

TN-256: Weryfikacja i uaktualnienie Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych Zadania 4-2 : 7

Opracowali:

Prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski, IBDiM TN

dr inż. Wojciech Bańkowski, IBDiM TN

dr inż. Cezary Kraszewski, IBDiM TGF

mgr inż. Beata Gajewska, IBDiM TGF

dr inż. Bożena J. Wilczek, IBDiM TGF

mgr inż. Tomasz Mechowski, IBDiM TN

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Kłosek, Politechnika Śląska

dr inż. Marcin Grygierek, Politechnika Śląska

Kierownik Zakładu Technologii Nawierzchni

Prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, data

Spis treści

1	Wprowadzenie	3
2	Zadanie 4-2: Opracowanie procedur pomiarowych badań diagnostycznych i odbiorczych nawierzchni, część 2	3
3	Zadanie 5-1: Aktualizacja rozdziału 4 – Metodyka i kryteria oceny stanu nawierzchni asfaltowej w celu przygotowania jej naprawy.....	4
4	Zadanie 5-2: Aktualizacja rozdziału 5 – Wybór sposobu i zakresu naprawy nawierzchni z uwzględnieniem rodzaju uszkodzenia.....	4
5	Zadanie 5-3: Aktualizacja rozdziału 6 – Remont nawierzchni.....	4
6	Zadanie 5-4: Aktualizacja rozdziału 7 – Przebudowa nawierzchni.....	4
6.1	Współczynnik sezonowości.....	4
6.2	Współczynnik podbudowy	7
6.3	Zmiany w p. 7.4.5 Określenie rzeczywistej grubości nakładki wzmacniającej.....	10
6.4	Zmiany w p. 7.5.5.5. Badania gruntu podłoża	10
7	Zadanie 5-5: Aktualizacja rozdziału 8 – Mrozoodporność podłoża - Ochrona przeciwmrozowa podłoża gruntowego w nawierzchniach drogowych na przykładzie wybranych krajów o zbliżonym klimacie do polskiego	13
7.1	Wstęp.....	13
7.2	Wielka Brytania	14
7.3	Szwecja.....	15
7.4	U.S.A.....	16
7.5	USA, Stan Waszyngton.....	17
7.6	Francja.....	18
7.7	Niemcy	20
7.8	Kanada	21
7.9	Analiza.....	22
7.10	Wnioski	22
8	Zadanie 5-6: Aktualizacja rozdziału 9 – Poszerzenie jezdni i utwardzone pobocze.....	22
9	Zadanie 5-7: Aktualizacja rozdziału 10 – Zalecenia technologiczne doboru materiałów i warstw remontu lub przebudowy.....	22
10	Zadanie 6: Aktualizacja rozdziału 11 – Naprawa nawierzchni w obszarze wpływów górniczych	23
11	Zadanie 7: Aktualizacja rozdziału 12 – Literatura.....	23
12	Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych – wersja zaktualizowana, wstępny projekt, 2012 (w załączeniu)	23

13	Literatura	23
----	------------------	----

1 Wprowadzenie

Niniejsze sprawozdanie przedstawia pokrótce podstawy zmian dokonanych w ramach aktualizacji Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych KWRNPP wydanego w 2001 r. Obecny Katalog (podobnie jak poprzedni) jest także uzupełnieniem zaktualizowanego Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych KTKNPP przygotowanego w Politechnice Gdańskiej w 2012 r.

W nowym KWRNPP uwzględniono zmiany obowiązujących norm i przepisów technicznych oraz nowe materiały i technologie wdrożone w ostatnich latach. Uwzględniono także nowe problemy polskiego drogownictwa – redukcja hałasu drogowego, stosowanie materiałów alternatywnych, w tym destruktu (granulatu) asfaltowego.

Szczególną uwagę zwrócono na właściwe rozpoznanie stanu nawierzchni – diagnozę. Decyzja o zakresie naprawy, remontu (bez wzmocnienia), czy przebudowy (ze wzmocnieniem), musi być oparta o rozpoznanie stanu nawierzchni, którego zakres powinien uwzględniać klasę drogi i kategorię ruchu (ograniczając zakres prac do niezbędnego minimum z objęciem diagnostyką wszystkich potencjalnych rodzajów uszkodzenia). Katalog podaje metodykę i zakres badań diagnostycznych. W ocenie stanu nawierzchni dróg o niższej kategorii ruchu wystarczająca jest ocena wizualna, wspomagana pomiarami ugięć sprężystych nawierzchni, jako narzędzia do projektowania konstrukcji nawierzchni. Ocena stanu nawierzchni dróg o wyższej kategorii ruchu wymaga zastosowania zmechanizowanych metod oceny. Wynika to z dwóch powodów. Po pierwsze metody te są obiektywne, w znacznym stopniu niezależne od operatora, a wobec tego dokładniejsze. Po drugie wobec zwiększenia natężenia ruchu na drogach jakakolwiek czynność wykonywana przez operatora w sposób tradycyjny, wymagający wejścia człowieka na drogę, staje się zbyt ryzykowne. Jeśli jest to możliwe, to czynności te należy automatyzować i wyposażać operatora w narzędzia oceny zautomatyzowanej.

Tak jak w poprzedniej wersji podano i opisano dwie metody wymiarowania konstrukcji nawierzchni:

- Metodę ugięć
- Metodę mechanistyczną.

Kolejnym krokiem w opracowaniu KWRNPP zgodnie z umową będą załączniki. Niektóre z nich, dotyczące oceny stanu nawierzchni są umieszczone w niniejszym sprawozdaniu. Pozostałe będą opracowane w początku 2013 r.

W ramach niniejszej pracy przekazujemy sprawozdanie i zaktualizowany Katalog (jeszcze bez załączników), który jest oczywiście najważniejszą z części pracy. Istotne zmiany zostały zapisane w Katalogu, a w poszczególnych punktach sprawozdania (zadaniach) zamieszczono opis podstaw dokonanych zmian. W niektórych rozdziałach zmiany są istotne i znaczne.

Wydaje się zasadne umieszczenie tej wersji Katalogu na stronie internetowej IBDiM w celu przekazania zainteresowanym i uzyskania opinii, które byłyby uwzględnione w dokonaniu zgłoszonych i zaakceptowanych poprawek do czerwca 2013 r.

2 Zadanie 4-2: Opracowanie procedur pomiarowych badań diagnostycznych i odbiorczych nawierzchni, część 2

Wprowadzono istotne zmiany w ocenie stanu nawierzchni i podłoża gruntowego.

Włączono w badania uzupełniających ocenę uziarnienia gruntu podłoża.

Dokonano istotnych zmian w p. 4.2.4. Ocena stanu podłoża istniejącej nawierzchni.

3 Zadanie 5-1: Aktualizacja rozdziału 4 – Metodyka i kryteria oceny stanu nawierzchni asfaltowej w celu przygotowania jej naprawy

4 Zadanie 5-2: Aktualizacja rozdziału 5 – Wybór sposobu i zakresu naprawy nawierzchni z uwzględnieniem rodzaju uszkodzenia

5 Zadanie 5-3: Aktualizacja rozdziału 6 – Remont nawierzchni

6 Zadanie 5-4: Aktualizacja rozdziału 7 – Przebudowa nawierzchni

W rozdziale 7 aktualizacji zaktualizowano podrozdziały:

- 7.4.2. Ugięcie obliczeniowe
- 7.4.5. Określenie rzeczywistej grubości nakładki wzmacniającej.

6.1 Współczynnik sezonowości

Jedną z obowiązujących metod wymiarowania konstrukcji, zgodnie z „Katalogiem wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych” jest metoda ugięć. Wyznaczenie ugięcia obliczeniowego związane jest z prawidłowo wyznaczonymi, bądź przyjętymi współczynnikami, sprowadzającymi warunki pomiaru do warunków standardowych. Jednym z współczynników niezbędnym do wyznaczenia ugięcia obliczeniowego jest tzw. współczynnik sezonowości, korygujący ugięcia ze względu na porę roku, w której wykonano pomiary. Obecnie wartość tego współczynnika przyjmuje się jako 1,0 gdy pomiary zostały wykonane wiosną (najbardziej krytyczna pora ze względu na nośność nawierzchni). W przypadku gdy pomiary zostały wykonane w innej porze roku, wartość tego współczynnika należy przyjmować większą od 1,0, na podstawie doświadczenia projektanta. Subiektywne szacowanie tego współczynnika na podstawie lokalnych czynników klimatycznych, gruntowo-wodnych i w zależności od konstrukcji nawierzchni dla różnych miesięcy prowadzi do dużych błędów przy wyznaczaniu ugięcia obliczeniowego.

W latach 2004 – 2006 IBDiM zrealizował pracę badawczą pt.: „Opracowanie współczynników sezonowości dla nawierzchni dróg w polskich warunkach klimatycznych”. Celem pracy było określenie wartości liczbowych współczynnika sezonowości dla poszczególnych sezonów w roku przy uwzględnieniu stref klimatycznych i położenia geograficznego.

W ramach pracy wytypowano 31 odcinków badawczych, na których wykonano serie pomiarów ugięć nawierzchni ugięciomierzem FWD i belką Benkelmana. Wybrane odcinki badawcze były reprezentatywne dla sieci drogowej w zakresie:

- położenia geograficznego (cały obszar kraju),
- stref przemarzania (wszystkie strefy przemarzania od 0,8 – 1,4),
- rodzajów gruntów podłoża (spoisne, sypkie)
- rodzajów i grubości konstrukcji (podatne, półsztywne; 30-60cm).

W I etapie pracy opisano konstrukcję nawierzchni dla wszystkich odcinków badawczych oraz wykonano badania warstw podłoża gruntowego. Opisano również szczegółowo charakterystyki

klimatu jak również występujących opadów atmosferycznych, temperatur powietrza oraz głębokości przemarzania gruntów dla terytorium Polski, oraz różnice klimatyczne występujące w Polsce stosunku do reszty Europy.

Analiza i weryfikacja uzyskanych wyników badań objęła zmiany wielkości ugięć w zależności od:

- terminu badania (miesiąca),
- konstrukcji nawierzchni,
- rodzaju i wilgotności podłoża gruntowego,
- temperatury warstw bitumicznych,

Dane z pomiarów ugięć archiwizowano a wartości średnie z poszczególnych serii badań zestawiano w tablicach (przykład w Tab. 1).

Tablica 1. Przykład analizy współczynników sezonowych dla badania ugięć nawierzchni ugięciomierzem belkowym - Odcinek badawczy TDW/12

Analiza współczynników sezonowych dla pomiarów ugięciomierza Benkelmana						
Data wykonania pomiarów						
30.03.2005	29.04.2005	7.06.2005	28.06.2005	29.07.2005	7.09.2005	6.10.2005
Średnie wartości ugięć [mm]						
0,391	0,436	0,475	0,516	0,507	0,398	0,376
Wartości odchylenia standardowego [mm]						
0,142	0,118	0,113	0,082	0,134	0,125	0,124
Temperatura w środku warstw asfaltowych [°C] - T						
6,2	14,1	22,8	21,0	27,6	18,1	11,8
Średnie wartości ugięć [mm] z uwzględnieniem wsp. temp. [$f_T=1+0,02 \cdot (20-T)$] - S_i						
0,499	0,488	0,448	0,506	0,430	0,413	0,438
Wartości średniej standaryzowanej - $U_i^{sr\ stand} = U_i / [(\sum U_i) / n]$ [$(\sum U_i) / n = 0,460 \text{ mm}$]						
1,084	1,060	0,973	1,099	0,934	0,898	0,952
Wartości współczynników sezonowości – f_s w odniesieniu do pomiarów z marca						
1,00	1,02	1,11	0,99	1,16	1,21	1,14

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz sformułowano następujące wnioski:

1. Wybrane odcinki badawcze są reprezentatywne dla sieci drogowej Polski w zakresie:

- położenia geograficznego (cały obszar kraju),
- stref przemarzania (wszystkie strefy przemarzania od 0,8 – 1,4),

- rodzajów gruntów podłoża (spoisłe, sypkie)
 - rodzajów i grubości konstrukcji (podatne, półsztywne; 30-60cm).
2. Suma rocznych opadów atmosferycznych w latach 2003 do 2005 była zbliżona do maksymalnych z lat 1971-2000 (700-1000mm przy wieloletniej 1000mm), natomiast lekko obniżona w zakresie opadów minimalnych (300-500mm przy wieloletniej 550mm).

Suma średnich miesięcznych opadów atmosferycznych w okresie od czerwca 2004r do października 2006 była zbliżona do średnich maksymalnych miesięcznych z lat 1971-2000, natomiast lekko obniżona w zakresie opadów minimalnych.

Średniomiesięczne temperatury powietrza generalnie mieściły się w przedziałach średnich wieloletnich, aczkolwiek wystąpiły okresy ekstremalnie ciepłe - lipiec 2006, anormalnie ciepły - wrzesień 2006, skrajnie suche – wrzesień, grudzień 2004, sierpień, październik 2005, marzec, czerwiec, lipiec 2006 i skrajnie wilgotne – luty, marzec grudzień 2005 oraz sierpień 2006.

W stosunku do obserwacji wieloletnich z lat 1971-2000 wystąpiła w okresie prowadzenia badań lekka tendencja ocieplenia klimatu Polski i mniejszej ilości opadów atmosferycznych.

3. Z analizy sezonowości klimatu w cyklu rocznym, tak dla obserwacji wieloletnich, jak i z lat 2004 – 2006 wyznaczono cztery sezony:
- Sezon I „zimowy” obejmujący miesiące styczeń i luty – o temperaturach średnich miesięcznych maksymalnych 0 – 2 °C, temperaturach średnich miesięcznych minimalnych -3 – -4 °C, wysokości średnich miesięcznych opadów minimalnych 20 – 30mm i wysokości średnich miesięcznych opadów maksymalnych 40 – 50mm. W okresie „zimowym” nie prowadzi się badań ugięć nawierzchni.
 - Sezon II „wczesno-wiosenny” obejmujący miesiące marzec i kwiecień – o temperaturach średnich miesięcznych maksymalnych 4 – 8 °C, temperaturach średnich miesięcznych minimalnych 1 – 6 °C, wysokości średnich miesięcznych opadów minimalnych – 30mm i wysokości średnich miesięcznych opadów maksymalnych 50 – 80 mm. W okresie „wczesno-wiosennym” prowadzi się badania ugięć nawierzchni a wyniki są uznawane za najbardziej miarodajne ze wszystkich okresów roku, ponieważ konstrukcja nawierzchni i podłoża gruntowe po rozmarznięciu charakteryzują się najmniejszą nośnością.
 - Sezon III „wiosenno - letni” obejmujący miesiące maj, czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień – o temperaturach średnich miesięcznych maksymalnych 13,5 – 18 °C, temperaturach średnich miesięcznych minimalnych 11 – 16 °C, wysokości średnich miesięcznych opadów minimalnych 45 – 60 mm i wysokości średnich miesięcznych opadów maksymalnych 100 – 160 mm. W okresie „wiosenno - letnim” prowadzi się badania ugięć nawierzchni a wyniki powinny być korygowane współczynnikiem sezonowym.
 - Sezon „jesienny” obejmujący miesiące październik, listopad i częściowo grudzień – o temperaturach średnich miesięcznych maksymalnych 1,5 – 9 °C, temperaturach średnich miesięcznych minimalnych -2 – 7 °C, wysokości średnich miesięcznych opadów minimalnych 35 – 40 mm i wysokości średnich miesięcznych opadów maksymalnych 60 – 80 mm. W okresie „jesiennym” prowadzi się badania ugięć nawierzchni do wystąpienia pierwszych mrozów a wyniki powinny być korygowane współczynnikiem sezonowym.
4. Dla przeprowadzonej analizy teoretycznych ugięć konstrukcji nawierzchni dla modelu dwuwarstwowego Burmistrza otrzymano zmienność ugięć:
- dla ugięciomierza belkowego wartości maksymalne od 1,45 mm dla nawierzchni o konstrukcji podatnej KR6; do 1,95 mm dla nawierzchni podatnej KR1. Natomiast wartości średnie zmienności ugięć wyniosły odpowiednio od 1,225 mm do 1,475 mm.
 - dla ugięciomierza FWD wartości maksymalne od 1,38 mm dla nawierzchni o konstrukcji podatnej KR6; do 2,10 mm dla nawierzchni podatnej KR1. Natomiast wartości średnie zmienności ugięć wyniosły odpowiednio od 1,19 mm do 1,55 mm.

Stwierdzono na podstawie przeprowadzonych rozważań teoretycznych zmienności ugięć konstrukcji nawierzchni, że współczynnik sezonowości może być istotnie duży i to zarówno dla konstrukcji typu KR1 jak i KR6 tak przy badaniach ugięciomierzem belkowym jak i FWD.

5. Z analizy doświadczeń zagranicznych wynika, że wartości współczynników sezonowych oscylują w przedziale od 1,00 do 1,6, z dominującym zakresem 1,0 – 1,30.
6. W wyniku przeprowadzonych pomiarów ugięć konstrukcji nawierzchni na odcinkach doświadczalnych ugięciomierzem belkowym i urządzeniem FWD, obliczeń teoretycznych, doświadczeń zagranicznych i analizy statystycznej przyjęto następujące współczynniki sezonowe dla pomiarów ugięć na obszarze Polski:
 - Dla sezonu „wczesno-wiosennego” – (marzec i kwiecień) – $f_s = 1,00$,
 - Dla sezonu „wiosenno - letniego” – (maj, czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień)
 - – $f_s = 1,15$,
 - Dla sezonu „jesiennego” – (październik, listopad i częściowo grudzień) – $f_s = 1,25$.

W nowelizowanym Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych proponuje się wprowadzenie następujących wartości współczynnika sezonowości f_s :

• marzec	1,00
• kwiecień	1,04
• maj	1,08
• czerwiec	1,12
• lipiec	1,15
• sierpień	1,17
• wrzesień	1,20
• październik	1,22
• listopad	1,25
• grudzień	1,28

6.2 Współczynnik podbudowy

Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych opracowany w IBDiM, w 2001 roku podaje m.in. zasady wymiarowania konstrukcji nawierzchni drogowych metodą ugięć. Wybór metody projektowania zależy od konstrukcji nawierzchni oraz od kategorii ruchu. Metodę ugięć stosuje się dla ruchu kategorii KR1 –KR4.

Jako nawierzchnię półsztywną definiuje się konstrukcję, w której podbudowę stanowi warstwa związana spoiwem hydraulicznym (cement, popioły lotne, itp.). Jeżeli pomiędzy warstwami asfaltowymi i podbudową znajduje się warstwa z kruszywa niezwiązanego – to taką konstrukcję traktujemy jako podatną.

Do wyznaczenia grubości nakładki wzmacniającej metodą ugięć potrzebna jest informacja o projektowanym ruchu i wartość ugięcia obliczeniowego. Ugięcie obliczeniowe zależy jest od wartości ugięć pomierzonych na badanym odcinku oraz ich rozproszenia i jest korygowane współczynnikami uwzględniającymi ograniczenia metody, tj. warunki termiczne wykonania badania, rodzaj podbudowy czy sezon, w którym prowadzony jest pomiar ugięć.

Wartość współczynnika podbudowy f_p podano w katalogu orientacyjnie:

- 1,0 – dla nawierzchni podatnych,
- $1,0 \div 1,4$ – dla nawierzchni półsztywnych.

Większą wartość współczynnika f_p zaleca się przyjmować dla podbudowy sztywniejszej. Natomiast gdy podbudowa jest bardzo spękana, to pracuje ona w sposób podobny do podatnej, a wówczas współczynnik f_p jest bliski 1,0.

TN 256: Weryfikacja i uaktualnienie Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych

W celu dokładniejszego oszacowania wartości współczynnika podbudowy należy się posiłkować dodatkowo oceną stanu podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym. Dodatkowe informacje można uzyskać poprzez wykonanie odwiertów w nawierzchni oraz z badań wytrzymałościowych próbek pobranych z podbudowy.

W 2007 roku IBDiM zakończył pracę badawczą pt.: „Analiza wpływu stanu podbudowy na ocenę nośności nawierzchni o konstrukcji półsztywnej”. Celem pracy było przybliżenie zagadnień związanych z określeniem wartości współczynnika podbudowy oraz ewentualną ich weryfikację i uściślenie.

Wytypowano 45 odcinków drogowych, w większości o podbudowie związanej spoiwem hydraulicznym, na których wykonano serię pomiarów ugięć oraz pobrano próbki do badań laboratoryjnych. Odcinki dobrano tak, aby reprezentowały zarówno konstrukcje podatne jak i półsztywne oraz charakteryzowały się różnymi grubościami warstw konstrukcyjnych. Badania ugięć prowadzono głównie ugięciomierzem dynamicznym FWD. Na kilkunastu odcinkach wykonano również pomiary ugięć belką Benkelmana. Na wytypowanych odcinkach dróg wykonano odwierty w nawierzchni w celu rozpoznania układu i grubości warstw oraz pobrania próbek podbudowy do badania wytrzymałości na ściskanie

Dla pomierzonych ugięć metodą FWD i belką Benkelmana wyznaczono ugięcia obliczeniowe U_{obl} . Przyjęto współczynniki korygujące f_s i f_T zgodnie z zaleceniami Katalogu. Współczynnik f_p przyjęto jako równy 1,00. Dla ugięć FWD uwzględniono również współczynnik przeliczający ugięcia na metodę Benkelmana (f_{BB}). Po wyznaczeniu ugięć obliczeniowych oceniono zgodność uzyskanych wartości z obu metod pomiarowych. W tym celu sprawdzono korelację ugięć obliczeniowych uzyskanych z badań FWD i belką Benkelmana.

Uzyskano zadowalający poziom współczynnika korelacji $R = 0,83$. Oznacza to, że zarówno z pomiarów ugięć belką Benkelmana jak i z pomiarów FWD otrzymano porównywalne wartości ugięcia obliczeniowego U_{obl} służącego do wyznaczenia grubości nakładki wzmacniającej z nomogramu. Oznacza to również, że współczynniki korygujące zostały w Katalogu dobrane prawidłowo. Dlatego też dalsze analizy oparto na ugięciu obliczeniowym wyznaczonym z pomiarów FWD. Przemawiał za tym również fakt, że pomiary ugięć FWD wykonano na wszystkich wytypowanych odcinkach.

W następnym kroku obliczono trwałość konstrukcji, a w przypadku analizy metodą mechanistyczną poszczególnych warstw nawierzchni. Trwałość zmęczeniową konstrukcji nawierzchni określono wykorzystując kryteria zmęczeniowe przyjęte w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych.

Dla obu metod, tj. ugięć i mechanistycznej obliczono grubość nakładki wzmacniającej, przy założeniu liczby osi obliczeniowych w trzech wariantach: 2, 4 i 6 mln. osi 100 kN. Obliczając nakładkę metodą mechanistyczną analizowano tylko spełnienie kryterium deformacji strukturalnych (podłoża gruntowego) ponieważ było to kryterium dominujące dla praktycznie wszystkich konstrukcji odcinków badawczych. W obliczeniach pominięto nawierzchnie, dla których trwałość wykraczała poza obszar działania metody ugięć (ruch powyżej kategorii KR4). Przyjęto, że wzmocnienie stanowiła będzie warstwa z betonu asfaltowego o module sztywności $E = 10000$ MPa (w temperaturze 10°C) i stałej Poissona $\nu = 0,3$.

Obliczone grubości nakładek wzmacniających (z metody ugięć i metody mechanistycznej, przy 95% poziomie ufności) poddano dalszej analizie. W pierwszej kolejności rozdzielono odcinki z konstrukcją podatną i odcinki z konstrukcją półsztywną. W obu grupach oddzielnie przeanalizowano zgodność grubości nakładek wzmacniających wyznaczonych obu metodami.

Dla nawierzchni podatnych uzyskano podobne grubości wzmocnienia, nieco większe dla metody ugięć. Według metody mechanistycznej średnia grubość nakładki wyniosła 13 cm, natomiast

wyznaczona na podstawie ugięcia obliczeniowego 15 cm. Różnicę tę można traktować jako pewien zapas bezpieczeństwa w metodzie ugięć, uwzględniający ograniczenia tej metody.

Z odcinków o nawierzchni półsztywnej wydzielono kilka konstrukcji, które miały moduły warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym na poziomie podbudowy niezwiązanej (nawierzchnie podatne). Dla pozostałych odcinków otrzymano średnie grubości nakładki odpowiednio:

- 10,7 cm dla metody mechanistycznej,
- 9,5 cm dla metody ugięć.

Różnice te sugerują konieczność zastosowania współczynnika podbudowy f_p , w celu uzyskania zbliżonych do siebie grubości nakładek dla obu metod projektowych. Dla oszacowania wielkości tego współczynnika podzielono odcinki o konstrukcji półsztywnej na kolejne dwie grupy:

- module podbudowy $E_2 < \text{od } 1000 \text{ MPa}$,
- module podbudowy $E_2 > \text{od } 1000 \text{ MPa}$.

Dla odcinków z obu grup wyznaczono współczynnik podbudowy, którego średnie wartości wyniosły odpowiednio:

- 1,00 dla konstrukcji o module podbudowy $E_2 < \text{od } 1000 \text{ MPa}$,
- 1,20 dla konstrukcji o module podbudowy $E_2 > \text{od } 1000 \text{ MPa}$.

Wartości ugięć obliczeniowych dla odcinków o konstrukcji półsztywnej skorygowano współczynnikami podbudowy podanymi powyżej. Wyznaczono ponownie grubości nakładki metodą ugięć. Otrzymano dobrą zgodność wzmocnienia obliczonego obu metodami projektowymi. Współczynnik korelacji wyniósł $R = 0,81$, a współczynnik kierunkowy prostej regresji jest zbliżony do 1.

Sprawdzono również korelację wartości modułów sprężystości warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym z wytrzymałością na ściskanie próbek pobranych z tej warstwy. Również w tym przypadku otrzymano zadowalającą korelację wartości ($R = 0,84$). Wskazuje to na możliwość szacowania wielkości współczynnika podbudowy na podstawie oceny wytrzymałości na ściskanie próbek pobranych z warstwy związanej spoiwem hydraulicznym.

Wykonana praca pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- dobra korelacja ugięć obliczeniowych wyznaczonych z pomiarów ugięciomierzem belkowym Benkelmana i ugięciomierzem dynamicznym FWD wskazuje, że podane w Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych wartości współczynników korekcyjnych (współczynnik temperaturowy f_T oraz współczynnik do przeliczania ugięć FWD na ugięcia Benkelmana) oraz opracowany w 2006 roku współczynnik sezonowości f_s zostały dobrane poprawnie,
- grubość nakładki projektowanej według metody ugięć jest średnio wyższa o ok. 4 cm od zaprojektowanej metodą mechanistyczną; wynika to prawdopodobnie z wyższego poziomu ufności przyjętego w metodzie ugięć (98%, a w metodzie mechanistycznej zazwyczaj przyjmuje się 85% przy obliczaniu modułów warstw konstrukcyjnych); wskazuje to także na potrzebę przyjmowania wyższego poziomu ufności w analizach metodą mechanistyczną,
- dobra korelacja wartości modułów sprężystości warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym z wytrzymałością na ściskanie próbek pobranych z tej warstwy wskazuje na możliwość szacowania wielkości współczynnika podbudowy na podstawie oceny wytrzymałości na ściskanie próbek pobranych z warstwy związanej spoiwem hydraulicznym,
- złożoność pracy nawierzchni o konstrukcji półsztywnej, czego przejawem jest trudność wyznaczenia ścisłych wartości współczynnika podbudowy na podstawie badań wykonanych w niniejszej pracy, skłania do wskazania metody mechanistycznej jako najodpowiedniejszą do projektowania wzmocnień nawierzchni półsztywnej,

- przeprowadzone w pracy badania i analizy pomiarów na wytypowanych odcinkach drogowych sugerują przyjęcie następujących, ogólnych zasad przyjmowania wartości współczynnika podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym:
 - o dla kruszywa lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym – $f_p = 1,0 \div 1,1$,
 - o dla chudego betonu cementowego ($R_c < 9 \text{ MPa}$) – $f_p = 1,1 \div 1,2$,
 - o dla betonu cementowego – $f_p > 1,2$.

6.3 Zmiany w p. 7.4.5 Określenie rzeczywistej grubości nakładki wzmacniającej

W tablicy 14 wprowadzono mieszanki związane spoiwem hydraulicznym.

6.4 Zmiany w p. 7.5.5.5. Badania gruntu podłoża

Wprowadzono poprawki w tekście dot. badania gruntu podłoża. Uwzględniono także zmiany w zakresie podłoża i warstw drogowych niezwiązanych i związanych hydraulicznie.

6.5 Określenie wymaganych zmian KWiRNPP w zakresie podłoża i warstw drogowych niezwiązanych i związanych hydraulicznie.

6.5.1 Podłoże gruntowe

Od czasu wydania KWiRNPP nastąpiło wiele zmian w normalizacji. Wprowadzono nowe normy PN-EN oraz opracowano Wytyczne Techniczne adoptujące te normy do stosowania w Polsce WT 4 i WT 5.

Ponadto, w związku z wprowadzeniem Eurokodu 7 przyjęta została nowa klasyfikacja gruntów, zupełnie inna niż dotychczasowa stosowana w Polsce. Zmieniły się nazwy gruntów oraz wprowadzono nowe normy dot. badań gruntów. Wynika stąd konieczność nowelizacji KWiRNPP w zakresie podłoża gruntowego i jego oceny (rozdz. 4) oraz mrozoodporności (rozdz. 8).

Uzasadnienie:

W 2006 roku do zbioru polskich norm została wprowadzona nowa dwuczęściowa norma dotycząca oznaczania i klasyfikowania gruntów. Podział na frakcje przyjęty w nowej normie europejskiej (PN-EN ISO 14688-1) odbiega od dotychczasowej klasyfikacji polskiej. Wprowadzono frakcje: iłowa, pyłowa, piaszkowa, żwirowa w zasadzie pozostają niemal zgodne z frakcjami według dotychczasowej PN, zmieniły się natomiast granice frakcji pyłowej z iłową z 0,05 mm na 0,063 mm i granice frakcji żwirowej z kamienistą z 40 mm na 63 mm. Nie jest możliwe jednoznaczne przejście pomiędzy nową i dotychczas obowiązującą klasyfikacją. Nową klasyfikację gruntów należy uwzględnić w katalogu KWiRNPP, szczególnie w punkcie 4.2.4. Ocena stanu podłoża istniejących nawierzchni.

W 2010 roku zostały także wprowadzone Eurokody – nowe normy projektowania. Wśród nich jest także Eurokod 7-2 Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego. Do zbioru Polskich norm wprowadzono także 12 specyfikacji technicznych dotyczących badań laboratoryjnych gruntów, zharmonizowanych z Eurokodem.

Poniżej zamieszczono wykaz norm dotyczących badań podłoża gruntowego, które należy uwzględnić przy nowelizacji KWiRNPP.

Wykaz norm:

1. **PN-CEN ISO/TS 17892-1:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 1: Oznaczanie wilgotności

2. **PN-CEN ISO/TS 17892-2:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 2: Oznaczanie gęstości gruntów drobnoziarnistych
3. **PN-CEN ISO/TS 17892-3:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 3: Oznaczanie gęstości właściwej - Metoda piknometru
4. **PN-CEN ISO/TS 17892-4:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 4: Oznaczanie składu granulometrycznego
5. **PN-CEN ISO/TS 17892-5:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 5: Badanie edometryczne gruntów
6. **PN-CEN ISO/TS 17892-6:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 6: Badanie penetrometrem stożkowym
7. **PN-CEN ISO/TS 17892-7:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 7: Badanie na ściskanie gruntów drobnoziarnistych w jednoosiowym stanie naprężenia
8. **PN-CEN ISO/TS 17892-8:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 8: Badanie gruntów nieskonsolidowanych w aparacie trójosiowego ściskania bez odpływu wody
9. **PN-CEN ISO/TS 17892-9:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 9: Badanie gruntów w aparacie trójosiowego ściskania po nasyceniu wodą
10. **PN-CEN ISO/TS 17892-10:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 10: Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania
11. **PN-CEN ISO/TS 17892-11:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 11: Badanie filtracji przy stałym i zmiennym gradiencie hydraulicznym
12. **PN-CEN ISO/TS 17892-12:2009**
Badania geotechniczne -- Badania laboratoryjne gruntów -- Część 12: Oznaczanie granic Atterberga
13. **PN-EN 1997-2:2009**
Eurokod 7 -- Projektowanie geotechniczne -- Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
14. **PN-EN 1997-2:2009/AC:2010**
Eurokod 7 -- Projektowanie geotechniczne -- Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
15. **PN-EN 1997-2:2009/Ap1:2010**
Eurokod 7 -- Projektowanie geotechniczne -- Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
16. **PN-EN ISO 14688-1:2006**
Badania geotechniczne -- Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów -- Część 1: Oznaczanie i opis

17. PN-EN ISO 14688-2:2006

Badania geotechniczne -- Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów -- Część 2: Zasady klasyfikowania

18. PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap1:2010

Badania geotechniczne -- Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów -- Część 2: Zasady klasyfikowania

19. PN-EN ISO 22475-1:2006

Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych -- Część 1: Techniczne zasady wykonania *(oryg.)*

20. PN-EN ISO 22476-2:2005

Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Badania polowe -- Część 2: Sondowanie dynamiczne *(oryg.)*

21. PN-EN ISO 22476-3:2005

Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Badania polowe -- Część 3: Sonda cylindryczna SPT *(oryg.)*

22. PN-EN ISO 22476-12:2009

Rozpoznanie i badania geotechniczne -- Badania polowe -- Część 12: Badanie sondą stożkową (CPTM) o końcówce mechanicznej *(oryg.)*

6.5.2 Badania podłoża gruntowego

Wprowadzone zostały do praktyki nowe metody badań podłoża gruntowego, które są stosowane pioniersko w Polsce, na podstawie instrukcji producenta lub indywidualnych korelacji. Metody badania podłoża i poszczególnych warstw nawierzchni są niewystarczająco umocowane przepisami (brak procedury badania VSS dla warstw konstrukcyjnych, brak metody badania CBR polowego, brak procedury badawczej płytą dynamiczną), co wymaga opracowania procedur w załączniku KWiRNPP. Te metody badań podłoża często nie są honorowane (z wyjątkiem VSS) przez nadzór z uwagi na brak polskich instrukcji, czy procedur. Badanie VSS ujęte w normie na roboty ziemne PN-S-02205 dotyczy tylko robót ziemnych, brak jest natomiast procedury dot. badań podbudów. Chodzi szczególnie o stosowanie ułamka $\frac{3}{4}$ we wzorze.

Zamieszczenie tych instrukcji w KWiRNPP znacznie uprościło by interpretację badań oceny podłoża gruntowego nowymi metodami i ujednoliciło dotychczas stosowane metody (VSS). Jako dodatkowe załączniki planuje się opracować następujące metody badań:

- Badanie zagęszczenia i nośności podłoża i warstw niezwiązanych lekką płytą dynamiczną – moduł Evd
- Badanie nośności VSS podłoża i warstw nośnych – moduły Ev
- Badanie wskaźnika CBR podłoża sondą DCP wg ASTM D6951

Celem wprowadzenia nowych załączników jest uporządkowanie metod badań (VSS) i wprowadzenie nowych badań, które nie mają podstaw stosowania w Polsce (Evd, DCP).

6.5.3 Warstwy związane i niezwiązane hydraulicznie

Zmieniły się również normy dotyczące badań dla materiałów niezwiązanych i związanych hydraulicznie – normy serii PN-EN 13286-xx. Wymagana jest aktualizacja rozdziałów KWiRNPP w miejscach, gdzie przywołane są stare normy. Wprowadzono również wymagania dla mieszanek niezwiązanych i związanych hydraulicznie WT-4 i WT-5, co należy uwzględnić w nowelizacji KWiRNPP.

Poniżej przedstawiono wykaz nowych norm i przepisów technicznych, które obecnie obowiązują i należy je uwzględnić w KWRNPP.

1. Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych WT-4 2010 Wymagania Techniczne
2. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych WT-5 2010 Wymagania Techniczne
3. **PN-EN 13285** - mieszanki niezwiązane – Wymagania
4. **PN-EN 13286-47** – Mieszanki mineralne niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym Część 47: Metody badań dla określenia nośności, kalifornijski wskaźnik nośności CBR, natychmiastowy wskaźnik nośności i pęcznienia liniowego.
5. **PN-EN 14227 1** - Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Wymagania - Część 1: Mieszanki związane cementem.
6. **PN-EN 14227 2**: Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Wymagania - Część 2: Mieszanki związane żużlem.
7. **PN-EN 14227 3**: Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Wymagania - Część 3: Mieszanki związane popiołem lotnym.
8. **PN-EN 14227 5**: Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Wymagania - Część 5: Mieszanki związane spoiwem drogowym.
9. **PN-EN 13286-41**: Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym - Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym
10. **PN-EN 13286-43**: Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym - Część 43: Metoda oznaczania modułu sprężystości mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym
11. **ASTM D6951** - 09 Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications

Uwaga - Mrozoodporność: Została wycofana norma PN-81/B-03020 zawierająca głębokości przemarzania w Polsce. Norma ta została zastąpiona Eurokodem 7 PN-EN 1997-1:2008, ale brak w nim mapy. W związku z tym istnieje konieczność zawarcia mapy ze strefami przemarzania w KWRNPP. Wymaga to przeanalizowania dostępnych prac na ten temat (ITB), gdyż po wprowadzeniu Eurokodu 7 były prowadzone prace nad nowelizacją tej mapy.

7 Zadanie 5-5: Aktualizacja rozdziału 8 – Mrozoodporność podłoża - Ochrona przeciwmrozowa podłoża gruntowego w nawierzchniach drogowych na przykładzie wybranych krajów o zbliżonym klimacie do polskiego

7.1 Wstęp

W Polsce ochrona przeciwmrozowa podłoża gruntowego w nawierzchniach drogowych polega na stosowaniu nawierzchni o odpowiedniej grubości. Wg polskich przepisów jest to $0.4 \div 0.85 h_z$ (głębokości przemarzania gruntu w Polsce $0.8 \div 1.4m$). Jest to tzw. grubość zredukowana, nieodpowiadająca rzeczywistej głębokości przemarzania, lecz znacznie mniejsza od niej. W rezultacie tych założeń grubość konstrukcji waha się od 40 do 85 cm przyjmując średnią głębokość przemarzania w Polsce 1.0m. Pod uwagę bierze się także grupę nośności podłoża G_i oraz kategorię ruchu KR. W wyniku tego dopuszcza się możliwość zamarzania gruntu podłoża, większe dla mniejszego ruchu i mniejsze dla większego (ograniczona ochrona przeciwmrozowa). Bezpieczną grubością nawierzchni była by konstrukcja o grubości równej głębokości przemarzania. Czy byłoby to optymalne rozwiązanie dokonano przeglądu dotyczącego grubości zabezpieczenia przeciwmrozowego i przeanalizowano rozwiązania projektowe stosowane w innych krajach.

7.2 Wielka Brytania

Ochrona mrozowa konstrukcji nawierzchni osiągana jest za pomocą określenia minimalnej grubości warstw z materiałów odpornych na wpływy ujemnych temperatur (wg BS812:Part 124 (1989). Grubość tej warstwy wynosi przynajmniej **450 mm** przy wskaźniku mrozu (frost index (MAFI) = 50 i stosowana jest na drogach w rejonach przybrzeżnych [1]

Wskaźnik mrozu jest miarą intensywności okresu chłodnego i ma za zadania szacować prawdopodobną penetrację mrozu w głąb konstrukcji drogi. Wskaźnik mrozu jest wyrażany w stopniach dni ujemnych temperatur (degree days Celsius below zero) i jest obliczany jako suma średnich temperatur dobowych powietrza poniżej zera.

Penetracja mrozu w głąb nowej drogi jest szacowana za pomocą wzoru

$$x = 40\sqrt{I}$$

w którym:

x- przybliżona penetracja w mm

I- wskaźnik mrozu.

Roczny wskaźnik mrozu jest to wskaźnik wyznaczony na podstawie okresu rocznego rozpoczynającego się 1 września. Średni roczny wskaźnik mrozu (Mean Annual Frost Index (MAFI)) jest wyznaczany na podstawie średniej arytmetycznej rocznych wskaźników mrozu od 1959 roku. MAFI jest określana dla poszczególnych miejsc przy pomocy danych z jednej lub kilku stacji meteorologicznych w pobliżu tego miejsca, uwzględniając geograficzne wpływy, takie jak np. kotliny.

W miejscach, gdzie wskaźnik ten wynosi <50, grubość niepodatnych na działanie mrozu materiałów może być zredukowana do 350 mm.

Zasada przyjmowania grubości 450 mm jest praktycznie obligatoryjna, niemniej w zależności od warunków ekonomicznych można zróżnicować grubości podbudowy i ulepszanego podłoża zgodnie z tabelą 2.

Tabela 2. Wymagane grubości podbudowy i ulepszanego podłoża w Wielkiej Brytanii

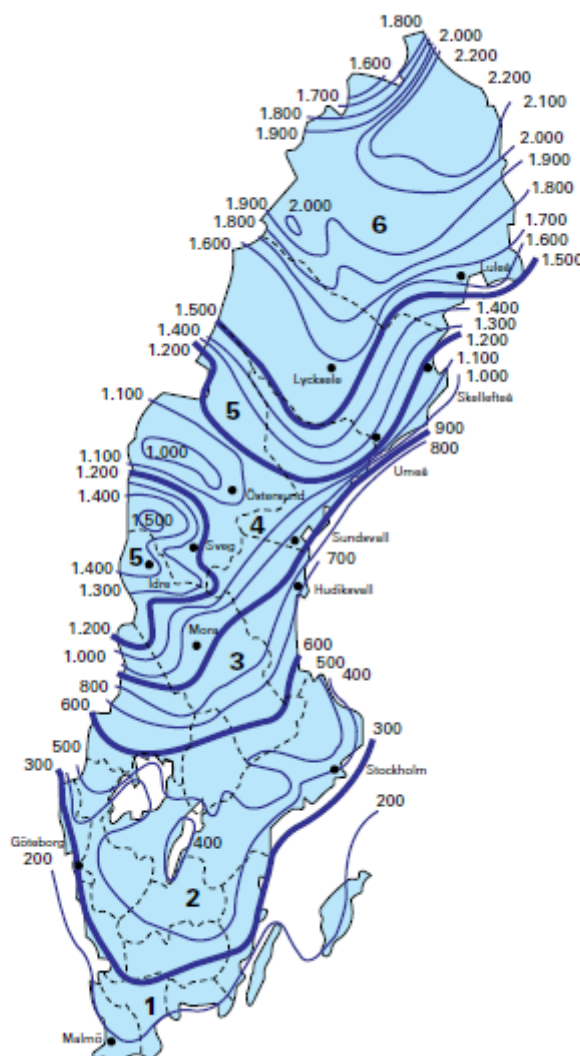
Wartość CBR gruntu w podłożu pod konstrukcją nawierzchni, %	Wymagana grubość podbudowy i warstwy ulepszanego podłoża, mm	
	grubość samej podbudowy	grubość ulepszanego podłoża + podbudowa
< 2	wymagane ulepszenie gruntu do gł. 450 mm niezależnie od grubości podbudowy	
2	nie stosuje się samej podbudowy – wymagane: 150 mm podbudowy + 600 mm ulepszanego podłoża = 750 mm	
2,5	350	400 + 150 = 550
3	300	350 + 150 = 500
4	270	300 + 150 = 450
5	220	250 + 150 = 400
8	190	210 + 150 = 360
10	170	190 + 150 = 340

≥ 15	150	nie stosuje się ulepszonego podłoża
-----------	-----	-------------------------------------

Należy zwrócić uwagę na fakt, że Wielka Brytania jako jedyny kraj w Europie przeprowadza badania bezpośredniego pomiaru wysadzin dla gruntów.

7.3 Szwecja

Ze względu na surowy klimat, w Szwecji stosuje się kilka sposobów zapewniających drogom odporność na niskie temperatury, zależnie od strefy klimatycznej [2] Szwecja podzielona jest na sześć stref klimatycznych, obszar których uwarunkowany jest wielkością indeksów mrozowych, które podobnie jak w większości krajów świata obliczane są jako stopniodni ujemnych temperatur (rys.1).



Rysunek 1. Strefy klimatyczne Szwecji

Pierwszym sposobem jest zastosowanie pod warstwami konstrukcji nawierzchni warstwy izolacyjnej. **Warstwa izolacyjna** z tworzyw sztucznych (np. z polistyrenu) powinna znajdować się na podłożu izolującym z materiałów separujących izolację od podłoża. Izolacja jest projektowana w zależności od strefy klimatycznej, klasy równości podłużnej (evenness class), która jest miarą dopuszczalnych odkształceń drogi na jej długości i jest zależna od wielkości pionowego odkształcenia oraz promienia

odkształceń, oraz od właściwości izolacyjności termicznej materiału izolującego. Izolacyjność materiału warstwy wynosi od 0,45 do 3,15 m²/kW, a grubość warstwy izolacji waha się od 20-140 mm. Warstwa izolacyjna nie powinna się znajdować na głębokości większej niż 1 m.

Alternatywnie do zastosowania warstwy izolacyjnej można przeprowadzić **wymianę gruntu**. Wymianę gruntu podobnie jak w Polsce projektuje się na podstawie danych o strefie klimatycznej oraz o podatności materiału podłoża na działanie mrozu. Wpływ na grubość wymienianej warstwy gruntu ma także klasa równości. Grubość wymienianej warstwy waha się między **0,9-2,4 m**.

W celu ograniczenia szkodliwego wpływu mrozu oraz cyklicznego zamrażania i odmrażania na konstrukcję nawierzchni wprowadzono w Szwecji także **ograniczenia w ruchu** ciężkich pojazdów na drogach o stosunkowo słabszej konstrukcji. Ograniczenia te dzielą się na tymczasowe jak i stałe, obowiązujące cały rok.

Ograniczenia stałe są wprowadzone za pomocą klasy drogi (BK1, BK2, BK3). Dla BK1 dopuszczalna masa całkowita pojazdu wynosi 60 ton. Zarówno dla BK2 jak i BK3 dopuszczalna masa całkowita wynosi 54,1 tony, jednak dla klasy BK3 jest wprowadzone dodatkowe ograniczenie nacisku na oś, które dla BK2 wynosi 10 ton/oś, a dla BK3 8 ton/oś.

W okresie wiosennych roztopów w Szwecji 12 000-15 000 km dróg jest zamykanych dla ruchu ciężkich pojazdów. Ograniczenia obowiązują średnio 40-50 dni w ciągu roku, zazwyczaj w okresie od początku kwietnia do końca maja. Maksymalna dopuszczalna masa pojazdu na drodze zamkniętej dla ruchu ciężkiego waha się pomiędzy 4 a 12 tonami w zależności o warunków lokalnych.

7.4 U.S.A.

Obszar Stanów Zjednoczonych Ameryki jest podzielony na 6 stref klimatycznych:

- I – mokro, bez mrozu
- II – mokro, cykliczne zamarzanie i odmarzanie
- III – mokro, silne mrozy, wiosenne odwilże
- IV - sucho, bez mrozu
- V - sucho, cykliczne zamarzanie i odmarzanie
- VI - sucho, silne mrozy, wiosenne odwilże

Przy projektowaniu konstrukcji nawierzchni drogowych w U.S.A. w strefach klimatycznych objętych działaniem mrozu określa się minimalną, całkowitą grubość warstw konstrukcji nawierzchni (wraz z ulepszonym podłożem) ze względu na mrozoodporność. Stosuje się trzy możliwości doboru grubości tych warstw:

1. Całkowita ochrona przeciwmrozowa - grubość warstw mrozoodpornych musi wynosić wartość równą przynajmniej całkowitej głębokości przemarzania.
2. Ograniczona ochrona przeciwmrozowa podłoża przed penetracją mrozu - dopuszcza penetrację mrozu w głąb podłoża, ale na tyle ograniczoną, aby nie dopuścić do rozwoju uszkodzeń powierzchniowych.
3. Zredukowana wytrzymałość podłoża - pozwala na większą penetrację mrozu w głąb podłoża, jednak zapewnia odpowiednią jego wytrzymałość podczas okresu wiosennych odwilży.

Szczególną uwagę w procesie projektowania zwraca się na poprawne odwodnienie spodu konstrukcji nawierzchni, co również ogranicza niekorzystny wpływ mrozu na konstrukcje nawierzchni drogowej. W zależności od strefy klimatycznej, kategorii ruchu, oraz przepuszczalności podłoża zastosowanie dodatkowego odprowadzenia wody spod konstrukcji nawierzchni może być zalecane, opcjonalne lub niewymagane.

Każdy ze stanów uwzględniając strefę, w której jest położony, decyduje o sposobie projektowania dróg z uwzględnieniem (lub nie - dla stref nienarażonych na mróz) ochrony przeciwmrozowej.

7.5 USA, Stan Waszyngton

W stanie Washington zalecane jest projektowanie konstrukcji nawierzchni drogowej o grubości wynoszącej minimum połowie głębokości przemarzania wyznaczonej na podstawie wskaźnika przemarzania (FI - freezing index), który jest iloczynem średniej dobowych temperatur poniżej zera oraz ilości tych dni w ciągu każdego roku, obliczonego na podstawie ostatnich 30-stu lat lub pomiarów wykonanych podczas zimy na przełomie lat 1949-1950, uważanej za najostrzejszą w przeciągu ostatnich 60 lat.

$$FI = \sum (T - 32^{\circ}F)$$

gdzie:

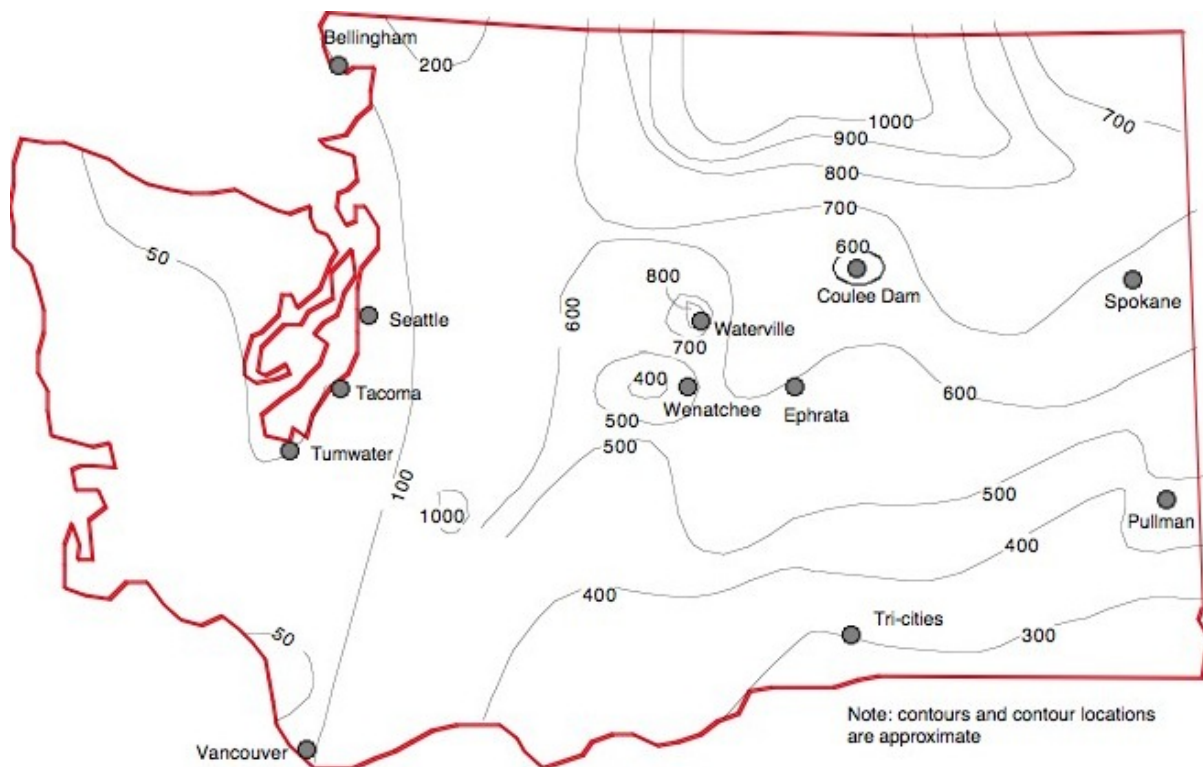
$$T - \text{średnia dobową temperaturę} = 0,5 (T_1 + T_2)$$

T_1 – maksymalna dobową temperaturę

T_2 – minimalna dobową temperaturę

Obliczone wskaźniki mrozowe korygowane są współczynnikiem „n”, którego wartość zależna jest od: rodzaju gruntów występujących na danym terenie, grubości pokrywy śnieżnej, wilgotności i przewodności cieplnej gruntu [3]

Dla celów projektowych korzysta się z mapy średnich rocznych wskaźników w mrozowych (rys. 2)



Rysunek 2. Mapa rocznych wskaźników mrozowych w stanie Washington

W stanie Waszyngton przyjęto niepisaną zasadę (rule of the thumb), że grubość konstrukcji nawierzchni i ulepszonego podłoża powinna się równać **minimum połowie oczekiwanej maksymalnej głębokości przemarzania**.

Maksymalne głębokości przemarzania przyjmowane do obliczeń wynoszą 1.20 m, minimalne natomiast 0,50 m.

Projektowanie grubości nawierzchni i ulepszanego podłoża jako połowy głębokości przemarzania, zwłaszcza na drogach o mniejszym natężeniu ruchu implikuje wprost wprowadzeniem ograniczenia ruchu w okresie wiosennych roztopów.

Ograniczenia w ruchu wprowadza się na drogach, na których wielkości ugięć pomierzone w okresie wiosennych roztopów są większe min. 45 – 50 % wielkości ugięć pomierzonych w okresie letnim (generalnie tam gdzie FI jest większy od 400 ° F days). Minimalne ograniczenie w ruchu występuje na poziomie 20 %, maksymalne to 60 %.

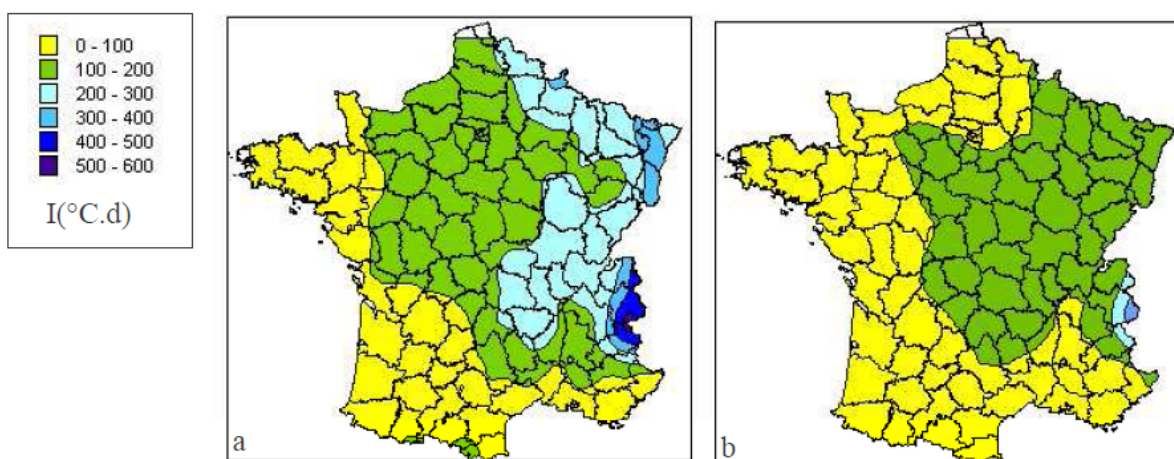
7.6 Francja

Projektowana konstrukcja nawierzchni powinna być odporna na warunki klimatyczne występujące na danym obszarze kraju, dlatego we Francji drogi projektuje się, szczegółowo uwzględniając lokalne warunki klimatyczne. Konstrukcja nawierzchni drogowej jest zaprojektowana tak, aby dopuszczalny wskaźnik mrozu (frost index) IA drogi, określony na podstawie podatności podłoża na działanie mrozu, ochronę cieplną i rolę mechaniczną, pełnioną przez daną drogę, był większy niż wskaźnik mrozu IR. Wskaźnik mrozu IR z kolei jest wyznaczany na podstawie danych meteorologicznych o warunkach panujących w zimie, w zależności od terenu na którym projektowana droga się znajduje.

Do wyboru metody obliczania wskaźnika IR zobligowany jest zarządca drogi. Obie metody mają wyznaczone mapy meteorologiczne z wartościami wskaźnika IR dla poszczególnych regionów (4)

Wskaźnik mrozu IR jest wyznaczany za pomocą jednej z dwóch metod:

- **IR** jako wartość najwyższa w stopnio-dniach pomierzona od 1951 r – wskaźnik przewidujący zimy wyjątkowo mroźne – przykład mapy a
- **IR** jako wartość średnia obliczona z wybranych 10 kolejnych zim- wskaźnik zakładający niezbyt surowe zimy – przykład mapy b



Rysunek 3. Mapy stref klimatycznych, określanych na podstawie dwóch różnych metod obliczania wskaźnika IR

Wskaźnik mrozu IA powinien być wyższy od IR. Jeśli warunek ten nie jest spełniony zaleca się podniesienie właściwości fizycznych podłoża lub zwiększenie grubości warstw mrozoochronnych.

Wytyczne projektowania [4] podają minimalne grubości warstwy ulepszanego podłoża, w porównaniu z grubościami wynikającymi z funkcji nośnych warstwy. Wybierana jest zawsze większa z grubości.

Tablica 3. Wymagane minimalne grubości ulepszanego podłoża w zależności od wskaźnika mrozu na przykładzie Strasburga

Rodzaj nawierzchni	Wymagana grubość ulepszanego podłoża, ze względu na nośność (m)		Wymagana grubość ulepszanego podłoża ze względu na mrozoodporność (m)			
			Wskaźnik mrozu obliczany dla niezbyt surowych zim w Strasburgu IR=175 °C.dzień		Wskaźnik mrozu obliczany dla wyjątkowo surowych zim w Strasburgu IR=350 °C.dzień	
	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane
Asfaltowa			0,53	0,46	0,87	0,76
Z materiałów związanych hydraulicznie	0,50	0,35	0,37	0,33	0,69	0,60

Dopuszczalne są pewne przekroczenia wskaźnika IR (ponad 1A) pod warunkiem wprowadzenia **ograniczenia ruchu dla ciężkich pojazdów w okresie roztopów**. Rozwiązanie to jest stosowane na drogach drugorzędnych.

Interesujące wydają się być wnioski francuskich badaczy, dotyczące projektowania konstrukcji nawierzchni dróg pod kątem ich odporności na działanie mrozu w przyszłości [5].

W ramach programu IMFREX dokonano pomiaru temperatury w 240 punktach Francji w latach 1961-1999. Na podstawie uzyskanych danych przedstawiono symulację rozkładu temperatur w przyszłości w latach 2071-2099. W wyniku analiz stwierdzono, że obszar o przewidywanym wskaźniku mrozu IR = 200 - 300° C.day zmniejszy się z 110 000 km² powierzchni do 5000 km², natomiast obszary o wskaźniku mrozu IR= 300 – 400 °C.day, praktycznie nie będzie występował. W związku z powyższym, zdecydowanie zmniejszy się grubość warstwy ulepszanego podłoża, projektowana ze względu na ochronę przeciwmrozową. Przewidywane zmiany grubości podano w tablicy 4.

Przyjęte dla celów projektowych grubości warstw ulepszanego podłoża w przyszłości są zdecydowanie mniejsze od przyjmowanych we Francji obecnie. Wynika z tego fakt, że w związku z ociepleniem klimatu, za kilkadziesiąt lat w ogóle odejdziemy w niektórych krajach od projektowania konstrukcji nawierzchni dróg pod kątem ochrony przeciwmrozowej.

Tablica 4. Wymagane minimalne grubości warstw ulepszanego podłoża w zależności od przewidywanego wskaźnika mrozu w Strasbourgu

Rodzaj nawierzchni	Wymagana grubość ulepszanego podłoża, ze względu na nośność (m)		Wymagana grubość ulepszanego podłoża, ze względu na mrozoodporność (m)			
			Wskaźnik mrozu obliczany dla niezbyt surowych zim w Strasbourgu IR=100 °C.dzień		Wskaźnik mrozu obliczany dla wyjątkowo surowych zim w Strasbourgu IR=200 °C.dzień	
	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane	Materiały niezwiązane	Materiały związane
asfaltowa	0,50	0,35	0,33	0,29	0,58	0,50
z materiałów związanych hydraulicznie			0,19	0,17	0,42	0,37

7.7 Niemcy

W celu zapobiegnięcia szkodliwemu działaniu ujemnych temperatur w Niemczech zapewnia się minimalną grubość warstw z materiałów niewrażliwych na działanie mrozu jak np. piaski, żwiry. W zależności od kategorii ruchu, warunków gruntowo-wodnych, oraz strefy klimatycznej, w jakiej dana droga się znajduje, oblicza się minimalną grubość warstw z materiałów mrozoodpornych.

Grunty w zależności od stopnia ich wrażliwości na działanie mrozu dzieli się na 3 klasy:

- F1- grunty całkowicie odporne na działanie mrozu
- F2 – grunty średnio odporne na działanie mrozu
- F3 – grunty nie odporne na działanie mrozu

W przypadku występowania pod konstrukcją nawierzchni gruntów klasy F1, warstwy mrozochronnej nie stosuje się.

Dla pozostałych klas gruntów, zależnie od klasy drogi stosuje się minimalne grubości warstw mrozochronnych zgodnie z tablicą 5 [6].

Tablica 5, Wymagane grubości warstwy mrozochronnej

l.p.	Klasa mrozoodporności gruntu	Grubość warstwy mrozochronnej zależnie od klasy drogi, cm		
		SV	I do IV	V do VI
1	F2	60	50	40
2	F3	70	60	50

Grubość ta stanowi minimum 50 % głębokości przemarzania, która w Niemczech waha się zwykle pomiędzy 1,0 m, a 1,5 m., miejscowo do 1,8 m. Mrozoodporność można osiągnąć m.in. poprzez

W przypadku dróg o mniejszym obciążeniu ruchem, ze względów ekonomicznych, nie projektuje się konstrukcji o zwiększonej grubości ze względu na przemarzanie, lecz wprowadza się **ograniczenia eksploatacyjne**. Badania kanadyjskie wykazały, że drogi w okresie roztopów wiosennych tracą do 50 % wartości swojej nośności [8]. W sumie takich dróg jest 90 %.

W celu ochrony dróg przed zniszczeniem wskutek działania mrozu oraz pozyskania środków na ich naprawy Ministerstwo Transportu wprowadziło dwa systemy ochrony: SLP (Spring Road Restriction) wprowadzający ograniczenia w obciążeniu ruchem w okresie wiosennych roztopów oraz WWP (Winter Weight Premiums) egzekwujący dodatkowe opłaty od obciążenia samochodów w tym okresie.

7.9 Analiza

Na podstawie analizy metod ochrony przeciwmrozowej nawierzchni drogowych w wybranych krajach stwierdzono:

- przy projektowaniu konstrukcji nawierzchni stosuje się ze względów ekonomicznych zasadę ograniczonej ochrony przeciwmrozowej, co w praktyce oznacza objęcie zakresem obliczeniowym połowy możliwej głębokości przemarzania
- stosując zasadę ograniczonej ochrony przeciwmrozowej, a tym samym możliwość znacznej utraty nośności w okresie wiosennych roztopów w większości krajów wprowadza się w tym czasie ograniczenia eksploatacyjne (zmniejszenie ruchu nawet o 60 %)
- Konstrukcje na ruch ciężki ze względu na nośność są konstrukcjami grubymi i zabezpieczającymi podłoże przed przemarzaniem. Przemarzanie dotyczy szczególnie konstrukcji na ruch lekki i średni.

7.10 Wnioski

Najbardziej narażone na przemarzanie są konstrukcje lekkie (KR1-KR3), które ze względu na nośność są konstrukcjami cienkimi, a udział podłoża w pracy tych konstrukcji jest największy. Można rozważyć zmianę wartości współczynników przemarzania zwiększając ich wartość lub wprowadzić ograniczenia ruchu dla tych kategorii.

Biorąc pod uwagę w naszym kraju brak tradycji ograniczania eksploatacyjnego dróg w okresie wiosennym, a tym samym brak systemu administracyjnego sterującego tym ograniczeniem wydaje się rozsądne utrzymanie dotychczas stosowanej przy projektowaniu zasady, a mianowicie:

ograniczenie ochrony przeciwmrozowej do części sumarycznej grubości konstrukcji nawierzchni i ulepszonego podłoża zależnej od grupy nośności podłoża gruntowego i wielkości obciążenia ruchem.

8 Zadanie 5-6: Aktualizacja rozdziału 9 – Poszerzenie jezdni i utwardzone pobocze

Nie wprowadzono zmian.

9 Zadanie 5-7: Aktualizacja rozdziału 10 – Zalecenia technologiczne doboru materiałów i warstw remontu lub przebudowy

W p. 10.1. wprowadzono poprawki dotyczące odwodnienia i uszczelnienia (odwołanie do odrębnego Załącznika).

W p. 10.2 Wykonanie nawierzchni asfaltowej dokonano istotnego poszerzenia zapisów dotyczących doboru materiałów, technologii wykonywania nawierzchni (poszerzono wykaz stosowanych mieszanek mineralno-asfaltowych o asfalt porowaty, asfalt lany, beton asfaltowy o wysokim module sztywności). Wprowadzono zapisy dotyczące kruszywa do uszorstnienia nawierzchni, materiały do uszczelniania połączeń i krawędzi, lepiszczy do skropienia podłoża.

Uzupełniono warunki wykonania nawierzchni o zasady i wymagania połączenia międzywarstwowego, połączenia technologicznego, uszczelniania krawędzi warstwy asfaltowej nawierzchni.

Wprowadzono podrozdział dotyczący grubości warstw asfaltowych wraz z wymaganym wskaźnikiem zagęszczenia oraz zawartością wolnych przestrzeni w wykonanej warstwie.

Wprowadzono podrozdział 10.10. Zalecenia wyboru konstrukcji nawierzchni o zmniejszonej emisji hałasu. Podano w nim informacje o mieszkankach mineralno-asfaltowych do wykonywania cichych nawierzchni redukujących poziom hałasu drogowego generowanego przez interakcję opona-nawierzchnia. Informacje te są obecnie bardzo potrzebne w naszym drogownictwie, jako alternatywa ekranów akustycznych.

10 Zadanie 6: Aktualizacja rozdziału 11 – Naprawa nawierzchni w obszarze wpływów górniczych

Rozdział 11 Zalecenia poprawy warunków gruntowo-wodnych został znacznie zmieniony i poprawiony. Rozdział ten został opracowany przez ekspertów drogowych z Politechniki Śląskiej – prof. Kazimierza Kłoska i dr Marcina Grygierka.

Rozdział ten został istotnie poszerzony i uaktualniony.

11 Zadanie 7: Aktualizacja rozdziału 12 – Literatura

Rozdział Literatura w katalogu został dostosowany do nowych danych i warunków stosowania materiałów i technologii w budownictwie drogowym w Polsce.

12 Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych – wersja zaktualizowana, wstępny projekt, 2012 (w załączeniu)

13 Literatura

1 Robert N. Hunter, Asphalts in Road Constructions, GB 2000 Thomas Telford Ltd

2 Swedish National Road Administrations- Road 94, General Technical Construction Specifications of Roads

3 www.pavementinteractive.org

4 LCPC – SETRA, French Design Manual for Pavement Structure, 1997

5 <http://medias.cnrs.fr/imfrex/>

6 RStO 86, Erganzte Fassung 1989

7 Haas,R.; Falls, L.C.; MacLeod, D. and Tighe, S. (2004) "Climate Change Impacts and Adaptions on Roads in Northern Canada". Cold Regions Engineering and Constructions Conference and Expo, Edmonton, Alberta

8 Sarah Baiz, “ Using Road Information System (RWIS) to optimize the Scheduling of Road Restrictions on Northern Ontario’s Low- Volume Highways” University of Waterloo, Ontario, 2007

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Road and Bridge Research Institute

ul. Instytutowa 1, PL 03-302 Warszawa, Polska / Poland

tel. (48 22) 698 06 06, 814 50 25, fax 814 50 28

Zakład Geotechniki i Fundamentowania

Tel. 22 39 00 171, tel. 22 39 00 186, fax 22 39 00 193



www.ibdim.edu.pl

Aktualizacja Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych

Dostosowanie podziału gruntów

Opracowanie:

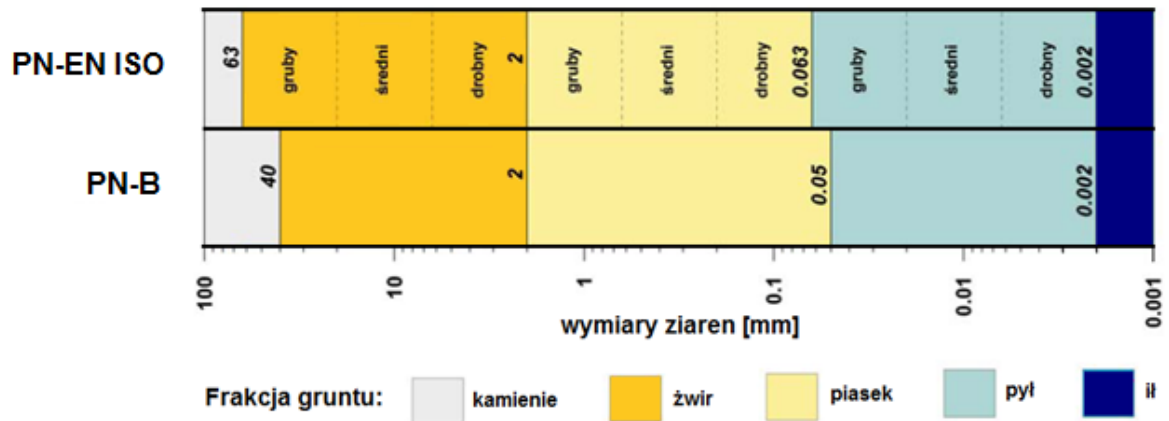
mgr inż. Beata Gajewska

dr inż. Cezary Kraszewski

Warszawa, Listopad 2012

Aktualizacja podziału gruntów pod kątem nowej europejskiej normy klasyfikacji gruntów

Klasyfikacje gruntów wg PN-B i PN-EN ISO różnią się. Podział na frakcje przyjęty w nowej normie europejskiej (PN-EN ISO 14688-1) odbiega od dotychczasowej klasyfikacji polskiej (PN-B 02480:1986) (rys. 1.).



Rys.1. Podział na frakcje w przypadku różnych klasyfikacji PN-EN ISO i PN-B (wg Zasady... PIG 2009)

Zgodnie z normą europejską z 2006 r. PN-EN ISO 14688-1, 2 - Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczenie i opis; Część 2: Zasady klasyfikowania, nastąpiła zmiana oznaczeń i klasyfikacji gruntów.

W Załączniku Krajowym do normy podano nowe, ustalone symbole klasyfikacji i odpowiadające im nazwy gruntów w zależności od zawartości poszczególnych frakcji.

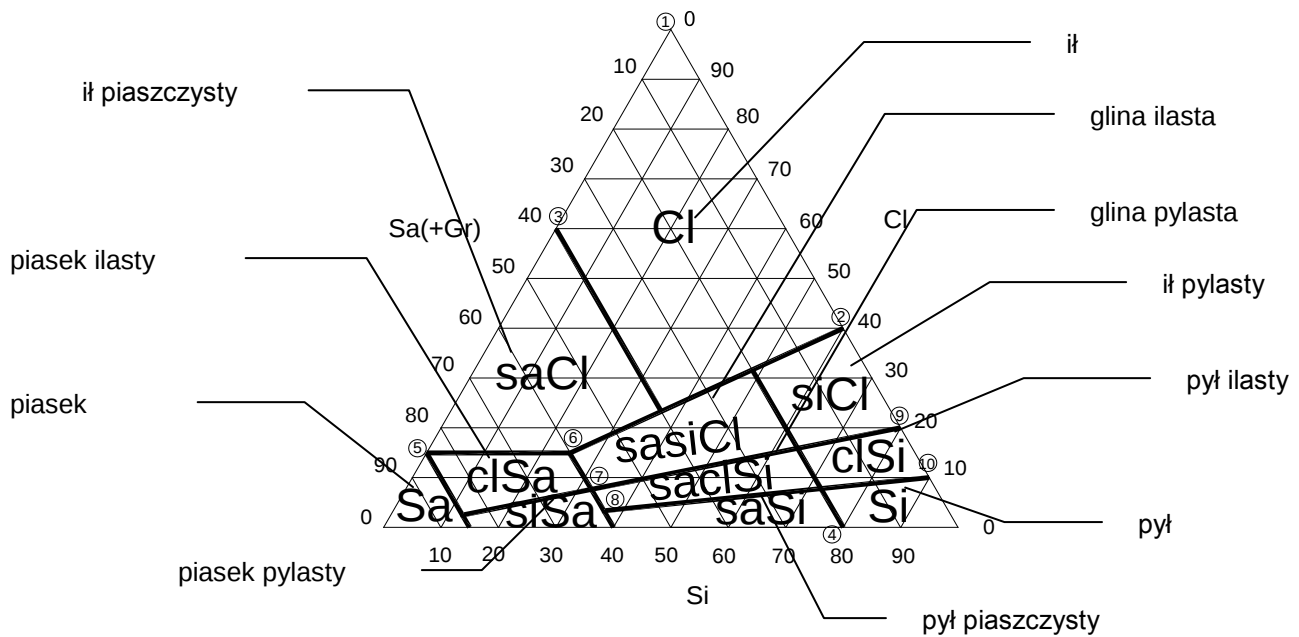
W tabelicy 1 podano klasyfikację gruntów zgodnie z załącznikiem krajowym do normy europejskiej PN-EN ISO 14688-2.

Różnice w klasyfikacji gruntów według PN-B i PN-EN ISO zostały szczegółowo omówione np. w [Gołębiewska 2006].

Tablica 1. Zawartość frakcji, symbole i proponowane polskie nazwy gruntów
[Tablica NA1 PN-EN ISO 14688-2]

Lp.	Rodzaj gruntu		Symbol	Zawartość frakcji [%]				
				Cl (f _i)	Si (f _π)	Sa (f _p)	Gr (f _z)	
1	Żwir		Gr	do 3	0 – 15	0 – 20	80 – 100	
2	Żwir piaszczysty		saGr	do 3	0 – 15	20 – 50	50 – 80	
3	Piasek ze żwirem (pospółka)		grSa	do 3	0 – 15	50 – 80	20 – 50	
4	Piasek drobny		F	do 3	0 – 15	85 – 100	0 – 20	
	Piasek średni		M Sa					
	Piasek gruby		C					
5	Żwir pylasty		siGr	do 3	15 – 40	0 – 20	40 – 85	
	Żwir ilasty (pospółka ilasta)		clGr					
6	Żwir pylasto-piaszczysty		sasiGr	do 3	15 – 40	20 – 45	40 – 65	
	Żwir piaszczysto-pylasty (pospółka ilasta)		sisaGr					
7	Piasek pylasty ze żwirem		grsiSa grclSa	do 3	15 – 40	40 – 65	20 – 40	
8	Piasek zapyłony (zailony)		siSa clSa	do 3	15 – 40	40 – 85	0 – 20	
9	Żwir ilasty pył ze żwirem		grSi grclSi siGr	0 – 8	40 – 80	0 – 20	20 – 60	
10	Gлина	Gлина pylasta	sacI Si	8-17	33-72	20-60		
		Gлина ilasta	sasiCl	8-31	25-65	20-60		
11	Pył		Si	0-10	72-100	0-20		
12	Pył ilasty		clSi	8-20	65-90	0-20		
13	Ił		Cl	25-60	0-60	0-40		
14	Ił pylasty		siCl	20-40	48-80	0-20		
15	Grunty różne			10 – 30	20 – 40	30 – 40	20 – 40	
16	Symbole dla zwietrzelin				20 – 40	20 – 40	30 – 40	
					10 – 30	40 – 60	30 – 60	
17	Grunty organiczne		Or					

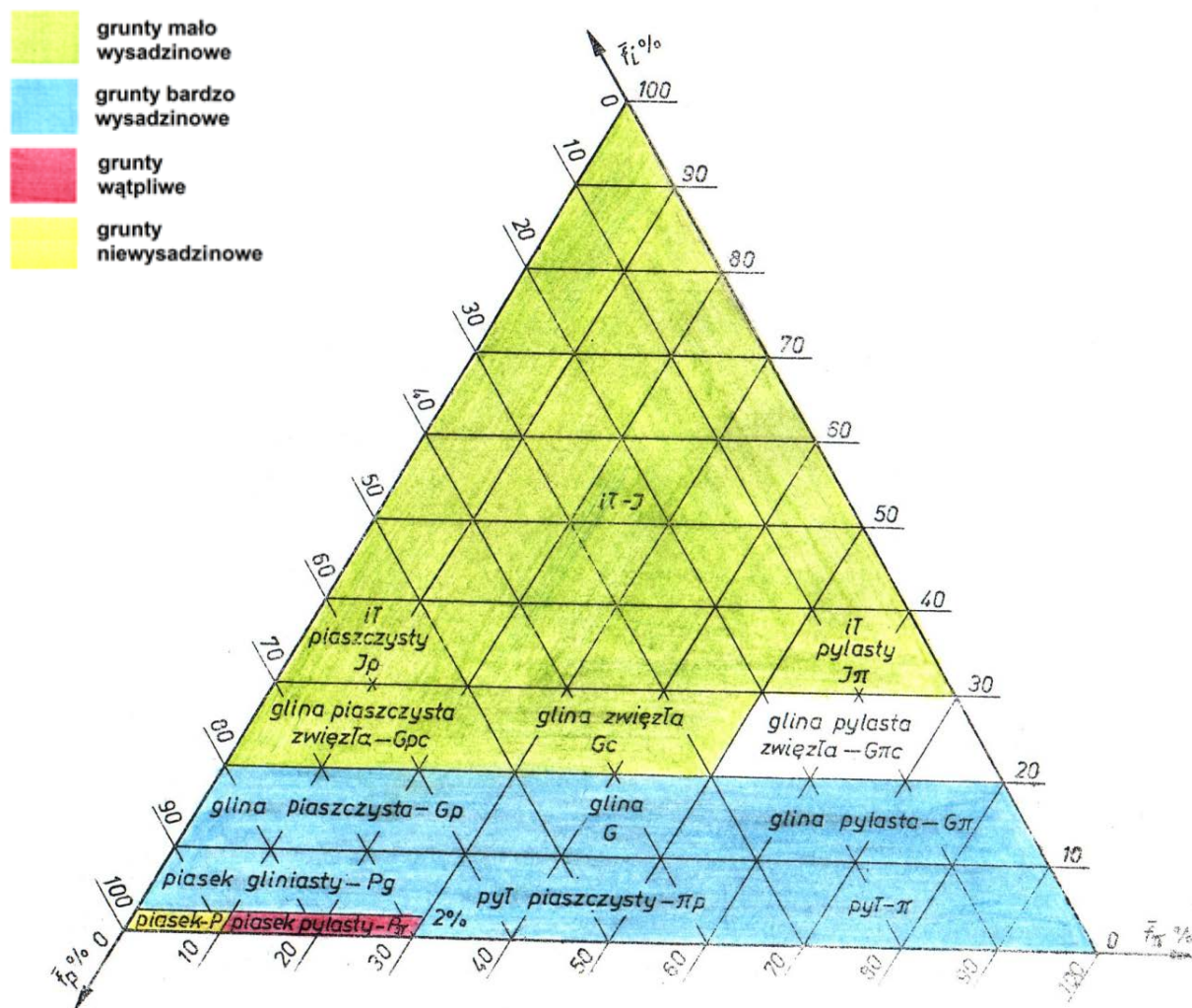
W Załączniku Krajowym podano również, że do określania symboli gruntów można używać trójkąta wg rysunku NA. 1 normy PN-EN ISO 14688-2.



Rys. 2. Rysunek NA. 1 z normy PN-EN ISO 14688-2

Zgodnie z Załącznikiem Krajowym (NA) PN-EN ISO 14688-2 grunty znajdujące się na granicach podziału można określać dwoma symbolami przedzielonymi ukośnikiem. Przykładowo na granicy pomiędzy gliną ilastą a piaskiem ilastym grunt można oznaczyć symbolem: *sasiCl/clSa*.

Konieczne jest dostosowanie podziału gruntów stosowanego w Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych do nowej klasyfikacji gruntów. Dotychczasowa wieloletnia praktyka wskazuje, że stosowany dotychczas podział gruntów na grupy pod względem wysadzinowości jest dobry i należy go zachować. Podział gruntów pod względem wysadzinowości przy uwzględnieniu klasyfikacji gruntów wg normy PN-B 02480 pokazano na rys. 3.

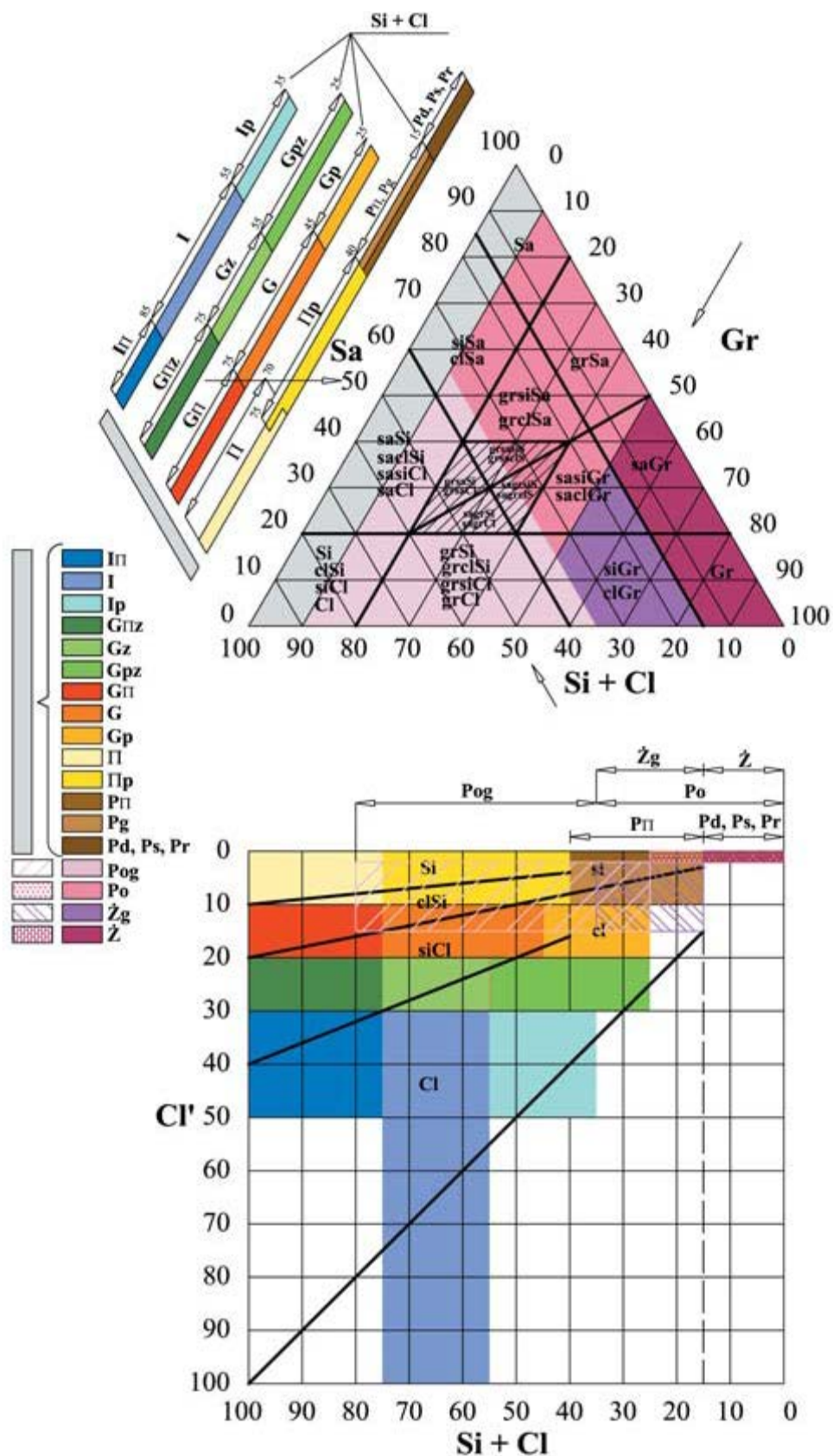


Rys. 3. Podział gruntów pod względem wysadzinowości przy uwzględnieniu klasyfikacji gruntów wg PN-B 02480

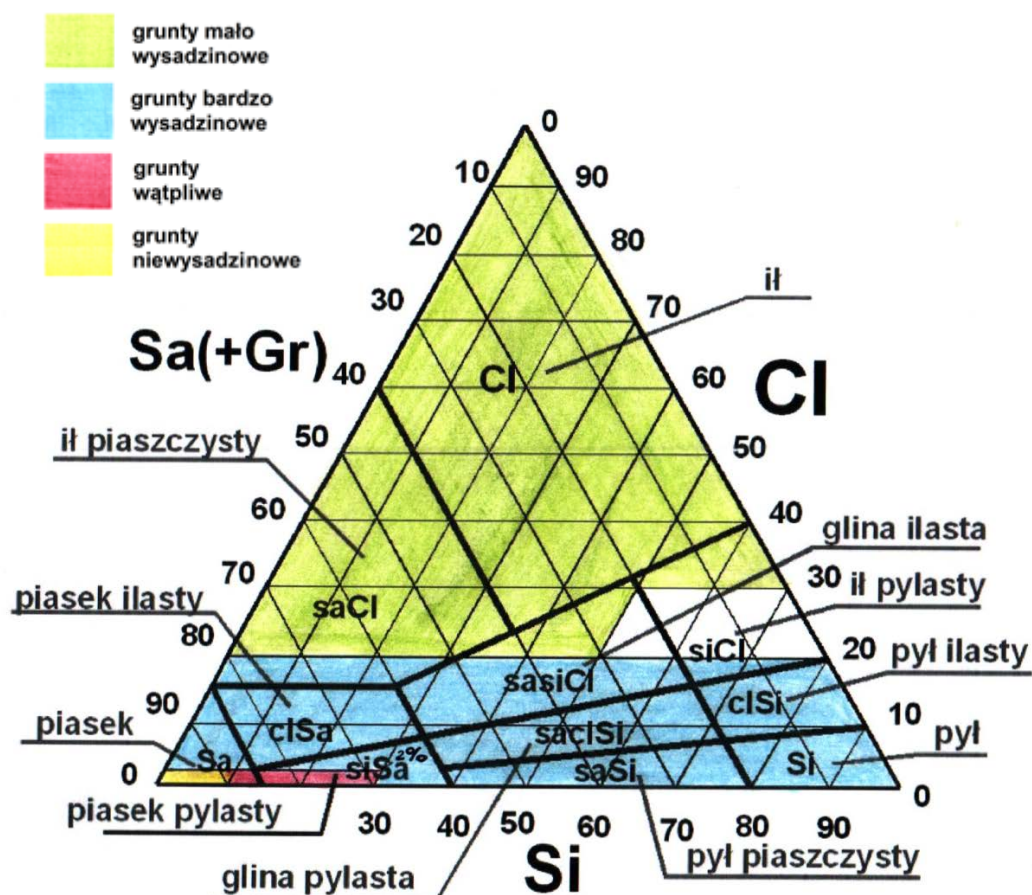
Glina pylasta zwięzła nie była dotychczas zakwalifikowana do żadnej z grup wysadzinowości. Grunt ten należy do gruntów bardzo wysadzinowych.

W normie PN-B wyszczególniono 20 rodzajów gruntów drobnoziarnistych i gruboziarnistych, a wg PN-EN ISO aż 32 rodzaje. Na rys. 4. pokazano w przybliżeniu (przybliżenie to wynika z innych granic frakcji PN-B i PN-EN ISO) obszary gruntów według PN-B naniesione na diagram wg PN-EN ISO. Przykładowo grunty I (ił), Gz (glina zwięzła), G (glina), Πp (pył piaszczysty) znajdują się w obszarze gruntów oznaczonych według PN-EN ISO jako saSi, sacSi, sasiCl, saCl. Np. glina G może być oznaczona nowym symbolem sacSi lub sasiCl. Obszary gruntów o tych samych nazwach według PN-B i PN-EN ISO nie pokrywają się (por. rys. 4 i 5). Zmiana jedynie nazw gruntów na zgodne z normą PN-EN ISO, bez dodatkowej modyfikacji podziału, skutkowałaby przesunięciem niektórych rodzajów gruntów między poszczególnymi grupami wysadzinowości. Przykładem może być piasek pylasty. Grunt oznaczony symbolem siSa o nazwie wg rys. 2. piasek pylasty (grunt w grupie gruntów wątpliwych) zajmuje częściowo obszar gruntu bardzo wysadzinowego (piasku gliniastego (wg PN-B)).

Na rys. 5 pokazano grupy gruntów podzielonych pod względem wysadzinowości naniesione na trójkąt wg załącznika krajowego PN-EN ISO.



Rys. 4. Obszary gruntów według PN-B naniesione na diagram wg PN-EN ISO [Gołębiewska 2006]



Rys. 5. Podział gruntów pod względem wysadzinowości przy uwzględnieniu klasyfikacji gruntów wg PN-EN ISO 14688-2

W listopadzie 2012 ukazała się poprawka PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2. Zgodnie z tą poprawką z Załącznika Krajowego do normy usunięty został tzw. polski trójkąt (przedstawiony na rys. 2) oraz tablica z proponowanymi polskimi nazwami gruntów (patrz tablica 1). W ich miejsce pojawiła się tablica z zasadami tworzenia polskich nazw gruntów. W celu utworzenia polskich nazw, w pierwszej kolejności oznacza się symbol gruntu według zasad podanych w normie. Następnie, na podstawie symbolu gruntu, tworzy się jego polską nazwę zgodnie z danymi w Tablicy NA.2. normy (patrz tablica 2).

Tablica 2. Tworzenie polskich nazw gruntów (tablica NA.2 normy PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2)

Frakcja główna	Frakcje drugorzędne	Przewarstwienia	Dwie frakcje występują w równych proporcjach
X	X	<u>X</u>	X/Y
Duże głazy LBo	z dużymi głazami lbo	przewarstwiony dużymi głazami <u>lbo</u>	/Duże głazy /LBo
Głazy Bo	z głazami bo	przewarstwiony głazami <u>bo</u>	/Głazy /Bo
Kamienie Co	z kamieniami co	przewarstwiony kamieniami <u>co</u>	/Kamienie /Co
Żwir Gr	ze żwirem gr	przewarstwiony żwirem <u>gr</u>	/Żwir /Gr
Żwir gruby CGr	ze żwirem grubym cgr	przewarstwiony żwirem grubym cgr	/Żwir gruby /CGr
Żwir średni MGr	ze żwirem średnim mgr	przewarstwiony żwirem średnim <u>mgr</u>	/Żwir średni /MGr
Żwir drobny FGr	ze żwirem drobnym fgr	przewarstwiony żwirem drobnym <u>fgr</u>	/Żwir drobny /FGr
Piasek Sa	z piaskiem sa	przewarstwiony piaskiem <u>sa</u>	/Piasek /Sa
Piasek gruby CSa	z piaskiem grubym csa	przewarstwiony piaskiem grubym <u>csa</u>	/Piasek gruby /CSa
Piasek średni MSa	z piaskiem średnim msa	przewarstwiony piaskiem średnim <u>msa</u>	/Piasek średni /MSa
Piasek drobny FSa	z piaskiem drobnym fsa	przewarstwiony piaskiem drobnym <u>fsa</u>	/Piasek drobny /FSa
Pył Si	z pyłem si	przewarstwiony pyłem <u>si</u>	/Pył /Si
Pył gruby CSi	z pyłem grubym csi	przewarstwiony pyłem grubym <u>csi</u>	/Pył gruby /CSi
Pył średni MSi	z pyłem średnim msi	przewarstwiony pyłem średnim <u>msi</u>	/Pył średni /MSi
Pył drobny FSi	z pyłem drobnym fsi	przewarstwiony pyłem drobnym <u>fsi</u>	/Pył drobny /FSi
Il Cl	z ilem cl	przewarstwiony ilem <u>cl</u>	/Il /Cl

W tablicy 3. Zestawiono proponowany podział gruntów na grupy pod względem wysadzinowości. Zaklasyfikowanie gruntu do którejś z grup wymaga określenia składu granulometrycznego zgodnie z PKN-CEN ISO/TS 17892-4 oraz określenia

zawartości frakcji zredukowanych zgodnie z załącznikiem. Stosując się do zaleceń normy PN ISO można stworzyć bardzo dużo symboli gruntów, których nazwy tworzone są zgodnie z tablicą 2. Z tego względu na obecnym etapie trudno jest przewidzieć wszystkie możliwe symbole gruntów konieczne do uwzględnienia w podziale wysadzinowości. Dlatego proponuje się zastosować klasyfikację wysadzinowości na podstawie udziału poszczególnych frakcji gruntu.

Tablica 3. Podział gruntów pod względem wysadzinowości (projekt)

Właściwość	Grupa gruntów (*)		
	Niewysadzinowy	Wątpliwy	Wysadzinowy
Rodzaj gruntu	Grunty kamieniste, gruboziarniste i drobnoziarniste, zawierające: $f'_i (*) \leq 2\%$ oraz $f'_\pi \leq 10\%$ (dawniej stosowane nazwy i symbole (**): rumosz ngliniasty (KR), żwir (Ż), pospółka (Po), piasek gruby (Pr), piasek średni (Ps), piasek drobny (Pd), żużel nierozpadowy)	Grunty kamieniste i gruboziarniste, zawierające: $f'_i > 2\%$ oraz grunt drobnoziarnisty zawierający: $f'_i \geq 0\%$ i $f'_i \leq 2\%$ $f'_\pi \geq 10\%$ i $f'_\pi < 30\%$ $f'_p > 68\%$ i $f'_p \leq 90\%$ (dawniej stosowane nazwy i symbole (**): piasek pylasty (P_π), zwietrzelina gliniasta (KWg), rumosz gliniasty (KRg), żwir gliniasty (Żg), pospółka gliniasta (Pog))	grunty mało wysadzinowe: grunty zawierające: $f'_i > 20$ i $f'_i \leq 100\%$ $f'_\pi \geq 0$ i $f'_\pi \leq 100\%$ $f'_p \geq 0$ i $f'_p < 80\%$ (dawniej stosowane nazwy i symbole (**): glina piaszczysta zwięzła (Gpz), glina zwięzła (Gz), glina pylasta zwięzła (G_{πz}), il (I), il piaszczysty (Ip), il pylasty (I_π)) grunty bardzo wysadzinowe: grunty zawierające: $f'_i \geq 2\%$ i $f'_i \leq 20\%$ $f'_\pi \geq 0\%$ i $f'_\pi \leq 100\%$ $f'_p \geq 0\%$ i $f'_p \leq 98\%$ oraz grunty zawierające: $f'_i \geq 0\%$ i $f'_i < 2\%$ $f'_\pi \geq 30\%$ i $f'_\pi \leq 100\%$ $f'_p \geq 68\%$ i $f'_p \leq 100\%$ (dawniej stosowane nazwy i symbole (**): piasek gliniasty (Pg), pył piaszczysty (πp), pył (π), glina piaszczysta (Gp), glina (G), glina pylasta (G_π), il warwowy)
Zawartość cząstek wg PKN-CEN ISO/TS 17892-4, [%] $\leq 0,063$ mm $\leq 0,02$ mm	< 15 < 3	$15 \div 30$ $3 \div 10$	> 30 > 10
Wskaźnik piaskowy SE ₄ , wg PN-EN 933-8 (***), [%]	> 35	$25 \div 35$	< 25

(*) Sposób wyznaczania poszczególnych frakcji oraz definicje rodzajów gruntów zamiera Załącznik G

(**) Rodzaj gruntu wg PN-B-02480

(***) Warunki badania przyjąć wg Załącznika A do normy PN-EN 933-8

Poniżej przedstawiono proponowaną treść załącznika G.

ZAŁĄCZNIK G - projekt

Sposób wyznaczania poszczególnych frakcji oraz definicje rodzajów gruntów

Oznaczanie składu granulometrycznego należy wykonać zgodnie z PKN-CEN ISO/TS 17892-4

Grunty kamieniste - grunty, dla których zawartość ziaren o średnicy zastępczej $d_{40} > 40$ mm.

Grunty gruboziarniste – grunty, dla których zawartość ziaren o średnicy zastępczej $d_{50} \leq 40$ mm i $d_{90} > 2$ mm.

Grunty drobnoziarniste – grunty, dla których zawartość ziaren o średnicy zastępczej $d_{90} < 2$ mm.

Tablica G1. Frakcje uziarnienia gruntów

Nazwa frakcji	Symbol procentowej zawartości frakcji w masie szkieletu gruntowego	Zakres średnic zastępczych d , mm
Kamienista	f_k	$d > 40$ mm
Żwirowa	f_z	$40 \geq d > 2$
Piaskowa	f_p	$2 \geq d > 0,063$
Pyłowa	f_π	$0,063 \geq d > 0,002$
Iłowa	f_i	$0,002 \geq d$

Zawartość frakcji iłowej i pyłowej oznacza się metodą areometryczną wg PN-88/B-04481.

Przy klasyfikacji gruntów spoistych stosuje się "zredukowane" zawartości frakcji (odpowiednio f_p , f_π , f_i) obliczone wg wzorów:

$$f_p = \frac{100f_p}{100 - (f_k + f_z)}$$

$$f_\pi = \frac{100f_\pi}{100 - (f_k + f_z)}$$

$$f_i = \frac{100f_i}{100 - (f_k + f_z)}$$

LITERATURA

1. Gołębiewska A.: Nowa klasyfikacja gruntowa według normy PN-EN ISO. GEOINŻYNIERIA drogi mosty tunele 04/2006
2. Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskich warunków posadowienia obiektów budownictwa morskiego i zabezpieczeń brzegu morskiego. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2009
3. PN-B 02480:1986 Grunty. Określenia i symbole
4. PN-EN ISO 14688-1:2006 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis
5. PN-EN ISO 14688-2:2006 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Zasady klasyfikowania
6. PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Zasady klasyfikowania