

Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych

01-2025.07.17

**Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu**

WR-D-61

Wersja: **01**

Obowiązuje od: **2025.07.17**

Rekomendował: **Minister Infrastruktury w dniu 17 lipca 2025 r. (DDP-4.0600.8.2023)**

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych, ale stanowią jeden ze zbiorów zasad wiedzy technicznej w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracowano w:

Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11

Opracował zespół w składzie:

prof. dr hab. inż. Józef Judycki – kierownik zespołu

dr inż. Piotr Jaskuła, dr inż. Marek Pszczoła, dr inż. Jacek Alenowicz, dr inż. Bohdan Dołżycki,

mgr inż. Mariusz Jaczewski, mgr inż. Dawid Ryś, mgr inż. Marcin Stienss

Niniejszy Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych został opracowany w 2012 r. na zlecenie Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad. Katalog został ogłoszony w formie załącznika do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.

W różnych wzorcach i standardach rekomendowanych przez Ministra Infrastruktury stosowane są odesłania do Katalogu.

Minister Infrastruktury udostępnia Katalog na podstawie licencji udzielonej przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad.

Niniejsza wersja Katalogu jest tożsama z wersją stanowiącą załącznik do ww. zarządzenia (tj. przed rekomendacją nie wprowadzono w niej żadnych zmian merytorycznych).

Zdjęcie na okładce: Kamila Kajaniec-Mackiewicz

Spis treści

Przedmowa

Symbole i skróty

1. Podstawowe zmiany w stosunku do „katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” z 1997 r.

2. Zakres stosowania katalogu i ograniczenia

3. Definicje

Ruch projektowy

Warunki gruntowo-wodne

Konstrukcja nawierzchni

Warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszanego podłoża

Minimalizacja spękań odbitych w nawierzchniach półsztywnych

Inne

4. Schemat i terminologia warstw konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych oraz warstwy ulepszanego podłoża

Warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszanego podłoża

Określenia warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża, ich funkcje i materiały używane do ich wykonania

Spód konstrukcji nawierzchni i poziom niwelety robót ziemnych

Warstwy górne i dolne konstrukcji nawierzchni

5. Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża gruntowego z użyciem Katalogu

6. Ruch projektowy

Wstęp

Dopuszczalne naciski osi przyjęte w Katalogu do projektowania nowych nawierzchni

Równoważna oś standardowa

Klasyfikacja ruchu

Okres projektowy

Ruch pojazdów ciężkich

Określenie liczby równoważnych osi standardowych

7. Określenie warunków gruntowo-wodnych

Wymagania ogólne

Warunki wodne

Warunki gruntowe

Ustalenie grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni na etapie projektowania

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego nawierzchni w czasie robót

8. Projektowanie warstwy ulepszanego podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni

Rola warstwy ulepszanego podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni

Układ warstw

Wymagana nośność

Warstwa ulepszanego podłoża

Warstwa mrozochronna

Podbudowa pomocnicza

Warstwa odsączająca

Warstwa odcinająca

Typowe rozwiązania

Wzmocnienie geosyntetykami

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

Postępowanie w przypadku gruntów organicznych w podłożu gruntowym

Kontrola w czasie robót

9. Projektowanie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

10. Sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadziny

11. Wymagania materiałowe i technologiczne

Wymagania ogólne

Warstwa ścieralna

Warstwa wiążąca

Podbudowa zasadnicza

Podbudowa pomocnicza

Warstwa mrozochronna

Warstwa ulepszanego podłoża

Warstwa odsączająca

Warstwa odcinająca

Minimalne i maksymalne grubości warstw

Minimalizacja spękań odbitych w nawierzchniach z zastosowaniem podbudów związanych spoiwem hydraulicznym

12. Indywidualne projektowanie nawierzchni

13. Przepisy i normy związane

Normy krajowe

Przepisy prawne

Instrukcje, wytyczne

Katalogi i metody projektowania polskie i zagraniczne

Załącznik A. Przykłady

Przykład A1

Przykład A2

Przykład A3

Przykład A4

Przykład A5

Przykład A6

Załącznik B. Obciążenie nawierzchni, temperatura ekwiwalentna i stałe materiałowe

B1. Obciążenie

B2. Temperatura ekwiwalentna

B3. Stałe materiałowe górnych warstw konstrukcji nawierzchni

B3.1. Mieszanki mineralno-asfaltowe

B3.2. Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej

- B3.3. Podbudowa zasadnicza z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym
- B3.4. Podbudowa zasadnicza z gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym
- B3.5. Podbudowa zasadnicza z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno
- B3.6. Nośność na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża
- B4. Stałe materiałowe dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, warstwy ulepszanego podłoża i podłoża gruntowego nawierzchni
- B4.1. Podbudowa pomocnicza
- B4.2. Warstwa mrozoochronna
- B4.3. Warstwa ulepszanego podłoża
- B5. Stałe materiałowe podłoża gruntowego nawierzchni

Spis rysunków

- Rys. 4.1. Schemat i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych oraz warstwy ulepszanego podłoża
- Rys. 4.2. Przekrój poprzeczny i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych oraz warstwy ulepszanego podłoża
- 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
- 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
- Rys. 10.1. Głębokość przemarzania gruntu h_z wg PN-81/B-03020

Spis tablic

- Tablica 6.1. Klasyfikacja ruchu projektowego
- Tablica 6.2. Kategorie ruchu dla parkingów
- Tablica 6.3. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów na równoważne osie standardowe 100 kN przy podziale pojazdów na kategorie C, C+P i A
- Tablica 6.4. Współczynniki obliczeniowego pasa ruchu f_1
- Tablica 6.5. Współczynniki szerokości pasa ruchu f_2
- Tablica 6.6. Współczynniki pochylenia niwelety f_3
- Tablica 7.1. Klasyfikacja warunków wodnych podłoża gruntowego nawierzchni
- Tablica 7.2. Podział gruntów pod względem wysadzinowości
- Tablica 7.3. Klasyfikacja grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni G_i
- Tablica 7.4. Grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni w zależności od wysadzinowości gruntu i warunków wodnych
- Tablica 8.1. Wymagania w zakresie nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu

Tablica 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.

Tablica 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.

Tablica 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.

Tablica 9.1. TYP A1 - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych z kruszywem. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C90/3

Tablica 9.2. TYP A2 - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych z kruszywem. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{50/30}

Tablica 9.3. TYP A3 - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{NR}

Tablica 9.4. TYP B - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC

Tablica 9.5. TYP C - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni półsztywnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka związana spoiwem hydraulicznym

Tablica 9.6. TYP D - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni półsztywnych. Podbudowa zasadnicza: grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym

Tablica 9.7. TYP E - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka wykonana w technologii recyklingu na zimno (mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna MCE lub mieszanka mineralna z asfaltem spienionym)

Tablica 10.1. Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na odporność na wysadzinę

Tablica 11.1. Zakres stosowania materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w zależności od kategorii ruchu

Tablica 11.2. Zakres stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych

Tablica 11.3. Zakres stosowania i wymagania dotyczące mieszanek niezwiązanych do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Tablica 11.4. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Tablica 11.5. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Tablica 11.6. Zakres stosowania i wymagania dotyczące gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych) do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Tablica 11.7. Zalecane odstępy pomiędzy szczelinami poprzecznymi w podbudowie z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym

Tablica A1-1. Prognozowany średni dobowy ruch pojazdów ciężkich w okresie 30 lat

Tablica A4-1. Wymagania materiałowe i technologiczne

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

Tablica A5-2. Określenie warunków wodnych

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

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

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

Tablica A5-6. Wymagania materiałowe i technologiczne

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

Tablica A6-2. Określenie warunków wodnych

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

Tablica A6-4. Przyjęte dolne warstwy konstrukcji nawierzchni oraz warstwa ulepszanego podłoża

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

Tablica A6-6. Wymagania materiałowe i technologiczne

Tablica B1. Moduły sztywności wybranych mieszanek mineralno-asfaltowych obliczone wg metody Shella

Tablica B2. Zestawienie stałych materiałowych dla podbudowy zasadniczej z mieszanek niezwiązanych

Tablica B3. Zestawienie stałych materiałowych dla podbudów zasadniczych z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym

Tablica B4. Moduły sprężystości na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża oraz współczynniki Poissona

Tablica B5. Zestawienie stałych materiałowych podbudowy pomocniczej

Tablica B6. Zestawienie stałych materiałowych warstwy mrozochronnej

Tablica B7. Zestawienie stałych materiałowych warstwy ulepszanego podłoża

Tablica B8. Zestawienie stałych materiałowych warstwy podłoża gruntowego

Przedmowa

Poprzedni „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” został wprowadzony do stosowania w 1997 r. Od tego czasu nastąpił duży postęp technologiczny w budowie dróg, wprowadzono nowe normy i wymagania techniczne dostosowane do normalizacji europejskiej. Zmienione zostały wymagania dotyczące materiałów drogowych. Do stosowania w nawierzchniach wprowadzono nowe materiały.

Nastąpił duży wzrost natężenia ruchu pojazdów oraz wzrost ich ciężarów i obciążeń osi. Wprowadzono nowe przepisy prawne w zakresie wymiarów i ciężarów pojazdów ciężarowych z uwzględnieniem Dyrektywy Unii Europejskiej. Zwiększony został dopuszczalny ciężar osi pojedynczych i wielokrotnych. Rozpoczęto ważenie pojazdów w ruchu na rosnącej liczbie stacji pomiarowych. Równolegle nastąpił rozwój metod projektowania i badań konstrukcji nawierzchni oraz materiałów drogowych.

Znacznie większą wagę przywiązuje się obecnie do zrównoważonego rozwoju, ochrony środowiska i zmniejszenia zużycia energii. Ze względów proekologicznych i ekonomicznych szczególnie preferowany jest recykling materiałów odzyskanych ze starych nawierzchni oraz maksymalne wykorzystanie materiałów miejscowych. Do grupy technologii preferowanych pod względem ekologicznym należą wszelkie metody wykorzystujące stabilizację gruntów rodzimych do warstwy ulepszanego podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni oraz stosowanie kruszyw lokalnych w mieszankach niezwiązanych i związanych spoiwami hydraulicznymi do podbudów zasadniczych. Stosowanie materiałów lokalnych związanych spoiwami hydraulicznymi, czyli nawierzchni półsztywnych, ogranicza zużycie kruszyw łamanych transportowanych niejednokrotnie z dużych odległości. Nastąpił postęp w zakresie przeciwdziałania spękanom odbitym, które są charakterystyczną cechą nawierzchni półsztywnych.

Autorzy starali się uwzględnić wszystkie te czynniki podczas opracowywania nowej wersji *Katalogu*. Nowy *Katalog* umożliwia projektantom wybór właściwej konstrukcji nawierzchni spośród wielu przedstawionych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych. Różni się od poprzednich katalogów między innymi tym, że zawiera różnorodne formy kształtowania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i ulepszanego podłoża. Oprócz podbudów zasadniczych z betonu asfaltowego są w nim podbudowy zasadnicze z mieszanek niezwiązanych z kruszyw pochodzących z kruszenia skał litych, opłacalne do stosowania w rejonach położonych blisko kamieniołomów. Są również podbudowy zasadnicze z mieszanek kruszyw lokalnych niezwiązanych i związanych spoiwami hydraulicznymi, opłacalne na terenach gdzie nie występują skały lite oraz podbudowy z wykorzystaniem technologii recyklingu na zimno.

Typowe konstrukcje nawierzchni podane w *Katalogu* zostały zaprojektowane w oparciu o nowe kryteria zmęczeniowe z metod mechanistyczno-empirycznych, które zostały opublikowane po wydaniu poprzedniego Katalogu z 1997 r. Podstawą obliczeń konstrukcji nawierzchni w Katalogu z 1997 r. były kryteria zmęczeniowe Instytutu Asfaltowego, które powstały ponad 30 lat temu. Okazało się w praktyce, że kryteria zmęczeniowe Instytutu Asfaltowego powodują zawyżenie grubości warstw asfaltowych, szczególnie w odniesieniu do ciężkiego ruchu, czego skutkiem było pewne przewymiarowanie konstrukcji nawierzchni. Obliczenia do nowego Katalogu zostały zweryfikowane poprzez porównanie ich wyników z typowymi konstrukcjami nawierzchni z Austrii, Francji i Niemiec oraz z metodą stosowaną w Wielkiej Brytanii. W ostatecznie przyjętych konstrukcjach nawierzchni uwzględniono także doświadczenia krajowe. Ponadto wzięto pod uwagę tolerancje wykonawcze obowiązujące w odniesieniu do warstw konstrukcji nawierzchni.

Katalog, po jego wprowadzeniu w życie, nie może hamować postępu technicznego w rozwoju materiałów drogowych, technologii i inżynierskich metod projektowania. Rozwiązania innowacyjne, nie zawarte w *Katalogu*, powinny być dopuszczone do stosowania w praktyce po właściwej ich ocenie technicznej. Konieczne będą także bieżące aktualizacje zapisów *Katalogu* w miarę rozwoju wiedzy i gromadzenia nowych doświadczeń. W związku z tym dopuszczone powinno być indywidualne projektowanie konstrukcji nawierzchni zwłaszcza dla dróg o bardzo dużym obciążeniu ruchem w celu optymalnego ich dostosowania do warunków miejscowych. Proces indywidualnego projektowania jest konieczny w przypadku zastosowania nowych, innowacyjnych materiałów drogowych.

Autorami niniejszej wersji *Katalogu* są pracownicy naukowcy Katedry Inżynierii Drogowej Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej.

Robocza wersja *Katalogu* została udostępniona wielu instytucjom w Polsce do zaopiniowania. Wpłynęło wiele uwag, za co autorzy *Katalogu* są bardzo wdzięczni i wyrażają podziękowania. Przedstawione uwagi zostały przeanalizowane i w dużej części uwzględnione w ostatecznej wersji.

Gdańsk, listopad 2012 r.

Symbole i skróty

W niniejszym dokumencie przyjęto następujące symbole i skróty:

A	autobusy;
AC	beton asfaltowy (ang. <i>Asphalt Concrete</i>);
BBTM	beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw (fr. <i>Béton Bitumineux Très Mince</i>);
C	samochody ciężarowe bez przyczep;
C+P	samochody ciężarowe z przyczepami;
CBR	kalifornijski wskaźnik nośności (ang. <i>California Bearing Ratio</i>);
$C_{i/j}$	zawartość ziaren przekruszonych lub łamanych i oraz całkowicie zaokrąglonych j (np. $C_{90/3}$);
C_{NR}	nie określa się wymagań zawartości ziaren przekruszonych 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. <i>Dynamic Cone Penetrometer</i>);
D_{15}	wymiar sита, przez które przechodzi 15% ziaren;
d_{85}	wymiar sита, przez które przechodzi 85% ziaren;
E_1	pierwotny moduł odkształcenia;
E_2	wtórny moduł odkształcenia;
FWD	urządzenie do pomiaru ugięć nawierzchni od obciążenia uderowego (ang. <i>Falling Weight Deflectometer</i>);
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_{10}	współczynnik filtracji;
KR_i	kategoria ruchu i , gdzie $i = \{1, 2, \dots, 7\}$;
LA_i	klasa odporności materiału na rozdrabnianie w bębnie Los Angeles;
MA	asfalt lany (ang. <i>Mastic Asphalt</i>);
MMA	mieszanka mineralno-asfaltowa;
n	n -ty rok eksploatacji konstrukcji nawierzchni;
N_{100}	sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy;
N_A	sumaryczna liczba autobusów (A) w całym okresie projektowym;
N_C	sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep (C) w całym okresie projektowym;
N_{C+P}	sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami (C+P) w całym okresie projektowym;
PA	asfalt porowaty (ang. <i>Porous Asphalt</i>);
PP	podbudowa pomocnicza;

r_A	współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 100 kN;
r_C	współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 100 kN;
R_c	klasa wytrzymałości na ściskanie gruntu stabilizowanego wapnem;
r_{C+P}	współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepami (C+P) na liczbę osi standardowych 100 kN;
SAMI	warstwa absorbująca naprężenia, przeciwdziałająca spękanom odbitym (ang. <i>Stress Absorbing Membrane Interlayer</i>);
SE	wskaźnik piaskowy;
SDR_i	średni dobowy ruch pojazdów ciężkich w roku, wyrażony liczbą pojazdów rzeczywistych, gdzie $i = \{C, C+P, A\}$;
SMA	mastyks grysowy (ang. <i>Stone Mastic Asphalt</i>);
SRRD	średnioroczny ruch dobowy w okresie projektowym wyrażony liczbą równoważnych osi standardowych;
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 mrozochronna;
WUP	warstwa ulepszanego podłoża.

1. Podstawowe zmiany w stosunku do „katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” z 1997 r.

- 1.1. Wprowadzono zmiany i uściślenia w terminologii konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych.
- 1.2. Wprowadzono 30-letni okres projektowy dla autostrad i dróg ekspresowych. Pozostawiono 20-letni okres projektowy dla pozostałych dróg. Klasyfikację ruchu oparto o sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych w okresie projektowym, a nie o średnioroczny ruch dobowy, jak w katalogu z 1997 r.
- 1.3. Wprowadzono nowe, uściśnione współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na równoważne osie standardowe, obliczone w oparciu o dane ze stacji ważenia pojazdów w ruchu.
- 1.4. Wprowadzono nową kategorię ruchu bardzo ciężkiego KR7 i nieznaczne zmiany w klasyfikacji kategorii ruchu KR1, KR5 i KR6.
- 1.5. Wprowadzono przyporządkowanie kategorii ruchu nawierzchniom położonym poza głównymi ciągami drogowymi: na parkingach, zatokach autobusowych, skrzyżowaniach, węzłach drogowych itp.
- 1.6. Wprowadzono współczynniki szerokości pasa ruchu i współczynniki pochylenia niwelety do obliczania ruchu projektowego.
- 1.7. Wprowadzono nieznaczne zmiany w klasyfikacji grup nośności podłoża gruntowego nawierzchni i uzupełniono ją o wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2 .
- 1.8. Wprowadzono wymóg kontroli nośności gruntu w czasie robót, po odsłonięciu podłoża gruntowego w wykopach lub po uformowaniu nasypów, w celu sprawdzenia założeń projektowych.
- 1.9. Przyjęto trzy poziomy wymaganej nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, pod podbudową zasadniczą w zależności od kategorii ruchu.
- 1.10. Usystematyzowano zasady stosowania warstw odsączającej i odcinającej.
- 1.11. 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.
- 1.12. Uwzględniono nowe materiały i technologie, takie jak: cienkie warstwy ścieralne, warstwy ścieralne z asfaltu porowatego, materiały z recyklingu i materiały antropogeniczne oraz materiały związane spoiwami drogowymi.
- 1.13. Uwzględniono nowe wymagania sformułowane zgodnie z Normami Europejskimi w odniesieniu do kruszyw, asfaltów, mieszanek mineralno-asfaltowych, mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych oraz gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi i wapnem.
- 1.14. *Katalog* w większym stopniu niż poprzednio umożliwia stosowanie materiałów z recyklingu i materiałów antropogenicznych.
- 1.15. Wprowadzono metody przeciwdziałania spękaniom odbitym w nowych nawierzchniach o podbudowach wykonanych z materiałów związanych spoiwami hydraulicznymi.
- 1.16. Konstrukcje typowe podane w nowym *Katalogu* określono w oparciu o obliczenia według metody mechanistyczno-empirycznej z zastosowaniem kilku nowych kryteriów zmęczeńowych i porównanie wyników obliczeń z konstrukcjami typowymi w krajach o podobnych warunkach klimatycznych. Wykorzystano także dotychczasowe doświadczenia krajowe.

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 jest przeznaczony do projektowania konstrukcji nawierzchni dróg i ulic o bardzo małym natężeniu ruchu, mniejszym od 30 000 osi standardowych 100 kN w okresie 20 lat eksploatacji (czyli mniejszym od średniorocznego dobowego ruchu wynoszącego 4 osie standardowe 100 kN w ciągu doby). Należą do nich niektóre drogi, ulice i place wewnątrzosiedlowe w miastach, niektóre drogi wiejskie, drogi serwisowe i dojazdowe. Nawierzchnie takie mogą być cieńsze od podanych w tym Katalogu i powinny być projektowane na podstawie innych przepisów.

2.4. *Katalog* obejmuje konstrukcje nawierzchni o warstwach ścieralnych asfaltowych, o podbudowach wykonanych z betonu asfaltowego, mieszanek w technologii recyklingu na zimno, mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi i gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi. Nie obejmuje nawierzchni o warstwach ścieralnych z płyt betonowych, kostki kamiennej i kostki betonowej. Nie obejmuje nawierzchni wykonanych z warstw asfaltowych ułożonych na podbudowach z płyt betonowych zbrojonych i niezbrojonych.

2.5. *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*.

2.6. *Katalog* nie jest przeznaczony do projektowania drogowych budowli ziemnych i ich posadowienia.

2.7. W przypadku gruntów skalistych zalecane jest indywidualne projektowanie dolnych warstw konstrukcji nawierzchni. Warstwy górne konstrukcji nawierzchni mogą być przyjęte z *Katalogu*.

2.8. *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*.

2.9. *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.

2.10. W przypadkach, gdy nawierzchnia poddawana jest obciążeniom długotrwałym, wolnozmiennym lub działaniu dużych sił poziomych, możliwe jest przyjęcie konstrukcji katalogowych przystosowanych do kategorii ruchu określonej według rozdziału 6, pod warunkiem zapewnienia zwiększonej odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na koleinowanie. Do takich sytuacji zaliczyć należy projektowanie: parkingów i placów postojowych pojazdów ciężkich, nawierzchni na dużych pochyleniach podłużnych dróg, nawierzchni na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, nawierzchni zatok autobusowych itp.

2.11. Zastosowanie w sposób prawidłowy *Katalogu* i ustalenie właściwych grubości warstw konstrukcji nawierzchni nie gwarantuje uniknięcia uszkodzeń nawierzchni takich jak: koleiny lepko-plastyczne, uszkodzenia powierzchniowe warstw asfaltowych powodowane przez wodę i mróz lub spękania niskotemperaturowe warstw asfaltowych itp. Uszkodzenia te nie zależą od grubości warstw nawierzchni, ale od właściwego doboru składu mieszanek mineralno-asfaltowych i prawidłowego wykonania warstw asfaltowych nawierzchni.

3. Definicje

Ruch projektowy

3.1. **Pojazd ciężki** – pojazd, którego masa całkowita przekracza 3,5 t.

3.2. **Równoważna oś standardowa** – zastępcza oś pojedyncza o kołach pojedynczych i nacisku 100 kN.

3.3. **Współczynnik przeliczeniowy pojazdów ciężkich** – współczynnik uwzględniający stopień oddziaływania pojazdów ciężkich na nawierzchnię, wyrażony liczbą równoważnych osi standardowych 100 kN przypadającą na jeden pojazd ciężki.

3.4. **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 kategorii pojazdu.

3.5. **Ruch projektowy** – sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN przypadająca na najbardziej obciążony pas ruchu w całym okresie projektowym.

3.6. **Kategoria ruchu** – jeden z przedziałów określających ruch projektowy od KR1 do KR7 w zależności od sumarycznej liczby osi równoważnych 100 kN w okresie projektowym.

3.7. **Średni dobowy ruch pojazdów ciężkich w roku (SDR_i)** – średnia liczba pojazdów ciężkich w ciągu doby w danym i-tym roku:

$$SDR_i = \frac{\text{suma pojazdów ciężkich w danym } i - \text{tym roku}}{365}$$

gdzie:

i = 1, 2 ... n.

3.8. **Średnioroczny ruch dobowy w okresie projektowym (SRRD)** – średnia liczba równoważnych osi standardowych w ciągu doby w całym okresie projektowym przypadająca na obliczeniowy pas ruchu, obliczana według wzoru:

$$SRRD = \frac{\text{ruch projektowy}}{365 \times T}$$

gdzie:

T - liczba lat w okresie projektowym.

Warunki gruntowo-wodne

3.9. **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.

3.10. **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.

3.11. **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

3.12. **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.

3.13. **Grubość konstrukcji nawierzchni** – suma grubości warstw ścieralnej, wiążącej, podbudowy zasadniczej, podbudowy pomocniczej i warstwy mrozochronnej. W skład grubości konstrukcji nawierzchni nie wchodzi warstwa ulepszanego podłoża.

3.14. **Konstrukcja nawierzchni podatnej** – konstrukcja nawierzchni, w której warstwy ścieralna i wiążąca wykonane są z mieszanek mineralno-asfaltowych, a żadna z warstw podbudowy zasadniczej nie jest wykonana z materiałów związanych spoiwami hydraulicznymi.

3.15. **Konstrukcja nawierzchni półsztywnej** – konstrukcja nawierzchni, w której warstwy ścieralna i wiążąca wykonane są z mieszanek mineralno-asfaltowych, a przynajmniej jedna z warstw podbudowy zasadniczej wykonana jest z materiałów związanych spoiwami hydraulicznymi.

3.16. **Trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni** – liczba równoważnych osi standardowych, jaką może przenieść konstrukcja nawierzchni do wystąpienia stanu krytycznego, określonego liczbą spękań zmęczeniowych lub głębokością kolein strukturalnych.

3.17. **Nośność konstrukcji nawierzchni** – zdolność konstrukcji nawierzchni do przejmowania obciążeń od ruchu drogowego, mierzona ugięciem nawierzchni pod obciążeniem standardowym.

Warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszanego podłoża

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

Minimalizacja spękań odbitych w nawierzchniach półsztywnych

3.19. **Spękania odbite** – spękania, najczęściej poprzeczne, powstające w warstwach nawierzchni wykonanych z mieszanek mineralno-asfaltowych wskutek przemieszczeń w obrębie pęknięć istniejących w niżej leżących warstwach nawierzchni.

3.20. **Warstwa przeciwspekaniowa** – warstwa, której zadaniem jest rozproszenie naprężeń powstałych w wyniku spękania warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym, a tym samym zminimalizowanie spękań odbitych.

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.

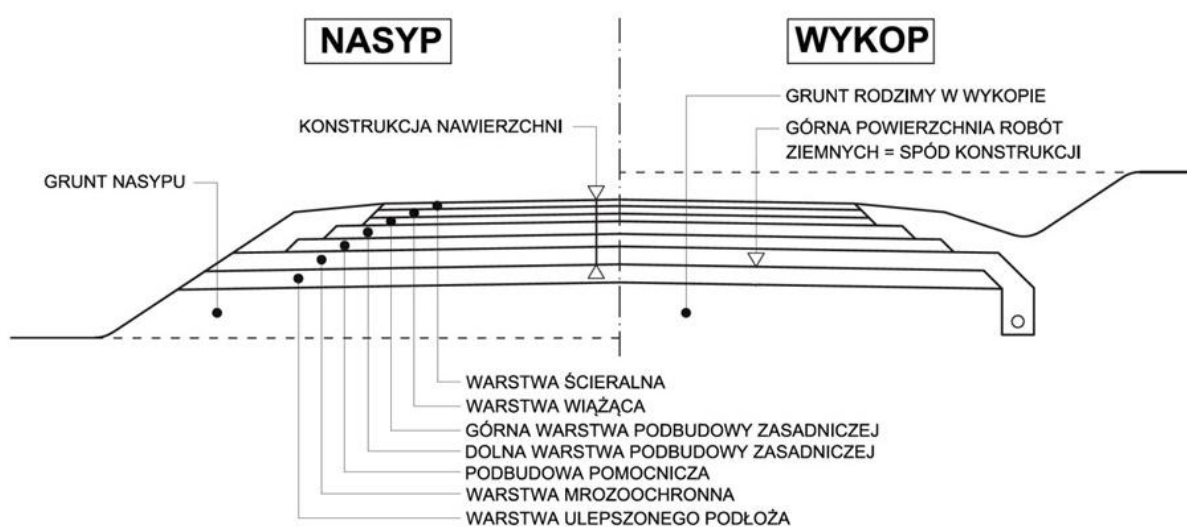
4. Schemat i terminologia warstw konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych oraz warstwy ulepszonego podłoża

4.1. Schemat i terminologię warstw konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych oraz podłoża gruntowego nawierzchni przedstawiają rysunki 4.1 i 4.2. Rysunki te mają charakter schematyczny. Szczegóły, takie jak: odsadzki poszczególnych warstw, elementy drenażu itp. powinny być przedmiotem oddzielnego projektowania. Na rysunkach 4.1 i 4.2 nie pokazano położenia 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 ulepszonego podłoża.

4.2. Nie wszystkie warstwy pokazane na rysunkach 4.1 i 4.2 muszą występować w konkretnym projekcie. Liczba i rodzaj warstw występujących w danej konstrukcji nawierzchni zależy od warunków gruntowo-wodnych, kategorii ruchu i materiałów użytych do warstw nawierzchni.

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa ścieralna	
		Warstwa wiążąca	
		Podbudowa zasadnicza	Górna warstwa podbudowy zasadniczej
			Dolna warstwa podbudowy zasadniczej
	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 podatnych i półsztywnych oraz warstwy ulepszonego podłoża



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

Warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszonego podłoża

4.3. W skład konstrukcji nawierzchni (rys. 4.1 i 4.2) wchodzi następujące warstwy:

- a) warstwa ścieralna,
- b) warstwa wiążąca,
- c) podbudowa zasadnicza, opcjonalnie jednowarstwowa albo dwuwarstwowa,
- d) podbudowa pomocnicza,
- e) warstwa mrozochronna.

4.4. Konstrukcja nawierzchni spoczywa na podłożu gruntowym nawierzchni. W razie potrzeby podłoże gruntowe nawierzchni może być wzmocnione przez wykonanie na jego górnej powierzchni warstwy ulepszonego podłoża. Warstwa ulepszonego podłoża pełni istotną rolę w pracy nawierzchni, ale formalnie zaliczana jest do robót ziemnych i nie jest wliczana w skład warstw konstrukcji nawierzchni.

4.5. Na rysunkach 4.1 i 4.2 nie pokazano warstwy odsączającej i odcinającej. W szczególnych przypadkach należy zaprojektować:

- a) warstwę odsączającą, której rolę może pełnić warstwa mrozochronna lub warstwa ulepszonego podłoża wykonana z odpowiedniego materiału,
- b) warstwę odcinającą, o ile zajdzie potrzeba oddzielenia spoiwego podłoża gruntowego od najniższej leżącej warstwy wykonanej z materiału ziarnistego.

Określenia warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża, ich funkcje i materiały używane do ich wykonania

4.6. **Warstwa ścieralna** – wierzchnia warstwa konstrukcji nawierzchni poddana bezpośredniemu oddziaływaniu ruchu i czynników atmosferycznych. W przypadku konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, podanych w niniejszym *Katalogu*, materiałami używanymi do wykonania warstwy ścieralnej są mieszanki mineralno-asfaltowe.

4.7. **Warstwa wiążąca** – warstwa znajdująca się pomiędzy warstwą ścieralną, a podbudową zasadniczą zapewniająca lepsze rozłożenie naprężeń od kół pojazdów i ich przekazywanie na podbudowę zasadniczą. Materiałami używanymi do wykonania warstwy wiążącej są mieszanki mineralno-asfaltowe.

4.8. **Podbudowa zasadnicza** – jedna warstwa lub dwie warstwy konstrukcji nawierzchni spełniająca(e) podstawową funkcję w rozłożeniu naprężeń od kół pojazdów. Podbudowa zasadnicza może być jednowarstwowa lub dwuwarstwowa. Materiałami do podbudowy zasadniczej mogą być:

- a) beton asfaltowy,
- b) mieszanki niezwiązane,
- c) mieszanki związane spoiwem hydraulicznym,
- d) grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym,
- e) mieszanki wykonane w technologii recyklingu na zimno (mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne, mieszanki mineralne z asfaltem spienionym)

o właściwościach odpowiednich do podbudowy zasadniczej.

4.9. **Podbudowa zasadnicza jednowarstwowa** występuje w następujących przypadkach:

- a) Typ A1 (tablica 9.1) dla kategorii ruchu KR1-KR2,
- b) Typ A2 (tablica 9.2) dla kategorii ruchu KR1-KR2,
- c) Typ A3 (tablica 9.3) dla kategorii ruchu KR1-KR2,
- d) Typ B (tablica 9.4) dla kategorii ruchu KR1-KR7,
- e) Typ C (tablica 9.5) dla kategorii ruchu KR1-KR2,
- f) Typ D (tablica 9.6) dla kategorii ruchu KR1-KR2,
- g) Typ E (tablica 9.7) dla kategorii ruchu KR1-KR3.

W wymienionych konstrukcjach jednowarstwową podbudowę zasadniczą stanowią: mieszanka niezwiązana (typy A1, A2, A3), beton asfaltowy (typ B), mieszanka związana spoiwem hydraulicznym (typ C), grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym (typ D) lub mieszanki wykonane w technologii recyklingu na zimno (typ E).

4.10. **Podbudowa zasadnicza dwuwarstwowa** występuje w następujących przypadkach:

- a) Typ A1 (tablica 9.1) dla kategorii ruchu KR3-KR7,
- b) Typ A2 (tablica 9.2) dla kategorii ruchu KR3-KR7,
- c) Typ C (tablica 9.5) dla kategorii ruchu KR3-KR7,
- d) Typ E (tablica 9.7) dla kategorii ruchu KR4.

W wymienionych konstrukcjach górną warstwę podbudowy zasadniczej stanowi beton asfaltowy, a dolną warstwę podbudowy zasadniczej stanowią mieszanka niezwiązana (typy A1, A2, A3), mieszanka związana spoiwem hydraulicznym (typ C) lub mieszanki wykonane w technologii recyklingu na zimno (typ E).

4.11. **Podbudowa pomocnicza** – warstwa tworząca platformę umożliwiającą prawidłowe wbudowanie podbudowy zasadniczej, a w czasie eksploatacji nawierzchni wspomagająca warstwy górne konstrukcji nawierzchni w rozłożeniu naprężeń od kół pojazdów oraz ochronę nawierzchni przed wysadzinami powodowanymi przez szkodliwe działanie mrozu. Materiałami używanymi do podbudowy pomocniczej mogą być:

- a) mieszanki niezwiązane,
- b) mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi,
- c) grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi, o właściwościach odpowiednich do podbudowy pomocniczej.

4.12. **Warstwa mrozochronna** – 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 mrozochronnej mogą być:

- a) mieszanki niezwiązane,
- b) mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi,
- c) grunty niewysadzinowe,
- d) grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi,
- e) grunty stabilizowane wapnem,

o właściwościach odpowiednich do warstwy mrozochronnej.

W przypadkach określonych w punktach 8.15 i 8.18 warstwa mrozochronna, wykonana z gruntu niewysadzinowego lub z mieszanki niezwiązanej, może pełnić funkcję warstwy odsączającej.

4.13. **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 (koleinami) 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:

- e) mieszanki niezwiązane,
- f) grunty rodzime w wykopie lub grunty w nasypie stabilizowane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem,
- g) grunty niewysadzinowe,

o właściwościach odpowiednich do warstwy ulepszanego podłoża.

W przypadkach określonych w punkcie 8.15 i 8.18 warstwa ulepszanego podłoża, wykonana z gruntu niewysadzinowego lub z mieszanki niezwiązanej, może pełnić funkcję warstwy odsączającej.

4.14. **Warstwa odsączająca** – warstwa zapewniająca odprowadzenie wody przedostającej się do spodu nawierzchni. Rolę warstwy odsączającej w przypadkach określonych w punkcie 8.15 może pełnić jedna z warstw: warstwa mrozochronna albo 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.

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

Spód konstrukcji nawierzchni i poziom niwelety robót ziemnych

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

4.17. 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.

Warstwy górne i dolne konstrukcji nawierzchni

4.18. Konstrukcja nawierzchni dzieli się na warstwy górne i na warstwy dolne. Podział ten ułatwia definiowanie warstw i ich funkcji oraz korzystanie z *Katalogu*.

4.19. Warstwy górne konstrukcji nawierzchni to: warstwa ścieralna, warstwa wiążąca i podbudowa zasadnicza. Mają one podstawowe znaczenie w przenoszeniu obciążeń od ruchu drogowego. Warstwy te dobierane są z tablic od 9.1 do 9.7 zawartych w *Katalogu*, w zależności od kategorii ruchu oraz od typu podbudowy zasadniczej.

4.20. 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 z tablic 8.2, 8.3 i 8.4 w zależności od grupy nośności podłoża gruntowego i od wymaganej nośności na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni.

5. Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża gruntowego z użyciem Katalogu

Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego 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. Przyjęcie długości okresu projektowego konstrukcji nawierzchni w zależności od klasy drogi.
- 5.3. Obliczenie ruchu projektowego i wyznaczenie kategorii ruchu.
- 5.4. Ustalenie warunków gruntowo-wodnych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni.
- 5.5. Wybór typowego rozwiązania warstwy ulepszonego podłoża oraz dolnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu oraz rodzaju materiałów przyjętych do poszczególnych warstw.
- 5.6. Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odsączającej i w razie takiej potrzeby nadanie tej funkcji warstwie mrozochronnej lub warstwie ulepszonego podłoża.
- 5.7. Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odcinającej i w razie takiej potrzeby zaprojektowanie tej warstwy.
- 5.8. Wybór typowego rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od projektowanego materiału podbudowy zasadniczej.
- 5.9. Sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę.
- 5.10. W przypadku niespełnienia warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę odpowiednie zwiększenie grubości warstwy mrozochronnej lub warstwy ulepszonego podłoża. Ponowne sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę.
- 5.11. Przyjęcie rozwiązania przeciwdziałającego spękanom odbitym w przypadku zastosowania nawierzchni półsztywnej.
- 5.12. Określenie podstawowych wymagań materiałowych dotyczących wykonania poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni.

6. Ruch projektowy

Wstęp

6.1. Metodę opisaną w niniejszym rozdziale należy stosować do obliczania ruchu projektowego wszystkich nawierzchni podatnych i półsztywnych na drogach publicznych. Ruch projektowy jest klasyfikowany poprzez określenie kategorii ruchu w zakresie od KR1 do KR7. Przedstawiony proces obliczania ruchu projektowego jest właściwy dla typowych warunków ruchu drogowego.

Dopuszczalne naciski osi przyjęte w Katalogu do projektowania nowych nawierzchni

6.2. Aby zapewnić stopniowe wdrażanie prawa unijnego dotyczącego dopuszczalnych nacisków osi i mas pojazdów w Polsce, w niniejszym *Katalogu* do projektowania nowych nawierzchni przyjęto następujące dopuszczalne naciski osi pojedynczych:

- a) nawierzchnie autostrad, dróg ekspresowych i dróg krajowych – 115 kN,
- b) nawierzchnie pozostałych dróg – 100 kN lub 115 kN.

Wybór dopuszczalnego nacisku osi należy przeprowadzić zgodnie z punktem 6.23.

Równoważna oś standardowa

6.3. Ruch rzeczywisty przeliczany jest na ruch projektowy wyrażony sumaryczną liczbą równoważnych osi standardowych.

6.4. Równoważną oś standardową 100 kN przyjęto dla wszystkich dróg, niezależnie od tego, jaki jest nacisk osi pojedynczej na danej drodze (115 kN, 100 kN lub 80 kN).

6.5. Zwiększenie maksymalnego dopuszczalnego nacisku osi na danej drodze spowoduje wzrost liczby pojazdów o większym naciskach osi na tej drodze. Fakt ten został uwzględniony przy opracowywaniu typowych konstrukcji nawierzchni w *Katalogu* poprzez odpowiedni dobór współczynników przeliczeniowych pojazdów ciężkich na równoważne osie standardowe.

Klasyfikacja ruchu

6.6. Klasyfikację ruchu projektowego ze względu na sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym N_{100} , wyrażoną w milionach, przedstawiono w tabelicy 6.1.

W razie potrzeby, średnioroczny ruch dobowy SRRD można obliczyć dzieląc sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym N_{100} przez iloczyn $365 \times T$, gdzie T jest długością okresu projektowego w latach.

Tablica 6.1. Klasyfikacja ruchu projektowego

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym [w milionach osi 100 kN na pas obliczeniowy]
KR1	$0,03 < N_{100} \leq 0,09$
KR2	$0,09 < N_{100} \leq 0,50$
KR3	$0,50 < N_{100} \leq 2,50$
KR4	$2,50 < N_{100} \leq 7,30$
KR5	$7,30 < N_{100} \leq 22,00$
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00$

6.7. Kategorię ruchu do projektowania konstrukcji nawierzchni na parkingach należy dobrać na podstawie tablicy 6.2. Kryterium wyboru kategorii ruchu stanowi przeznaczenie nawierzchni oraz jej obciążenie. Nawierzchnie te są poddane obciążeniom długotrwałym, w związku z czym należy zapewnić zwiększoną odporność mieszanek mineralno-asfaltowych na koleinowanie.

Tablica 6.2. Kategorie ruchu dla parkingów

Lp.	Przeznaczenie nawierzchni i jej obciążenie	Kategoria ruchu
1.	Parkingi i drogi manewrowe przeznaczone do ruchu pojazdów ciężarowych i autobusów	KR4 ¹⁾
2.	Parkingi i drogi manewrowe stale używane przez samochody osobowe ze sporadycznym parkowaniem pojazdów ciężarowych lub autobusów	KR2
3.	Parkingi i drogi manewrowe używane wyłącznie przez samochody osobowe	KR1
Uwaga: ¹⁾ W przypadku sporadycznego parkowania można przyjąć kategorię ruchu KR3		

6.8. Kategorię ruchu zatok autobusowych należy przyjąć:

- a) jak do projektowania nawierzchni jezdni przyległej w obszarach pozamiejskich,
- b) indywidualnie w miastach.

Nawierzchnie zatok autobusowych poddane są obciążeniom długotrwałym, w związku z czym należy zapewnić zwiększoną odporność mieszanek mineralno-asfaltowych na koleinowanie. Przy bardzo dużym ruchu autobusów zaleca się wykonanie nawierzchni zatok autobusowych z betonu cementowego, kostki betonowej lub kamiennej ułożonej na podbudowie o wysokiej nośności.

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

6.10. Wyznaczenie kategorii ruchu na łącznicach węzłów drogowych należy przeprowadzić w oparciu o prognozowany ruch 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 drogi głównej.

6.11. Kategorię ruchu i konstrukcję nawierzchni poboczy utwardzonych należy przyjąć tak samo jak dla jezdni.

6.12. Do projektowania pasów włączenia i wyłączenia występujących na skrzyżowaniach oraz węzłach drogowych należy przyjąć taką samą kategorię ruchu i konstrukcję nawierzchni jak dla pasów ruchu.

6.13. Do projektowania pasów awaryjnego postoju na autostradach i drogach ekspresowych należy przyjąć taką samą kategorię ruchu i konstrukcję nawierzchni jak dla pasów ruchu.

Okres projektowy

6.14. Okres projektowy jest to okres od oddania nawierzchni do użytkowania do osiągnięcia stanu krytycznego, wymagającego przebudowy nawierzchni. W okresie projektowym muszą być prowadzone roboty utrzymaniowe oraz mogą wystąpić remonty polegające na wymianie warstwy ścieralnej.

6.15. Okres projektowy wynosi:

- a) 30 lat w przypadku autostrad i dróg ekspresowych,
- b) 20 lat w przypadku pozostałych dróg.

6.16. Dopuszcza się stosowanie innych okresów projektowych, lecz nie krótszych niż podane w punkcie 6.15. Decyzję o wydłużeniu okresu projektowego podejmuje Zarządca Drogi.

Ruch pojazdów ciężkich

6.17. Pojazdy ciężkie dzieli się na trzy kategorie:

- a) C - samochody ciężarowe bez przyczep,
- b) C+P - samochody ciężarowe z przyczepami,
- c) A - autobusy.

6.18. W obliczeniach ruchu projektowego należy określić sumaryczny ruch pojazdów ciężkich w całym okresie projektowym, w każdej z trzech kategorii:

- a) N_C - sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep,
- b) N_{C+P} - sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami,
- c) N_A - sumaryczna liczba autobusów.

6.19. Sumaryczny ruch pojazdów ciężkich w danej kategorii określa się poprzez zsumowanie liczby pojazdów ciężkich w tej kategorii w kolejnych latach okresu projektowego. Natężenie ruchu pojazdów ciężkich ustala się na podstawie prognoz ruchu wykonanych w oparciu o odrębne przepisy.

Określenie liczby równoważnych osi standardowych

6.20. Ruch projektowy, czyli sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN przypadającą na pas obliczeniowy w całym okresie projektowym oblicza się według wzoru:

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

gdzie:

N_{100} – ruch projektowy, czyli sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy,

N_C – sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep (C) w całym okresie projektowym, wg punktu 6.19,

N_{C+P} – sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami (C+P) w całym okresie projektowym, wg punktu 6.19,

N_A – sumaryczna liczba autobusów (A) w całym okresie projektowym, wg punktu 6.19,

r_C – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 100 kN, wg tablicy 6.3,

r_{C+P} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepą (C+P) na liczbę osi standardowych 100 kN, wg tablicy 6.3,

r_A – współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 100 kN, wg tablicy 6.3,

f_1 – współczynnik obliczeniowego pasa ruchu, wg punktu 6.25 i tablicy 6.4,

f_2 – współczynnik szerokości pasa ruchu, wg punktu 6.26 i tablicy 6.5,

f_3 – współczynnik pochylenia niwelety, wg punktów 6.27-6.29 i tablicy 6.6.

Sumaryczna liczba pojazdów N_C , N_{C+P} , N_A podawana jest w całym okresie projektowym i może być określona dla jednego kierunku ruchu lub dla dwóch kierunków ruchu na danej drodze.

6.21. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich, wymienionych w punkcie 6.17, dobiera się według tablicy 6.3 w zależności od kategorii pojazdów, rodzaju drogi i dopuszczalnego nacisku osi pojedynczej przyjętego do projektowania nawierzchni. Współczynniki podane w tablicy 6.3 dla tej samej kategorii pojazdów różnią się w zależności od rodzaju drogi i od dopuszczalnego nacisku osi pojedynczej przyjętego do projektowania. Wynika to z faktu, że w danej kategorii pojazdów jest więcej pojazdów cięższych i o większych naciskach osi na drogach o większym znaczeniu komunikacyjnym.

6.22. Współczynniki przeliczeniowe przedstawione w tablicy 6.3 zostały opracowane na podstawie analizy danych ze stacji ważenia pojazdów w ruchu w latach 2009-2012. Wartości współczynników uwzględniają:

- zróżnicowanie pojazdów pod względem konfiguracji osi i ich obciążenia,
- oddziaływanie pojazdów na konstrukcję nawierzchni,
- możliwość wzrostu ciężarów pojazdów w przyszłości,
- zróżnicowane obciążenia pojazdów występujące na różnych drogach i przy różnym dopuszczalnym nacisku osi pojazdów.

Tablica 6.3. Współczynniki przeliczeniowe pojazdów na równoważne osie standardowe 100 kN przy podziale pojazdów na kategorie C, C+P i A

Lp.	Kategoria pojazdów	Przykładowe typy pojazdów	Rodzaj drogi			
			Autostrady i drogi ekspresowe	Drogi krajowe	Pozostałe drogi	
					Dopuszczalny nacisk osi pojedynczej przyjęte do projektowania nawierzchni	
					115 kN	115 kN
1.	Samochody ciężarowe bez przyczep C		0,50	0,50	0,45	0,45
2.	Samochody ciężarowe z przyczepami C+P		1,95	1,80	1,70	1,60
3.	Autobusy A		1,25	1,20	1,15	1,05

6.23. Przy ustalaniu współczynników przeliczeniowych pojazdów ciężkich na równoważne osie standardowe, podanych w tablicy 6.3, przyjęto, że:

- Wszystkie nowe nawierzchnie autostrad, dróg ekspresowych i dróg krajowych będą projektowane na dopuszczalny nacisk osi pojedynczej 115 kN.
- Nawierzchnie pozostałych dróg, poza wymienionymi w punkcie 6.23.a, będą projektowane w okresie przejściowym na dopuszczalny nacisk osi pojedynczej 100 kN lub 115 kN, a docelowo na 115 kN.
- Wybór dopuszczalnego nacisku osi na pozostałych drogach (100 kN lub 115 kN) powinien uwzględniać obciążenie drogi i powinien być dokonany przez odpowiedniego Zarządcę Drogi. W przypadku dróg klasy G i Z o ruchu projektowym poniżej 2,5 mln równoważnych osi standardowych dopuszcza się przyjęcie dopuszczalnego nacisku osi 100 kN. W przypadku dróg klasy L i D można przyjąć dopuszczalny nacisk osi 100 kN.
- Z powyższych względów w tablicy 6.3 podano jedną wartość współczynnika przeliczeniowego pojazdów ciężkich na równoważne osie standardowe przy projektowaniu autostrad, dróg ekspresowych i dróg krajowych, określonego dla dopuszczalnego nacisku osi 115 kN. Do projektowania pozostałych dróg podano opcjonalnie dwie wartości współczynnika przeliczeniowego, określone dla dopuszczalnego nacisku osi 115 kN lub 100 kN. Podane współczynniki obowiązują również wtedy, gdy na odcinku projektowanej drogi w okresie przejściowym odbywać się będzie ruch o dopuszczalnym nacisku osi 80 kN.

6.24. W wyniku zwiększenia liczby danych i pojawienia się kolejnych punktów ważenia pojazdów w ruchu, współczynniki przeliczeniowe podane w tablicy 6.3 mogą zostać zaktualizowane w przyszłości.

6.25. Obliczeniowy pas ruchu jest to pojedynczy, najbardziej obciążony przez pojazdy ciężkie pas ruchu projektowanej jezdni. W tablicy 6.4 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 N_C , N_{C+P} i N_A . Współczynnik f_1 oznacza udział pojazdów ciężkich na pasie obliczeniowym. Dopuszcza się przyjęcie współczynnika f_1 większego niż podano w tablicy 6.4, jeżeli analiza ruchu wykaże większy udział pojazdów ciężkich na pasie obliczeniowym.

Tablica 6.4. Współczynniki obliczeniowego pasa ruchu f_1

Lp.	Liczba pasów ruchu w dwóch kierunkach ruchu lub w jednym kierunku ruchu	Współczynnik f_1	
		N_C , N_{C+P} i N_A określone w dwóch kierunkach ruchu	N_C , N_{C+P} i N_A określone w jednym kierunku ruchu
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

6.26. 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 z tablicą 6.5.

Tablica 6.5. Współczynniki szerokości pasa ruchu f_2

Lp.	Szerokość pasa ruchu (s)	Współczynnik
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

6.27. 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.

6.28. 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 tablicy 6.6 współczynnik pochylenia niwelety f_3 .

Tablica 6.6. Współczynniki pochylenia niwelety f_3

Lp.	Pochylenie niwelety drogi (i)	Współczynnik f_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

6.29. Dopuszcza się odstępstwo od zasady podanej w punkcie 6.28 i przyjęcie na długim, pojedynczym odcinku drogi o dużym pochyleniu podłużnym konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu zwiększonej o jeden stopień.

7. Określenie warunków gruntowo-wodnych

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:

- a) warunki wodne do głębokości 2 m od zakładanego spodu konstrukcji nawierzchni,
- b) 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 ulepszanego 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:

- a) warunki wodne dobre,
- b) warunki wodne przeciętne,
- c) 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 tablicy 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. Definicję spodu konstrukcji nawierzchni podano w punkcie 4.16.

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 tablicy 7.1.

Tablica 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.	Wykopy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne	przeciętne
		b	złe	przeciętne	dobrze
2.	Nasypy ≤ 1 m	a	złe	przeciętne	przeciętne
		b	przeciętne	przeciętne	dobrze
3.	Wykopy > 1 m	a	złe	przeciętne	przeciętne
		b	złe	przeciętne	dobrze
4.	Nasypy > 1 m	a	złe	przeciętne	dobrze
		b	przeciętne	dobrze	dobrze

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 tablicy 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 tablicy 7.2. W tablicy 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 podłoża gruntowe nawierzchni mają stanowić grunty (materiały) antropogeniczne, niewymienione w podstawowej klasyfikacji gruntów, należy ocenić je indywidualnie pod względem wysadzinowości.

Tablica 7.2. Podział gruntów pod względem wysadzinowości

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Grupy gruntów		
		Niewysadzinowe	Wątpliwe	Wysadzinowe
1.	Rodzaj gruntu wg PN- B- 02480 ¹⁾	- Rumosz niegliniasty (KR) - Żwir (Ż) - Pospółka (Po) - Piasek gruby (Pr) - Piasek średni (Ps) - Piasek drobny (Pd) - Żużel nierozpadowy	- Piasek pylasty (Pπ) - Zwietrzelnina gliniasta (KWg) - Rumosz gliniasty (KRg) - Żwir gliniasty (Żg) - Pospółka gliniasta (Pog)	<u>Grunty mało wysadzinowe:</u> - Gлина piaszczysta zwięzła (Gpz) - Gлина zwięzła (Gz) - Іł (І) - Іł piaszczysty (Іp) - Іł pylasty (Іπ) <u>Grunty bardzo wysadzinowe</u> - Piasek gliniasty (Pg) - Pył piaszczysty (πp) - Pył (π) - Gлина piaszczysta (Gp) - Gлина (G) - Gлина pylasta (Gπ) - Іł 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:

- według wartości wskaźnika nośności CBR,
- 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 tablicy 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.

Tablica 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.	G1	CBR ≥ 10	E ₂ ≥ 80
2.	G2	5 ≤ CBR < 10	50 ≤ E ₂ < 80
3.	G3	3 ≤ CBR < 5	35 ≤ E ₂ < 50
4.	G4	2 ≤ CBR < 3	25 ≤ E ₂ < 35

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

7.17. Wartości wtórnego modułu odkształcenia E₂, podane w tablicy 7.3 są wykorzystywane w czasie kontroli robót do weryfikacji założeń projektowych, zgodnie z punktami 7.23-7.27.

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

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

Lp.	Rodzaj gruntu podłoża nawierzchni wg tablicy 7.2	Grupa nośności podłoża gruntowego nawierzchni, gdy warunki wodne są:		
		dobrze	przeciętne	złe
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 twardoplastycznym ($I_L \leq 0,25$ lub $I_c \geq 0,75$ wg PN-EN ISO 14688- 2:2006/Ap2:2012 tablica 6); grunty wysadzinowe w stanie plastycznym, miękkoplastycznym lub bardzo miękkoplastycznym wykazują wartość wskaźnika CBR < 2% i wymagają indywidualnego projektowania.

7.19. Grunty wysadzinowe w stanie miękkoplastycznym 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 ujednolicenia 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 ujednolicenia 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 tablicy 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 tablicy 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:

- a) użycie sondy dynamicznej stożkowej DCP w celu pośredniego wyznaczenia wartości wskaźnika CBR,
- b) badanie lekką płytą dynamiczną do pośredniego wyznaczenia wartości wtórnego modułu odkształcenia E_2 ,
- c) 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 ulepszonego podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni

8.1. Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni (warstwa mrozoochronna i warstwa podbudowy pomocniczej) oraz warstwa ulepszonego 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.

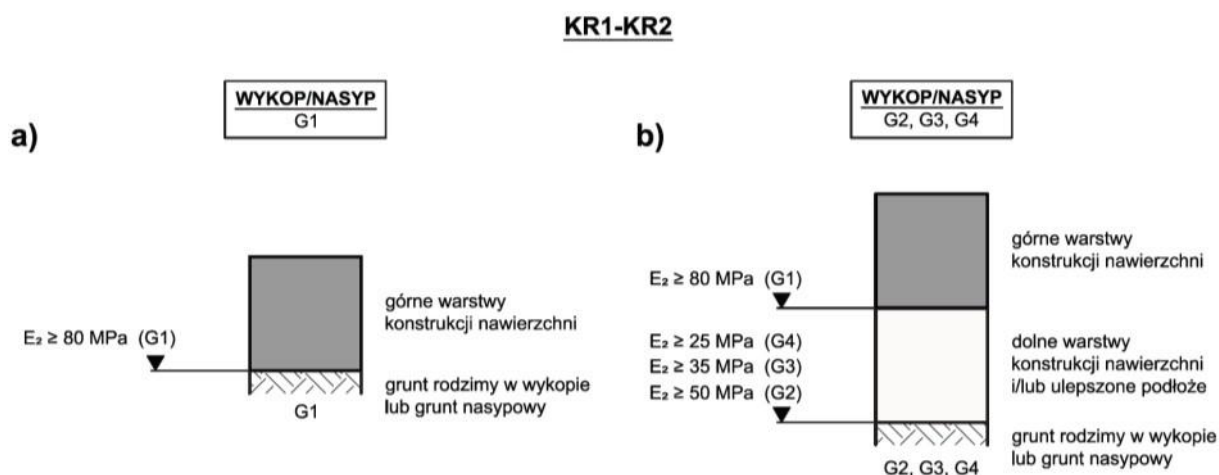
8.2. Rolą warstwy ulepszonego podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni jest:

- 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.
- 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 ulepszonego podłoża oraz przez dolne warstwy konstrukcji nawierzchni zależy od prawidłowego zaprojektowania i wykonania robót ziemnych oraz związanych z nimi elementów odwodnienia wgłębego i powierzchniowego.

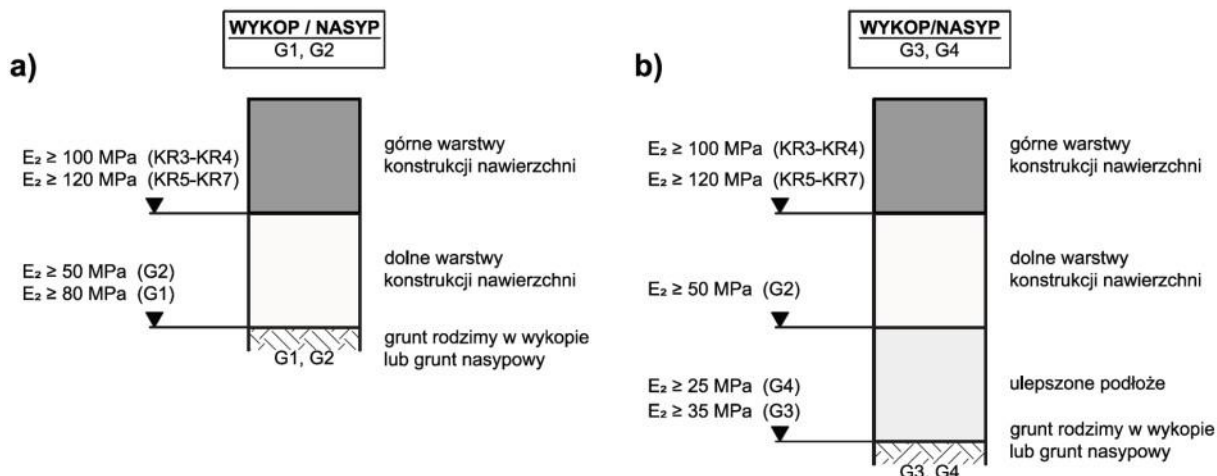
Układ warstw

8.4. Schematy układu warstw konstrukcji nawierzchni przedstawiono na rysunkach 8.1 i 8.2. Zadaniem Projektanta jest określenie potrzeby zastosowania poszczególnych warstw w istniejących warunkach lokalnych i przyjęcie odpowiedniego typowego rozwiązania spośród przedstawionych w tablicach 8.2, 8.3 oraz 8.4, zapewniającego osiągnięcie wymaganej nośności.



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 tablicą 8.1.

Tablica 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.	KR1-KR2	$E_2 \geq 80 \text{ MPa}$
2.	KR3-KR4	$E_2 \geq 100 \text{ MPa}$
3.	KR5-KR7	$E_2 \geq 120 \text{ MPa}$

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 $E_2 = 50 \text{ MPa}$ to należy wykonać warstwę ulepszonego podłoża. W przypadku kategorii ruchu KR3-KR4 dolne warstwy konstrukcji nawierzchni mają za zadanie zapewnić osiągnięcie nośności $E_2 \geq 100 \text{ MPa}$, a w przypadku kategorii ruchu KR5-KR7 nośności $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$.

8.7. W przypadku kategorii ruchu KR1 lub KR2 warstwa ulepszonego podłoża oraz dolne warstwy konstrukcji nawierzchni, zaprojektowane łącznie, powinny zapewniać uzyskanie nośności $E_2 \geq 80 \text{ MPa}$.

Warstwa ulepszonego podłoża

8.8. Do wykonania warstwy ulepszonego podłoża należy stosować materiały wymienione w punktach od 11.32 do 11.36.

8.9. Warstwa ulepszonego podłoża powinna być wykonana na całej szerokości korpusu ziemnego, zgodnie z rysunkiem 4.2.

8.10. Jeżeli warstwa ulepszonego 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 materiały wymienione w punktach od 11.26 do 11.31.

8.12. Warstwa mrozochronna powinna być wykonana na całej szerokości korpusu ziemnego, zgodnie z rysunkiem 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 materiały wymienione w punktach od 11.21 do 11.25.

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 ulepszonego podłoża, wykonana z materiału ziarnistego (mieszanki niezwiązanego lub z gruntu niewysadzinowego) o odpowiednim uziarnieniu i współczynniku filtracji $k_{10} \geq 8$ m/dobę oraz o innych właściwościach podanych w punktach 11.37 i 11.38 i w tablicach 11.3 i 11.6.

8.19. Jeżeli grubość warstwy mrozochronnej lub warstwy ulepszonego podłoża, która ma pełnić funkcję warstwy odsączającej, podana w rozwiązaniach typowych w tablicach 8.2-8.4, 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 mrozochronnej lub warstwy ulepszonego 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 mrozochronnej lub warstwy ulepszonego podłoża podana w tablicach 8.2-8.4 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 ulepszonego podłoża musi występować warstwa mrozochronna lub warstwa ulepszonego podłoża wykonana z materiału ziarnistego (mieszanki niezwiązanego lub gruntu niewysadzinowego). W takim przypadku nie dopuszcza się stosowania typów 7 oraz 10 dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża, przedstawionych odpowiednio w tablicach 8.3 i 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 (mieszanek 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 wysadzinę 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 geotekstylia (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 11.40.

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:

- a) W przypadku kategorii ruchu KR5-KR7 pod warstwą ulepszanego podłoża lub warstwą mrozochronną musi być wykonana warstwa odcinająca z geotekstyliów.
- b) 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 tablicach 8.2, 8.3 i 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 sита przez które przechodzi 15% ziaren materiału warstwy ułożonej bezpośrednio na podłożu,

d_{85} – wymiar sита 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 w tablicy 8.2 ($E_2 \geq 120$ MPa), w tablicy 8.3 ($E_2 \geq 100$ MPa) i w tablicy 8.4 ($E_2 \geq 80$ MPa). W każdej kolumnie tablic podano jeden typ konstrukcji. Ze względu na ujednolicenie technologii robót na projektowanym odcinku drogi zaleca się przyjęcie jednego typu konstrukcji, który będzie obowiązywał w odniesieniu do wszystkich grup nośności podłoża.

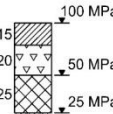
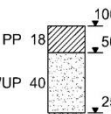
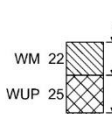
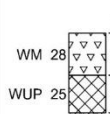
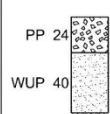
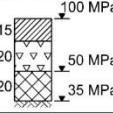
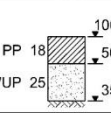
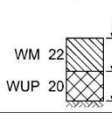
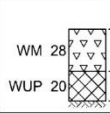
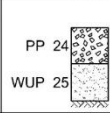
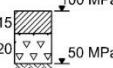
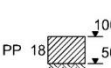
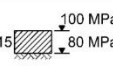
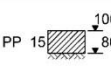
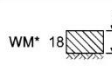
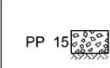
8.31. Typ 1 oraz typ 5 dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża, przedstawione odpowiednio w tablicach 8.2 i 8.3, mają identyczny układ oraz grubości warstw, pomimo że są projektowane dla nośności 120 MPa (typ 1) i 100 MPa (typ 5). Powodem tego jest:

- zastosowanie w każdym z przypadków materiałów o innych właściwościach, podanych w rozdziale 11,
- przyjęcie minimalnych grubości warstw ze względów technologicznych.

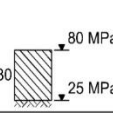
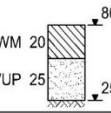
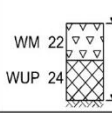
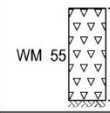
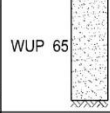
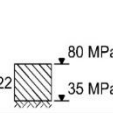
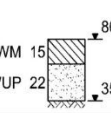
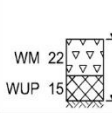
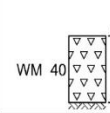
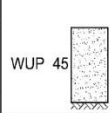
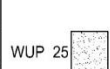
Tablica 8.2. Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża w przypadku kategorii ruchu KR5, KR6 i KR7 ($E_2 \geq 120$ MPa). Grubości warstw podano w cm.

		TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4	LEGENDA:
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4	 PP 15 WM 20 WUP 25	 PP 20 WUP 40	 PP 17 WM 25 WUP 25	 PP 35 WUP 40	
	G3	 PP 15 WM 20 WUP 20	 PP 20 WUP 25	 PP 17 WM 25 WUP 20	 PP 35 WUP 25	WUP* W przypadku typów 2 i 4 dla grupy nośności G2 WUP celowo przyjęta nad warstwą o nośności 50 MPa ze względu na ujednolicenie technologii z konstrukcjami podanymi w przypadku G3 i G4
	G2	 PP 15 WM 20	 PP 17 WUP* 20	 PP 17 WM 25	 PP 25 WUP* 20	UWAGA: 1) Wymagania materiałowe według rozdziału 7 2) Zasady wykonania warstw według rozdziału 9 3) Grubości warstw "h" podano w [cm]
	G1	 PP 15	 PP 15	 PP 17	 PP 17	
			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 $k_{\text{d}} \geq 8$ m/dobę; warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem; warstwa ulepszanego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa ulepszanego podłoża pełni funkcję warstwy odsączającej o $k_{\text{d}} \geq 8$ m/dobę;			

Tablica 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 (nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odsączająca)	TYP 8	TYP 9	LEGENDA:
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4						PP - podbudowa pomocnicza WM - warstwa mrozoochronna WUP - warstwa ulepszonego podłoża — - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2 WM* Warstwa mrozoochronna 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. UWAGA: 1) Wymagania materiałowe według rozdziału 7 2) Zasady wykonania warstw według rozdziału 9 3) Grubości warstw "h" podano w [cm]
	G3						
	G2						
	G1						
		 podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym;  podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej o CBR $\geq 60\%$;  warstwa mrozoochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 35\%$; o ile to konieczne warstwa mrozoochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k_{10} \geq 8$ m/dobę;  warstwa mrozoochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym;  warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem; warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa mrozoochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k_{10} \geq 8$ m/dobę;					

Tablica 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.

		TYP 10 (nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odsączająca)	TYP 11	TYP 12	TYP 13	TYP 14	LEGENDA:
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4						PP - podbudowa pomocnicza WM - warstwa mrozoochronna WUP - warstwa ulepszonego podłoża ↕ - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2 UWAGA: 1) Wymagania materiałowe według rozdziału 7 2) Zasady wykonania warstw według rozdziału 9 3) Grubości warstw "h" podano w [cm]
	G3						
	G2						
	G1	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	
			 warstwa mrozoochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;  warstwa mrozoochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 25\%$; o ile to konieczne warstwa mrozoochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k_{10} \geq 8$ m/dobę;  warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem;  warstwa ulepszonego podłoża z mieszanki niezwiązanej lub z gruntu niewysadzinowego (naturalnego lub antropogenicznego) o CBR $\geq 20\%$; o ile to konieczne warstwa mrozoochronna pełni funkcję warstwy odsączającej o $k_{10} \geq 8$ m/dobę;				

Wzmocnienie geosyntetykami

8.32. Duże grubości warstw podbudowy pomocniczej, warstwy mrozochronnej 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 tablic 8.2, 8.3 i 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:

- a) wymianę gruntu podłoża na grunt (materiał) niewysadzinowy o większej nośności,
- b) stabilizację gruntu podłoża spoiwem hydraulicznym lub wapnem,
- c) wzmocnienie podłoża poprzez ułożenie warstwy z mieszanki niezwiązanej zbrojonej warstwą lub warstwami geosyntetyków,
- d) 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 wgłębne lub powierzchniowe z zastosowaniem geomateracy, w odniesieniu do mechaniki pracy konstrukcji nawierzchni, jest skuteczność w przeciwdziałaniu nierównomiernym osiadanom 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 ulepszanego podłoża muszą spełniać minimalne wymagania materiałowe określone w rozdziale 11.

8.41. W przypadku warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża wykonanych z mieszanki niezwiązanej, z gruntu niewysadzinowego naturalnego lub antropogenicznego, należy określić wartość wtórnego modułu odkształcenia E_2 na poziomach wskazanych w tablicach 8.2, 8.3 oraz 8.4 i sprawdzić, czy uzyskano podane w tablicach 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 ulepszanego podłoża związanych cementem lub szybkowiążącym spoiwem drogowym akceptacja warstw dolnych konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża pod względem nośności odbywa się na podstawie wyników badań, potwierdzających spełnienie wymagań materiałowych określonych w rozdziale 11. 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 ulepszanego podłoża związanych spoiwami wolnowiążącymi (wapno, żużle i niektóre spoiwa drogowe) akceptacja warstw dolnych i warstwy ulepszanego podłoża pod względem nośności odbywa się na podstawie indywidualnego programu badań potwierdzającego spełnienie wymagań materiałowych określonych w rozdziale 11. 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. Projektowanie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

9.1. Warstwy górne konstrukcji nawierzchni pełnią istotną rolę w zapewnieniu wymagań funkcjonalnych i wytrzymałościowych. W skład górnych warstw nawierzchni wchodzi:

- a) warstwa ścieralna wykonana z mieszanki mineralno-asfaltowej, zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punkcie 11.12,
- b) warstwa wiążąca wykonana z betonu asfaltowego, zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punkcie 11.13,
- c) podbudowa zasadnicza wykonana z:
 - betonu asfaltowego (zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punkcie 11.15),
 - mieszanki niezwiązanej (zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punktach 11.17 i 11.20),
 - mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym (zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punktach 11.18 i 11.20),
 - gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym do nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR2 (zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punktach 11.19 i 11.20),
 - mieszanki wykonane w technologii recyklingu na zimno (mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne, mieszanki mineralne z asfaltem spienionym) do nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR4 (zgodnie z wymaganiami materiałowymi podanymi w punktach 11.16).

9.2. Podbudowa zasadnicza może być jednowarstwowa albo dwuwarstwowa.

9.3. Górne warstwy nawierzchni mogą być wykonane jako:

- a) podatne z podbudową zasadniczą asfaltową i/lub wykonaną z mieszanki niezwiązanej oraz z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno,
- b) półsztywne z podbudową zasadniczą, której jedną warstwę stanowi materiał związany spoiwem hydraulicznym (mieszanka związana spoiwem hydraulicznym lub grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym).

9.4. Grubości warstw podane w *Katalogu* dotyczą materiałów określonych w rozdziale 11. Zastosowanie innych materiałów wymaga przeprowadzenia badań i obserwacji na odcinkach doświadczalnych oraz projektowania indywidualnego i akceptacji przez Zarządcę Drogi.

9.5. Typowe rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni przedstawiono w tablicach 9.1-9.7 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.

9.6. Tablice 9.1-9.7 *Katalogu* jako typową warstwę ścieralną podają warstwę z betonu asfaltowego (AC) lub z mastyksu grysowego (SMA) o grubości 4 cm. Warstwę ścieralną można wykonać także z asfaltu porowatego (PA) lub w postaci cienkiej warstwy ścieralnej z mieszanki BBTM, albo z innej warstwy asfaltowej według technologii dopuszczonej w Wymaganiach Krajowych.

9.7. Można przyjąć inną grubość warstwy ścieralnej niż podana w *Katalogu*, przy zastosowaniu zasad określonych w Wymaganiach Krajowych. Jeżeli przyjęta grubość warstwy ścieralnej będzie mniejsza od wartości podanej w *Katalogu* to należy odpowiednio pogrubić warstwę wiążącą. Jeżeli przyjęta grubość warstwy ścieralnej będzie większa od wartości podanej w *Katalogu* to należy odpowiednio zmniejszyć grubość warstwy wiążącej. Suma przyjętych grubości warstw ścieralnej i wiążącej powinna być nie mniejsza niż suma grubości katalogowych.

9.8. W przypadku stosowania asfaltu porowatego do warstwy ścieralnej (w technologii jednowarstwowej lub dwuwarstwowej) należy zwiększyć grubość warstwy wiążącej lub warstwy podbudowy asfaltowej podane w tablicach 9.1-9.7 o wartość wynoszącą połowę grubości warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego (wbudowanego w technologii jednowarstwowej lub

dwuwarstwowej). Jeżeli na przykład grubość warstwy ścieralnej z asfaltu porowatego (jedno lub dwuwarstwowego) wynosi 4 cm to należy zwiększyć grubość warstwy wiążącej lub podbudowy asfaltowej o $4/2 = 2$ cm.

9.9. W przypadku warstw asfaltowych zakłada się pełne połączenie warstw, bez którego nie zostaną osiągnięte trwałości przewidziane dla konstrukcji nawierzchni podanych w *Katalogu*. Do czasu opracowania szczegółowej instrukcji należy uznać, że pełna szczepność jest zapewniona, gdy wytrzymałość na ścinanie oznaczona w aparacie Leutnera w temperaturze +20°C przy obciążeniu z prędkością 50 mm/min, wynosi nie mniej niż:

- a) 1,0 MPa dla połączeń warstwa ścieralna–warstwa wiążąca, gdy projektowana warstwa ścieralna ma grubość nie mniejszą niż 4,0 cm,
- b) 1,3 MPa dla połączeń warstwa ścieralna–warstwa wiążąca, gdy projektowana warstwa ścieralna w technologii cienkich warstw ma grubość 3,5 cm lub mniej,
- c) 0,7 MPa dla połączeń warstwa wiążąca–podbudowa asfaltowa,
- d) 0,6 MPa dla połączenia podbudowa asfaltowa–podbudowa asfaltowa, jeśli jest układana w dwóch warstwach.

9.10. Podbudowy zasadnicze z mieszanek niezwiązanych mogą być wykonane z użyciem kruszyw grubych o różnej zawartości ziaren o powierzchni przekruszonej lub łamanej oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych. Wariantowe rozwiązania konstrukcji typu A podano w tablicach:

- a) Tablica 9.1 – typ A1, mieszanka z kruszywem C_{90/3},
- b) Tablica 9.2 – typ A2, mieszanka z kruszywem C_{50/30},
- c) Tablica 9.3 – typ A3, mieszanka z kruszywem C_{NR}.

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. Pomiędzy tymi warstwami musi być zapewniona pełna szczepność.

9.12. Podbudowy zasadnicze z mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym i z gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym oraz z mieszanek wykonanych w technologii recyklingu na zimno muszą być układane w jednej warstwie.

9.13. Technologia wykonania warstw związanych spoiwami hydraulicznymi jest podana w punkcie 11.11. Grubości tych warstw podane w tablicach 9.5 i 9.6 przyjęto przy założeniu wykonania materiałów do tych warstw metodą produkcji w wytwórniach stacjonarnych. Jeżeli w przypadku kategorii ruchu KR1 i KR2 warstwy te wykonywane będą metodą mieszania na miejscu to wówczas grubość warstwy podbudowy zasadniczej podaną w tablicach 9.5 i 9.6 należy zwiększyć o 2 cm, ze względu na ryzyko mniejszej jednorodności i większych zmian grubości.

9.14. Grubości warstw podane w tablicach od 9.1 do 9.7 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.

Tablica 9.1. TYP A1 - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych z kruszywem. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{90/3}.

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP A1							
LEGENDA:	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego; warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C_{90/3}; wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂						

Tablica 9.2. TYP A2 - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych z kruszywem. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{50/30}.

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP A2							
LEGENDA:	warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego; warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C_{50/30}; wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂						

Tablica 9.3. TYP A3 – Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{NR}

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP A3			Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
LEGENDA: warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C _{NR} ; wymagany wtórny moduł odkształcenia E _z							

Tablica 9.4. TYP B - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP B							
LEGENDA: warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego; wymagany wtórny moduł odkształcenia E _z				UWAGA: W przypadku zastosowania podbudowy pomocniczej związanej spoiwem hydraulicznym należy zastosować zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych zgodnie z punktami 7.43 - 7.55 dobrane w zależności od wytrzymałości podbudowy na ściskanie.			

Tablica 9.5. TYP C - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni półsztywnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka związana spoiwem hydraulicznym

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP C							
LEGENDA:	■ warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; ▨ warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; ▤ warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego; ▧ warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym; ▼ wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2						UWAGA: W podbudowie zasadniczej należy zastosować zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych zgodnie z punktami 7.43 - 7.55 dobrane w zależności od wytrzymałości podbudowy na ściskanie.

Tablica 9.6. TYP D - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni półsztywnych. Podbudowa zasadnicza: grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP D			Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
LEGENDA:	■ warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; ▨ warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; ▤ warstwa podbudowy zasadniczej z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym; ▼ wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2						UWAGA: W podbudowie zasadniczej należy zastosować zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych zgodnie z punktami 7.43 - 7.55 dobrane w zależności od wytrzymałości podbudowy na ściskanie.

Tablica 9.7. TYP E - Typowe konstrukcje górnych warstw nawierzchni podatnych. Podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC, mieszanka wykonana w technologii recyklingu na zimno (mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna MCE lub mieszanka mineralna z asfaltem spienionym)

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (min osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP E					Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
LEGENDA: - warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej; - warstwa wiążąca z betonu asfaltowego; - warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego; - warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno; - wymagany wtórny moduł odkształcenia E_2							

10. Sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę

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 wysadzinę.

10.2. W przypadku występowania w podłożu gruntowym nawierzchni gruntów wysadzinowych lub wątpliwych (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 tablicy 10.1. W tablicy 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 rysunku 10.1.

10.3. Jeżeli całkowita grubość wszystkich warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża jest mniejsza od grubości ustalonej z zastosowaniem tablicy 10.1 to należy pogrubić najniższą warstwę konstrukcji nawierzchni lub warstwę ulepszanego podłoża tak, aby warunek został spełniony. Jeżeli najniższą warstwą jest podbudowa pomocnicza należy rozważyć wprowadzenie warstwy mrozochronnej. Dodatkowo wprowadzona warstwa mrozochronna nie powinna mieć grubości mniejszej od 15 cm.

Tablica 10.1. Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża ze względu na odporność na wysadzinę

Lp.	Kategoria obciążenia ruchem	Grupa nośności podłoża z gruntów wątpliwych i wysadzinowych		
		G2	G3	G4
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 minimalnych wymagań materiałowych, co do zakresu i wartości, których spełnienie gwarantuje konstrukcjom nawierzchni podanym w niniejszym katalogu 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. W niniejszym rozdziale podano tylko takie wymagania, które są najbardziej istotne przy projektowaniu konstrukcji, wszystkie pozostałe wymagania są zawarte w przepisach szczegółowych.

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 zostaną wprowadzone istotne zmiany parametrów materiałów w stosunku do obowiązujących w czasie opracowywania *Katalogu* (jesień 2012) wówczas należy przeprowadzić analizę, czy materiały te mogą być stosowane do typowych konstrukcji nawierzchni podanych w *Katalogu*.

11.5. Istotna zmiana parametrów podanych w rozdziale 11 *Katalogu*, 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 ulepszanego podłoża w zależności od kategorii ruchu zestawiono w tablicy 11.1.

11.8. W przypadku gruntów związanych spoiwami hydraulicznymi lub wapnem w *Katalogu*, w tablicy 11.5, 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 CX/Y.

11.9. Należy dążyć do maksymalnego wykorzystania materiałów z recyklingu i materiałów antropogenicznych w mieszankach niezwiązanych i związanych spoiwem hydraulicznym oraz jako alternatywę do naturalnych gruntów niewysadzinowych. Materiały z recyklingu i materiały antropogeniczne powinny podlegać wnikliwej ocenie pod kątem ich właściwości i jednorodności.

11.10. Należy dążyć do wykorzystania materiałów odzyskanych z rozbiórki istniejących warstw asfaltowych. Materiały te powinny być wykorzystane do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych lub do wytworzenia mieszanek w technologii recyklingu na zimno (mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne lub mieszanki mineralne z asfaltem spienionym).

11.11. 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 KR3-KR7 z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi muszą być wykonywane metodą produkcji w wytwórniach stacjonarnych.
- b) Podbudowy zasadnicze nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR2 z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi lub 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 w tablicach 9.5 i 9.6 należy zwiększyć o 2 cm, ze względu na mniejszą jednorodność i zmienną grubość.

- c) Podbudowy pomocnicze oraz warstwa mrozochronna 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 ścierna

11.12. Warstwa ścierna może być wykonana z następujących mieszanek mineralno-asfaltowych: mastyks grysowy (SMA), beton asfaltowy (AC), asfalt porowaty (PA), beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw (BBTM), asfalt lany (MA). Zakres stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych oraz wymagania podano w tablicy 11.2. Szczegółowy zakres stosowania poszczególnych mieszanek precyzują Wymagania Krajowe.

Warstwa wiążąca

11.13. Warstwa wiążąca może być wykonana z betonu asfaltowego (AC). Zakres stosowania betonu asfaltowego oraz wymagania podano w tablicy 11.2. Szczegółowy zakres stosowania betonu asfaltowego precyzują Wymagania Krajowe.

Podbudowa zasadnicza

11.14. Podbudowa zasadnicza konstrukcji nawierzchni wszystkich kategorii ruchu może być wykonana z betonu asfaltowego (AC), mieszanki niezwiązanej i mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym. Podbudowa zasadnicza konstrukcji nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR4 może być wykonana w technologii recyklingu na zimno z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej lub mieszanki mineralnej z asfaltem spienionym. Podbudowa zasadnicza konstrukcji nawierzchni kategorii ruchu KR1-KR2 może być wykonana z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym.

11.15. Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki mineralno-asfaltowej powinna być wykonana z betonu asfaltowego (AC). Wymagania podano w tablicy 11.2. Szczegółowy zakres stosowania betonu asfaltowego precyzują Wymagania Krajowe.

11.16. Mieszanki w technologii recyklingu na zimno do podbudowy zasadniczej powinny być wykonane z zastosowaniem cementu oraz emulsji (mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne) lub asfaltu spienionego (mieszanki mineralne z asfaltem spienionym). Mieszanki te powinny spełniać Wymagania Krajowe precyzujące ich parametry.

11.17. Mieszanki niezwiązane do podbudowy zasadniczej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy normy PN-EN-13285 „Mieszanki niezwiązane. Wymagania”. Podstawowe wymagania i zakres stosowania dotyczące mieszanek niezwiązanych podano w tablicy 11.3.

Tablica 11.1. Zakres stosowania materiałów do poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża w zależności od kategorii ruchu

Lp.	Rodzaj warstwy:	Materiały						
		Mieszanki mineralno - asfaltowe	Mieszanki w technologii recyklingu na zimno	Mieszanki niezwiązane	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi	Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi	Grunty stabilizowane wapnem	Grunty niewysadzinowe
1.	Warstwa ścieralna	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
2.	Warstwa wiążąca	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
3.	Podbudowa zasadnicza	KR1-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7	KR1-KR7	KR1-KR2	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
5.	Warstwa mrozochronna	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR4	KR1-KR4	KR1-KR2	KR1-KR7
6.	Warstwa ulepszonych podłoża	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR7	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR7	KR1-KR7

Uwaga: 1. Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w *Katalogu* dla danej warstwy.
2. W tablicy podano kategorie ruchu, dla których występują rozwiązania zaproponowane w *Katalogu*.

Tablica 11.2. Zakres stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Rodzaj warstwy:	Rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej				
1.	Warstwa ścieralna	SMA	AC	PA ¹⁾	MA	BBTM
2.	Warstwa wiążąca	-	AC	-	-	-
3.	Podbudowa zasadnicza	-	AC	-	-	-
4.	Wymagania normatywne	Wymagania Krajowe przenoszące zapisy PN-EN 13108-5	Wymagania Krajowe przenoszące zapisy PN-EN 13108-1	Wymagania Krajowe przenoszące zapisy PN-EN 13108-7	Wymagania Krajowe przenoszące zapisy PN-EN 13108-6	Wymagania Krajowe przenoszące zapisy PN-EN 13108-2
Uwaga: 1. Warstwa ścieralna z asfaltu drenażowego (PA) może być wykonana w układzie dwuwarstwowym.						

Tablica 11.3. 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 ulepszonoego 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 Katalogu 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		C90/3 C50/30 C _{NR}	C90/3 C50/30	C90/3 C50/30		C _{NR}	C _{NR}		C _{NR}	
3.	Maksymalna zawartość pyłów w warstwie:	w typowych zastosowaniach	UF9				UF12	UF15		UF15	
		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 ₁₀ 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)	

11.18. Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi do podbudowy zasadniczej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm z zakresu od PN-EN 14227-1 do PN-EN 14227-5. Do wykonania mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym do podbudowy zasadniczej można stosować następujące spoiwa: cement, żużel, popioły lotne lub spoiwa drogowe. Zakres stosowania mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi oraz wymagania dla podbudowy zasadniczej podano w tablicy 11.4.

11.19. Do wykonania podbudowy zasadniczej nawierzchni kategorii KR1 i KR2 z gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym można stosować: cement, żużel, popioły lotne lub spoiwo drogowe. Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi do podbudów zasadniczych nawierzchni kategorii KR1 i KR2 powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm PN-EN 14227-10, PN-EN 14227-12, PN-EN 14227-13 i PN-EN 14227-14. Zakres stosowania gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi oraz wymagania dla podbudowy zasadniczej podano w tablicy 11.5.

11.20. Mieszanki niezwiązane i mieszanki związane spoiwem hydraulicznym oraz grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym do podbudowy zasadniczej mogą zawierać w swoim składzie materiały antropogeniczne i materiały z recyklingu.

Podbudowa pomocnicza

11.21. Materiałami do wykonania podbudowy pomocniczej mogą być mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi i grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi.

11.22. 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 tablicy 11.3.

11.23. 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 tablicy 11.4.

11.24. 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 tablicy 11.5.

11.25. 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 mrozochronna

11.26. Warstwa mrozochronna może być wykonana z następujących materiałów: mieszanek niezwiązanych, mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi, gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym lub wapnem, gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych).

11.27. Mieszanki niezwiązane do warstwy mrozochronnej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy normy PN-EN-13285 „Mieszanki niezwiązane. Wymagania”. Zakres stosowania poszczególnych mieszanek oraz wybrane parametry, podano w tablicy 11.3.

11.28. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do warstwy mrozochronnej powinny spełniać Wymagania Krajowe przenoszące zapisy norm z zakresu od PN-EN 14227-1 do PN-EN 14227-5. Do wykonania warstwy mrozochronnej 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 tablicy 11.4.

11.29. Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem do warstwy mrozoochronnej 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 tablicy 11.5.

11.30. 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.

11.31. Gruntami niewysadzinowymi do warstwy mrozoochronnej mogą być grunty naturalne lub antropogeniczne, z wyjątkiem piasku drobnego, spełniające wymagania podane w tablicy 11.6. W przypadku gruntów antropogenicznych należy zwrócić szczególną uwagę na jednorodność.

Warstwa ulepszanego podłoża

11.32. Warstwa ulepszanego podłoża może być wykonana z następujących materiałów: mieszanek niezwiązanych, gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym lub wapnem, gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych).

11.33. 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 tablicy 11.3.

11.34. 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 tablicy 11.5.

11.35. Mieszanki niezwiązane oraz grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem mogą zawierać w swoim składzie materiały antropogeniczne i materiały z recyklingu.

11.36. Gruntami niewysadzinowymi do warstwy ulepszanego podłoża mogą być grunty naturalne lub antropogeniczne, z wyjątkiem piasku drobnego, spełniające wymagania podane w tablicy 11.6. W przypadku gruntów antropogenicznych należy zwrócić szczególną uwagę na ich jednorodność.

Warstwa odsączająca

11.37. Rolę warstwy odsączającej pełni warstwa mrozoochronna lub warstwa ulepszanego podłoża spełniająca podwyższone wymagania dotyczące wodoprzepuszczalności oraz uziarnienia.

11.38. Warstwa odsączająca może być wykonana z następujących materiałów: mieszanek niezwiązanych zgodnie z normą PN-EN 13285 i wymaganiami z tablicy 11.3 lub gruntów niewysadzinowych (naturalnych lub antropogenicznych) o wymaganiach podanych w tablicy 11.6. W przypadku stosowania gruntów antropogenicznych należy zwrócić szczególną uwagę na ich jednorodność i współczynnik filtracji.

Warstwa odcinająca

11.39. Warstwę odcinającą należy wykonać z geotekstyliów (geowłókniny, geotkaniny) o właściwościach dobranych z uwzględnieniem właściwości stykających się materiałów.

11.40. Geotekstylia do wykonania warstwy odcinającej należy dobrać biorąc pod uwagę uziarnienie gruntu podłoża oraz uziarnienie warstwy mrozoochronnej lub warstwy ulepszanego podłoża i jej ostrokrawędzistość. Geotekstylia 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.

11.41. 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, podanego w punkcie 8.28.

Minimalne i maksymalne grubości warstw

11.42. 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.

Minimalizacja spękań odbitych w nawierzchniach z zastosowaniem podbudów związanych spoiwem hydraulicznym

11.43. Minimalizacja spękań odbitych dotyczy następujących przypadków, gdy warstwy asfaltowe są położone bezpośrednio na warstwach związanych spoiwem hydraulicznym:

- a) nawierzchni z podbudową zasadniczą wykonaną tylko z betonu asfaltowego (nawierzchnia typu B wg tablicy 9.4) jeżeli będzie ułożona na podbudowie pomocniczej związanej spoiwem hydraulicznym,
- b) nawierzchni z podbudową zasadniczą wykonaną z betonu asfaltowego i z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym (nawierzchnia typu C wg tablicy 9.5),
- c) nawierzchni z podbudową zasadniczą wykonaną z betonu asfaltowego i z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym (nawierzchnia typu D wg tablicy 9.6).

11.44. Nie ma całkowicie skutecznych sposobów eliminujących spękania odbite w warstwach asfaltowych ułożonych na podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi. Podstawowe sposoby, pozwalające zminimalizować ilość spękań odbitych to:

- a) ograniczenie skurczu podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym, zarówno co do wielkości, jak i szybkości narastania, poprzez umiejętne projektowanie składu mieszanki zastosowanej w podbudowie oraz przestrzeganie zasad wykonania warstwy związanej spoiwem hydraulicznym,
- b) wykonywanie szczelin w podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi, warstw pośrednich lub wprowadzanie mikrospękań i spękań w czasie wykonywania nawierzchni.

Niezależnie od podjętych środków zapobiegawczych wystąpi zawsze pewne ryzyko powstania spękań odbitych.

11.45. W przypadku wystąpienia dużego i szybkiego skurczu podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym i w efekcie powstania w niej spękań o szerokości powyżej 6 mm niebezpieczeństwo wystąpienia spękań odbitych i osłabienia nawierzchni w ich obrębie jest znaczne. W przypadku węższych spękań w podbudowie ryzyko powstania spękań odbitych jest mniejsze.

11.46. Zagrożenie spękaniami odbitymi jest większe w przypadku podbudów wykonanych z zastosowaniem cementu niż z zastosowaniem innych spoiw hydraulicznych. Zagrożenie wzrasta także wraz ze wzrostem zawartości spoiw i wzrostem wytrzymałości warstw z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi.

11.47. Cechy recepty, według której wyprodukowano mieszankę, najbardziej istotne ze względu na wielkość skurczu i pęknięć podbudowy, to zawartość i rodzaj spoiwa oraz wytrzymałość. Zawartość spoiwa powinna być optymalna, to znaczy najmniejsza, która zapewnia uzyskanie wymaganych cech technicznych (wytrzymałość, mrozoodporność) podbudowy. Zawyżona zawartość spoiwa prowadzi do zbędnych kosztów i zwiększa ilość spękań odbitych, powodując istotne pogorszenie zachowania nawierzchni i jej trwałości.

11.48. Wielkość skurczu i zagrożenie spękaniami odbitymi jest mniejsze, jeżeli podczas wykonywania warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym spełnione są następujące warunki:

- a) wilgotność mieszanki związanej jest jak najmniejsza, jednak umożliwiającą właściwe zagęszczenie. Zaleca się, aby wilgotność była równa optymalnej z tolerancją 0%/-2%,
- b) uzyskano dobre zagęszczenie warstwy,
- c) wbudowanie nie następuje w okresie wysokich temperatur. Jeżeli jest to niemożliwe szczególnego znaczenia nabiera właściwa pielęgnacja warstwy,
- d) właściwa pielęgnacja warstwy, ograniczająca rozwarcie i ilość spękań skurczowych oraz uzyskanie zakładanej wytrzymałości przez mieszankę.

11.49. Niezależnie od wymagań technologicznych i materiałowych dla warstwy związanej spoiwem hydraulicznym zmniejszenie ryzyka powstania spękań odbitych można osiągnąć stosując dodatkowo specjalne rozwiązania techniczne:

- a) wykonywanie szczelin (rowków lub nacięć),
- b) wykonanie warstw pośrednich.

11.50. Wykonywanie szczelin (rowków lub nacięć) wymuszających miejsce wystąpienia spękań skurczowych w warstwie związanej spoiwem należy do najczęściej stosowanych sposobów minimalizacji spękań i jest przyjęte w *Katalogu* jako rozwiązanie typowe. Szczeliny muszą być wykonywane w odstępach podanych w tablicy 11.7. Jeżeli na podbudowie zasadniczej albo podbudowie pomocniczej związanej spoiwem hydraulicznym wg punktu 11.43, ułożone są warstwy asfaltowe, to wykonanie szczelin w podbudowie jest:

- a) wymagane przy klasie wytrzymałości podbudowy C_{5/6} lub C_{8/10},
- b) zalecane przy klasie wytrzymałości podbudowy C_{3/4}.

Tablica 11.7. Zalecane odstępy pomiędzy szczelinami poprzecznymi w podbudowie z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym

Lp.	Grubość warstw asfaltowych nad podbudową związaną spoiwem hydraulicznym	Odstępy pomiędzy szczelinami		
		Podbudowa z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym		
		C _{3/4}	C _{5/6}	C _{8/10}
1.	>14 cm	3,0 m	3,0 m	4,0 m
2.	≤14 cm	2,5 m	2,5 m	2,5 m

11.51. Szczeliny można wykonać w następujący sposób:

- a) W świeżej mieszance, poprzez wykonanie rowków z zastosowaniem specjalistycznego sprzętu, w trakcie wbudowywania warstwy. W rowkach umieszcza się wkładki z tworzywa sztucznego lub wypełnia się je emulsją asfaltową. Następnie warstwa podbudowy jest zagęszczana.
- b) W stwardniałej warstwie, poprzez wykonanie nacięć bezpośrednio po uzyskaniu minimalnej wytrzymałości. Do nacinania stosuje się piły tarczowe, takie jakich używa się w wykonywaniu szczelin w nawierzchniach betonowych. Głębokość nacięć wynosi najczęściej około 1/3 grubości warstwy.

11.52. Warstwy pośrednie, które mogą być stosowane w warstwach asfaltowych ułożonych na podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi, w celu minimalizacji spękań odbitych, to:

- a) warstwy SAMI,
- b) cienkie warstwy rozpraszające naprężenia z drobnoziarnistych i bogatych w asfalt mieszanek mineralno-asfaltowych,

- c) warstwy geowłókniny nasączonej asfaltem,
- d) specjalne kompozyty na bazie geowłóknin i/lub geosiatek.

Wymienione warstwy pośrednie stanowią poprawny technicznie sposób przeciwdziałania spękanom odbitym w nowych warstwach asfaltowych ułożonych na podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi. Są to metody o różnej skuteczności przeciwdziałania powstawaniu spękań odbitych, zależne od właściwości zastosowanych materiałów oraz od warunków lokalnych. Zastosowanie tych metod w konstrukcjach nawierzchni jest możliwe za zgodą Zarządcy Drogi, po dokonaniu oceny ich przydatności technicznej, w oparciu o projektowanie indywidualne.

11.53. Zastosowanie jakiegokolwiek warstwy pośredniej nie upoważnia do zmiany grubości warstw typowej konstrukcji nawierzchni.

11.54. W rozwiązaniach typowych w niniejszym *Katalogu* nie przyjęto metody wprowadzania mikrospekkań i spekkań w warstwie związanej spoiwem hydraulicznym przez poddanie warstwy podbudowy oddziaływaniu obciążenia z zastosowaniem walców wibracyjnych i specjalnych walców kilka dni po wykonaniu. Przyczyną nieprzyjęcia tej technologii jest brak możliwości ścisłej kontroli liczby i wielkości spekkań oraz niebezpieczeństwo osłabienia warstwy podbudowy i obawy o negatywny wpływ na trwałość zmęczeniową nawierzchni.

11.55. W rozwiązaniach typowych w niniejszym *Katalogu* nie przyjęto konstrukcji z warstwami pośrednimi z kruszywa łamanego (tzw. „konstrukcji odwróconych”). Przyczyną nieprzyjęcia tej technologii jest zmniejszenie trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni w wyniku zastosowania pomiędzy sztywną podbudową a warstwami asfaltowymi pośredniej warstwy z kruszywa.

12. Indywidualne projektowanie nawierzchni

12.1. Konstrukcje nawierzchni oraz warstwy ulepszonego 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 ulepszonego podłoża w sytuacjach nietypowych, pod warunkiem akceptacji przez Zarządcę Drogi.

12.4. Do czasu opracowania jednolitej metody projektowania obowiązującej na drogach publicznych w Polsce do indywidualnego projektowania należy zastosować sprawdzone metody mechanistyczno-empiryczne.

12.5. 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.

12.6. 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 różne od podanych w *Katalogu*, na przykład warstwy asfaltowe ułożone na podbudowach z płyt betonowych zbrojonych lub niezbrojonych.
- c) Stosowany jest materiał z recyklingu w większym zakresie niż dopuszczają to Wymagania Krajowe.
- d) Do warstwy ulepszonego podłoża i/lub do dolnych i górnych warstw konstrukcji nawierzchni stosowane są geosyntetyki wzmacniające, które mogą zredukować grubość wzmacnianych warstw.
- e) 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.
- f) Zarządca Drogi dopuszcza na projektowanym odcinku drogi ciągły ruch pojazdów lub maszyn roboczych ponadnormatywnych pod względem ciężaru całkowitego lub nacisku osi.

12.7. Przy projektowaniu indywidualnym należy zapewnić: trwałość, nośność, odporność na wysadzinę, odwodnienie, odporność na czynniki klimatyczne i wymagane właściwości funkcjonalne nawierzchni w założonym okresie projektowym.

13. Przepisy i normy związane

Normy krajowe

- 13.1. PN-EN 933-8 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw - Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek - Badanie wskaźnika piaskowego”
- 13.2. PN-EN 1997-1 „Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne”
- 13.3. PN-EN 1997-2 „Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego”
- 13.4. PN-EN-13108-1 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 1. Beton asfaltowy”
- 13.5. PN-EN-13108-2 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 2. Beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw”
- 13.6. PN-EN-13108-5 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 5. SMA”
- 13.7. PN-EN-13108-6 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 6. Asphalt lany”
- 13.8. PN-EN-13108-7 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 7. Asphalt porowaty”
- 13.9. PN-EN 13108-20 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 20. Badania typu”
- 13.10. PN-EN-13285 „Mieszanki niezwiązane. Wymagania.”
- 13.11. PN-EN-14227-1 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 1. Mieszanki związane cementem”
- 13.12. PN-EN-14227-2 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 2. Mieszanki związane żużlem”
- 13.13. PN-EN-14227-3 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 3. Mieszanki związane popiołem lotnym”
- 13.14. PN-EN-14227-4 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 4. Popioły lotne do mieszanek”
- 13.15. PN-EN-14227-5 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 5. Mieszanki związane spoiwem drogowym”
- 13.16. PN-EN-14227-10 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 10. Grunty stabilizowane cementem”
- 13.17. PN-EN-14227-11 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 11. Grunty stabilizowane wapnem”
- 13.18. PN-EN-14227-12 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 12. Grunty stabilizowane żużlem”
- 13.19. PN-EN-14227-13 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 13. Grunty stabilizowane hydraulicznym spoiwem drogowym”
- 13.20. PN-EN-14227-14 „Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Specyfikacja. Część 14. Grunty stabilizowane popiołami lotnymi”
- 13.21. PN-EN ISO 14688-1 „Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów - Część 1: Oznaczanie i opis”
- 13.22. PN-EN ISO 14688-2/Ap2 „Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów - Część 2: Zasady klasyfikowania”
- 13.23. PN-EN ISO 14689-1 „Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie skał - Część 1: Oznaczanie i opis”
- 13.24. PKN-CEN ISO/TS 17892-4 „Badania geotechniczne - Badania laboratoryjne gruntów - Część 4: Oznaczanie składu granulometrycznego”
- 13.25. PN-S-02205:1998 „Drogi samochodowe - Roboty ziemne - Wymagania i badania”

- 13.26. PN-86/B-02480 „Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów”
- 13.27. PN-B-04481:1988 „Grunty budowlane - Badania próbek gruntu”
- 13.28. PN-81/B-03020 „Grunty Budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie”
- 13.29. PN-EN 13242+A1:2010 „Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym”

Przepisy prawne

- 13.30. 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)
- 13.31. 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)
- 13.32. 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.)
- 13.33. 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)
- 13.34. 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)

Instrukcje, wytyczne

- 13.35. Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych WT-1 2010. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.36. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych WT-2 2010, Mieszanki mineralnoasfaltowe. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.37. Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych WT-4 2010. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.38. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych WT-5 2010. Wymagania Techniczne, Warszawa, 2010
- 13.39. Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych, GDDP, Warszawa 1998

Katalogi i metody projektowania polskie i zagraniczne

- 13.40. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, 1993
- 13.41. Catalogue des Structures Types de Chaussées Neuves, Edition 1998, SETRA, LCPC
- 13.42. Claessen A.I.M., Edwards J.M., Sommer P., Uge P., Asphalt Pavement Design – The Shell Method, Shell International Petroleum Company Ltd., 1977
- 13.43. Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussées, Guide Technique, LCPC, Setra, Décembre 1994
- 13.44. Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 7, Section 2, Part 3 HD 26/06 Pavement Design, Luty 2006
- 13.45. French Design Manual for Pavement Structures, Guide technique, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, LCPC, SETRA, Mai 1997

- 13.46. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report, Part 3 – Design and Analysis, NCHRP, TRB, NRC, March 2004
- 13.47. HD 29/08 Data for Pavement Assessment
- 13.48. IAN 73/06 Revision 1 (2009) Design Guidance for Road Pavement Foundations (Draft HD25)
- 13.49. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, GDDKiA, Warszawa, 1997
- 13.50. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa, 2001
- 13.51. Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa, 2001
- 13.52. Katalog typowych konstrukcji jezdni podatnych, IBDiM, Warszawa, 1983
- 13.53. Oberbaubemessung RVS 03.08.63, Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse, Schienne, Verkehr, Wydanie z 1 kwietnia 2008
- 13.54. Research and Development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS -1), Ninth edition, The Asphalt Institute, Research Report No. 82-2, RR-822, August 1982
- 13.55. RStO 01 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, FSV, Ausgabe 2001

Załącznik A. Przykłady

Przykład A1

Obliczyć ruch projektowy i wyznaczyć kategorię ruchu drogi ekspresowej, dwujezdniowej.

A1-1. Dane projektowe:

- droga ekspresowa,
- przekrój dwujezdniowy, po dwa pasy ruchu o szerokości 3,75 m w każdym kierunku,
- średnie pochylenie niwelety poniżej 6%,
- okres projektowy konstrukcji nawierzchni dla drogi klasy technicznej S, zgodnie z punktem 6.17 podpunkt a) wynosi 30 lat,
- prognozowany średni dobowy ruch pojazdów ciężkich SDR w każdym kolejnym roku okresu projektowego podano w tablicy A1-1.

Tablica A1-1. Prognozowany średni dobowy ruch pojazdów ciężkich w okresie 30 lat

Rok eksploatacji "i"	Średni dobowy ruch pojazdów ciężkich w roku, w obu kierunkach ruchu		
	Samochody ciężarowe bez przyczep (C) SDR _{C(i)}	Samochody ciężarowe z przyczepami (C+P) SDR _{C+P(i)}	Autobusy (A) SDR _{A(i)}
1	564	2 752	136
2	692	3 494	163
3	703	3 659	163
4	717	3 847	164
5	730	4 038	164
6	743	4 233	164
7	754	4 421	164
8	765	4 609	164
9	773	4 783	163
10	783	4 974	163
11	790	5 143	162
12	789	5 263	160
13	796	5 423	159
14	799	5 561	158
15	806	5 730	158
16	813	5 886	158
17	820	6 053	157
18	826	6 209	157
19	827	6 322	156
20	829	6 446	154
21	835	6 618	154
22	844	6 799	155
23	853	6 992	157
24	860	7 160	155
25	868	7 356	154
26	877	7 528	154

27	882	7 771	155
28	889	7 938	153
29	898	8 111	154
30	906	8 284	154

A1-2. Obliczenie sumarycznego ruchu pojazdów ciężkich w 30 letnim okresie projektowym

- a) Sumaryczny ruch samochodów ciężarowych bez przyczep:

$$N_C = \sum_{i=1}^{i=30} SDR_{C(i)} \cdot 365 = 8\,771\,315 \text{ pojazdów}$$

- b) Sumaryczny ruch samochodów ciężarowych z przyczepami:

$$N_{C+P} = \sum_{i=1}^{i=30} SDR_{C+P(i)} \cdot 365 = 63\,292\,095 \text{ pojazdów}$$

- c) Sumaryczny ruch autobusów:

$$N_A = \sum_{i=1}^{i=30} SDR_{A(i)} \cdot 365 = 1\,727\,180 \text{ pojazdów}$$

A1-3. Określenie liczby równoważnych osi standardowych

- a) Współczynniki przeliczeniowe pojazdów ciężkich na równoważne osie standardowe 100 kN w grupie autostrad i dróg ekspresowych zgodnie z tabelą 6.3 wynoszą:

samochody ciężarowe bez przyczep $r_C = 0,50$

samochody ciężarowe z przyczepami $r_{C+P} = 1,95$

autobusy $r_A = 1,25$

- b) Współczynnik obliczeniowego pasa ruchu według punktu 6.25 i tabelicy 6.4 na drodze dwujezdniowej czteropasowej wynosi: **$f_1 = 0,45$** .
c) Współczynnik szerokości pasa ruchu według punktu 6.26 i tabelicy 6.5 na pasach o szerokości równej 3,75 m wynosi: **$f_2 = 1,00$** .
d) Współczynnik pochylenia niwelety według punktu 6.27 oraz tabelicy 6.6 na drodze o pochyleniach niwelety poniżej 6% wynosi: **$f_3 = 1,00$** .
e) Określenie ruchu projektowego, czyli liczby równoważnych osi standardowych 100 kN przypadającej na obliczeniowy pas ruchu w okresie projektowym według punktu 6.20 i na podstawie wzoru 6.1:

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

$$N_{100} = 0,45 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot (8\,771\,315 \cdot 0,50 + 63\,292\,095 \cdot 1,95 + 1\,727\,180 \cdot 1,25)$$

$$N_{100} = 58,48 \text{ mln osi } 100 \text{ kN na pas obliczeniowy}$$

A1-4. Określenie kategorii ruchu

Sumaryczna liczba osi standardowych 100 kN przypadająca na pas obliczeniowy równa 58,48 mln wg tabelicy 6.1 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 4,2 m,
- d) poziom zwierciadła wody gruntowej ZWG: 5,1 m poniżej poziomu terenu,
- e) rodzaj gruntu w podłożu gruntowym nawierzchni (w strefie 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni): piasek średni Ps, wskaźnik nośności CBR = 19%,
- f) w podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania.

A2-2. Określenie warunków wodnych:

- a) Założono wstępnie grubość konstrukcji nawierzchni równą 0,8 m. Jest to niezbędne do ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni, a tym samym określenia warunków wodnych. Na tym etapie projektowania grubość konstrukcji nawierzchni należy przyjąć orientacyjnie.
- b) Niweleta drogi przebiega w nasypie o średniej wysokości 4,2 m.
- c) 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)

$$H_{ZWG} = 5,1 + 4,2 - 0,8 = 8,5 \text{ m}$$

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

Według punktów 7.6-7.9 i tablicy 7.1: **warunki wodne - dobre.**

A2-3. Grupa nośności podłoża gruntowego

- a) Ocena według wskaźnika nośności CBR

Wskaźnik nośności CBR piasku średniego CBR = 19% – według tablicy 7.3 – grupa nośności podłoża gruntowego – **G1**.

- b) Ocena według wysadzinowości i warunków wodnych

Piasek średni według tablicy 7.2 jest gruntem niewysadzinowym.

Grunt niewysadzinowy, warunki wodne dobre – według tablicy 7.4 – grupa nośności podłoża gruntowego – **G1**.

- c) Przyjęta grupa nośności podłoża gruntowego

Wobec zgodności ocen według sposobu a) i sposobu b) – przyjęta **grupa nośności podłoża gruntowego – G1**.

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 piaszczysta Gp w stanie zwartym, wskaźnik nośności z badań laboratoryjnych wynosi CBR = 8%. W terenie, ze względu na wysoki poziom wody gruntowej może być mniejszy,
- f) w podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania.

A3-2. Określenie warunków wodnych

- a) Założono wstępnie grubość konstrukcji nawierzchni kategorii ruchu KR4 równą 0,7 m. Jest to niezbędne do ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni, a tym samym określenia warunków wodnych. Na tym etapie projektowania grubość konstrukcji nawierzchni należy przyjąć orientacyjnie.
- b) Niweleta drogi przebiega w wykopie o średniej głębokości 4,7 m.
- c) 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)

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

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 położenie niwelety nie zostanie skorygowane – odległość ZWG od spodu konstrukcji będzie wynosiła 0,6 m.

- d) Pobocza są nieutwardzone.

Według punktów 7.6-7.9 i tablicy 7.1: **warunki wodne - złe.**

A3-3. Grupa nośności podłoża gruntowego nawierzchni

- a) Ocena według wskaźnika nośności CBR:

Wskaźnik nośności gliny piaszczystej CBR = 8% – według tablicy 7.3 – grupa nośności podłoża gruntowego – **G2**.

- b) Ocena według wysadzinowości i warunków wodnych

Glina piaszczysta – według tablicy 7.2 – grunt bardzo wysadzinowy. Grunt bardzo wysadzinowy, warunki wodne złe – według tablicy 7.4 – grupa nośności podłoża gruntowego – **G4**.

- c) Przyjęta grupa nośności podłoża gruntowego

Z ocen według sposobu a) i sposobu b) przyjęto mniej korzystny wynik: **grupa nośności podłoża gruntowego – G4.**

A3-4. Warstwa odsączająca

Zgodnie z punktami 8.15–8.16 ze względu na:

- a) płytkie występowanie zwierciadła wody gruntowej ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni ($H_{ZWG} = 0,6 \text{ m}$),
- b) grunt wysadzinowy w podłożu (G_p),

musi być zastosowana warstwa odsączająca. Rolę warstwy odsączającej pełnić będzie warstwa ulepszanego podłoża lub warstwa mrozoochronna o odpowiednich właściwościach.

Przykład A4

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

A4-1. Dane projektowe

- a) droga wojewódzka,
- b) kategoria ruchu KR3,
- c) pobocza nieutwardzone,
- d) nawierzchnia półsztywna,
- e) przebieg niwelety odcinka drogi: wykopy o średniej głębokości 3,7 m,
- f) położenie poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej ZWG: 5,7 m poniżej poziomu terenu,
- g) w podłożu gruntowym nawierzchni (w strefie 1 m pod spodem nawierzchni) zalega piasek gliniasty (P_g),
- h) w podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania,
- i) lokalizacja odcinka drogi: rejon Białegostoku (głębokość przemarzania $h_z = 1,2 \text{ m}$).

Dane projektowe wynikają z następujących uwarunkowań:

- a) wymagań Zarządcy Drogi, co do klasy drogi, położenia projektowanego odcinka drogi oraz rodzaju nawierzchni,
- b) obliczeń ruchu projektowego według rozdziału 6 *Katalogu*,
- c) badań geotechnicznych,
- d) projektu niwelety drogi,
- e) innych czynników, przytoczonych w kolejnych punktach przykładu.

A4-2. Określenie warunków wodnych

- a) Założono wstępnie grubość konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR3 równą 0,7 m. Jest to niezbędne do ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni, a tym samym określenia warunków wodnych. Na tym etapie projektowania grubość konstrukcji nawierzchni należy przyjąć orientacyjnie.
- b) Niweleta drogi przebiega w wykopie o średniej głębokości 3,7 m.
- c) 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)

$$H_{ZWG} = 5,7 - 3,7 - 0,7 = 1,3 \text{ m}$$

- d) Pobocza są nieutwardzone.

Według punktów 7.6–7.9 i tablicy 7.1: **warunki wodne - przeciętne**.

A4-3. Grupa nośności podłoża gruntowego

a) Ocena według wskaźnika nośności CBR:

Wskaźnik nośności CBR piasku gliniastego określony na podstawie dostępnych danych z literatury: CBR = 9%.

Na podstawie tablicy 7.3 przy CBR = 9% grupa nośności podłoża gruntowego - **G2**.

b) Ocena według wysadzinowości i warunków wodnych

Piasek gliniasty – według tablicy 7.2 – grunt bardzo wysadzinowy. Grunt bardzo wysadzinowy, warunki wodne przeciętne – według tablicy 7.4 – grupa nośności podłoża gruntowego - **G4**.

c) Przyjęta grupa nośności podłoża gruntowego

Z oceny przeprowadzonej według sposobu a) i sposobu b) przyjęto mniej korzystny wynik: **grupa nośności podłoża gruntowego - G4**.

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

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

- a) podbudowa pomocnicza: grunt stabilizowany cementem, klasa $C_{3/4}$, o grubości 18 cm,
- b) warstwa ulepszanego podłoża: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ i grubości 40 cm.

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

A4-5. Sprawdzenie potrzeby stosowania warstwy odsączającej

Zgodnie z punktem 8.15 potrzebne jest wykonanie warstwy odsączającej, której rolę będzie pełniła warstwa ulepszanego podłoża z gruntu niewysadzinowego o CBR $\geq 20\%$. Warstwa ulepszanego podłoża pełniąca rolę warstwy odsączającej może być wykonana:

1. jako jedna warstwa grubości 40 cm z materiału o współczynniku filtracji $k \geq 8$ m/dobę i zawartości cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 6%.
2. w dwóch warstwach (zgodnie z punktem 8.19), gdzie dolne 20 cm będzie wykonane z materiału o współczynniku filtracji $k \geq 8$ m/dobę i zawartości cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 6%, a górne 20 cm z materiału o zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 15%.

A4-6. Sprawdzenie potrzeby stosowania warstwy odcinającej

Zgodnie z punktem 8.23 wykonanie warstwy odcinającej jest zalecane. Warstwa odcinająca zostanie wykonana z geowłókniny.

A4-7. Przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

Dla kategorii ruchu KR3, ze względu na założenie projektowe o zastosowaniu nawierzchni półsztywnej wybrano Typ C i przyjęto następujący układ warstw:

- a) warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- b) warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 5 cm,
- c) górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 6 cm,
- d) dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka związana cementem, klasa $C_{5/6}$, o grubości 20 cm.

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

A4-8. Sprawdzenie warunku odporności nawierzchni na wysadziny

Według tablicy 10.1 minimalna wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża ze względu na wysadziny $H_{\min}$, dla gruntu G4 i kategorii ruchu KR3 wynosi:

$$H_{\min} = 0,7 \times h_z = 0,7 \times 1,2 \text{ m} = 0,84 \text{ m} = 84 \text{ cm}.$$

Całkowita grubość wszystkich warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża:

$$H_{\text{całk}} = 58 + 35 = 93 \text{ cm}$$

$$H_{\text{całk}} > H_{\min}$$

Warunek jest spełniony.

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

- a) warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- b) warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 5 cm,
- c) górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 6 cm,
- d) dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka związana cementem, klasa $C_{5/6}$, o grubości 20 cm,
- e) podbudowa pomocnicza: grunt stabilizowany cementem, klasa $C_{3/4}$, o grubości 18 cm,
- f) warstwa ulepszanego podłoża: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ o grubości 20 cm.
- g) warstwa ulepszanego podłoża **pełniąca rolę warstwy odsączającej**: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ i grubości 20 cm.
- h) warstwa odcinająca: geowłóknina.

Całkowita grubość warstw nawierzchni wynosi **93 cm**.

A4-10. Zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych

W celu zminimalizowania ilości spękań odbitych, zgodnie z punktem 11.49-11.50 i tablicą 11.7 przyjęto wykonanie szczelin w podbudowie zasadniczej związanej cementem.

Szczeliny należy wykonać poprzez nacinanie piłą warstwy podbudowy zasadniczej, kiedy uzyska minimalną wytrzymałość umożliwiającą wykonanie nacięcia bez uszkodzenia warstwy. Nacięcia należy wykonać na głębokość równą 1/3 grubości warstwy, prostopadle do osi jezdni, w rozstawie co 3,0 m.

A4-11. Wymagania materiałowe i technologiczne przyjętej konstrukcji nawierzchni

Tablica A4-1. Wymagania materiałowe i technologiczne

Lp.	Warstwa	Materiał	Wymagania	Uwagi
1.	Ścieralna	SMA	Pkt 11.12, Tablica 11.2	
2.	Wiążąca	Beton asfaltowy (AC)	Pkt 11.13, Tablica 11.2	
3.	Górna warstwa podbudowy zasadniczej	Beton asfaltowy (AC)	Pkt 11.15, Tablica 11.2	
4.	Dolna warstwa podbudowy zasadniczej	Mieszanka związana cementem	Pkt 11.18, Tablica 11.4 C _{5/6} ≤ 10 MPa	1) Wymagane jest nacinanie warstwy podbudowy w celu zminimalizowania liczby spękań odbitych. 2) Możliwe jest zastosowanie innych materiałów wiążących (żużel, popioły lotne lub spoiwo drogowe).
5.	Podbudowa pomocnicza	Grunt stabilizowany cementem	Pkt 11.24 Tablica 11.5 C _{3/4} ≤ 6 MPa	Możliwe jest zastosowanie innych materiałów do stabilizacji (żużel, popioły lotne lub spoiwo drogowe).
6.	Warstwa ulepszanego podłoża (niepełniąca funkcji warstwy odsączającej)	Grunt niewysadzinowy	Pkt 11.36, Tablica 11.6 CBR ≥ 20% Zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 15%. Nie stawia się wymagań co do współczynnika filtracji.	Możliwe jest zastosowanie mieszanki niezwiązanej.
7.	Warstwa ulepszanego podłoża (pełniąca funkcji warstwy odsączającej)	Grunt niewysadzinowy	Pkt 11.36, Tablica 11.6 CBR ≥ 20% Warstwa pełni rolę warstwy odsączającej. Zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 6%, k ≥ 8 m/dobę.	Możliwe jest zastosowanie mieszanki niezwiązanej.
8.	Warstwa odcinająca	Geowłóknina	Pkt 11.40	Możliwe jest zastosowanie geotkaniny.

Przykład A5

Na podstawie poniżej przedstawionych danych projektowych zaprojektować konstrukcję nawierzchni.

A5-1. Dane projektowe

- a) droga ekspresowa,
- b) kategoria ruchu KR5,
- c) odcinek od km 0+000 do km 6+800,
- d) pobocza utwardzone i szczelne,
- e) nawierzchnia podatna,
- f) podbudowa zasadnicza – beton asfaltowy i mieszanka niezwiązana,
- g) rodzaj podłoża gruntowego nawierzchni, warunki wodne oraz przebieg niwelety według tablicy A5-1,
- h) w podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne, organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania,
- i) lokalizacja drogi: rejon Kętrzyna (głębokość przemarzania $h_z = 1,2$ m).

Dane projektowe wynikają z następujących uwarunkowań:

- a) wymagań Zarządcy Drogi co do klasy drogi, położenia projektowanego odcinka drogi oraz rodzaju nawierzchni i podbudowy zasadniczej,
- b) obliczeń ruchu projektowego według rozdziału 6 *Katalogu*,
- c) badań geotechnicznych,
- d) projektu niwelety drogi,
- e) innych czynników, przytoczonych dalej w kolejnych punktach przykładu.

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.

Założono wstępnie grubość konstrukcji nawierzchni równą 0,8 m. Jest to niezbędne do ustalenia odległości poziomego zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni, a tym samym określenia warunków wodnych. Na tym etapie projektowania grubość konstrukcji nawierzchni należy przyjąć orientacyjnie. Na końcu procesu projektowego należy zweryfikować słuszność tego założenia.

Projektowany odcinek drogi podzielono na sekcje o jednakowych warunkach co do gruntu podłoża nawierzchni i rodzaju robót ziemnych (tablica A5-1).

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 (piasków lub pospółek).

Tablica 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	1,3	Nasyp, 3,8 m
2.	0+500 – 1+000	Pg Przy niskim nasypie gruntem podłoża nawierzchni jest grunt rodzimy Pg	2,2	Nasyp, 0,5 m
3.	1+000 – 1+300	Pg	4,6	Wykop, 2,8 m
4.	1+300 – 1+800	Ps	2,3	Nasyp, 2,7 m
5.	1+800 – 2+200	Gp	5,1	Wykop, 3,2 m
6.	2+200 – 2+900	Gp	3,8	Wykop, 1,8 m
7.	2+900 – 3+200	Gp	3,1 + sączenia na głębokości 1,6 m	Wykop, 0,6 m
8.	3+200 – 3+800	Pd	7,1	Wykop, 4,8 m
9.	3+800 – 4+200	Gpz	6,9	Wykop, 2,6 m
10.	4+200 – 5+200	Ps	2,8	Nasyp, 4,6 m
11.	5+200 – 6+800	Ps	1,3	Nasyp, 3,6 m
Oznaczenia: Ps – piasek średni, Pd – piasek drobny, Pg – piasek gliniasty, Gp – glina piaszczysta, Gpz – glina piaszczysta zwięzła				

Określenie warunków wodnych

Warunki wodne, określone na podstawie punktów 7.6-7.9 i tablicy 7.1, przedstawiono w tablicy A5-2. Do określenia warunków wodnych według tablicy 7.1 *Katalogu* potrzebne są:

- charakterystyka korpusu drogowego (średnie głębokości wykopów i średnie wysokości nasypów na danym odcinku, według tablicy 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).

Tablica 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 poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni [m]	Warunki wodne
1.	0+000 – 0+500	1,3	Nasyp, 3,8 m	$1,3 + 3,8 - 0,8 = 4,3$	Dobre
2.	0+500 – 1+000	2,2	Nasyp, 0,5 m	$2,2 + 0,5 - 0,8 = 1,9$	Przeciętne
3.	1+000 – 1+300	4,6	Wykop, 2,8 m	$4,6 - 2,8 - 0,8 = 1,0$	Przeciętne
4.	1+300 – 1+800	2,3	Nasyp, 2,7 m	$2,3 + 2,7 - 0,8 = 4,2$	Dobre
5.	1+800 – 2+200	5,1	Wykop, 3,2 m	$5,1 - 3,2 - 0,8 = 1,1$	Przeciętne
6.	2+200 – 2+900	3,8	Wykop, 1,8 m	$3,8 - 1,8 - 0,8 = 1,2$	Przeciętne
7.	2+900 – 3+200	3,1 Sączenia na 1,6 m	Wykop, 0,6 m	$3,1 - 0,6 - 0,8 = 1,7$ Sączenie: $1,6 - 0,6 - 0,8 = 0,2$ poniżej spodu nawierzchni	Zgodnie z punktem 8.9 ze względu na sączenia przyjęto warunki złe
8.	3+200 – 3+800	7,1	Wykop, 4,8 m	$7,1 - 4,8 - 0,8 = 1,5$	Przeciętne
9.	3+800 – 4+200	6,9	Wykop, 2,6 m	$6,9 - 2,6 - 0,8 = 3,5$	Dobre
10.	4+200 – 5+200	2,8	Nasyp, 4,6 m	$2,8 + 4,6 - 0,8 = 6,6$	Dobre
11.	5+200 – 6+800	1,3	Nasyp, 3,6 m	$1,3 + 3,6 - 0,8 = 4,1$	Dobre

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni przeprowadzono według punktów 7.10-7.22 i tablic 7.2, 7.3 i 7.4, przedstawiono w tablicy A5-3.

Grupę nośności podłoża gruntowego nawierzchni określono według dwóch sposobów:

- według wartości wskaźnika nośności CBR gruntu podłoża nawierzchni (w strefie 1 m od spodu nawierzchni), zgodnie z punktem 7.16, tablica 7.3,
- w zależności od wysadzinowości gruntu i warunków wodnych, zgodnie z punktem 7.10 i 7.18, tablica 7.2 i 7.4.

Do projektowania przyjęto mniej korzystny wynik z wymienionych sposobów, zgodnie z punktem 7.15.

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

Uwaga: W czasie budowy po odśnięciu podłoża gruntowego należy sprawdzić warunki gruntowe według punktów 7.23–7.27 i w razie potrzeby skorygować podane poniżej rozwiązania projektowe dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża.

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

Lp.	Odcinek	Rodzaj gruntu podłoża do 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni, wg tabl. A5-1	Wskaźnik nośności CBR [%] gruntu podłoża ¹⁾	Grupa nośności podłoża wynikająca ze wskaźnika nośności CBR [%], wg tablicy 7.3	Ocena wysadzinowości gruntu podłoża, wg tabl. 7.2	Warunki wodne	Grupa nośności podłoża wynikająca z warunków wodnych i wysadzinowości gruntu podłoża	Przyjęta grupa nośności podłoża (wartość gorsza z kolumn dotyczących grup nośności)
1.	0+000 – 0+500	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1
2.	0+500 – 1+000	Pg	8	G2	Bardzo wysadzinowy	Przeciętne	G4	G4
3.	1+000 – 1+300	Pg	8	G2	Bardzo wysadzinowy	Przeciętne	G4	G4
4.	1+300 – 1+800	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1
5.	1+800 – 2+200	Gp	6	G2	Bardzo wysadzinowy	Przeciętne	G4	G4
6.	2+200 – 2+900	Gp	6	G2	Bardzo wysadzinowy	Przeciętne	G4	G4
7.	2+900 – 3+200	Gp	6	G2	Bardzo wysadzinowy	Złe	G4	G4
8.	3+200 – 3+800	Pd	12	G1	Niewysadzinowy	Przeciętne	G1	G1
9.	3+800 – 4+200	Gpz	4,5	G3	Mało wysadzinowy	Dobre	G3	G3
10.	4+200 – 5+200	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1
11.	5+200 – 6+800	Ps	20	G1	Niewysadzinowy	Dobre	G1	G1

¹⁾ wskaźniki nośności CBR gruntu podłoża przyjęto na podstawie badań laboratoryjnych

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

Na projektowanym odcinku drogi o długości 6,8 km występują grunty zaliczane do grup nośności podłoża G1, G3 i G4. Grunty spoiste Pg, Gp i Gpz zaliczone są do grup nośności podłoża G3 i G4 i występują na odcinkach:

- km 0+500 do km 1+300 (0,8 km),
- km 1+800 do km 3+200 (1,4 km),
- km 3+800 do km 4+200 (0,4 km).

Grunty niewysadzinowe zaliczone do grupy nośności podłoża G1 występują na pozostałych odcinkach.

Wstępna ocena przydatności gruntu podłoża nawierzchni do stabilizacji

- Grunty spoiste w podłożu: gliny piaszczyste Gp, i gliny piaszczyste zwięzłe Gpz nadają się do stabilizacji spoiwami hydraulicznymi (cementem, aktywnymi popiołami lotnymi lub spoiwem drogowym) oraz wapnem.
- Piasek gliniasty Pg nadaje się do stabilizacji spoiwami hydraulicznymi (cementem, aktywnymi popiołami lotnymi lub spoiwem drogowym). Przydatność piasku gliniastego do stabilizacji wapnem może być ograniczona w przypadku małej plastyczności (przy wskaźniku plastyczności poniżej 10%) i powinna być sprawdzona laboratoryjnie.

Do wykonania dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża przyjęto Typ 1, zgodnie z tablicą 8.2, w postaci:

- podbudowy pomocniczej z kruszywa związanego cementem, klasa C_{5/6},
- warstwy mrozochronnej z gruntu niewysadzinowego o CBR ≥ 35%,
- warstwy ulepszonego podłoża z gruntu rodzimego stabilizowanego spoiwem drogowym, klasa C_{0,4/0,5}.

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

Tablica 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 C _{5/6} [cm]	Warstwa mrozochronna z gruntu niewysadzinowego [cm]	Warstwa ulepszonego podłoża z gruntu rodzimego stabilizowanego spoiwem drogowym, klasa C _{0,4/0,5} [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+300	Typ 1, G4	15	20	25	60
4.	1+300 – 1+800	Typ 1, G1	15	Nie występuje	Nie występuje	15
5.	1+800 – 2+200	Typ 1, G4	15	20	25	60
6.	2+200 – 2+900	Typ 1, G4	15	20	25	60
7.	2+900 – 3+200	Typ 1, G4	15	20	25	60
8.	3+200 – 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
11.	5+200 – 6+800	Typ 1, G1	15	Nie występuje	Nie występuje	15

A5-4. Sprawdzenie potrzeby stosowania warstwy odsączającej

Zgodnie z punktem 8.15 wykonanie warstwy odsączającej jest potrzebne na następujących odcinkach:

- a) od km 1+000 do km 1+300 oraz od km 1+800 do km 2+900 - ze względu na występowanie ZWG na głębokości mniejszej niż 1,5 m od spodu konstrukcji nawierzchni oraz grunty wysadzinowe w podłożu,
- b) od km 2+900 do km 3+200 - ze względu na występowanie sączy na głębokości 0,2 m poniżej spodu nawierzchni 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 współczynnik filtracji $k \geq 8$ m/dobę). Należy pamiętać o prawidłowym odprowadzeniu wody z warstwy odsączającej.

A5-5. Sprawdzenie potrzeby stosowania warstwy odcinającej

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

A5-6. Przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

Przyjęto górne warstwy konstrukcji nawierzchni Typ A1 dla ruchu KR5 z tablicy 9.1:

- a) warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- b) warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 8 cm,
- c) górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 12 cm,
- d) dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka niezwiązana z kruszywem C_{90/3} o grubości 20 cm.

Całkowita grubość górnych warstw konstrukcji nawierzchni wynosi **44 cm**.

A5-7. Sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę Sprawdzenie przeprowadzono według punktów 10.2 i 10.3.

Głębokość przemarzania w rejonie Kętrzyna wynosi $h_z = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$.

Minimalna, wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom dobierana jest według tablicy 10.1 w zależności od grupy nośności podłoża i kategorii ruchu (KR5) i wynosi:

- a) dla G3 $H_{\min} = 0,7 \times 120 = 84 \text{ cm}$,
- b) dla G4 $H_{\min} = 0,8 \times 120 = 96 \text{ cm}$.

W tablicy A5-5 przedstawiono porównanie tych grubości z grubościami projektowanymi.

Tablica 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]	Całkowita grubość dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża [cm]	Całkowita grubość warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża $H_{całk}$ [cm]	Spełnienie warunku $H_{całk} \geq H_{min}$
1.	0+000 – 0+500	G1	Nie dotyczy	44	15	59	Nie dotyczy
2.	0+500 – 1+000	G4	96	44	60	104	Tak
3.	1+000 – 1+300	G4	96	44	60	104	Tak
4.	1+300 – 1+800	G1	Nie dotyczy	44	15	59	Nie dotyczy
5.	1+800 – 2+200	G4	96	44	60	104	Tak
6.	2+200 – 2+900	G4	96	44	60	104	Tak
7.	2+900 – 3+200	G4	96	44	60	104	Tak
8.	3+200 – 3+800	G1	Nie dotyczy	44	15	59	Nie dotyczy
9.	3+800 – 4+200	G3	84	44	55	99	Tak
10.	4+200 – 5+200	G1	Nie dotyczy	44	15	59	Nie dotyczy
11.	5+200 – 6+800	G1	Nie dotyczy	44	15	59	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

Założona w punkcie A5-2 grubość konstrukcji nawierzchni wynosi 0,80 m. Całkowita grubość warstw przyjętej konstrukcji nawierzchni wynosi od 0,59 do 0,79 m.

Stwierdzone różnice grubości nie wpływają na kwalifikację warunków wodnych przedstawioną w tablicy A5-2 i tym samym nie mają wpływu na przyjęcie grupy nośności podłoża przedstawioną w tablicy 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+300 do 1+800, od 3+200 do 3+800 i od 4+200 do 6+800 (podłoże G1):

- warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 8 cm,
- górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 12 cm,
- dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka niezwiązana z kruszywem $C_{90/3}$ o grubości 20 cm,
- warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **59 cm**.

Od km 3+800 do km 4+200 (podłoże G3):

- warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 8 cm,
- górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 12 cm,
- dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka niezwiązana z kruszywem $C_{90/3}$ o grubości 20 cm,

- e) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm,
- f) warstwa mrozochronna: grunt niewysadzinowy $CBR \geq 35\%$, o grubości 20 cm,
- g) warstwa ulepszanego podłoża: grunt rodzimy stabilizowany spoiwem drogowym o klasie wytrzymałości $C_{0,4/0,5}$ i grubości 20 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **99 cm**.

Od km 0+500 do km 1+000 (podłoże G4):

- a) warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- b) warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 8 cm,
- c) górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 12 cm,
- d) dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka niezwiązana z kruszywem $C_{90/3}$ o grubości 20 cm,
- e) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm,
- f) warstwa mrozochronna: grunt niewysadzinowy $CBR \geq 35\%$, o grubości 20 cm,
- g) warstwa ulepszanego podłoża: grunt rodzimy stabilizowany spoiwem drogowym o klasie wytrzymałości $C_{0,4/0,5}$ i grubości 20 cm.

Całkowita grubość warstw wynosi **104 cm**.

Od km 1+000 do km 1+300, od km 1+800 do km 3+200 (podłoże G4, warstwa odsączająca):

- a) warstwa ścieralna: mastyks grysowy (SMA) o grubości 4 cm,
- b) warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 8 cm,
- c) górna warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy (AC) o grubości 12 cm,
- d) dolna warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka niezwiązana z kruszywem $C_{90/3}$ o grubości 20 cm,
- e) warstwa podbudowy pomocniczej: mieszanka związana cementem o klasie wytrzymałości $C_{5/6}$ i grubości 15 cm,
- f) warstwa mrozochronna **pełniąca rolę warstwy odsączającej**: grunt niewysadzinowy $CBR \geq 35\%$ i grubości 20 cm,
- g) 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 **104 cm**.

W przypadku krótkich odcinków można je scalić aby ułatwić prowadzenie prac. W takim przypadku należy przyjąć rozwiązanie dla gorszych warunków gruntowo-wodnych.

A5-10. Wymagania materiałowe i technologiczne przyjętej konstrukcji nawierzchni

Tablica A5-6. Wymagania materiałowe i technologiczne

Lp.	Warstwa	Materiał	Wymagania	Uwagi
1.	Ścieralna	SMA	Pkt 11.12, Tablica 11.2	-
2.	Wiążąca	Beton asfaltowy (AC)	Pkt 11.13, Tablica 11.2	-
3.	Górna warstwa podbudowy zasadniczej	Beton asfaltowy (AC)	Pkt 11.15, Tablica 11.2	-
4.	Dolna warstwa podbudowy zasadniczej	Mieszanka niezwiązana	Pkt 11.17, Tablica 11.3 CBR $\geq$ 80%, $C_{90/3}$	Istnieje możliwość doboru uziarnienia z podanych w tablicy 11.3.
5.	Podbudowa pomocnicza	Mieszanka związana cementem	Pkt 11.23, Tablica 11.4 $C_{5/6}$ $\leq$ 10 MPa	Istnieje możliwość wyboru innego spoiwa: popiół lotny lub spoiwo drogowe.
6.	Warstwa mrozochronna (niepełniąca roli warstwy odsączającej)	Grunt niewysadzinowy	Pkt 11.29, Tablica 11.6 CBR $\geq$ 35% Zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 15%. Nie stawia się wymagań co do współczynnika filtracji.	Do wyboru jest również mieszanka niezwiązana o CBR $\geq$ 35%.
7.	Warstwa mrozochronna (pełniącą rolę warstwy odsączającej)	Grunt niewysadzinowy	Pkt 11.29, Tablica 11.6 CBR $\geq$ 35% Zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 6%, $k \geq$ 8 m/dobę.	Do wyboru jest również mieszanka niezwiązana o CBR $\geq$ 35%.
8.	Warstwa ulepszanego podłoża	Grunt rodzimy stabilizowany spoiwem drogowym	Pkt 11.34, Tablica 11.5 $C_{0,4/0,5}$ $\leq$ 2 MPa	Istnieje możliwość wyboru innego spoiwa: wapno, popiół lotny, żużel lub cement.

Przykład A6

Na podstawie poniżej przedstawionych danych projektowych zaprojektować konstrukcję nawierzchni.

A6-1. Dane projektowe

Przyjęto następujące dane projektowe:

- a) droga dojazdowa,
- b) kategoria ruchu KR2,
- c) odcinek km 0+000 do km 1+200,
- d) pobocza nieutwardzone,
- e) nawierzchnia półsztywna,
- f) podbudowa zasadnicza - mieszanka związana spoiwem hydraulicznym,
- g) rodzaj podłoża gruntowego nawierzchni, warunki wodne oraz przebieg niwelety według tablicy A6-1,
- h) w podłożu gruntowym budowli nie występują grunty słabonośne,
- i) organiczne lub inne wymagające indywidualnego projektowania,
- j) lokalizacja odcinka drogi: rejon Gdańska (głębokość przemarzania $h_z = 1,0$ m).

Dane projektowe wynikają z następujących uwarunkowań:

- a) wymagań Zarządcy Drogi co do klasy drogi, położenia projektowanego odcinka drogi oraz rodzaju nawierzchni i podbudowy zasadniczej,
- b) obliczeń ruchu projektowego według rozdziału 6 *Katalogu*,
- c) badań geotechnicznych,
- d) projektu niwelety drogi,
- e) innych czynników, przytoczonych w kolejnych punktach przykładu.

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.

Założono wstępnie grubość konstrukcji nawierzchni równą 0,5 m. Jest to niezbędne do ustalenia odległości poziomu zwierciadła wody gruntowej od spodu konstrukcji nawierzchni, a tym samym określenia warunków wodnych. Na końcu procesu projektowego należy zweryfikować słuszność tego założenia.

Projektowany odcinek drogi podzielono na sekcje o jednakowych warunkach co do gruntu podłoża nawierzchni i rodzaju robót ziemnych (tablica A6-1).

Założenie dotyczące wykonania nasypów:

Nasypy będą wykonane z gruntów z wykopu, również ostatnia warstwa nasypu bezpośrednio pod spodem konstrukcji nawierzchni zostanie wykonana z gruntów z wykopu, czyli z piasków gliniastych lub glin piaszczystych.

Tablica 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+200	Pg / Gp	2,3	Nasyp, 1,1 m
2.	0+200 – 0+500	Pg Przy niskim nasypie gruntem podłoża nawierzchni jest grunt rodzimy Pg	1,0	Nasyp, 0,4 m
3.	0+500 – 0+800	Pg	2,6	Wykop, 0,4 m
4.	0+800 – 1+200	Gp	3,2	Wykop, 1,9 m
Oznaczenia: Pd – piasek drobny, Pg – piasek gliniasty, Gp – glina piaszczysta				

Określenie warunków wodnych

Warunki wodne, określone na podstawie punktów 7.6-7.9 i tablicy 7.1, przedstawiono w tablicy A6-2. Do określenia warunków wodnych według tablicy 7.1 *Katalogu* potrzebne są:

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

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

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

Tablica 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 poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni [m]	Warunki wodne
1.	0+000 – 0+200	2,3	Nasyp, 1,1 m	$2,3 + 1,1 - 0,5 = 2,9$	dobrze
2.	0+200 – 0+500	1,0	Nasyp, 0,4 m	$1,0 + 0,4 - 0,5 = 0,9$	złe
3.	0+500 – 0+800	2,6	Wykop, 0,4 m	$2,6 - 0,4 - 0,5 = 1,7$	przeciętne
4.	0+800 – 1+200	3,2	Wykop, 1,9 m	$3,2 - 1,9 - 0,5 = 0,8$	złe

Zgodnie z punktem 9.18, od km 0+200 do km 0+500 i od km 0+800 do km 1+200, należy sprawdzić czy możliwe jest podniesienie niwelety drogi w związku z płytkim występowaniem ZWG poniżej spodu konstrukcji nawierzchni. W dalszej części przykładu przyjęto, że położenie niwelety nie zostanie skorygowane i odległość ZWG od spodu konstrukcji pozostanie jak podano w tablicy A6-2, kolumna „Odległość poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej od spodu nawierzchni”.

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni

Określenie warunków gruntowych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni przeprowadzono według punktów 7.10-7.22 i tablic 7.2, 7.3 i 7.4, przedstawiono w tablicy A6-3.

- Grupę nośności podłoża gruntowego nawierzchni określono według dwóch sposobów:
- według wartości wskaźnika nośności CBR gruntu podłoża nawierzchni (w strefie 1 m od spodu nawierzchni), zgodnie z punktem 7.16, tablica 7.3,
 - w zależności od wysadzinowości gruntu i warunków wodnych, zgodnie z punktem 7.10 i 7.18, tablica 7.2 i 7.4.

Do projektowania przyjęto mniej korzystny wynik z wymienionych sposobów, zgodnie z punktem 7.15.

Na odcinku od km 0+000 do km 0+200 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.

Uwaga: W czasie budowy po odsłonięciu podłoża gruntowego należy sprawdzić warunki gruntowe według punktów 7.23-7.27 i w razie potrzeby skorygować podane poniżej rozwiązania projektowe dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża.

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

Lp.	Odcinek	Rodzaj gruntu podłoża do 1 m od spodu konstrukcji nawierzchni, wg tabl. A6-1	Wskaźnik nośności CBR [%] gruntu podłoża	Grupa nośności podłoża wynikająca ze wskaźnika nośności CBR [%], wg tablicy 7.3	Ocena wysadzinowości gruntu podłoża, wg tabl. 7.2	Warunki wodne	Grupa nośności podłoża wynikająca z warunków wodnych i wysadzinowości gruntu podłoża	Przyjęta grupa nośności podłoża (wartość gorsza z kolumn dotyczących grup nośności)
1.	0+000 – 0+200	Pg / Gp (grunt z wykopu)	7	G2	Bardzo wysadzinowy	dobrze	G4	G4
2.	0+200 – 0+500	Pg	8	G2	Bardzo wysadzinowy	złe	G4	G4
3.	0+500 – 0+800	Pg	8	G2	Bardzo wysadzinowy	przeciętne	G4	G4
4.	0+800 – 1+200	Gp	6	G2	Bardzo wysadzinowy	złe	G4	G4

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

Na projektowanym odcinku drogi o długości 1,2 km występuje grunt zakwalifikowany do grupy nośności podłoża G4.

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

- warstwy mrozochronnej z gruntu stabilizowanego cementem, klasa C_{1,5/2},
- warstwy ulepszanego podłoża z gruntu niewysadzinowego o CBR $\geq 20\%$.

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

Tablica A6-4. Przyjęte dolne warstwy konstrukcji nawierzchni oraz warstwa ulepszanego podłoża

Lp.	Odcinek	Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni i warstwa ulepszanego podłoża grupa nośności podłoża	Warstwa mrozochronna z gruntu stabilizowanego cementem, klasa $C_{1,5/2}$ [cm]	Ulepszone podłoże z gruntu niewysadzinowego [cm]	Całkowita grubość dolnych warstw nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża [cm]
1.	0+000 – 0+200	Typ 11, G4	20	25	45
2.	0+200 – 0+500	Typ 11, G4	20	25	45
3.	0+500 – 0+800	Typ 11, G4	20	25	45
4.	0+800 – 1+200	Typ 11, G4	20	25	45

A6-4. Sprawdzenie potrzeby stosowania warstwy odsączającej

Na odcinku od km 0+200 do km 0+500 oraz na odcinku od km 0+800 do km 1+200 potrzebna jest warstwa odsączająca, ponieważ ZWG znajduje się na głębokości mniejszej niż 1,5 m poniżej spodu konstrukcji nawierzchni, a w podłożu grunty wysadzinowe (pkt 8.15). Rolę warstwy odsączającej pełnić będzie warstwa ulepszanego podłoża wykonana z gruntu niewysadzinowego (poniżej 6% cząstek mniejszych od 0,063 mm i współczynnik filtracji $k \geq 8$ m/dobę). Gruntem takim może być: piasek średni, piasek gruby lub pospółka.

Należy pamiętać o prawidłowym odprowadzeniu wody z warstwy odsączającej.

A6-5. Sprawdzenie potrzeby stosowania warstwy odcinającej

Ze względu na konieczność wykonania warstwy odsączającej, bezpośrednio na podłożu gruntowym niestabilizowanym spoiwem, jest niezbędne zastosowanie pod nią warstwy odcinającej. Na pozostałych odcinkach, zgodnie z 8.26, można również wykonać warstwę odcinającą, ale nie jest ona konieczna. W tym przypadku podjęto decyzję o wykonaniu warstwy odcinającej na całym odcinku. Jako warstwę odcinającą należy zastosować geotekstylia. W przykładzie przyjęto wykonanie warstwy odcinającej z geotkaniny, spełniającej kryteria według punktu 11.40.

A6-6. Przyjęcie górnych warstw konstrukcji nawierzchni

Przyjęto górne warstwy konstrukcji nawierzchni Typ C, dla ruchu KR2, z tablicy 9.5:

- warstwa ścieralna: beton asfaltowy (AC) o grubości 4 cm,
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 7 cm,
- warstwa podbudowy zasadniczej: mieszanka związana cementem, klasa $C_{3/4}$ i grubości 20 cm.

Całkowita grubość górnych warstw konstrukcji nawierzchni wynosi **31 cm**.

A6-7. Sprawdzenie wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę

Sprawdzenie przeprowadzono według punktów 10.2 i 10.3.

Głębokość przemarzania w rejonie Gdańska wynosi $h_z = 1,0 \text{ m} = 100 \text{ cm}$.

Minimalna, wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i ulepszanego podłoża ze względu na przeciwdziałanie wysadzinom dobierana jest według tablicy 10.1 w zależności od grupy nośności podłoża (G4) i kategorii ruchu (KR2) i wynosi:

$$H_{\min} = 0,65 \times 100 = 65 \text{ cm},$$

W tablicy A6-5 przedstawiono porównanie tej grubości z grubościami projektowanymi.

Tablica A6-5. Porównanie grubości projektowanych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego 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 ulepszonego podłoża [cm]	Grubość całkowita nawierzchni i ulepszonego podłoża $H_{całk}$ [cm]	Spełnienie warunku $H_{całk} \geq H_{min}$
1.	0+000 – 0+200	65	31	45	76	Tak
2.	0+200 – 0+500	65	31	45	76	Tak
3.	0+500 – 0+800	65	31	45	76	Tak
4.	0+800 – 1+200	65	31	45	76	Tak

We wszystkich przypadkach grubość konstrukcji nawierzchni i ulepszonego podłoża jest większa od wymaganej ze względu na powstawanie wysadzin.

A6-8. Porównanie założonej i zaprojektowanej grubości konstrukcji nawierzchni

Założona w punkcie A6-2 grubość konstrukcji nawierzchni wynosi 0,50 m. Całkowita grubość warstw przyjętej konstrukcji nawierzchni wynosi 0,51 m.

Różnica grubości wynosi 1 cm i nie ma wpływu na kwalifikację warunków wodnych przedstawioną w tablicy A6-2 i tym samym nie wpływa na przyjęcie grupy nośności podłoża przedstawioną w tablicy A6-3, oraz potrzebę zastosowania warstwy odsączającej.

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

Od km 0+000 do km 0+200 i od 0+500 do 0+800 (podłoże G4):

- warstwa ścieralna: beton asfaltowy (AC) o grubości 4 cm,
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 7 cm,
- podbudowa zasadnicza: mieszanka związana cementem, klasa $C_{3/4}$, o grubości 20 cm,
- warstwa mrozoochronna: grunt stabilizowany cementem, klasa $C_{1,5/2}$ o grubości 20 cm,
- warstwa ulepszonego podłoża: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ i grubości 25 cm,
- warstwa odcinająca: geotkanina.

Całkowita grubość warstw wynosi **76 cm**.

Od km 0+200 do km 0+500 i od 0+800 do 1+200 (podłoże G4):

- warstwa ścieralna: beton asfaltowy (AC) o grubości 4 cm,
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy (AC) o grubości 7 cm,
- podbudowa zasadnicza: mieszanka związana cementem, klasa $C_{3/4}$,
- o grubości 20 cm,
- warstwa mrozoochronna: grunt stabilizowany cementem, klasa $C_{1,5/2}$ o grubości 20 cm,
- warstwa ulepszonego podłoża: grunt niewysadzinowy o CBR $\geq 20\%$ i grubości 25 cm, **warstwa pełni rolę warstwy odsączającej**,
- warstwa odcinająca: geotkanina.

Całkowita grubość warstw wynosi **76 cm**.

A6-9. Zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych

Zaprojektowana konstrukcja ma podbudowę zasadniczą wykonaną z mieszanki związanej cementem C_{3/4}. Taki typ konstrukcji jest narażony na powstawanie spękań poprzecznych. Należy rozważyć zastosowanie zabiegów minimalizujących ryzyko wystąpienia spękań poprzecznych zgodnie z punktami 11.43-11.55.

Ze względu na klasę wytrzymałości C_{3/4} podbudowy zasadniczej związanej cementem, zgodnie z punktem 11.50 oraz ze względu na niską kategorię ruchu (KR2) zrezygnowano z wykonania szczelin w podbudowie.

A6-10. Wymagania materiałowe i technologiczne przyjętej konstrukcji nawierzchni

Tablica A6-6. Wymagania materiałowe i technologiczne

Lp.	Warstwa	Materiał	Wymagania	Uwagi
1.	Ścieralna	Beton asfaltowy (AC)	Pkt 11.12, Tablica 11.2	-
2.	Wiążąca	Beton asfaltowy (AC)	Pkt 11.13, Tablica 11.2	-
3.	Warstwa podbudowy zasadniczej	Mieszanka związana cementem	Pkt 11.18, Tablica 11.4 C _{3/4} ≤ 6 MPa	Możliwe do zastosowania inne spoiwa hydrauliczne (żużel, popiół lotny i spoiwo drogowe).
4.	Warstwa mrozoochronna	Grunt stabilizowany cementem	Pkt 11.29, Tablica 11.5 C _{1,5/2} ≤ 4 MPa	Możliwe do zastosowania inne spoiwa hydrauliczne (żużel, popiół lotny i spoiwo drogowe).
5.	Warstwa ulepszanego podłoża (niepełniący funkcji warstwy odsączającej)	Grunt niewysadzinowy	Pkt 11.36, Tablica 11.6 CBR ≥ 20% Zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 15%. Nie stawia się wymagań co do współczynnika filtracji.	Możliwe jest zastosowanie mieszanki niezwiązanej.
6.	Warstwa ulepszanego podłoża (pełniący funkcji warstwy odsączającej)	Grunt niewysadzinowy	Pkt 11.36, Tablica 11.6 CBR ≥ 20% Warstwa pełni rolę warstwy odsączającej. Zawartość cząstek mniejszych od 0,063 mm nie więcej niż 6%, k ≥ 8 m/dobę.	Możliwe jest zastosowanie mieszanki niezwiązanej.
7.	Warstwa odcinająca	Geotkanina	Pkt 11.40	Możliwe jest zastosowanie geowłókniny lub piasku drobnego.

Załącznik B. Obciążenie nawierzchni, temperatura ekwiwalentna i stałe materiałowe

B1. Obciążenie

Przyjęto obliczeniowe obciążenie osi pojedynczej równe 100 kN. Naprężenia i odkształcenia w konstrukcjach nawierzchni obliczono przy obciążeniu kołem pojedynczym o ciężarze 50 kN, ciśnieniu kontaktowym 850 kPa i śladzie kołowym pojedynczym.

B2. Temperatura ekwiwalentna

Na podstawie analiz danych temperaturowych powietrza w Polsce w ostatnich 30 latach z 22 stacji pomiarowych oraz obliczeń konstrukcji nawierzchni, wyznaczono nowe wartości temperatur ekwiwalentnych dla warstw asfaltowych. Przyjęto następujące temperatury ekwiwalentne dla całego roku w zależności od typu konstrukcji nawierzchni:

- a) podatna +13°C,
- b) półsztywna +15°C.

Różnice w wartościach temperatury ekwiwalentnej dla poszczególnych typów konstrukcji nawierzchni wynikają z różnic w mechanizmie pracy konstrukcji podatnej i półsztywnej.

B3. Stałe materiałowe górnych warstw konstrukcji nawierzchni

B3.1. Mieszanki mineralno-asfaltowe

Wartości modułów sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych przyjęto przy następujących założeniach:

- a) temperatura ekwiwalentna warstwy wg p. B2,
- b) czas oddziaływania obciążenia równy 0,02 sekundy, co odpowiada poruszaniu się pojazdu ciężarowego z prędkością 60 km/h,
- c) właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych wg wymagań podanych w rozdziale 11.

Na podstawie podanych założeń, wartości modułów sztywności S obliczono według metody Shella. W ustalaniu tych modułów przyjęto parametry objętościowe mieszanek mineralno-asfaltowych zgodne z obowiązującymi podczas opracowywania *Katalogu* Wymaganiami Krajowymi. Metoda Shella umożliwia określenie modułów sztywności z dokładnością 15-20%. Moduły sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych mogą się różnić od wartości podanych w tabelicy B1 w przypadku innej temperatury lub czasu obciążenia.

Wartość współczynnika Poissona warstw asfaltowych w temperaturach +13°C i +15°C przyjęto $\nu = 0,3$.

Przyjęto jednakowe wartości modułów sztywności oraz jednakowe charakterystyki zmęczenia dla mieszanek mineralno-asfaltowych z asfaltem drogowym zwykłym i modyfikowanym. Daje to pewien zapas bezpieczeństwa w projektowaniu konstrukcji nawierzchni z użyciem asfaltów modyfikowanych. W przypadku stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem asfaltów modyfikowanych nie dopuszcza się do zmniejszenia grubości warstw w stosunku do podanych w rozdziale 9.

Tablica B1. Moduły sztywności wybranych mieszanek mineralno-asfaltowych obliczone wg metody Shella

Lp.	Rodzaj mieszanki	Moduł sztywności S [MPa] przy czasie obciążenia 0,02 s i temperaturze:	
		+13°C	+15°C
Ruch KR3-KR7			
1.	Mastyks grysowy do warstwy ścieralnej, KR3KR7	7 300	6 000
2.	Beton asfaltowy do warstwy ścieralnej, KR3KR4	9 300	7 700
3.	Beton asfaltowy do warstwy wiążącej	10 300	9 300
4.	Beton asfaltowy do warstwy podbudowy	9 800	8 900
Ruch KR1-KR2			
5.	Beton asfaltowy do warstwy ścieralnej	9 300	7 700
6.	Beton asfaltowy do warstwy wiążącej	8 800	7 500
7.	Beton asfaltowy do warstwy podbudowy	8 400	7 100

B3.2. Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej

Przyjęte wartości stałych materiałowych warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej przedstawiono w tablicy B2.

Tablica B2. Zestawienie stałych materiałowych dla podbudowy zasadniczej z mieszanek niezwiązanych

Lp.	Rodzaj mieszanki niezwiązanej	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	z kruszywem C _{90/3}	400	0,30
2.	z kruszywem C _{50/30}	300	0,30
3.	z kruszywem C _{NR}	250	0,30

B3.3. Podbudowa zasadnicza z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym

Zestawienie klas wytrzymałości i stałych materiałowych podbudowy zasadniczej z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym podano w tablicy B3.

Zgodnie z wymaganiami podanymi w tablicy 11.4 istnieje możliwość klasyfikowania mieszanek związanych żużlem, popiołem lotnym i spoiwem drogowym nie poprzez klasę wytrzymałości, ale poprzez wskaźnik CBR lub wytrzymałość na ściskanie Rc. W takim przypadku przyjęto stałe materiałowe odpowiadające równoważnej klasie wytrzymałości dla danej kategorii ruchu, jak w tablicy 11.4.

Tablica B3. Zestawienie stałych materiałowych dla podbudów zasadniczych z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym

Lp.	Klasa wytrzymałości		I faza pracy, przed spękaniami		II faza pracy, po spękananiu		
	Mieszanek związanych cementem	Mieszanek związanych popiołem lotnym, żużłem lub spoiwem drogowym			Duże bloki	Małe bloki	Współczynnik Poissona
			E [MPa]	ν [-]	E [MPa]	E [MPa]	ν [-]
1.	C _{3/4}	C _{3/4}	4 800	0,25	2 000	400	0,30
2.	C _{5/6}	C _{6/8}	7 200	0,25	2 500	500	0,30
3.	C _{8/10}	C _{9/12}	15 100	0,25	3 000	600	0,30

Półsztywne konstrukcje nawierzchni obliczano z uwzględnieniem dwóch faz pracy podbudowy zasadniczej związanej spoiwem hydraulicznym. Jednocześnie w obliczeniach konstrukcji nawierzchni uwzględniono bardziej agresywne oddziaływanie ruchu ciężkiego na nawierzchnie półsztywne w porównaniu do nawierzchni podatnych. Zastosowano współczynnik równy 1,5, zmniejszający obliczoną trwałość zmęczeniową konstrukcji nawierzchni półsztywnej w pierwszej fazie pracy, przed spękaniami podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym.

B3.4. Podbudowa zasadnicza z gruntów stabilizowanych spoiwem hydraulicznym

W przypadku konstrukcji nawierzchni dla ruchu KR1 i KR2 podbudowa zasadnicza (leżąca bezpośrednio pod warstwami asfaltowymi) może być wykonana z gruntów

stabilizowanych spoiwem hydraulicznym o wytrzymałości $C_{3/4}$. Stałe materiałowe przyjęto wg tablicy B3, jak dla klasy wytrzymałości $C_{3/4}$.

B3.5. Podbudowa zasadnicza z mieszanki wykonanej w technologii recyklingu na zimno

Na podstawie doświadczeń w projektowaniu konstrukcji nawierzchni warstw podbudowy zasadniczej wykonanej w technologii recyklingu na zimno przyjęto, że mieszanka w technologii recyklingu na zimno tj. mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna lub mieszanka mineralna z asfaltem spienionym posiada następujące wartości stałych materiałowych:

- a) moduł sprężystości $E = 1\,500\text{ MPa}$,
- b) współczynnik Poissona $\nu = 0,30$.

B3.6. 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 tablicy B4.

Tablica B4. 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. Stałe materiałowe dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, warstwy ulepszanego podłoża i podłoża gruntowego nawierzchni

W obliczeniach grubości dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszanego podłoża przy wykorzystaniu materiałów związanych spoiwem hydraulicznym i wapnem przyjęto jedną fazę pracy już po spękaniu tych warstw. Pominięto fazę pracy przed spękaniem.

B4.1. Podbudowa pomocnicza

Wartości stałych materiałowych warstwy podbudowy pomocniczej przedstawiono w tablicy B5.

Tablica B5. Zestawienie stałych materiałowych podbudowy pomocniczej

Lp.	Rodzaj materiału	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym $C_{5/6}$	500	0,30
2.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$	400	0,30
3.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$	400	0,30
4.	Mieszanka niezwiązana	250	0,30

B4.2. Warstwa mrozochronna

Wartości stałych materiałowych warstwy mrozochronnej przedstawiono w tablicy B6.

Tablica B6. Zestawienie stałych materiałowych warstwy mrozochronnej

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

B4.3. Warstwa ulepszanego podłoża

Wartości stałych materiałowych warstwy ulepszanego podłoża przedstawiono w tablicy B7.

Tablica B7. Zestawienie stałych materiałowych warstwy ulepszanego podłoża

Lp.	Rodzaj materiału	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym C _{0,4/0,5}	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 ulepszanego 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 ulepszanego 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 tablicy B8.

Tablica B8. 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