie zakładanej nośności.
- 8.40. Materiały użyte do wykonania warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża muszą spełniać odpowiednie wymagania materiałowe.
- 8.41. W przypadku warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża wykonanych z mieszanki niezwiązanej, z gruntu niewysadzinowego naturalnego lub antropogenicznego, należy określić wartość wtórnego modułu odkształcenia E_2 na poziomach wskazanych w tab. 8.2 - tab. 8.4 i sprawdzić, czy uzyskano wymagane wartości E_2 . Warunki badania należy przyjąć wg normy PN-S-02205 Załącznik B. Dopuszcza się również inne metody określania nośności np. badanie ugięciomierzem FWD lub badanie lekką płytą dynamiczną, pod warunkiem wcześniejszego skalibrowania uzyskiwanych wyników z badaniem płytą pod naciskiem statycznym.
- 8.42. W przypadku warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża związanych cementem lub szybkowiązującym spoiwem drogowym akceptacja warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża pod względem nośności odbywa się na podstawie wyników badań, potwierdzających spełnienie wymagań materiałowych. W omawianym przypadku najważniejszymi kryteriami oceny jest zgodność wytrzymałości warstwy na ściskanie i grubości warstwy z wartościami określonymi w projekcie.
- 8.43. W przypadku warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża związanych spoiwami wolnowiązującymi (wapno, żużle i niektóre spoiwa drogowe) akceptacja warstw dolnych i warstwy ulepszonego podłoża pod względem nośności odbywa się na podstawie indywidualnego programu badań potwierdzającego spełnienie wymagań materiałowych. Do podstawowych badań kontrolnych należą: badanie wskaźnika zagęszczenia, badanie wskaźnika odkształcenia, ocena zgodności składu wykonanej warstwy z receptą, kontrola wilgotności optymalnej i grubości warstwy.

9. WYBÓR TYPOWEGO ROZWIĄZANIA GÓRNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI W ZALEŻNOŚCI OD PROJEKTOWANEGO MATERIAŁU PODBUDOWY ZASADNICZEJ




- 9.1. Warstwy górne konstrukcji nawierzchni pełnią istotną rolę w zapewnieniu wymagań funkcjonalnych i wytrzymałościowych. W skład górnych warstw nawierzchni wchodzi: warstwa nawierzchniowa (płyta dyblowana i kotwiona, zbrojona), warstwa poślizgowa i podbudowa zasadnicza. Podbudowa zasadnicza może być wykonana z mieszanek niezwiązanych, betonu asfaltowego, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi, gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi.
- 9.2. Grubości warstw podane w *Katalogu* dotyczą materiałów określonych w rozdziale 101. Zastosowanie innych materiałów wymaga przeprowadzenia badań i obserwacji na odcinkach doświadczalnych oraz projektowania indywidualnego i akceptacji przez Zarządcę Drogi.
- 9.3. Typowe rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni przedstawiono w tab. 9.1, tab. 9.2, tab. 9.3, tab. 9.4, tab. 9.5 w zależności od rodzaju podbudowy i kategorii ruchu. Zadaniem Projektanta jest wybranie typu podbudowy zasadniczej, kierując się możliwościami materiałowymi i ekonomicznymi w istniejących warunkach lokalnych, a następnie wybór odpowiedniej konstrukcji nawierzchni do określonej kategorii ruchu.
- 9.4. W niniejszym *Katalogu* jako warstwę nawierzchniową stosuje się warstwę z betonu cementowego. Stanowi ją płyta betonowa, która w zależności od kategorii ruchu może być: niedyblowana, dyblowana i kotwiona lub o ciągłym zbrojeniu.
- 9.5. Dla kategorii ruchu KR1 i KR2 stosuje się płytę betonową niedyblowaną. Dla kategorii KR3, KR4, KR5, KR6 oraz KR7 należy zastosować dyble w szczelinach poprzecznych oraz kotwy w szczelinach podłużnych. Dla konstrukcji nawierzchni o ruchu KR7 i podbudowie z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym można zastosować także płytę betonową o zbrojeniu ciągłym, bez szczelin dylatacyjnych.
- 9.6. Warstwę nawierzchniową z płyty betonowej można układać 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 tę samą wytrzymałość.
 - c) układ dwuwarstwowy z „odkrytym kruszywem”, układany „mokre na mokre”. Górna warstwa o grubości 4 – 5 cm z zastosowaniem betonu o specjalnych wymaganiach dla cementu i kruszywa w której stosuje się zabiegi odsłaniające kruszywo (np. płukanie lub metodą chemiczną). Pozostała grubość przypisana jest warstwie dolnej, zwykle innej wytrzymałości.

- 9.7. Dla konstrukcji nawierzchni z płyt niedyblowanych lub dyblowanych i kotwionych na podbudowie z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi (KR4 – KR7) lub z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi (KR1 – KR3) należy pomiędzy płytą betonową i podbudową zasadniczą zastosować warstwę poślizgową z powierzchniowego utrwalenia lub z geowłókniny. Dane materiałowe określono w Wymaganiach Krajowych.
- 9.8. Dla konstrukcji nawierzchni dla ruchu KR7 z płyt o ciągłym zbrojeniu pomiędzy płytą betonową i podbudową zasadniczą z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi należy zastosować warstwę poślizgową (pełniącą także funkcję przeciwspekaniową i przeciwozyjną) z betonu asfaltowego AC 8 S lub AC 11 S o grubości 5 cm. Dane materiałowe określono w Wymaganiach Krajowych.
- 9.9. Podbudowy zasadnicze z mieszanek niezwiązanych powinny być wykonywane z kruszywa C_{50/30} (KR1-KR4) lub C_{90/3} (KR1-KR7).
- 9.10. Podbudowy zasadnicze z mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym i z gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym muszą być układane w jednej warstwie.
- 9.11. Jeżeli grubość podbudowy asfaltowej przekracza maksymalne grubości jednorazowo wbudowanej warstwy, określone w Wymaganiach Krajowych, to podbudowa powinna być wbudowana w dwóch warstwach technologicznych z takiego samego materiału. Pomędzy tymi warstwami musi być zapewniona pełna szczepność określone w Wymaganiach Krajowych.
- 9.12. Grubości warstw podane w tab. 9.1, tab. 9.2, tab. 9.3, tab. 9.4, tab. 9.5 obowiązują w przypadku wykonania warstw z odchyleniami grubości w stosunku do grubości projektowanych nie większymi od tolerancji dopuszczonych przez Wymagania Krajowe. Jeżeli dopuszczalne tolerancje zostaną przekroczone nawierzchnia nie będzie miała projektowanej nośności i trwałości.

Tab. 9.1. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka niezwiązana z kruszywa C_{50/30}

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00
Typ I					-	-	-
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	-	-	-
Legenda:	<p> warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywa C_{50/30} wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂ </p>						

Tab. 9.2. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka niezwiązana z kruszywa C_{90/3}

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00
Typ I							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona
Legenda:	<p>  warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego  warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywa C_{90/3}  wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂ </p>						

Tab. 9.3. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	$\leq 0,15$	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	$> 101,25$
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	$\leq 0,06$	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	$> 38,00$
Typ II							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona
Legenda:	<p> warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2 </p>						

Tab. 9.4. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C_{5/6}, C_{8/10}

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7	
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	> 101,25	
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00	
Typ III	-	-	-					
	-	-	-	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	o ciągłym zbrojeniu
Legenda:	<p> warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C_{5/6} warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C_{8/10} warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwalenie lub geowłóknina warstwa poślizgowa: beton asfaltowy wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂ </p>							

Tab. 9.5. Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni sztywnych. Podbudowa zasadnicza: grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym C_{3/4}, C_{5/6}

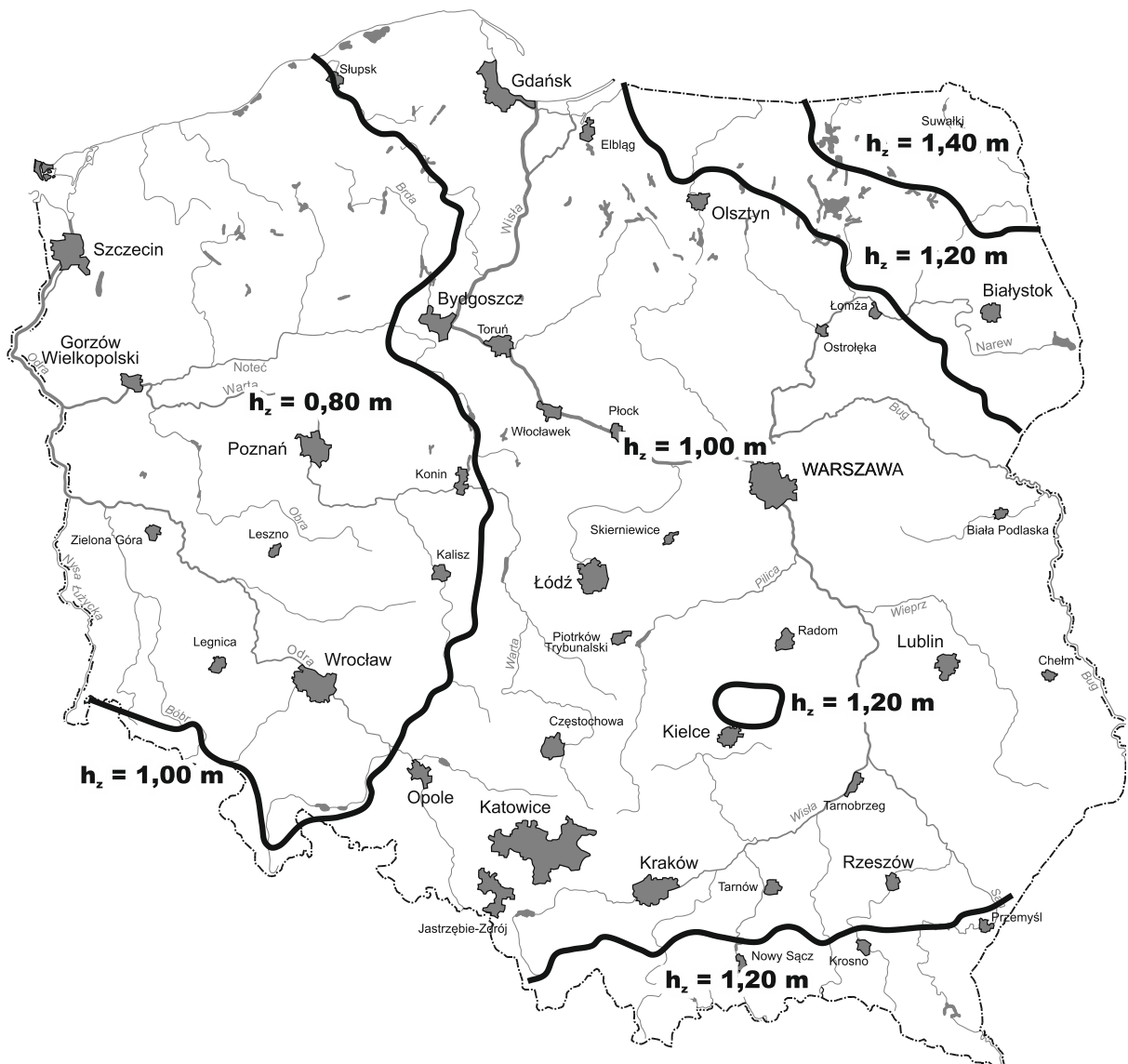
Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00
Typ IV				-	-	-	-
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	-	-	-	-
Legenda:	<p> warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C_{3/4} warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C_{5/6} warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwalenie lub geowłóknina wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂ </p>						

10. SPRAWDZENIE WYMAGANEJ ODPORNOŚCI NAWIERZCHNI NA WYSADZINY

- 10.1. Po dokonaniu wyboru dolnych warstw nawierzchni oraz ewentualnie warstw ulepszanego podłoża, a następnie typowych górnych warstw nawierzchni należy przeprowadzić sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadziny.
- 10.2. W przypadku występowania w podłożu gruntowym nawierzchni gruntów wysadzinowych lub wrażliwych (ocena wg punktu 7.10 i 7.11) należy sprawdzić, czy całkowita grubość wszystkich warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża, wynikająca z rozwiązań konstrukcyjnych przyjętych na podstawie rozdziałów 8 i 9, nie jest mniejsza od określonej z zastosowaniem tab. 10.1. W tabelicy 10.1 h_z oznacza głębokość przemarzania gruntów w rejonie projektowanej drogi. Głębokość przemarzania gruntu h_z w rejonie projektowanej drogi należy przyjmować na podstawie mapy podziału Polski na strefy zależne od głębokości przemarzania gruntu, przedstawionej na rys. 10.1.
- 10.3. Jeżeli całkowita grubość wszystkich warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża jest mniejsza od grubości ustalonej z zastosowaniem tab. 10.1. to należy pogubić najniższą warstwę konstrukcji nawierzchni lub warstwę ulepszanego podłoża tak, aby warunek został spełniony. Jeżeli najniższą warstwą jest podbudowa pomocnicza należy rozważyć wprowadzenie warstwy mrozoochronnej. Dodatkowo wprowadzona warstwa mrozoochronna nie powinna mieć grubości mniejszej od 15 cm.

Tab. 10.1. Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża ze względu na odporność na wysadziny

Lp.	Kategoria obciążenia ruchem	Grupa nośności podłoża z gruntów wrażliwych i wysadzinowych		
		G2	G3	G4
1	2	3	4	5
1.	KR1	0,40 h_z	0,50 h_z	0,60 h_z
2.	KR2	0,45 h_z	0,55 h_z	0,65 h_z
3.	KR3	0,50 h_z	0,60 h_z	0,70 h_z
4.	KR4	0,55 h_z	0,65 h_z	0,75 h_z
5.	KR5	0,60 h_z	0,70 h_z	0,80 h_z
6.	KR6 i KR7	0,65 h_z	0,75 h_z	0,85 h_z



Rys. 10.1. Głębokość przemarzania gruntu h_z wg PN-81/B-03020

11. WYMAGANIA MATERIAŁOWE I TECHNOLOGICZNE

Wymagania ogólne

- 11.1. Niniejszy rozdział dotyczy określania wymagań materiałowych, których spełnienie gwarantuje konstrukcji nawierzchni przeniesienie przewidywanych obciążeń w danych warunkach gruntowo-wodnych oraz klimatycznych, przy prawidłowym zaprojektowaniu i wykonaniu nawierzchni oraz przy odpowiednich zabiegach utrzymaniowych w trakcie eksploatacji nawierzchni.
- 11.2. W treści niniejszego rozdziału używany jest termin „Wymagania Krajowe”. Pod pojęciem „Wymagania Krajowe” należy rozumieć załączniki krajowe do norm europejskich, wymagania techniczne, specyfikacje techniczne lub inne dokumenty przenoszące zapisy norm serii PN-EN, jakie zostaną uznane przez Zarządcę Drogi za obowiązujące w odniesieniu do stosowanych materiałów i technologii.
- 11.3. W niniejszym rozdziale *Katalogu* podano tylko podstawowe wymagania względem materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni. Szczegółowe wymagania podają Wymagania Krajowe. Typowe parametry poszczególnych materiałów przyjęte do projektowania nawierzchni zamieszczonych w *Katalogu*, podano w Załączniku B.
- 11.4. Jeżeli do Wymagań Krajowych będą wprowadzane istotne zmiany parametrów materiałów w stosunku do uwzględnionych w *Katalogu*, wówczas należy przeprowadzić analizę, czy materiały te mogą być stosowane do typowych konstrukcji nawierzchni podanych w *Katalogu*.
- 11.5. Istotna zmiana parametrów podanych w niniejszym rozdziale, może skutkować potrzebą zmiany grubości warstw typowych konstrukcji nawierzchni.
- 11.6. Istotne zmiany parametrów technicznych mogą występować przy nowych, innowacyjnych materiałach. Jeżeli materiały te zostaną uznane przez Zarządcę Drogi za przydatne do nawierzchni to należy przeprowadzić proces indywidualnego projektowania nawierzchni z uwzględnieniem cech takich materiałów.
- 11.7. Zakres stosowania materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w zależności od kategorii ruchu zestawiono w tab. 11.3.
- 11.8. W przypadku gruntów związanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem w *Katalogu*, w tab. 11.7, zastosowano klasyfikację w oparciu o wytrzymałość na ściskanie. Można stosować inne, dopuszczone Wymaganiami Krajowymi klasyfikacje, pod warunkiem zastosowania materiału równoważnego pod względem klasy wytrzymałości określonej $C_{x/y}$.
- 11.9. Wykonanie warstw z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym oraz gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym lub wapnem powinno odbywać się według następujących zasad:

- a) Podbudowy zasadnicze nawierzchni kategorii ruchu KR4-KR7 z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi muszą być wykonywane metodą produkcji w wytwórniach stacjonarnych.
- b) Podbudowy zasadnicze nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR3 z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi mogą być wykonywane metodą produkcji w wytwórniach stacjonarnych lub metodą mieszania na miejscu. Jeżeli wykonywane będą metodą mieszania na miejscu to wówczas grubość warstwy podbudowy zasadniczej podaną tab. 9.5 należy zwiększyć o 2 cm, ze względu na mniejszą jednorodność i zmienną grubość.
- c) Podbudowy pomocnicze oraz warstwa mrozoochronna nawierzchni wszystkich kategorii ruchu z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi oraz z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem mogą być wykonywane metodą produkcji w wytwórniach stacjonarnych lub metodą mieszania na miejscu bez konieczności zmian grubości warstw podanych w *Katalogu*.
- d) Warstwa ulepszanego podłoża z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem nawierzchni wszystkich kategorii ruchu jest wykonana metodą mieszania na miejscu bez konieczności zmian grubości warstw podanych w *Katalogu*. W wyjątkowych sytuacjach, uzasadnionych czynnikami technologicznymi lub ekonomicznymi można wykonać warstwę ulepszanego podłoża z materiału wytworzonego w wytwórni stacjonarnej.

Warstwa nawierzchniowa – wymagania ogólne

- 11.10. Warstwa nawierzchniowa powinna być wykonana z betonu cementowego. W zależności od kategorii ruchu należy zastosować nawierzchnię betonową z płyt: niedyblowanych, dyblowanych i kotwionych lub o ciągłym zbrojeniu. Wymagania i zakres stosowania rodzaju nawierzchni betonowej podano w tab. 11.4. Szczegółowy zakres stosowania poszczególnych mieszanek precyzują Wymagania Krajowe.
- 11.11. W przypadku nawierzchni o układzie jednowarstwowym lub dwuwarstwowym w technologii klasycznego teksturowania należy wykonać warstwy „mokre na mokre” z tej samej mieszanki betonowej. Dla układu dwuwarstwowego „z odkrytym kruszywem” należy zastosować inne mieszanki betonowe w górnej warstwie niż w dolnej. Szczegółowe wymagania dla cementów dla nawierzchni betonowych przedstawiono w tab. 11.1.

Tab. 11.1. Wymagania dla cementów dla nawierzchni betonowych

Lp.	Rodzaj nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania specjalne	Kategoria ruchu
1	2	3	4	5	6
1	Nawierzchnia betonowa z odkrytym kruszywem w górnej warstwie	cement portlandzki CEM I: 32,5 R lub N 42,5 R lub N	PN-EN 197-1	właściwa ilość wody wg PN-EN 196-3 ≤ 28,0% wytrzymałość po 2 dniach wg PN-EN 196-1 ≤ 29,0 MPa początek wiązania wg PN-EN 196-3 ≥ 120 minut zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,80	KR5-KR7
		cement portlandzki żuźłowy CEM II/A-S	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,80	
		cement portlandzki żuźłowy CEM II/B-S	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,90	
2	Typowa nawierzchnia betonowa: - dolne warstwy nawierzchni; - nawierzchnie dwuwarstwowe z tej samej mieszanki; - nawierzchnie jednowarstwowe	cement portlandzki CEM I 32,5	PN-EN 197-1	właściwa ilość wody wg PN-EN 196-3 ≤ 28,0% wytrzymałość po 2 dniach wg PN-EN 196-1 ≤ 29,0 MPa stopień zmielenia wg PN-EN 196-6 ≤ 3500 cm ² /g początek wiązania wg PN-EN 196-3 ≥ 120 minut zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,80	KR1-KR7
		cement portlandzki CEM I 42,5	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,80	KR1-KR7
		cement portlandzki żuźłowy CEM II/A-S			KR1-KR7
		cement portlandzki wapienny CEM II/A-LL			KR1- KR3
		cement portlandzki popiołowy CEM II/A-V1	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 1,20	KR1- KR3
		cement portlandzki żuźłowy CEM II/B-S	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,90	KR1- KR7
		cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A-M (S-V) ¹	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 1,20	KR1- KR3
		cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A-M (S-LL)	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 0,80	KR1- KR4
		cement hutniczy CEM III/A ²	PN-EN 197-1	zawartość alkaliów Na ₂ O _{eq} wg PN-EN 196-2 ≤ 1,05	KR1-KR4
<p>¹⁾ jeśli nawierzchnia nie będzie poddawana działaniu środków odladzających; strata prażenia popiołu lotnego użytego do produkcji cementu nie więcej niż 5% (kategoria A wg PN-EN 450-1)</p> <p>²⁾ min. klasa wytrzymałości cementu 42,5</p>					

- 11.12. Dla górnej warstwy nawierzchniowej należy zapewnić odpowiednią miarodajną głębokość makrotekstury nawierzchni określoną Wymaganiami Krajowymi. Teksturowanie warstwy nawierzchniowej można wykonać z wykorzystaniem następujących technologii:
- ciągniętej tkaniny jutowej w kierunku podłużnym (równoległym do osi jezdni,
 - przecierania świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką w kierunku prostopadłym do osi jezdni,
 - rowkowania poprzecznego widełkami metalowymi w kierunku prostopadłym do osi jezdni
 - opóźnienia hydratacji cementu (np. z użyciem glukozy) wraz z usunięciem nie związanej warstwy zaprawy cementowej szczotką mechaniczną lub wodą pod ciśnieniem. W następstwie tego uzyskuje się powierzchnię z odkrytym kruszywem o głębokości makrotekstury do 1,5 mm. Tą technologię stosuje się dla układ dwuwarstwowego z „odkrytym kruszywem”. Zaleca się ją stosować dla nawierzchni przeznaczonych dla kategorii ruchu KR5 – KR7.
- 11.13. Do betonu na powierzchnię betonową powinny być zastosowane kruszywa o wymiarach jak poniżej, gdzie D/d nie jest mniejsze niż 1,4, o uziarnieniu:
- dla nawierzchni jednowarstwowych i dwuwarstwowych z tej samej mieszanki: $D \leq 31,5$ mm
 - dla górnej warstwy nawierzchni z odkrytym kruszywem: $D \leq 8$ mm.
 - dla dolnej warstwy nawierzchni: $D \leq 31,5$ mm.
- Szczegółowe wymagania dla technologii oraz kruszyw precyzują Wymagania Krajowe.
- 11.14. Do napowietrzania mieszanki betonowej należy stosować domieszki napowietrzające, zgodne z normą PN-EN 934-2 i PN-EN 934-1. Wykonywanie mieszanek betonowych z domieszkami napowietrzającymi oraz sposób oznaczania w nich zawartości powietrza, powinny być zgodne z PN-EN 12350-7. Należy pamiętać, że wytrzymałość końcowa betonu napowietrzonego ulegnie obniżeniu (ok. 10%) i fakt ten przy opracowaniu receptury należy uwzględnić.
- 11.15. Stosowanie innych domieszek powinno wynikać z potrzeb technologicznych, podyktowanych warunkami wbudowania mieszanki betonowej. Należą do nich:
- domieszki uplastyczniające – efektywnie redukują ilość wody niezbędnej do otrzymania określonej konsystencji w zakresie 5-12%,
 - domieszki upłynniające - efektywnie redukują ilość wody zarobowej powyżej 12%. Superplastyfikatory zwiększają konsystencję mieszanki betonowej w znacznie większym stopniu niż domieszki uplastyczniające,
 - domieszki opóźniające – wydłużają reakcje hydratacji. Są niezbędne w transporcie betonu na większą odległość w technologii betonowania ciągłego.
- 11.16. Nie należy stosować równocześnie więcej niż 3 rodzajów domieszek. Do jednego betonu można użyć tylko jednej domieszki z danej grupy środków. Domieszki mogą być dodawane po wykonaniu stosownych prób i uzyskaniu wymaganych parametrów betonu w badaniach laboratoryjnych.

- 11.17. W przypadku stosowania środka napowietrzającego w połączeniu ze środkiem upłynniającym można przyjąć wymagane zawartości powietrza jak dla mieszanki betonowej bez plastyfikatora.
- 11.18. Dodatki mineralne do betonu mogą być stosowane do betonu dla kategorii ruchu KR1÷KR2 według zasad określonych w normie PN-EN 206-1.
- 11.19. Do betonu można dodawać dodatki typu I lub typu II. Niedopuszczalne jest doliczenie dodatków mineralnych do zawartości cementu i do wskaźnika wodno-cementowego.

Warstwa nawierzchniowa – dyble i kotwy, zbrojenie

- 11.20. W celu zapewnienia właściwej współpracy płyt (Load Transfer Efficiency - LTE) w szczelinach stosuje się dyble (szczeliny poprzeczne) oraz kotwy (szczeliny podłużne). W przypadku nieprawidłowego zastosowania dybli (błędy projektowe i wykonawcze) może dojść do zniszczenia płyty betonowej przy szczelinach dyblowanych, wykruszania, pękania oraz ograniczenia współpracy płyt.
- 11.21. Dyble powinny spełniać wymagania normy PN-EN 13877-3. Wytrzymałość dybli oznaczona zgodnie z PN-EN ISO 15630-1 powinna wynosić co najmniej 250 MPa. Średnica i tolerancja średnicy dybla powinna być zgodna z PN-EN 10060. Dyble powinny być proste, bez jakichkolwiek nierówności, a przesuwane końce bez żadnych wypukłości poza średnicę pręta. Powinny być pokryte powłoką z polimeru w celu zapobiegania przywierania do betonu. Średnia grubość pokrycia nie powinna być mniejsza niż 0,3 mm i większa niż 1,25 mm.
- 11.22. Kotwy ze stali żebrowanej klasy B250 lub B500 i powinny być zgodne z PN-EN 10080. Ponadto powinny mieć zgodnie z PN-EN 13877-1 średnicę 20 mm oraz długość 800 mm. W przypadku stosowania kotew wklejanych ich długość powinna wynosić min. 650 mm przy czym powinny być one wyposażone na jednym końcu w krawędź tnącą. Klej do wklejania kotew wklejanych po związaniu i stwardnieniu powinien charakteryzować się minimalną wytrzymałością na wrywanie kotwy 80 kN. Kotwy wkręcane powinny być mocowane w taki sposób, aby w czasie spajania powstało trwałe i niezawodne połączenie.
- 11.23. Kotwy w środkowym obszarze na długości min. 200 mm należy wyposażyć w powłokę z polimeru o grubości min. 0,3 mm i max. 1,25 mm odporną na działanie alkaliów, dającą niezawodność użycia i nadająca się do tego celu.
- 11.24. W *Katalogu* w obliczeniach przyjęto płytę betonową z dyblami o rozstawie co 25 cm (średnica Ø25 mm, długość l=50cm), kotwy o rozstawie co 100 cm (średnica Ø20 mm, długość l=80cm). Dobór tych parametrów powinien zapewnić właściwą współpracę płyt betonowych oraz spełnić warunki naprężeń ściskających w betonie pod dyblem.
- 11.25. Pręty zbrojeniowe stosowane w nawierzchniach betonowych o ciągłym zbrojeniu powinny być co najmniej klasy B500 i powinny być zgodne z PN-EN 10080. Ciągłość zbrojenia może być zachowana przez zachodzenie na siebie prętów, zastosowanie łączników lub przez zespawanie prętów.

- 11.26. W *Katalogu* w obliczeniach przyjęto płytę betonową ze zbrojeniem: pręty poprzeczne o średnicy $\varnothing 12$ mm i rozstawie co 70cm (układane pod kątem 65°) oraz pręty podłużne o średnicy $\varnothing 20$ mm i rozstawie co 18 cm (układane na zakładkę 70 cm).
- 11.27. Na obu końcach odcinka nawierzchni o ciągłym zbrojeniu, na długości ok. 30 m powinno się zastosować w rozstawie co ok. 4,8 m bloki żelbetowe o wysokości ok. 0.90 m (bez uwzględniania grubości płyty) i szerokości 0,65 m. Ich celem jest odpowiednie zakotwienie monolitycznej zbrojonej płyty betonowej. Sposób montowania i rozmieszczenia powinien określić projektant.
- 11.28. W nawierzchni o ciągłym zbrojeniu mogą powstać spękania skurczowe w odległościach 1-3 m. Nie są one jednak głębokie i nie doprowadzają do korozji leżącej niżej stali.
- 11.29. Łączenie zbrojenia podłużnego w przekroju poprzecznym wykonuje się schodkowo. W przekroju podłużnym nie może być łączonych więcej niż $1/3$ prętów. Szczeliny poprzeczne występują jako szczeliny robocze po zakończeniu dnia roboczego lub gdy jest przerwa w dostawie mieszanki betonowej dłuższa niż 30min.

Warstwa nawierzchniowa – szczeliny

- 11.30. Rozstaw szczelin jest uzależniony od tzw. długości krytycznej płyty L_{kryt} . Należy przestrzegać, aby wymiary płyt betonowych w planie (a tym samym rozstawy szczelin) nie przekraczały tzw. długości krytycznej płyty L_{kryt} . Długość krytyczną określa się z zależność:

$$L_{kryt} = (22 \div 24) \cdot h \quad (11.1)$$

gdzie:

L_{kryt} – długość krytyczna płyty [m],

h – grubość płyty [m].

- 11.31. Szczeliny podłużne (skurczowe pozorne) – stosuje się przypadku jezdni o szerokości większej od 6,0 m. Rozstaw szczelin podłużnych powinien być zgodny z Dokumentacją Projektową. Ponadto, szczelina podłużna nie powinna pokrywać się ze śladami kół i oznakowania poziomego. Odległość szczeliny od prawdopodobnego przebiegu śladu kół powinna wynosić od 0,75 do 1,0m.
- 11.32. Szczeliny podłużne należy wykonywać przez nacinanie stwardniałego betonu tarczowymi piłami mechanicznymi. Nacinanie szczelin powinno się odbywać w dwóch etapach:
- Pierwsze cięcie, w czasie od 8 do 24 godzin po ułożeniu nawierzchni (gdy beton uzyskuje wytrzymałość od 8 do 10 MPa) wykonuje się tarczą grubości 3 mm na głębokość $1/3$ grubości płyty betonowej,
 - Drugie cięcie, mające na celu poszerzenie szczeliny, wykonuje się w terminie późniejszym gdy beton osiągnie wytrzymałość powyżej 12 MPa do szerokości 8 mm i głębokości 27 mm.

- 11.33. Szczeliny poprzeczne dzielą się na skurczowe (pozorne) i konstrukcyjne. Optymalnym rozstawem szczelin poprzecznych jest odległość 5,0 m. Szczeliny skurczowe pozorne należy wykonywać przez nacinanie stwardniałego betonu tarczowymi piłami mechanicznymi. Czas cięcia musi być tak dobrany, ażeby nie pojawiły się dzikie pęknięcia skurczowe. Nacinanie szczelin powinno się odbywać w dwóch etapach:
- a) Pierwsze cięcie, wykonuje się tarczą grubości 3 mm na głębokość $1/3 - 1/4$ grubości płyty betonowej.
 - b) Drugie cięcie, wykonuje się w terminie późniejszym, na szerokości 8 mm i głębokości 30 mm - przy wypełnianiu profilami elastycznymi gumowymi. Natomiast szczeliny o głębokości 27 mm - w przypadku szczeliny wypełnianej kordem lub wałeczkiem i zalewanej masą na gorąco.
- 11.34. Szczeliny konstrukcyjne (mogą być profilowane) powstają: na zakończenie działki dziennej, przy przerwach w układaniu betonu powyżej 1,5 godziny. Pełnią one funkcje szczelin skurczowych. Szerokości są podobne jak przy szczelinach poprzecznych. Mogą być zbrojone dyblami (przez nawiercenie otworów w czołowej ścianie płyty).
- 11.35. Rozstaw szczelin podłużnych w nawierzchni z płyt o zbrojeniu ciągłym jest zbliżony do nawierzchni dyblowanej i kotwionej, jednak tutaj nie stosuje się szczelin poprzecznych. Położenie szczelin podłużnych należy minimalnie skorygować, dostosowując do położenia prętów zbrojenia podłużnego tak, aby znajdowały się pomiędzy prętami zbrojącymi. Niedopuszczalne jest pokrywanie się szczelin z przebiegiem prętów.
- 11.36. Nacięcia w nawierzchni z płyt o zbrojeniu ciągłym, ze względu na otulinę prętów wykonuje się na głębokość: pierwsze cięcie na głębokość 7 cm, drugie cięcie poszerzające - na głębokość 27 mm.
- 11.37. Do wypełnienia szczelin podłużnych należy stosować masę zalewową, natomiast do szczelin poprzecznych masę zalewową lub profile elastyczne gumowe (zamknięte lub otwarte). Masy zalewowe można stosować na gorąco lub na zimno zgodnie z PN-EN 14188-1, PN-EN 14188-2. Wcześniej jednak należy w szczelinę po oczyszczeniu i zagruntowaniu włożyć wkładkę (kord, wałeczek z pianki poliuretanowej) w celu uszczelnienia i zmniejszenia wysokości szczeliny. Szczegółowe dane materiałowe określono w Wymaganiach Krajowych.

Warstwa poślizgowa

- 11.38. Pomiędzy płytą betonową i podbudową zasadniczą z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi lub z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi, należy zastosować warstwę poślizgową z powierzchniowego utrwalenia, z geowłókniny lub warstwę z betonu asfaltowego (nawierzchnia o ciągłym zbrojeniu KR7). Dane materiałowe określono w Wymaganiach Krajowych.

- 11.39. 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 parametry zamieszczone w tab. 11.2. Powinna być przytwierdzona gęsto za pomocą kołków w celu zapobieżenia pofałdowaniu.

Tab. 11.2. Wymagania dla geowłókniny stosowanej pomiędzy płytą betonową i podbudową zasadniczą z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi oraz z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi

Lp.	Właściwości	Jm.	Wymagania	Metoda badań wg normy
1	Gramatura / masa powierzchniowa	g/m ²	450 ÷ 550	PN-EN ISO 9864
2	Wytrzymałość na rozciąganie - wzdłuż pasma - w szereg 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 ² s	≥ 45	PN-EN ISO 11058
5	Zdolność przepływu wody w płaszczyźnie geowłókniny przy nacisku 20 kPa, przy spadku hydraulicznym i=1	10 ⁻⁶ m ² /s	≥ 4,0	PN-EN ISO 12958

- 11.40. Do powierzchniowych utrwaleń, należy stosować emulsje kationowe określone w Załączniku krajowym do normy PN-EN 13808. W wymaganiach powinna być uwzględnione pH emulsji zgodnie z normą PN-EN 12850 przy podbudowach ze spoiwem hydraulicznym. Wskazane zastosowanie grysów 5/8.
- 11.41. Warstwa z betonu asfaltowego (dla nawierzchni z płyt o ciągłym zbrojeniu, ruch KR7 powinna mieć grubość 5 cm i powinna być wykonana z betonu asfaltowego AC 8 S lub AC 11 S. Dane materiałowe określono w Wymaganiach Krajowych.

Podbudowa zasadnicza

- 11.42. Podbudowa zasadnicza konstrukcji nawierzchni wszystkich kategorii ruchu może być wykonana z betonu asfaltowego oraz mieszanki niezwiązanej (tab. 11.5). Podbudowa zasadnicza konstrukcji nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR3 może być wykonana z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym, natomiast dla kategorii ruchu KR4-KR7 z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym (tab. 11.6). Szczegółowy zakres stosowania w/w materiałów precyzują Wymagania Krajowe.

Tab. 11.3. Zakres stosowania materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w zależności od kategorii ruchu

Lp.	Rodzaj warstwy:	Materiały								
		Betony cementowe	Mieszanki mineralno – asfaltowe	Mieszanki niezwiązane	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi	Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi	Grunty stabilizowane wapnem	Grunty niewysadzinowe	Powierzchniowe utwalenie	Geowłóknina
1.	Warstwa nawierzchniowa	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
2.	Warstwa poślizgowa	Nie stosuje się	KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR3	KR1-KR7
3.	Podbudowa zasadnicza	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR7	KR4-KR7	KR1-KR3	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
4.	Podbudowa pomocnicza	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR3-KR7	KR3-KR7	KR3-KR4	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
5.	Warstwa mrozoochronna	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR4	KR1-KR4	KR1-KR2	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się
6.	Warstwa ulepszonego podłoża	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR7	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR7	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się

*Uwaga: 1. Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.
2. W tab. podano kategorie ruchu, dla których występują rozwiązania zaproponowane w Katalogu.
3. Geowłókninę, powierzchniowe utwalenie lub warstwę z miesz. min.-asf. stosuje się dla podbudów zasadniczych z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi oraz z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi*

Tab. 11.4. Wymagania i zakres stosowania rodzaju nawierzchni betonowej w zależności od kategorii ruchu

Lp.	Właściwość	Wymagania wobec projektowanego betonu nawierzchniowego			
		Nawierzchnia niedyblowana	Nawierzchnia dyblowana i kotwiona		Nawierzchnia o ciągłym zbrojeniu
		KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR7
1.	Gęstość, tolerancja w stosunku do betonu wg zatwierdzonej recepty (met. bad. wg PN-EN 12390-7)	± 3,0 %			
2.	Klasa wytrzymałości na ściskanie wg PN-EN 206-1 (met. bad. wg PN-EN 12390-3)	C30/37		C35/45	
3.	Wytrzymałość betonu na zginanie w 28 dniu ⁽²⁾ (średnia z trzech próbek, met. bad. wg PN-EN 12390-5, schemat 4 - punktowy), nie niższa niż:	4,5		5,5	
4.	Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu w 28 dniu ⁽²⁾ twardnienia (średnia z trzech próbek sześciennych, metoda bad. wg PN-EN 12390-6), nie niższa niż:	3,0		3,5	
5.	Kategoria mrozoodporności wg PN-EN 13877-2 (dla górnej warstwy oraz pojedynczej warstwy), (metoda bad. „slab test” wg PKN-CEN/TS EN 12390-9), nie niższa niż: - dla betonów w klasie ekspozycji XF3 - dla betonów w klasie ekspozycji XF4	FT1 FT2			
6.	Charakterystyka porów powietrznych w betonie: (met. bad. wg PN-EN 480-11) - zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3 mm (A300), % Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie ^L , mm - dla betonów w klasie ekspozycji XF3 - dla betonów w klasie ekspozycji XF4	≥ 1,5 ≤ 0,250 ≤ 0,200			
7.	Odporność na wnikanie benzyny i oleju ⁽¹⁾ (met. bad. wg PN-EN 13877-2 Zał. B)	≤ 30 mm			
8.	Mrozoodporność F150 ⁽³⁾ , przy badaniu metodą bezpośrednią (dla dolnej warstwy) (met. bad. wg PN-B-06250) - ubytek masy próbki, nie więcej niż, % - spadek wytrzymałości na ściskanie, nie więcej niż, %	5 20			

*Uwaga: (1) Wymaganie odnosi się tylko do nawierzchni betonowych o wysokim ryzyku pojawiania się na nich paliwa lub oleju np. punkty poboru opłat, stacje benzynowe, parkingi miejsc obsługi podróżnych.
(2) lub w czasie równoważnym w stosunku do 28 dni twardnienia, wynikającym z charakterystyki użytego cementu.
(3) Badanie równoważne z badaniem Lp. 6.*

Tab. 11.5. Zakres stosowania i wymagania dotyczące mieszanek niezwiązanych do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Lp.	Właściwości		Wymagania wobec mieszanek niezwiązanych do zastosowania w warstwie							
			Podbudowa zasadnicza			Podbudowa pomocnicza		Warstwa mrozochronna		Warstwa ulepszonego podłoża
			KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR7	KR1-KR2	KR3-KR7	KR1-KR7
1.	Uziarnienie		0/31,5; 0/45; 0/63			Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w <i>Katalogu</i> dla kategorii ruchu KR1-KR2.	0/31,5; 0/45; 0/63	od 0/8 do 0/63		od 0/8 do 0/63
2.	Zawartość ziaren przekruszonych lub łamanych		C _{50/30} , C _{90/3}	C _{50/30} , C _{90/3}	C _{90/3}		C _{NR}	C _{NR}		C _{NR}
3.	Maksymalna zawartość pyłów w warstwie:	w typowych zastosowaniach	UF ₉				UF ₁₂	UF ₁₅		UF ₁₅
		gdy pełni rolę warstwy odsączającej	Nie dotyczy				Nie dotyczy	UF ₆		UF ₆
4.	Mrozoodporność		F ₄				F ₇	F ₁₀		F ₁₀
5.	Wskaźnik CBR, co najmniej %		60	80			60	25	35	20
6.	Współczynnik filtracji k warstwy, co najmniej:	w typowych zastosowaniach	Nie dotyczy			Nie dotyczy	Brak wymagań		Brak wymagań	
		gdy pełni rolę warstwy odsączającej	Nie dotyczy			Nie dotyczy	0,0093 cm/s, (8 m/dobę)		0,0093 cm/s, (8 m/dobę)	

Tab. 11.6. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Lp.	Rodzaj warstwy	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi							
		Podbudowa zasadnicza			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozoochronna	Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR3	KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7
1.	Mieszanki związane cementem wg PN-EN 14227-1	Nie stosuje się	$C_{5/6} \leq 10,0 \text{ MPa}$	$C_{8/10} \leq 20 \text{ MPa}$	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla kategorii ruchu KR1-KR2.	$C_{3/4} \leq 6,0 \text{ MPa}$	$C_{5/6} \leq 10 \text{ MPa}$	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	Nie stosuje się
2.	Mieszanki związane żużlem wg PN-EN 14227-2	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Typ A1, A2, A3, B1, B2: $CBR_{50/50}$; Typ B4: $C_{3/4}$	Nie stosuje się	Typ A1, A2, A3, B1, B2: $CBR_{50/25}$; Typ B4: $C_{1,5/2}$	Nie stosuje się
3.	Mieszanki związane popiołem lotnym wg PN-EN 14227-3 i PN-EN 14227-4	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Typ 1, 2 i 5: $C_{3/4} \leq 12,0 \text{ MPa}$; Typ 4: $R_c \geq 4 \text{ MPa}$	Typ 1, 2 i 5: $C_{6/8} \leq 16,0 \text{ MPa}$; Typ 4: $R_c \geq 8 \text{ MPa}$	Typ 1, 2 i 5: $C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$; Typ 4: $R_c \geq 0,5 \text{ MPa}$	Nie stosuje się
4.	Mieszanki związane spoiwem drogowym wg PN-EN 14227-5	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Typ 1 i 2: $C_{3/4} \leq 12,0 \text{ MPa}$; Typ 4: $R_c \geq 4 \text{ MPa}$	Typ 1 i 2: $C_{6/8} \leq 16,0 \text{ MPa}$; Typ 4: $R_c \geq 8 \text{ MPa}$	Typ 1 i 2: $C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$; Typ 4: $R_c \geq 0,5 \text{ MPa}$	Nie stosuje się
<p><i>Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.</i></p>									

Tab. 11.7. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Lp.	Rodzaj warstwy	Grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem								
		Podbudowa zasadnicza			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozochronna		Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR2	KR3	KR4-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR1-KR7
1.	Grunty stabilizowane cementem wg PN-EN 14227-10	$C_{3/4} \leq 6,0 \text{ MPa}$	$C_{5/6} \leq 10 \text{ MPa}$	Nie stosuje się	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla kategorii ruchu KR1-KR2	$C_{3/4} \leq 6,0 \text{ MPa}$	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0 \text{ MPa}$
2.	Grunty stabilizowane wapnem wg PN-EN 14227-11	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Nie stosuje się	Nie stosuje się	$R_{c1,0}$	Nie stosuje się	$R_{c0,5}$
3.	Grunty stabilizowane żużlem wg PN-EN 14227-12	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		$C_{3/4} \leq 6,0 \text{ MPa}$	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0 \text{ MPa}$
4.	Grunty stabilizowane spoiwem drogowym wg PN-EN 14227-13	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		$C_{3/4} \leq 6,0 \text{ MPa}$	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0 \text{ MPa}$
5.	Grunty stabilizowane popiołami lotnymi wg PN-EN 14227-14	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		$C_{3/4} \leq 6,0 \text{ MPa}$	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{1,5/2} \leq 4,0 \text{ MPa}$	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0 \text{ MPa}$
<p><i>Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.</i></p>										

Tab. 11.8. Zakres stosowania i wymagania dotyczące gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych) do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Lp.	Właściwości		Wymagania wobec gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych) do zastosowania w warstwie					
			Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Warstwa mrozoochronna		Warstwa ulepszonego podłoża	
			KR1-KR7	KR1-KR7	KR1-KR2	KR3-KR7	KR1-KR2	KR3-KR7
1.	Zawartość ziaren większych od 5,6 mm, co najmniej %		Nie stosuje się	Nie stosuje się	Brak wymagań	10	Brak wymagań	
2.	Zawartość ziaren większych od 2 mm, co najmniej %				10	20	Brak wymagań	5
3.	Maksymalna zawartość cząstek przechodzących przez sito 0,063 mm w warstwie, %:	w typowych zastosowaniach			15	15	15	
		gdy pełni rolę warstwy odsączającej			6	6	6	
4.	Wskaźnik CBR, co najmniej %				25	35	20	
5.	Współczynnik filtracji k warstwy, co najmniej:	w typowych zastosowaniach			Brak wymagań	Brak wymagań	Brak wymagań	
		gdy pełni rolę warstwy odsączającej	0,0093 cm/s, (8 m/dobę)	0,0093 cm/s, (8 m/dobę)	0,0093 cm/s, (8 m/dobę)			
<p><i>Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.</i></p>								

Podbudowa pomocnicza

- 11.43. Materiałami do wykonania podbudowy pomocniczej mogą być mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi i grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi.
- 11.44. Mieszanki niezwiązane do podbudowy pomocniczej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy normy PN-EN 13285 „Mieszanki niezwiązane. Wymagania”. Zakres stosowania poszczególnych mieszanek oraz wybrane parametry podano w tab. 11.5.
- 11.45. Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi do podbudowy pomocniczej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm z zakresu od PN-EN 14227-1 do PN-EN 14227-5. Do wykonania podbudowy pomocniczej z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym jako spoiwo można stosować: cement, żużel, popioły lotne i spoiwa drogowe. Zakres stosowania mieszanek związanych oraz wymagania dla podbudowy pomocniczej podano w tab. 11.6.
- 11.46. Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi do podbudów pomocniczych powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm PN-EN 14227-10, PN-EN 14227-12, PN-EN 14227-13 i PN-EN 14227-14. Do wykonania podbudowy pomocniczej z gruntów stabilizowanych można stosować spoiwa hydrauliczne: cement, żużel, popioły lotne, spoiwa drogowe. Zakres stosowania gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi do podbudów pomocniczych oraz wymagania dla podbudowy pomocniczej podano w tab. 11.7.
- 11.47. Mieszanki niezwiązane i mieszanki związane spoiwem hydraulicznym oraz grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym do podbudowy pomocniczej mogą zawierać w swoim składzie materiały antropogeniczne i materiały z recyklingu.

Warstwa mroзоochronna

- 11.48. Warstwa mroзоochronna może być wykonana z następujących materiałów: mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi, gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym lub wapnem, gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych).
- 11.49. Mieszanki niezwiązane do warstwy mroзоochronnej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy normy PN-EN-13285 „Mieszanki niezwiązane. Wymagania”. Zakres stosowania poszczególnych mieszanek oraz wybrane parametry, podano w tab. 11.5.
- 11.50. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do warstwy mroзоochronnej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm z zakresu od PN-EN 14227-1 do PN-EN 14227-5. Do wykonania warstwy mroзоochronnej z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi można stosować jako spoiwa: cement, żużel, popioły lotne i spoiwa drogowe. Zakres stosowania poszczególnych mieszanek oraz wybrane parametry, podano w tab. 11.6.
- 11.51. Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem do warstwy mroзоochronnej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm w zakresie od PN-EN 14227-10 do PN-EN 14227-14. Do wykonania warstwy

mrozoochronnej z gruntów stabilizowanych można stosować spoiwa hydrauliczne lub wapno. Zakres stosowania gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem oraz wybrane parametry podano w tab. 11.7.

- 11.52. Mieszanki niezwiązane i mieszanki związane spoiwem hydraulicznym oraz grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem mogą zawierać w swoim składzie materiały antropogeniczne i materiały z recyklingu.
- 11.53. Gruntami niewysadzinowymi do warstwy mrozoochronnej mogą być grunty naturalne lub antropogeniczne, z wyjątkiem piasku drobnego, spełniające wymagania podane w tab. 11.8. W przypadku gruntów antropogenicznych należy zwrócić szczególną uwagę na jednorodność.

Warstwa ulepszanego podłoża

- 11.54. Warstwa ulepszanego podłoża może być wykonana z następujących materiałów: mieszanek niezwiązanych, gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym lub wapnem, gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych).
- 11.55. Mieszanki niezwiązane do warstwy ulepszanego podłoża powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy normy PN-EN-13285 „Mieszanki niezwiązane. Wymagania”. Zakres stosowania poszczególnych mieszanek oraz wybrane parametry, podano w tab. 11.5.
- 11.56. Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem do warstwy ulepszanego podłoża powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm z zakresu od PN-EN 14227-10 do PN-EN 14227-14. Do wykonania warstwy ulepszanego podłoża z gruntu spoistego stabilizowanego spoiwem można stosować wapno i spoiwa hydrauliczne. Zakres stosowania gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi oraz wybrane parametry podano w tab. 11.7.
- 11.57. Mieszanki niezwiązane oraz grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem mogą zawierać w swoim składzie materiały antropogeniczne i materiały z recyklingu.
- 11.58. Gruntami niewysadzinowymi do warstwy ulepszanego podłoża mogą być grunty naturalne lub antropogeniczne, z wyjątkiem piasku drobnego, spełniające wymagania podane w tab. 11.8. W przypadku gruntów antropogenicznych należy zwrócić szczególną uwagę na ich jednorodność.

Warstwa odsączająca

- 11.59. Rolę warstwy odsączającej pełni warstwa mrozoochronna lub warstwa ulepszanego podłoża spełniająca podwyższone wymagania dotyczące wodoprzepuszczalności oraz uziarnienia.
- 11.60. Warstwa odsączająca może być wykonana z następujących materiałów: mieszanek niezwiązanych zgodnie z normą PN-EN 13285 i wymaganiami z tab. 11.5 lub gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych) o wymaganiach podanych w tab. 11.8. W przypadku stosowania gruntów

antropogenicznych należy zwrócić szczególną uwagę na ich jednorodność i współczynnik filtracji.

Warstwa odcinająca

- 11.61. Warstwę odcinającą należy wykonać z geotekstyliów (geowłókniny, geotkaniny) o właściwościach dobranych z uwzględnieniem właściwości stykających się materiałów.
- 11.62. Geotekstyli do wykonania warstwy odcinającej należy dobrać biorąc pod uwagę uziarnienie gruntu podłoża oraz uziarnienie warstwy mrozochronnej lub warstwy ulepszonego podłoża i jej ostrokrawędzistość. Geotekstyli musi charakteryzować:
- a) odpowiednia odporność mechaniczna, przede wszystkim wytrzymałość na przebicie lub/i wytrzymałość na rozciąganie,
 - b) wielkość porów, zapewniająca spełnienie warunku retencji ziaren gruntu podłoża i odporności na kolmatację,
 - c) wodoprzepuszczalność w kierunku prostopadłym do płaszczyzny wyrobu co najmniej 10-krotnie większa niż współczynnik filtracji gruntu podłoża.

Parametry geotekstyliów określa Projektant dla występujących warunków pracy warstwy odcinającej.

Założenia projektowe dotyczące geotekstyliów do warstwy odcinającej powinny zostać zweryfikowane na etapie realizacji budowy w oparciu o rzeczywiste parametry stosowanych materiałów oraz występujących gruntów.

- 11.63. W przypadku kategorii ruchu KR1-KR2, o ile jest to ekonomicznie uzasadnione, dopuszcza się wykonanie warstwy odcinającej z odpowiednio dobranego piasku, gwarantującego spełnienie warunku szczelności pomiędzy sąsiednimi warstwami.

Minimalne i maksymalne grubości warstw

- 11.64. Zalecane minimalne i maksymalne grubości jednorazowo wbudowywanych warstw nawierzchni podane są w odpowiednich Wymaganiach Krajowych. Jeżeli grubości warstw podane w rozwiązaniach katalogowych są większe od maksymalnych dopuszczonych do wbudowania w jednej warstwie to należy je wbudowywać w dwóch warstwach technologicznych.

12. INDYWIDUALNE PROJEKTOWANIE NAWIERZCHNI

- 12.1. Konstrukcje nawierzchni oraz warstwy ulepszonych podłoża podane w *Katalogu* są typowymi rozwiązaniami przewidzianymi do stosowania w danych warunkach wyjściowych, opisanych w *Katalogu*.
- 12.2. Indywidualne projektowanie konstrukcji nawierzchni może być wymagane przez Zarządcę Drogi do określonych typów dróg lub kategorii ruchu.
- 12.3. Dopuszcza się indywidualne projektowanie konstrukcji nawierzchni oraz warstwy ulepszonych podłoża w sytuacjach nietypowych, pod warunkiem akceptacji przez Zarządcę Drogi.
- 12.4. W celu umożliwienia indywidualnego projektowania powinna być opracowana jednolita metoda projektowania konstrukcji nawierzchni sztywnych obowiązująca na drogach publicznych w Polsce.
- 12.5. Do czasu opracowania jednolitej metody projektowania obowiązującej na drogach publicznych w Polsce do indywidualnego projektowania należy zastosować sprawdzone metody mechanistyczno-empiryczne.
- 12.6. W projekcie należy szczegółowo opisać zastosowane metody tak, aby była możliwość weryfikacji zaproponowanych rozwiązań. Weryfikacja projektu powinna być przeprowadzona przez instytucję posiadającą doświadczenie w projektowaniu indywidualnych konstrukcji nawierzchni.
- 12.7. Przy indywidualnym projektowaniu nawierzchni można stosować algorytmy obliczeniowe wykorzystujące teorię układów warstwowych z uwzględnieniem m.in. zagadnień sprężystości, plastyczności, lepkosprężystości, zmęczenia, mechaniki pękania oraz mechaniki gruntów. Do rozwiązań można stosować różne metody numeryczne, np. metodę elementów skończonych (MES) wykorzystując ogólne oprogramowanie komercyjne lub dedykowane dla nawierzchni drogowych. Należy jednak zwrócić uwagę na właściwy dobór parametrów materiałowych (po wcześniejszej kalibracji modelu).
- 12.8. Indywidualne projektowanie należy zastosować w następujących sytuacjach:
 - a) Stosowane są nowe, innowacyjne materiały lub materiały tradycyjne, zmodyfikowane w takim zakresie, że ich cechy znacząco różnią się od przyjętych i opisanych w *Katalogu*.
 - b) Zastosowano rozwiązania konstrukcyjne lub technologiczne różne od podanych w *Katalogu*.
 - c) Do warstwy ulepszonych podłoża i/lub do dolnych i górnych warstw konstrukcji nawierzchni stosowane są geosyntetyki wzmacniające, które mogą zredukować grubość wzmacnianych warstw.
 - d) Zastosowano wzmocnienie podłoża gruntowego na gruntach słabych, w nietypowych warunkach gruntowo-wodnych, na gruntach skalistych lub na terenach szkód górniczych, w postaci, która wymaga nietypowego rozwiązania konstrukcji nawierzchni.

- e) W obszarze projektowanej nawierzchni drogowej występują lokalnie odmienne (skrajne) warunki klimatyczne (np. wysoki gradient dobowy temperatury, oddziaływanie niskich lub wysokich temperatur, z uwagi na nasłonecznienie lub zacienienie terenu) nie przedstawione w *Katalogu*.
- 12.9. Przy projektowaniu indywidualnym należy zapewnić: trwałość, nośność, odporność na wysadziny, odwodnienie, odporność na czynniki klimatyczne i wymagane właściwości funkcjonalne nawierzchni w założonym okresie projektowym.

13. PRZEPISY I NORMY ZWIĄZANE

Normy krajowe

- 13.1. PKN-CEN ISO/TS 17892-4 Badania geotechniczne - Badania laboratoryjne gruntów - Część 4: Oznaczanie składu granulometrycznego
- 13.2. PKN-CEN/TS 12390-9 Badanie stwardniałego betonu – Część 9. Odporność na zamrażanie /rozmarzanie –złuszczenie. Procedura badawcza IBDiM; PB-TB-13/2002
- 13.3. PN-81/B-03020 Grunty Budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- 13.4. PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów
- 13.5. PN-88/B-06250 Beton zwykły
- 13.6. PN-B-04481 Grunty budowlane - Badania próbek gruntu
- 13.7. PN-EN 10060 Pręty stalowe okrągłe walcowane na gorąco ogólnego zastosowania - Wymiary i tolerancje kształtu i wymiarów
- 13.8. PN-EN 10080 Stal do zbrojenia betonu - Spawalna stal zbrojeniowa - Postanowienia ogólne
- 13.9. PN-EN 12272-1 Powierzchniowe utwalenie – Metody badań – Część 1: Dozowanie i poprzeczny rozkład lepiszcza i kruszywa.
- 13.10. PN-EN 12350-1 Badania mieszanki betonowej. Część 1. Pobieranie próbek
- 13.11. PN-EN 12350-2 Badania mieszanki betonowej. Część 2. Badanie konsystencji metodą stożka opadowego
- 13.12. PN-EN 12350-3 Badania mieszanki betonowej. Część 3. Badanie konsystencji metodą Ve-Be
- 13.13. PN-EN 12350-4 Badania mieszanki betonowej. Część 4. Badanie konsystencji metodą oznaczania stopnia zagęszczalności
- 13.14. PN-EN 12350-5 Badania mieszanki betonowej. Część 5. Badanie konsystencji metodą stolika rozplwowego
- 13.15. PN-EN 12350-6 Badania mieszanki betonowej. Część 6. Gęstość
- 13.16. PN-EN 12350-7 Badania mieszanki betonowej. Część 7. Badanie zawartości powietrza. Metody ciśnieniowe
- 13.17. PN-EN 12390-1 Badania betonu. Część 1. Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form
- 13.18. PN-EN 12390-2 Badania betonu. Część 2. Wykonywania i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych

- 13.19. PN-EN 12390-3 Badania betonu. Część 3. Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania
- 13.20. PN-EN 12390-4 Badania betonu. Część 4. Wytrzymałość na ściskanie – Specyfikacja maszyn wytrzymałościowych
- 13.21. PN-EN 12390-5 Badania betonu. Część 5. Wytrzymałość na zginanie próbek do badania
- 13.22. PN-EN 12390-6 Badania betonu. Część 6. Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania
- 13.23. PN-EN 12390-7 Badania betonu. Część 7. Gęstość betonu
- 13.24. PN-EN 12504-1 Badania betonu w konstrukcjach. Część 1. Odwierty rdzeniowe – Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie
- 13.25. PN-EN 12620 Kruszywa do betonu
- 13.26. PN-EN 12850 Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Oznaczanie wartości pH emulsji asfaltowych
- 13.27. PN-EN 13043 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu
- 13.28. PN-EN 13043 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu
- 13.29. PN-EN 13108-1 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 1. Beton asfaltowy
- 13.30. PN-EN 13242+A1 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym
- 13.31. PN-EN 13285 Mieszanki niezwiązane. Wymagania.
- 13.32. PN-EN 13808 Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych
- 13.33. PN-EN 13808 Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Zasady klasyfikacji kationowych emulsji asfaltowych
- 13.34. PN-EN 13877-1 Nawierzchnie betonowe. Część 1. Materiały.
- 13.35. PN-EN 13877-2 Nawierzchnie betonowe. Część 2. Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych
- 13.36. PN-EN 13877-3 Nawierzchnie betonowe. Część 3: Wymagania dla dybli stosowanych w nawierzchniach drogowych betonowych
- 13.37. PN-EN 14188-1 Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe. Część 1: Wymagania wobec zalew drogowych na gorąco

- 13.38. PN-EN 14188-2 Wypełniacze złączy i zalewy. Część: Specyfikacja zalew na zimno
- 13.39. PN-EN 14227-1 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 1. Mieszanki związane cementem
- 13.40. PN-EN 14227-10 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 10. Grunty stabilizowane cementem
- 13.41. PN-EN 14227-11 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 11. Grunty stabilizowane wapnem
- 13.42. PN-EN 14227-12 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 12. Grunty stabilizowane żużlem
- 13.43. PN-EN 14227-13 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 13. Grunty stabilizowane hydraulicznym spoiwem drogowym
- 13.44. PN-EN 14227-14 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 14. Grunty stabilizowane popiołami lotnymi
- 13.45. PN-EN 14227-2 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 2. Mieszanki związane żużlem
- 13.46. PN-EN 14227-3 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 3. Mieszanki związane popiołem lotnym
- 13.47. PN-EN 14227-4 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 4. Popioły lotne do mieszanek
- 13.48. PN-EN 14227-5 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 5. Mieszanki związane spoiwem drogowym
- 13.49. PN-EN 1997-1 Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne
- 13.50. PN-EN 1997-2 Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
- 13.51. PN-EN 206-1 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 13.52. PN-EN 480-11 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu - Metody badań - Część 11: Oznaczanie charakterystyki porów powietrznych w stwardniałym betonie
- 13.53. PN-EN 933-8 Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek - Badanie wskaźnika piaskowego
- 13.54. PN-EN 934-2 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 2: Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, znakowanie i etykietowanie.
- 13.55. PN-EN ISO 10319 Geosyntetyki - Badanie wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek

- 13.56. PN-EN ISO 11058 Geotekstylia i wyroby pokrewne - Wyznaczanie charakterystyk wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu, bez obciążenia
- 13.57. PN-EN ISO 12958 Geotekstylia i wyroby pokrewne - Wyznaczanie zdolności przepływu wody w płaszczyźnie wyrobu
- 13.58. PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów - Część 1: Oznaczanie i opis
- 13.59. PN-EN ISO 14688-2/Ap2 Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów - Część 2: Zasady klasyfikowania
- 13.60. PN-EN ISO 14689-1 Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie skał - Część 1: Oznaczanie i opis
- 13.61. PN-EN ISO 15630-1 Stal do zbrojenia i sprężania betonu - Metody badań - Część 1: Pręty, walcówka i drut do zbrojenia betonu
- 13.62. PN-EN ISO 9863-1 Geosyntetyki - Wyznaczanie grubości przy określonych naciskach - Część 1: Warstwy pojedyncze
- 13.63. PN-EN ISO 9864 Geosyntetyki - Metoda badań do wyznaczania masy powierzchniowej geotekstyliów i wyrobów pokrewnych
- 13.64. PN-ISO 612 Pojazdy drogowe - Wymiary pojazdów samochodowych i pojazdów ciągniętych - Terminy i definicje
- 13.65. PN-S-02205 Drogi samochodowe - Roboty ziemne - Wymagania i badania

Przepisy prawne

- 13.66. „COST 323, Weigh in Motion of Road Vehicles. Final Report, Appendix 1 – European WIM Specification”, 1999 r.
- 13.67. „COST 323”, Second European Conference on Weigh in Motion of Road Vehicles, Lisbon, 1998 r.
- 13.68. Dyrektywa Komisji 2001/116/WE z dnia 20 grudnia 2001 r. Dostosowująca do postępu technicznego dyrektywę Rady 70/156/EWG w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do homologacji typu pojazdów silnikowych i ich przyczep.
- 13.69. Dyrektywa Rady 70/156/EWG z dnia 6 lutego 1970 r. W sprawie zbliżenia ustawodawstwa Państw Członkowskich w odniesieniu do homologacji typu pojazdów silnikowych i ich przyczep.
- 13.70. Dyrektywa Rady 96/53/WE z dnia 25 lipca 1996 r. ustanawiająca dla niektórych pojazdów drogowych poruszających się na terytorium Wspólnoty maksymalne dopuszczalne wymiary w ruchu krajowym i międzynarodowym oraz maksymalne dopuszczalne obciążenia w ruchu międzynarodowym. (Dz.U. L 235 z 17.9.1996, str. 59)

- 13.71. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 lipca 2010 r. w sprawie wykazu dróg krajowych, po których mogą poruszać się pojazdy o dopuszczalnym nacisku pojedynczej osi napędowej do 11,5 t (Dz.U. 2010 nr 138 poz. 932), wraz z późniejszymi zmianami
- 13.72. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 lipca 2010 r. w sprawie wykazu dróg krajowych oraz dróg wojewódzkich, po których mogą poruszać się pojazdy o dopuszczalnym nacisku pojedynczej osi do 10 t (Dz.U. 2010 nr 138 poz. 933), wraz z późniejszymi zmianami
- 13.73. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. 2003 nr 32 poz. 262), wraz z późniejszymi zmianami
- 13.74. Ustawa o drogach publicznych z dnia 21 marca 1985 r. Dz.U. 1985 Nr 14 poz. 60 (z późniejszymi zmianami do dnia 30 kwietnia 2012 r.), wraz z późniejszymi zmianami

Instrukcje, wytyczne

- 13.75. Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utwaleń na drogach krajowych WT-1 2010. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.76. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych WT-2 2010, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.77. Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych WT-4 2010. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.78. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych WT-5 2010. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.79. Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych, GDDP, Warszawa 1998

Katalogi i metody projektowania polskie i zagraniczne

- 13.80. AASHTO (1998) Supplement: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures—Part II Rigid Pavement Design & Rigid Pavement Joint Design.
- 13.81. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, 1993
- 13.82. Catalogo delle pavimentazioni stradali. 1995, CNR (Roma)
- 13.83. Catalogue Des Structures De Chaussees, Guide Technique Pour L'utilisation Des Materiaux Regionaux D'île-De-France, Décembre 2003
- 13.84. Catalogue des Structures Types de Chaussées Neuves. SETRA, LCPC, Paris, 1998

- 13.85. Chaussees en beton. Guide technique. LCPC, SETRA, 2000
- 13.86. Computer-Based Guidelines for Concrete Pavements, Volume II: Design and Construction Guidelines and HIPERPAV® II User's Manual PUBLICATION NO. FHWA-HRT-04-122 FEBRUARY 2005
- 13.87. Concrete Pavement Reference Manual. Federal Highway Administration. February 2008
- 13.88. Construction Manual. Connecticut Department Of Transportation. Version 2.2, January 2011.
- 13.89. Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) Design and Construction Guide. California Department of Transportation. June 5, 2007
- 13.90. Guide for Design and Construction of New Jointed Plain Concrete Pavements (JPCPs). Division Of Design Office of Pavement Design Pavement Design & Analysis Branch. California Department Of Transportation. January 9, 2008
- 13.91. Guide For Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Final Report. Part 1&2. NCHRP, March 2004
- 13.92. Guide technique. Manuel de conception des chaussées d'autoroutes. réédition en 2005 (Scetauroute)
- 13.93. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, GDDKiA, Warszawa, 1997
- 13.94. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa, 2001
- 13.95. Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa, 2001
- 13.96. Manuel de Conception des Chaussees d'autoroutes - 3e Edition, Scetauroute, 1994-3
- 13.97. Manuel de conception des plates-formes autoroutières édité en 1998 (Scetauroute).
- 13.98. NCHRP. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Appendix kk: Transverse cracking of JPCP, 2003
- 13.99. NCHRP. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Part 3. Design Analysis, Chapter 4. Design of New and Reconstructed Rigid Pavements, 2004
- 13.100. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. Rsto 01, Ausgabe 2001
- 13.101. Rigid Pavement Design Manual Published by Florida Department Of Transportation Pavement Management Office 605 Suwannee Street, M.s. 70, Tallahassee, Florida 32399-0450, Document No. 625-010-006-e, January 2009
- 13.102. RVS 08.17.02. Betondecken – Deckenherstellung. Marz 2007, Wien

- 13.103. RVS 3.63 Bautechnische Details, Oberbaubemessung. Oesterreichische Forschungsgemeinschaft Strasse und Verkehr, Vienna, Austria, April 2005
- 13.104. Spécification technique no 590.B éditée en 1999 (SNCF)
- 13.105. Technical Basis Of Austroads Pavement Design Guide, Austroads roject No. PUB.PT.C.077, Austroads Publication No. AP-T33/04, 2004.
- 13.106. Transport Services Division Pavement Design, Supplement to the Austroads Guide to Pavement Technology Part 2: Pavement Structural Design, December 2009
- 13.107. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. ZTV Beton – STB06.

ZAŁĄCZNIK A. PRZYKŁADY

Przykład A1

Wyznaczyć kategorię ruchu drogi ekspresowej, dwujezdniowej.

A1-1. Dane projektowe:

- Droga ekspresowa,
- Przekrój dwujezdniowy, po dwa pasy ruchu o szerokości 3,50 m w każdym kierunku,
- Średnie pochylenie niwelety poniżej 6%,
- Okres projektowy konstrukcji nawierzchni - 30 lat,
- Prognozowany ruch pojazdów ciężkich w całym okresie projektowym:

- sumaryczny ruch samochodów ciężarowych bez przyczep:

$$N_C = 8\,771\,315 \text{ pojazdów}$$

- sumaryczny ruch samochodów ciężarowych z przyczepami oraz ciągników siodłowych z naczepami:

$$N_{C+P} = 63\,292\,095 \text{ pojazdów}$$

- sumaryczny ruch autobusów:

$$N_A = 1\,727\,180 \text{ pojazdów}$$

A1-2. Określenie liczby osi standardowych

- Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na osie standardowe 115 kN zgodnie z tab. 6.1 wynoszą:
 - samochody ciężarowe bez przyczep: **$r_C = 0,130$**
 - samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami: **$r_{C+P} = 1,483$**
 - autobusy: **$r_A = 0,199$**
- Współczynnik obliczeniowego pasa ruchu wg tab. 6.2 na drodze czteropasowej o dwóch kierunkach ruchu wynosi: **$f_1 = 0,45$** .
- Współczynnik szerokości pasa ruchu wg tab. 6.3 na pasach o szerokości 3,50 m wynosi: **$f_2 = 1,00$** .
- Współczynnik pochylenia niwelety wg tab. 6.4 na drodze o pochyleniu niwelety poniżej 6% wynosi: **$f_3 = 1,00$** .
- Określenie ruchu projektowego (liczby osi standardowych 115 kN przypadających na obliczeniowy pas ruchu w okresie projektowym), wg (6.2):

$$N_{115} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (N_C \cdot r_C^{115} + N_{C+P} \cdot r_{C+P}^{115} + N_A \cdot r_A^{115})$$

$$N_{115} = 0,45 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot (8\,771\,315 \cdot 0,13 + 63\,292\,095 \cdot 1,483 + 1\,727\,180 \cdot 0,199)$$

$$N_{100} = 42,91 \text{ mln osi } 115 \text{ kN na pas obliczeniowy}$$

A1-3. Określenie kategorii ruchu

Sumaryczna liczba osi standardowych 115 kN przypadająca na pas obliczeniowy w całym okresie projektowym równa 42,91 mln wg tab. 6.5 odpowiada kategorii ruchu **KR7**.

Przykład A2

Określić grupę nośności podłoża gruntowego nawierzchni.

A2-1. Dane projektowe:

- a) Kategoria ruchu KR6,
- b) Pobocza utwardzone i szczelne,
- c) Przebieg niwelety drogi: nasyp o średniej wysokości 1,1 m,
- d) Poziom zwierciadła wody gruntowej ZWG: 1,5 m poniżej poziomu terenu,
- e) Rodzaj gruntu w podłożu gruntowym nawierzchni (w strefie 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni): glina piaszczysta zwięzła (Gpz) o wskaźniku nośności CBR = 6 %,
- f) W podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania.

A2-2. Określenie warunków wodnych:

- a) Wstępne przyjęcie grubości konstrukcji nawierzchni (na potrzeby ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) - około 0,9 m.
- b) Odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni:

H_{ZWG} w nasypie = (odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) + (średnia wysokość nasypu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni).

$$H_{ZWG} = 1,5 + 1,1 - 0,9 = 1,7 \text{ m}$$

- c) Pobocza są utwardzone i szczelne oraz zapewnione jest dobre odprowadzenie wody z nawierzchni.

Wg tab. 7.1 warunki wodne określono jako: **dobre**.

A2-3. Grupa nośności podłoża gruntowego

- a) Ocena według wskaźnika nośności CBR
Wskaźnik nośności CBR gliny piaszczystej zwięzłej (Gpz) = 6 %.
Wg tab. 7.3 grupę nośności podłoża gruntowego określono jako: **G2**.
- b) Ocena według wysadzinowości i warunków wodnych
Glina piaszczysta zwięzła wg tab. 7.2 jest gruntem mało wysadzinowym.
Wg tab. 7.4 grupę nośności podłoża mało wysadzinowego w dobrych warunkach wodnych określono jako: **G3**.

- c) Ostateczne przyjęcie grupy nośności podłoża gruntowego
Wobec niezgodności ocen nośności podłoża wg a) i b) ostatecznie przyjęto (zgodnie z pkt. 7.15) gorszą **grupę nośności podłoża gruntowego – G3**.

Przykład A3

Określić grupę nośności podłoża gruntowego nawierzchni. Ocenić potrzebę stosowania warstwy odsączającej.

A3-1. Dane projektowe:

- a) Kategoria ruchu KR4,
- b) Przebieg niwelety drogi: wykop o średniej głębokości 4,7 m,
- c) Pobocza nieutwardzone,
- d) Poziom zwierciadła wody gruntowej ZWG: 6,0 m poniżej poziomu terenu,
- e) Rodzaj gruntu w podłożu gruntowym nawierzchni (w strefie 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni): glina (G) o wskaźniku nośności CBR = 4 %.
- f) W podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania.

A3-2. Określenie warunków wodnych

- a) Wstępne przyjęcie grubości konstrukcji nawierzchni (na potrzeby ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) - około 0,7 m.
- b) Odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni:

H_{ZWG} w wykopie = (odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) – (średnia głębokość wykopu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni).

$$H_{ZWG} = 6,0 - 4,7 - 0,7 = 0,6m$$

Zgodnie z punktem 8.16 należy sprawdzić, czy możliwe jest podniesienie niwelety drogi w związku z płytkim występowaniem ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni. W dalszej części przykładu przyjęto, że skorygowanie niwelety nie jest możliwe – odległość ZWG od spodu konstrukcji = 0,6 m.

- c) Pobocza są nieutwardzone.

Wg tab. 7.1 warunki wodne określono jako: **złe**.

A3-3. Grupa nośności podłoża gruntowego nawierzchni

- a) Ocena według wskaźnika nośności CBR
Wskaźnik nośności CBR gliny (G) = 4 %.
Wg tab. 7.3 grupę nośności podłoża gruntowego określono jako: **G3**.
- b) Ocena według wysadzinowości i warunków wodnych
Gлина wg tab. 7.2 jest gruntem bardzo wysadzinowym.
Wg tab. 7.4 grupę nośności podłoża bardzo wysadzinowego w złych warunkach wodnych określono jako: **G4**.

c) Ostateczne przyjęcie grupy nośności podłoża gruntowego

Wobec niezgodności ocen nośności podłoża wg a) i b) ostatecznie przyjęto (zgodnie z pkt. 7.15) gorszą **grupę nośności podłoża gruntowego: G4.**

A3-4. Warstwa odsączająca

Zgodnie z punktem 8.15 i 8.17 ze względu na:

- płytkie występowanie zwierciadła wody gruntowej ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni ($H_{ZWG} < 1,5$ m),
- grunt wysadzinowy w podłożu (G),

musi być zastosowana warstwa odsączająca o minimalnej grubości 20 cm (dla KR4). Funkcję warstwy odsączającej może pełnić warstwa mrozoochronna lub warstwa ulepszonego podłoża, wykonana z materiału ziarnistego.

Przykład A4

Na podstawie poniżej przedstawionych danych projektowych zaprojektować konstrukcję nawierzchni na odcinku drogi krajowej.

A4-1. Dane projektowe

- a) Droga krajowa,
- b) Kategoria ruchu - KR3,
- c) Pobocza nieutwardzone,
- d) Przebieg niwelety odcinka drogi: wykopy o średniej głębokości 2,7 m,
- e) Położenie poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej ZWG: 4,7 m poniżej poziomu terenu,
- f) W podłożu gruntowym nawierzchni (w strefie 1 m pod spodem konstrukcji nawierzchni) zalega piasek gliniasty (Pg),
- g) W podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania,
- h) Lokalizacja odcinka drogi: rejon Wrocławia (głębokość przemarzania $h_z = 0,8$ m).

A4-2. Określenie warunków wodnych

- a) Wstępne przyjęcie grubości konstrukcji nawierzchni (na potrzeby ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) - około 0,7 m.
- b) Odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni:

H_{ZWG} w wykopie = (odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) – (średnia głębokość wykopu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni)

$$H_{ZWG} = 4,7 - 2,7 - 0,7 = 1,3m$$

- c) Pobocza są nieutwardzone.

Wg tab. 7.1 warunki wodne określono jako: **przeciętne**.

A4-3. Grupa nośności podłoża gruntowego

- a) Ocena według wskaźnika nośności CBR:
Wskaźnik nośności CBR piasku gliniastego (P_g) = 7%.
Wg ab. 7.3 grupę nośności podłoża gruntowego określono jako: **G2**.
- b) Ocena według wysadzinowości i warunków wodnych
Piasek gliniasty wg tab. 7.2 jest gruntem bardzo wysadzinowym.
Wg tab.7.4 grupę nośności podłoża bardzo wysadzinowego w przeciętnych warunkach wodnych określono jako: **G4**.
- c) Ostateczne przyjęcie grupy nośności podłoża gruntowego
Wobec niezgodności ocen nośności podłoża wg a) i b) ostatecznie przyjęto (zgodnie z pkt. 7.15) gorszą **grupę nośności podłoża gruntowego: G4**.

A4-4. Przyjęcie dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Dla grupy nośności podłoża G4, ze względu na dostępność kruszyw naturalnych (piasków i pospółtek) przyjęto wzmocnienie podłoża Typu 6 z tab. 8.3:

- a) podbudowa pomocnicza: grunt stabilizowany cementem, klasa C3/4, o grubości 18 cm,
b) warstwa ulepszonego podłoża: grunt niewysadzinowy o $CBR \geq 20\%$ i grubości 40 cm.

Całkowita grubość warstw podbudowy pomocniczej i warstwy ulepszonego podłoża wynosi **58 cm**.

A4-5. Warstwa odsączająca

Zgodnie z punktem 8.15 i 8.17 ze względu na:

- płytkie występowanie zwierciadła wody gruntowej ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni ($H_{ZWG} < 1,5$ m),
- grunt wysadzinowy w podłożu (P_g),

musi być zastosowana warstwa odsączająca o minimalnej grubości 20 cm (dla KR3). Funkcję warstwy odsączającej będzie pełniła warstwa ulepszonego podłoża, wykonana z materiału ziarnistego.

A4-6. Warstwa odcinająca

Zgodnie z punktem 8.23 (warstwa ulepszonego podłoża, wykonana z materiału ziarnistego, ułożona na podłożu gruntowym z gruntu wysadzinowego) wykonanie warstwy odcinającej jest wymagane. Warstwa odcinająca wykonana zostanie z geowłókniny.

A4-7. Przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

Wybrano typ I nawierzchni (tab. 9.2), dla kategorii ruchu KR3 i przyjęto następujący układ warstw:

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona - dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy $\varnothing 25$ mm, długość $l=50$ cm; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy $\varnothing 20$ mm, długość $l=80$ cm) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z kruszywa $C_{90/3}$ o grubości 30 cm.

Całkowita grubość górnych warstw nawierzchni wynosi **55 cm**.

A4-8. Sprawdzenie warunku odporności nawierzchni na wysadziny

Wg tab. 10.1 minimalna wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na wysadziny H_{min} , dla gruntu G4 i kategorii ruchu KR3 wynosi:

$$H_{min} = 0,7 \times h_z = 0,7 \times 0,8 \text{ m} = 0,56 \text{ m} = 56 \text{ cm}.$$

Całkowita grubość wszystkich warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża:

$$H_{całk} = 58 + 55 = 113 \text{ cm}$$
$$H_{całk} > H_{min}$$

Warunek wymaganej grubości nawierzchni jest spełniony.

A4-9. Przyjęta konstrukcja dolnych i górnych warstw nawierzchni oraz warstwy ulepszonego podłoża

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona - dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy $\varnothing 25$ mm, długość $l=50$ cm; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy $\varnothing 20$ mm, długość $l=80$ cm) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z kruszywa $C_{90/3}$ o grubości 30 cm,
- c) podbudowa pomocnicza: grunt stabilizowany cementem, klasa C3/4, o grubości 18 cm,
- d) warstwa ulepszonego podłoża: grunt niewysadzinowy o $\text{CBR} \geq 20\%$ o grubości 20 cm.
- e) warstwa ulepszonego podłoża **pełniąca rolę warstwy odsączającej**: grunt niewysadzinowy o $\text{CBR} \geq 20\%$ i grubości 20 cm.
- f) warstwa odcinająca: geowłóknina.

Całkowita grubość warstw nawierzchni wynosi **113 cm**.

Przykład A5

Na podstawie danych projektowych przedstawionych poniżej oraz w tab. A5-1 zaprojektować konstrukcję nawierzchni.

A5-1. Dane projektowe

- a) Droga ekspresowa,
- b) Kategoria ruchu - KR5,
- c) Odcinek od km 0+000 do km 5+200,
- d) Pobocza utwardzone i szczelne,
- e) Podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego (z uwagi na brak dostępności kruszywa)
- f) W podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania,
- g) Lokalizacja drogi: rejon Katowic (głębokość przemarzania $h_z = 1,0$ m).

A5-2. Określenie warunków wodnych i grupy nośności podłoża

Na podstawie badań geotechnicznych określono: rodzaj gruntu podłoża nawierzchni i położenie zwierciadła wody gruntowej. Z projektu niwelety określono średnią wysokość nasypów i głębokość wykopów na poszczególnych odcinkach. Wstępnie założono grubość konstrukcji nawierzchni około 0,8 m (na potrzeby ustalenia odległości poziomego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni).

Założenie dotyczące wykonania nasypów

Nasypy będą wykonane z gruntów z wykopów, ale ostatnia warstwa nasypu 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni zostanie wykonana z gruntów niewysadzinowych.

Tab. A5-1. Rodzaj podłoża, warunki wodne oraz przebieg niwelety drogi

Lp.	Odcinek	Rodzaj gruntu podłoża nawierzchni w strefie 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni	Odległość poziomu zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu [m]	Średnia wysokość nasypu lub średnia głębokość wykopu [m]
1.	0+000 – 0+500	Ps	1,8	Nasyp, 2,0 m
2.	0+500 – 1+000	Gp Przy niskim nasypie gruntem podłoża nawierzchni jest grunt rodzimy Gp	2,6	Nasyp, 0,7 m
3.	1+000 – 1+500	Pg	3,6	Wykop, 2,2 m
4.	1+500 – 1+800	Ps	2,3	Nasyp, 1,7 m
5.	1+800 – 2+000	Gp	6,1	Wykop, 3,2 m
6.	2+000 – 2+500	Gpz	4,8	Wykop, 1,8 m
7.	2+500 – 3+100	Gp	2,9 + sączenia na głębokości 2,0 m	Wykop, 1,0 m
8.	3+100 – 3+800	Pd	6,9	Wykop, 4,5 m
9.	3+800 – 4+200	Gpz	5,9	Wykop, 2,5 m
10.	4+200 – 5+200	Ps	2,5	Nasyp, 3,2 m

Oznaczenia:
Ps – piasek średni, Pd – piasek drobny, Pg – piasek gliniasty, Gp – glina piaszczysta, Gpz – glina piaszczysta zwięzła

Określenie warunków wodnych

Warunki wodne, określone wg tab. 7.1, przedstawiono w tab. A5-2. Do określenia warunków wodnych według tab. 7.1 *Katalogu* potrzebne są:

- charakterystyka korpusu drogowego (średnie głębokości wykopów i średnie wysokości nasypów na danym odcinku, wg tab. A5-1),
- odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni H_{ZWG} obliczona w następujący sposób:

H_{ZWG} w nasypie = (odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) + (średnia wysokość nasypu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni)

H_{ZWG} w wykopie = (odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) – (średnia głębokość wykopu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni)

Tab. A5-2. Określenie warunków wodnych

Lp.	Odcinek	Odległość swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu [m]	Charakterystyka korpusu drogowego, średnia wysokość nasypu lub głębokość wykopu [m]	Odległość poziomego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni [m]	Warunki wodne
1.	0+000 – 0+500	1,8	Nasyp, 2,0 m	$1,8 + 2,0 - 0,8 = \mathbf{3,0}$	Dobre
2.	0+500 – 1+000	2,6	Nasyp, 0,7 m	$2,6 + 0,7 - 0,8 = \mathbf{2,5}$	Dobre
3.	1+000 – 1+500	3,6	Wykop, 2,2 m	$3,6 - 2,2 - 0,8 = \mathbf{0,6}$	Złe
4.	1+500 – 1+800	2,3	Nasyp, 1,7 m	$2,3 + 1,7 - 0,8 = \mathbf{3,2}$	Dobre
5.	1+800 – 2+000	6,1	Wykop, 3,2 m	$6,1 - 3,2 - 0,8 = \mathbf{2,1}$	Dobre
6.	2+000 – 2+500	4,8	Wykop, 1,8 m	$4,8 - 1,8 - 0,8 = \mathbf{2,2}$	Dobre
7.	2+500 – 3+100	2,9 + sączenia na głębokości 2,0 m	Wykop, 1,0 m	$2,9 - 1,0 - 0,8 = \mathbf{1,1}$ sączenie: $2,0 - 1,0 - 0,8 = \mathbf{0,2}$ poniżej spodu konstrukcji nawierzchni	Złe
8.	3+100 – 3+800	6,9	Wykop, 4,5 m	$6,9 - 4,5 - 0,8 = \mathbf{1,6}$	Przeciętne
9.	3+800 – 4+200	5,9	Wykop, 2,5 m	$5,9 - 2,5 - 0,8 = \mathbf{2,6}$	Dobre
10.	4+200 – 5+200	2,5	Nasyp, 3,2 m	$2,5 + 3,2 - 0,8 = \mathbf{4,9}$	Dobre

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni przeprowadzono wg tab. 7.3 (na podstawie wskaźnika nośności CBR) i tab. 7.4 (w zależności od warunków gruntowo-wodnych), zgodnie z pkt. 7.15. Wyniki przedstawiono w tab. A5-3.

Tab. A5-3. Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża

Lp.	Odcinek	Rodzaj gruntu podłoża do 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni, wg tab. A5-1	Wskaźnik nośności CBR [%] gruntu podłoża	Grupa nośności podłoża wynikająca ze wskaźnika nośności CBR [%], wg tab. 7.3	Ocena wysadzinowości gruntu podłoża, wg tab. 7.2	Warunki wodne	Przebieg warunków wodnych i wysadzinowości gruntu podłoża wg tab. 7.4	Przyjęta grupa nośności podłoża
1.	0+000 - 0+500	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1
2.	0+500 - 1+000	Gp	7	G2	Bardzo wysadzinowy	Dobre	G4	G4
3.	1+000 - 1+500	Pg	7	G2	Bardzo wysadzinowy	Złe	G4	G4
4.	1+500 - 1+800	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1
5.	1+800 - 2+000	Gp	6	G2	Bardzo wysadzinowy	Dobre	G4	G4
6.	2+000 - 2+500	Gpz	6	G2	Mało wysadzinowy	Dobre	G3	G3
7.	2+500 - 3+100	Gp	4	G3	Bardzo wysadzinowy	Złe	G4	G4
8.	3+100 - 3+800	Pd	12	G1	Niewysadzinowy	Przeciętne	G1	G1
9.	3+800 - 4+200	Gpz	6	G2	Mało wysadzinowy	Dobre	G3	G3
10.	4+200 - 5+200	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1

A5-3. Przyjęcie dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Na projektowanym odcinku drogi o długości 5,2 km występują grunty zaliczane do grup nośności podłoża G1, G3 i G4. Grunty Pg, Gp i Gpz zaliczone do grup nośności podłoża G3 i G4 (Pg, Gp i Gpz) występują na odcinkach:

- a) km 0+500 do km 1+500 (1,5 km),
- b) km 1+800 do km 3+100 (1,3 km),
- c) km 3+800 do km 4+200 (0,4 km).

Grunty niewysadzinowe (Pd, Ps) zaliczone do grupy nośności podłoża G1 występują na pozostałych odcinkach.

Do wykonania dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża przyjęto Typ 1, wg tab. 8.2, w postaci:

- a) podbudowy pomocniczej z kruszywa związanego cementem, klasa C5/6,
- b) warstwy mrozoochronnej z gruntu niewysadzinowego o CBR \geq 35%,
- c) warstwy ulepszonego podłoża z gruntu rodzimego stabilizowanego spoiwem, klasa C0,4/0,5.

Przyjęte dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwę ulepszonego podłoża przedstawiono w tab. A5-4.

Tab. A5-4. Przyjęte dolne warstwy konstrukcji nawierzchni oraz warstwa ulepszonego podłoża

Lp.	Odcinek	Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i ulepszone podłoże, grupa nośności podłoża	Podbudowa pomocnicza, mieszanka związana cementem, klasa C5/6 [cm]	Warstwa mrozochronna z gruntu niewysadzinowego [cm]	Warstwa ulepszonego podłoża z gruntu rodzimego stabilizowanego spoiwem drogowym, klasa C0,4/0,5 [cm]	Sumaryczna grubość dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża [cm]
1.	0+000 – 0+500	Typ 1, G1	15	Nie występuje	Nie występuje	15
2.	0+500 – 1+000	Typ 1, G4	15	20	25	60
3.	1+000 – 1+500	Typ 1, G4	15	20	25	60
4.	1+500 – 1+800	Typ 1, G1	15	Nie występuje	Nie występuje	15
5.	1+800 – 2+000	Typ 1, G4	15	20	25	60
6.	2+000 – 2+500	Typ 1, G3	15	20	20	55
7.	2+500 – 3+100	Typ 1, G4	15	20	25	60
8.	3+100 – 3+800	Typ 1, G1	15	Nie występuje	Nie występuje	15
9.	3+800 – 4+200	Typ 1, G3	15	20	20	55
10.	4+200 – 5+200	Typ 1, G1	15	Nie występuje	Nie występuje	15

A5-4. Warstwa odsączająca

Zgodnie z punktem 8.15 wykonanie warstwy odsączającej jest wymagane na następujących odcinkach: od km **1+000** do km **1+500** oraz od km **2+500** do km **3+100** - ze względu na płytkie występowanie zwierciadła wody gruntowej ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni ($H_{ZWG} < 1,5$ m) oraz grunty wysadzinowe w podłożu. Rolę warstwy odsączającej pełnić będzie warstwa mrozochronna z gruntu niewysadzinowego o odpowiednio dobranym uziarnieniu (poniżej 6% cząstek mniejszych od 0,063 mm i współczynnika filtracji $k \geq 8$ m/dobę).

A5-5. Warstwa odcinająca

Warstwa odcinająca pod warstwą mrozochronną nie jest potrzebna, ponieważ grunt rodzimy G3 i G4 będzie stabilizowany spoiwem.

A5-6. Przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

Wybrano typ II nawierzchni (tab. 9.3), dla kategorii ruchu KR5 i przyjęto następujący układ warstw:

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona - dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy $\square 25$ mm, długość $l=50$ cm; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy $\square 20$ mm, długość $l=80$ cm) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego o grubości 10 cm.

Całkowita grubość górnych warstw konstrukcji nawierzchni wynosi **35 cm**.

A5-7. Sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę

Głębokość przemarzania w rejonie Katowic wynosi $h_z = 1,0$ m.

Wg tab. 10.1 minimalna wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na wysadzinę H_{min} , dla kategorii ruchu KR5 wynosi:

- a) dla G3, $H_{min} = 0,7 \times h_z = 70$ cm,
- b) dla G4: $H_{min} = 0,8 \times h_z = 80$ cm.

W tab. A5-5 przedstawiono porównanie grubości wymaganych z grubościami projektowanymi.

Tab. A5-5. Porównanie grubości projektowanych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża z grubościami minimalnymi wymaganymi ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom

Lp.	Odcinek	Grupa nośności podłoża pod spodem konstrukcji nawierzchni	Minimalna wymagana grubość nawierzchni ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom H_{min} [cm]	Całkowita grubość górnych warstw nawierzchni [cm]	dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża	nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża $H_{całk}$ [cm]	Spełnienie warunku $H_{całk} \geq H_{min}$
1.	0+000 - 0+500	G1	Nie dotyczy	35	15	50	Nie dotyczy
2.	0+500 - 1+000	G4	80	35	60	95	Tak
3.	1+000 - 1+500	G4	80	35	60	95	Tak
4.	1+500 - 1+800	G1	Nie dotyczy	35	15	50	Nie dotyczy
5.	1+800 - 2+000	G4	80	35	60	95	Tak
6.	2+000 - 2+500	G3	70	35	55	90	Tak
7.	2+500 - 3+100	G4	80	35	60	95	Tak
8.	3+100 - 3+800	G1	Nie dotyczy	35	15	50	Nie dotyczy
9.	3+800 - 4+200	G3	70	35	55	90	Tak
10.	4+200 - 5+200	G1	Nie dotyczy	35	15	50	Nie dotyczy

We wszystkich przypadkach grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża jest większa od wymaganej ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom.

A5-8. Porównanie założonej i zaprojektowanej grubości konstrukcji nawierzchni

Wstępnie założona w punkcie A5-2 grubość konstrukcji nawierzchni (na potrzeby ustalenia odległości poziomego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) wynosi 0,80 m. Projektowana grubość warstw przyjętej konstrukcji nawierzchni wynosi od 0,50 do 0,70 m (w zależności od grupy nośności podłoża).

Stwierdzone różnice grubości nie wpływają na kwalifikację warunków wodnych przedstawionych w tab. A5-2 i tym samym nie mają wpływu na przyjęcie grup nośności podłoża przedstawionych w tab. A5-3 oraz na potrzebę zastosowania warstwy odsączającej.

A5-9. Przyjęte konstrukcje nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża na poszczególnych odcinkach

Odcinki od km 0+000 do km 0+500, od 1+500 do 1+800, od 3+100 do 3+800 i od 4+200 do 5+200 (podłoże G1):

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona - dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy \square 25 mm, długość $l=50\text{cm}$; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy \square 20 mm, długość $l=80\text{cm}$) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego o grubości 10 cm,
- c) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **50 cm**.

Od km 2+000 do km 2+500 i od 3+800 do 4+200 (podłoże G3):

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona- dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy \square 25 mm, długość $l=50\text{cm}$; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy \square 20 mm, długość $l=80\text{cm}$) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego o grubości 10 cm,
- c) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm,
- d) warstwa mrozochronna: grunt niewysadzinowy $\text{CBR} \geq 35\%$, o grubości 20 cm,
- e) warstwa ulepszonego podłoża: grunt rodzimy stabilizowany spoiwem drogowym o klasie wytrzymałości $C_{0,4/0,5}$ i grubości 20 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **90 cm**.

Od km 0+500 do km 1+000 i od km 1+800 do km 2+000 (podłoże G4):

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona- dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy \square 25 mm, długość $l=50\text{cm}$; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy \square 20 mm, długość $l=80\text{cm}$) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego o grubości 10 cm,
- c) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm,
- d) warstwa mrozochronna: grunt niewysadzinowy $\text{CBR} \geq 35\%$, o grubości 20 cm,
- e) warstwa ulepszonego podłoża: grunt rodzimy stabilizowany spoiwem drogowym o klasie wytrzymałości $C_{0,4/0,5}$ i grubości 25 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **95 cm**.

Od km 1+000 do km 1+500 i od km 2+500 do km 3+100 (podłoże G4, wymagana warstwa odsączająca):

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (dyblowana i kotwiona- dyble o rozstawie co 25 cm i średnicy $\square 25$ mm, długość $l=50$ cm; kotwy o rozstawie co 100 cm i średnicy $\square 20$ mm, długość $l=80$ cm) o grubości 25 cm,
- b) warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego o grubości 10 cm,
- c) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości C5/6 i grubości 15 cm,
- d) warstwa mrozochronna **pełniąca rolę warstwy odsączającej**: grunt niewysadzinowy CBR $\geq 35\%$ i grubości 20 cm,
- e) warstwa ulepszanego podłoża gruntowego: grunt rodzimy stabilizowany spoiwem drogowym o klasie wytrzymałości $C_{0,4/0,5}$ i grubości 25 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **95 cm**.

Przykład A6

Na podstawie poniżej przedstawionych danych projektowych zaprojektować konstrukcję nawierzchni.

A6-1. Dane projektowe

Przyjęto następujące dane projektowe:

- a) Droga klasy L,
- b) Kategoria ruchu - KR2,
- c) Odcinek km 0+000 do km 1+000,
- d) Pobocza nieutwardzone,
- e) Podbudowa zasadnicza - mieszanka związana spoiwem hydraulicznym,
- f) Rodzaj podłoża gruntowego nawierzchni, warunki wodne oraz przebieg niwelety wg tab. A6-1,
- g) W podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania,
- h) Lokalizacja odcinka drogi: rejon Nowego Sącza (głębokość przemarzania $h_z = 1,2$ m).

A6-2. Określenie warunków wodnych i grupy nośności podłoża

Na podstawie badań geotechnicznych określono: rodzaj gruntu podłoża nawierzchni i położenie zwierciadła wody gruntowej. Z projektu niwelety określono średnie wysokości nasypów i średnie głębokości wykopów na poszczególnych odcinkach.

Wstępnie przyjęto grubości konstrukcji nawierzchni (na potrzeby ustalenia odległości poziomego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) około 0,6 m.

Przyjęto, że nie jest możliwe skorygowanie przebiegu niwelety w związku z płytkim występowaniem ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni.

Założenie dotyczące wykonania nasypów:

Nasypy, łącznie z warstwą bezpośrednio pod spodem konstrukcji, będą wykonane z gruntów z wykopu - piasków gliniastych lub glin piaszczystych.

Tab. A6-1. Rodzaj podłoża, warunki wodne oraz przebieg niwelety

Lp.	Odcinek:	Rodzaj gruntu podłoża nawierzchni w strefie 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni [m]	Odległość zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu [m]	Średnia wysokość nasypu lub średnia głębokość wykopu [m]
1.	0+000 – 0+250	Gp	1,3	Nasyp, 1,1 m
2.	0+250 – 0+500	Pg	1,0	Nasyp, 0,4 m
3.	0+500 – 0+750	Pg	1,6	Wykop, 0,4 m
4.	0+750 – 1+000	Gp	2,9	Wykop, 1,9 m

Oznaczenia: Pg – piasek gliniasty, Gp – glina piaszczysta

Określenie warunków wodnych

Warunki wodne, określone wg tab. 7.1, przedstawiono w tab. A5-2. Do określenia warunków wodnych według tab. 7.1 *Katalogu* potrzebne są:

- charakterystyka korpusu drogowego (średnie głębokości wykopów i średnie wysokości nasypów na danym odcinku, wg tab. A6-1),
- odległość poziomego swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni H_{ZWG} obliczona w następujący sposób:

H_{ZWG} w nasypie = (odległość najwyższego poziomego swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) + (średnia wysokość nasypu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni)

H_{ZWG} w wykopie = (odległość najwyższego poziomego swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu) – (średnia głębokość wykopu) – (założona grubość konstrukcji nawierzchni)

Tab. A6-2. Określenie warunków wodnych

Lp.	Odcinek	Odległość swobodnego zwierciadła wody gruntowej od powierzchni terenu [m]	Charakterystyka korpusu drogowego, średnia wysokość nasypu lub głębokość wykopu [m]	Odległość poziomego swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni [m]	Warunki wodne
1.	0+000 – 0+250	1,3	Nasyp, 1,1 m	$1,3 + 1,1 - 0,6 =$ 1,8	przeciętne
2.	0+250 – 0+500	1,0	Nasyp, 0,4 m	$1,0 + 0,4 - 0,6 =$ 0,8	złe
3.	0+500 – 0+750	1,6	Wykop, 0,4 m	$1,6 - 0,4 - 0,6 =$ 0,6	złe
4.	0+750 – 1+000	2,9	Wykop, 1,9 m	$2,9 - 1,9 - 0,6 =$ 0,4	złe

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni przeprowadzono wg tab. 7.3 (na podstawie wskaźnika nośności CBR) i tab. 7.4

(w zależności od warunków gruntowo-wodnych), zgodnie z pkt. 7.15. Wyniki przedstawiono w tab. A6-3.

Na odcinku od km 0+000 do km 0+500 występuje nasyp. Nasyp ten będzie wykonany z gruntów pochodzących z wykopu – piasków gliniastych i glin piaszczystych.

Grunty piaszczysto-gliniaste (Pg i Gp) mają wskaźnik CBR wynoszący 6-8%, ale są wysadzinowe. W przypadku tych gruntów zdecydował warunek wysadzinowości i zostały one zakwalifikowane do najniższej grupy nośności podłoża - G4.

Tab. A6-3. Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża nawierzchni

Lp.	Odcinek	Rodzaj gruntu podłoża do 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni	Wskaźnik nośności CBR [%] gruntu podłoża	Grupa nośności podłoża wynikająca ze wskaźnika nośności CBR [%], wg tab. 7.3	Ocena wysadzinowości gruntu podłoża, wg tab. 7.2	Warunki wodne	wynikająca z warunków wodnych i wysadzinowości gruntu podłoża wg	Przyjęta grupa nośności podłoża
1.	0+000 – 0+250	Gp	8	G2	Bardzo wysadzinowy	przeciętne	G4	G4
2.	0+250 – 0+500	Pg	7	G2	Bardzo wysadzinowy	złe	G4	G4
3.	0+500 – 0+750	Pg	7	G2	Bardzo wysadzinowy	złe	G4	G4
4.	0+750 – 1+000	Gp	6	G2	Bardzo wysadzinowy	złe	G4	G4

A6-3. Przyjęcie dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża

Na całym projektowanym odcinku drogi o długości 1,0 km występuje grunt zakwalifikowany do grupy nośności podłoża G4.

Do wykonania dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża przyjęto Typ 11, zgodnie z tab. 8.4, w postaci:

- a) warstwy mrozoochronnej z gruntu stabilizowanego cementem, klasa C1,5/2,
- b) warstwy ulepszanego podłoża z gruntu niewysadzinowego o CBR \geq 20%.

Przyjęte dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwę ulepszanego podłoża przedstawiono w tab. A6-4.

Tab. A6-4. Przyjęte dolne warstwy konstrukcji nawierzchni oraz warstwa ulepszonego podłoża

Lp.	Odcinek	Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszonego podłoża grupa nośności podłoża	Warstwa mrozoochronna z gruntu stabilizowanego cementem, klasa C1,5/2 [cm]	Ulepszone podłoże z gruntu niewysadzinowego [cm]	Całkowita grubość dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża [cm]
1.	0+000 – 0+200	Typ 11, G4	20	25	45
2.	0+250 – 0+500	Typ 11, G4	20	25	45
3.	0+500 – 0+750	Typ 11, G4	20	25	45
4.	0+750 – 1+000	Typ 11, G4	20	25	45

A6-4. Warstwa odsączająca

Na odcinku od km 0+250 do km 1+000 konieczne jest (zgodnie pkt. 8.15) wykonanie warstwy odsączającej - ze uwagi na płytkie występowanie zwierciadła wody gruntowej ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni ($H_{ZWG} < 1,5$ m) oraz grunty wysadzinowe w podłożu.

Rolę warstwy odsączającej pełnić będzie warstwa mrozoochronna z gruntu niewysadzinowego o odpowiednio dobranym uziarnieniu (poniżej 6% cząstek mniejszych od 0,063 mm i współczynnika filtracji $k \geq 8$ m/dobę). Gruntem takim może być np. piasek średni, piasek gruby lub pospółka.

A6-5. Warstwa odcinająca

Ze względu na konieczność wykonania warstwy odsączającej bezpośrednio na podłożu gruntowym niestabilizowanym spoiwem niezbędne jest zastosowanie warstwy odcinającej na odcinku od km 0+250 do km 1+000. Na odcinku od km 0+000 do km 0+250, zgodnie z 8.26, wykonanie warstwy odcinającej jest zalecane, ale nie jest ona konieczna. Podjęto decyzję o wykonaniu warstwy odcinającej na całym odcinku. Jako warstwę odcinającą zastosowano geotkaninę.

A6-6. Przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

Wybrano typ IV nawierzchni (tab. 9.5), dla kategorii ruchu KR2 i przyjęto następujący układ warstw:

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (niedyblowana) o grubości 19 cm,
- b) warstwa poślizgowa: powierzchniowe utrwalenie,
- c) warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$ o grubości 18 cm.

Całkowita grubość górnych warstw konstrukcji nawierzchni wynosi **37 cm**.

A6-7. Sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę

Głębokość przemarzania w rejonie Nowego Sącza wynosi $h_z = 1,2$ m.

Wg tab. 10.1 minimalna wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża ze względu na wysadzinę H_{min} , dla kategorii ruchu KR2 i podłoża G4 wynosi:

$$H_{min} = 0,65 \times h_z = 78 \text{ cm.}$$

W tab. A6-5 przedstawiono porównanie grubości wymaganych z grubościami projektowanymi.

Tab. A6-5. Porównanie grubości projektowanych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża z grubością minimalną wymaganą ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom

Lp.	Odcinek	Minimalna wymagana grubość nawierzchni ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom H_{min} [cm]	Grubość górnych warstw nawierzchni [cm]	Grubość dolnych warstw nawierzchni i ulepszanego podłoża [cm]	Grubość całkowita nawierzchni i ulepszanego podłoża $H_{całk}$ [cm]	Spełnienie warunku $H_{całk} \geq H_{min}$
1.	0+000 – 0+200	78	37	45	82	Tak
2.	0+250 – 0+500	78	37	45	82	Tak
3.	0+500 – 0+750	78	37	45	82	Tak
4.	0+750 – 1+000	78	37	45	82	Tak

We wszystkich przypadkach grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża jest większa od wymaganej ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom.

A6-8. Porównanie założonej i zaprojektowanej grubości konstrukcji nawierzchni

Wstępnie założona w punkcie A6-2 grubość konstrukcji nawierzchni (na potrzeby ustalenia odległości poziomego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni) wynosi 60 cm. Projektowana grubość warstw przyjętej konstrukcji nawierzchni wynosi 57 cm (suma grubości warstw nad warstwą podłoża ulepszanego). Stwierdzona różnica grubości (3 cm) nie wpływa na kwalifikację warunków wodnych przedstawionych w tab. A6-2 i tym samym nie ma wpływu na przyjęcie grup nośności podłoża przedstawionych w tab. A6-3.

A6-8. Ostatecznie przyjęte konstrukcje nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Od km 0+000 do km 0+250 (podłoże G4):

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (niedyblowana) o grubości 19 cm,
- b) warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwalenie,
- c) warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$ o grubości 18 cm,
- d) warstwa mrozoochronna: grunt stabilizowany cementem $C_{1,5/2}$ o grubości 20 cm,
- e) warstwa ulepszonego podłoża: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ i grubości 25 cm,
- f) warstwa odcinająca: geotkanina.

Całkowita grubość warstw wynosi **82 cm**.

Od km 0+250 do km 1+000 (podłoże G4, wymagana warstwa odsączająca):

- a) warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego (niedyblowana) o grubości 19 cm,
- b) warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwalenie,
- c) warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$ o grubości 18 cm,
- d) warstwa mrozoochronna: grunt stabilizowany cementem $C_{1,5/2}$ o grubości 20 cm,
- e) warstwa ulepszonego podłoża: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ i grubości 25 cm; **warstwa pełni rolę warstwy odsączającej,**
- f) warstwa odcinająca: geotkanina.

Całkowita grubość warstw wynosi **82 cm**.

ZAŁĄCZNIK B. OBCIĄŻENIE NAWIERZCHNI, TEMPERATURA OBLICZENIOWA I STAŁE MATERIAŁOWE

B1. Obciążenie

Przyjęto obliczeniowe obciążenie osi pojedynczej równe 100 kN oraz 115 kN. Naprężenia i odkształcenia w konstrukcjach nawierzchni obliczono przy obciążeniu kołem pojedynczym o nacisku 50 kN i 57,5 kN, ciśnieniu kontaktowym 720 kPa i śladzie kołowym pojedynczym.

B2. Temperatura obliczeniowa

Na podstawie analiz danych temperaturowych powietrza w Polsce oraz własnych pomiarów w nawierzchniach betonowych, przyjęto różnicę temperatur pomiędzy powierzchnią górną i dolną płyty dla płyt o grubości 19 do 24 cm – 8^o C oraz dla płyt 25 do 32 cm 10^o C.

B3. Stałe materiałowe górnych warstw konstrukcji nawierzchni

B3.1. Beton cementowy

Wartości modułów dla betonu cementowego przy obciążeniu pojazdami przyjęto 35 000 MPa, wsp. Poissona 0,16. Dla przypadku oddziaływania termicznego moduł wynosi 26 000 MPa, wsp. Poissona 0,2.

B3.2. Mieszanki mineralno-asfaltowe

Wartości modułów sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych przyjęto 9800 MPa, wsp. Poissona 0,35.

B3.3. Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej

Przyjęte wartości stałych materiałowych warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej wynoszą: moduł sprężystości – 400 MPa; wsp. Poissona – 0,3.

B3.4. Podbudowa zasadnicza z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym

Dla C_{3/4} przyjęto moduł – 2000 MPa, wsp. Poissona 0,3.

Dla C_{8/10} przyjęto moduł – 3000 MPa, wsp. Poissona 0,3.

B3.5. Nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża

Obliczenia grubości górnych warstw konstrukcji nawierzchni wykonano przy założeniu, że dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszanego podłoża stanowią półprzestrzeń jednorodną. Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwę ulepszanego podłoża zaprojektowano tak, aby został osiągnięty (jeden z trzech) poziomów nośności na powierzchni tych warstw w zależności od kategorii ruchu. Przyjęte moduły sprężystości i współczynniki Poissona przedstawiono w tab. B1.

Tab. B1. Moduły sprężystości na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża oraz współczynniki Poissona

Lp.	Kategoria ruchu	Moduł sprężystości na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	KR5-KR7	120	0,35
2.	KR3-KR4	100	0,35
3.	KR1-KR2	80	0,35

B4. Warstwa mroзоochronna

Wartości stałych materiałowych warstwy mroзоochronnej przedstawiono w tab. B2.

Tab. B2. Zestawienie stałych materiałowych warstwy mroзоochronnej

Lp.	Rodzaj materiału	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C1,5/2	200	0,30
2.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym C1,5/2	200	0,30
3.	Grunt stabilizowany wapnem Rc1	200	0,30
4.	Mieszanka niezwiązana	200	0,30
5.	Grunt niewysadzinowy	200	0,30

B5. Warstwa ulepszonego podłoża

Wartości stałych materiałowych warstwy ulepszonego podłoża przedstawiono w tab. B3.

Tab. B3. Zestawienie stałych materiałowych warstwy ulepszonego podłoża

Lp.	Rodzaj materiału	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym C0,4/0,5	150	0,30
2.	Grunt stabilizowany wapnem Rc0,5	150	0,30
3.	Mieszanka niezwiązana wbudowana na podłożu gruntowym G2	120	0,30
4.	Grunt niewysadzinowy wbudowany na podłożu gruntowym G2	120	0,30
5.	Mieszanka niezwiązana wbudowana na podłożu gruntowym G3, G4	obliczono wg wzoru B1	0,30
6.	Grunt niewysadzinowy wbudowany na podłożu gruntowym G3, G4		

W przypadku wyznaczania modułu sprężystości warstwy ulepszonego podłoża wykonanej z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego ułożonych na podłożu gruntowym G3 i G4 uwzględniano nieliniowy charakter pracy warstwy. Nieliniowość uwzględniono stosując następujący wzór do wyznaczenia modułu sprężystości warstwy:

$$E_w = k \times E_0 \quad (B1)$$

gdzie:

E_w – moduł sprężystości warstwy ulepszonego podłoża [MPa],

E_0 – moduł sprężystości warstwy podłoża [MPa],

$k = 0,2 \times h^{0,45}$, k przyjmuje wartość w zakresie od 2 do 4,

h – grubość warstwy przyjęta do obliczeń [mm].

Uzyskana wartość modułu sprężystości dla takiego przypadku była zmienna w zależności od grubości warstwy, a także modułu występującego w podłożu gruntowym.

B5. Stałe materiałowe podłoża gruntowego nawierzchni

Wartości stałych materiałowych podłoża gruntowego przedstawiono w tab. B4.

Tab. B4. Zestawienie stałych materiałowych warstwy podłoża gruntowego

Lp.	Grupa nośności podłoża	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	G1	80	0,35
2.	G2	50	0,35
3.	G3	35	0,35
4.	G4	25	0,35