



JÓZEF JUDYCKI

Politechnika Gdańska  
jozef.judycki@willis.pgda.pl

# Porównanie grubości typowych nawierzchni podatnych i półsztywnych Polski i wybranych krajów Europy

W niniejszym artykule przedstawiono porównanie grubości katalogowych nawierzchni asfaltowych (podatnych i półsztywnych) Polski z 1997 r. [1], Austrii z 2008 r. [2], Francji z 1998 r. [3], Niemiec z 2001 r. [4]. Do porównania dodano nawierzchnie zaprojektowane według metody Wielkiej Brytanii z 2006 r. [5]. Z wielu konstrukcji nawierzchni przedstawionych w katalogach do porównania szczegółowego wybrano cztery typy odpowiadające najczęściej stosowanym w Polsce. Były to nawierzchnie na podbudowach zasadniczych:

- z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie,
- z betonu asfaltowego ułożonego wprost na wzmocnionym podłożu,
- z chudego betonu lub mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym o podobnej wytrzymałości,
- ze stabilizacji cementem lub innym spoiwem hydraulicznym.

Katalogi [1], [2], [3], [4] różnią się istotnie między sobą formą, objętością oraz rodzajami i grubościami warstw konstrukcji nawierzchni. Porównanie katalogów jest rzeczą trudną, ze względu na wiele różniących się czynników, które opisano poniżej. Przyjęto zasadę jak najbardziej obiektywnego porównywania, z możliwie wnikliwym uwzględnieniem wszystkich różniących się czynników, aby otrzymać wiarygodne wnioski.

Opracowanie to powstało w czasie prac nad aktualizacją i weryfikacją polskiego katalogu z 1997 r., jakie na zlecenie GDDKiA prowadzi Politechnika Gdańska. Wyniki tego porównania będą uwzględnione przy weryfikacji polskiego katalogu. Ze względu na ograniczoną objętość tego artykułu przedstawiono w nim tylko mały skrót obszernego opracowania zawartego w raporcie do GDDKiA [6], do którego odsyłam zainteresowanych Czytelników.

## Różnice występujące w nawierzchniach katalogowych

### Różne grubości podbudów zasadniczych i warstw asfaltowych

W rozpatrywanych katalogach, w takich samych typach konstrukcji, różne są grubości podbudów zasadniczych i spoczywających na nich warstw asfaltowych. W związku z tym, aby uzyskać porównywalne wielkości obliczono grubości zastępcze nawierzchni, według metody CBR, ze wzoru:

$$H_z = \sum a_i \times H_i \quad (1)$$

gdzie:

$H_z$  – grubość zastępcza nawierzchni wyrażona w cm tłuczni standardowego,

$H_i$  – grubość rzeczywista warstwy  $i$ -tej, w cm,

$a_i$  – współczynniki materiałowe.

Jest to uproszczona metoda, ale w przekonaniu autora umożliwia wiarygodne porównanie konstrukcji katalogowych. Współczynniki materiałowe dla nawierzchni polskich przyjęto z metody CBR, według [7].

Przyjęto, że warstwy asfaltowe z betonu asfaltowego i SMA w Polsce, Austrii, Francji, i Niemczech mają cechy do siebie zbliżone, a spośród brytyjskich warstw asfaltowych, które w większości są wyraźnie inne niż w Europie kontynentalnej, wybrano typy podobne do betonu asfaltowego stosowanego w Polsce. Założono, w oparciu o studia katalogów, że kruszywa łamane stosowane do podbudów zasadniczych są we wszystkich wymienionych krajach podobne. Do obliczenia grubości zastępczej  $H_z$  przyjęto następujące jednakowe współczynniki materiałowe dla wszystkich porównywanych katalogów:

- warstwy asfaltowe  $a_1 = 2,0$
- warstwy z kruszywa łamanego niezwiązanego (stabilizowanego mechanicznie)  $a_2 = 1,0$ .

Warstwy związane spoiwami hydraulicznymi różnią się istotnie w różnych krajach pod względem wytrzymałości. Dla tych warstw wzięto pod uwagę ich wytrzymałości i moduły sprężystości. Z mechaniki konstrukcji nawierzchni wynika, że współczynniki materiałowe warstw są proporcjonalne do pierwiastka trzeciego stopnia z modułu sprężystości warstwy, jak podaje wzór:

$$a_i = a_k \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_k}} \quad (2)$$

gdzie:

$a_i, a_k$  – współczynniki materiałowe warstwy  $i$ -tej i  $k$ -tej,

$E_i, E_k$  – moduły sprężystości warstwy  $i$ -tej i  $k$ -tej.

Wzór (2) został wykorzystany do ustalenia współczynników materiałowych  $a_2$  dla warstw związanych spoiwami hydraulicznymi z Francji, Niemiec i Wielkiej Brytanii, które mają większe wytrzymałości i moduły sprężystości niż stosowany w Polsce chudy beton. Po przyjęciu z metody CBR [7] współczynnika materiałowego dla chudego betonu według polskiej technologii:  $a_2 = 1,550$  i po uwzględnieniu modułów sprężystości warstw związanych spoiwami hydraulicznymi, w każdym z rozpatrywanych krajów, ze wzoru (2) obliczono następujące współczynniki materiałowe:

- Francja (materiał GC3)  $a_2 = 1,870$ ;
- Niemcy (materiał HGT)  $a_2 = 1,611$ ;
- Wielka Brytania (materiał HBM)  $a_2 = 1,625$ .

Szczegóły obliczeń zawiera raport Politechniki Gdańskiej [6]. Porównanie grubości zastępczych  $H_z$  zweryfikowano z użyciem metody AASHTO w jej wersji z 1993 r. [12]. Obliczono „liczbę strukturalną nawierzchni” SN (skrót od *Structural Number*), ze wzoru:

$$SN = b_1 \times D_1 + b_2 \times D_2 \quad (3)$$

gdzie:

$SN$  – liczba strukturalna nawierzchni,  
 $b_1, b_2$  – współczynniki materiałowe z metody AASHTO 1993,  
 $D_1, D_2$  – grubości warstw w calach (1 cal = 2,54 cm).

W tym artykule porównanie liczb strukturalnych SN polskich i zagranicznych nawierzchni katalogowych ograniczono z braku miejsca tylko do podbudów z kruszywa łamanego. Parametr  $b_1$  dla warstw asfaltowych przyjęto z metody AASHTO po analizie modułów sztywności tych warstw jako  $b_1 = 0,44$ . Parametr  $b_2$  dla warstwy kruszywa łamanego przyjęto z metody AASHTO po analizie modułów i wskaźników CBR jako  $b_2 = 0,17$ . Nawierzchnie o mniejszej liczbie strukturalnej mają mniejszą nośność od nawierzchni o większej liczbie strukturalnej, jeżeli ich podłoża są identyczne. Wiarygodność takiego porównania może być uzasadniona tym, że metoda AASHTO 1993 oparta jest na wieloletnich doświadczeniach i jest wciąż bardzo szeroko stosowana w USA i w wielu krajach świata.

### Różne wymagania wobec modułów wzmocnionego podłoża pod podbudowami zasadniczymi

Podłoża pod konstrukcjami katalogowymi są wzmocniane w Niemczech i w Polsce do takiej samej wartości wtórnego modułu odkształcenia, co bardzo ułatwia porównania. Wymagany moduł wzmocnionego podłoża jest równy w obu krajach  $E_2 = 100$  MPa dla lekkiego ruchu oraz  $E_2 = 120$  MPa dla cięższego ruchu. Katalog austriacki zawiera wymagania wyrażone w postaci pierwotnego modułu odkształcenia  $E_1$ . Po przeprowadzonych obliczeniach stwierdzono jednak, że wymagana nośność wzmocnionego podłoża w Austrii jest zbliżona do wymaganej w Polsce. Wzmocnione podłoża w katalogu francuskim podzielone są na 4 klasy od PF1 do PF4, w przedziale od  $E \geq 20$  MPa do  $E \geq 200$  MPa. Do porównania wybrano najbliższą polskiemu katalogowi klasę PF3 (moduł  $E$  od 120 do 200 MPa). Wzmocnione podłoża w metodzie brytyjskiej podzielono na cztery klasy nośności, ze względu na moduł sztywności podłoża (*stiffness modulus*), oznaczone jako 1, 2, 3 i 4 od  $E \geq 50$  MPa do  $E \geq 400$  MPa. Do porównania wybrano najbliższą warunkom polskim klasę 2 ( $E$  od 100 do 200 MPa).

### Różne metody pomiaru nośności podłoża i warstw podbudów

Stosowane metody badań nośności podłoża i podbudów są następujące:

- Polska i Austria – metoda statycznych badań płytowych (VSS),
- Niemcy – metoda statycznych badań płytowych (VSS) z inną niż w Polsce metodyką i metoda ugięć Benkelmana,
- Francja – statyczna i dynamiczna metoda badań płytowych i metody ugięć Benkelmana i Lacroix,

- Wielka Brytania – metoda FWD i lekka płyta dynamiczna po wyskalowaniu względem FWD.  
Z różnic w metodyce badań mogą wynikać różnice w ocenie nośności. Nie wpływają jednak na wynik porównania w sposób zdecydowany.

### Różne charakterystyki mechaniczne podbudów zasadniczych z chudego betonu i z mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi

Wytrzymałości na ściskanie podbudów z chudego betonu i mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi są następujące:

- Polska – chudy beton  $R_{c28} = 6-9$  MPa, współczynnik materiałowy według [7];
- Austria – nie ma w katalogu tego typu podbudów;
- Francja – wiele typów mieszanek kruszyw i piasków związanych spoiwami hydraulicznymi, wszystkie o znacznie większych wytrzymałościach niż chudy beton w Polsce. Obowiązuje całkowicie inna zasada badań i klasyfikacji materiałów niż w innych krajach. Do porównania wybrano typ GC3 – kruszywo związane cementem  $E = 23\,000$  MPa, jako najbliższe polskiej podbudowie z chudego betonu;
- Niemcy – jeden typ podbudowy z mieszanek związanych hydraulicznie (HGT)  $R_{c28} = 7-12$  MPa;
- Wielka Brytania – cztery kategorie podbudów z mieszanek związanych hydraulicznie (HBM) o wytrzymałościach na ściskanie  $R_{c28} = 9-20$  MPa. Do porównania wybrano kategorię A, o najniższej wytrzymałości od C8/10 do C9/12.

### Różne ciężary równoważnych osi standardowych

Katalogi Polski, Austrii i Niemiec [1], [2], [4] operują standardową osią równoważną 100 kN. We Francji [3] oś standardowa to 130 kN. W Wielkiej Brytanii [8] stosuje się oś standardową 80 kN. Wymagało to przeliczenia na osie 100 kN, które wykonano w uproszczeniu według wzoru czwartej potęgi.

### Długość okresu projektowego nawierzchni

Różne są okresy projektowe, które w poszczególnych krajach dla nawierzchni podatnych i półsztywnych wynoszą:

- Polska i Austria – 20 lat,
- Francja – 30 lat dla dróg ważniejszych („sieci strukturalnej”) i 20 lat dla dróg mniej ważnych („sieci niestrukturalnej”) [3], [9], [10],
- Niemcy – 30 lat,
- Wielka Brytania – 40 lat, odstępstwa dopuszczalne za zgodą instytucji zarządzającej [8].

Wszystkie konstrukcje, niezależnie od długości okresu projektowego (20, 30 lub 40 lat) porównywano ze sobą na bazie sumarycznego ruchu obliczeniowego w całym okresie projektowym. Tę sprawę wyjaśniono szczegółowo w raporcie [6].

### Zasady porównywania grubości nawierzchni

Wszystkie podane dalej porównania przedstawiono w jednaki sposób na rysunkach. Dla każdego rodzaju podbudowy zasadniczej pokazano porównanie:

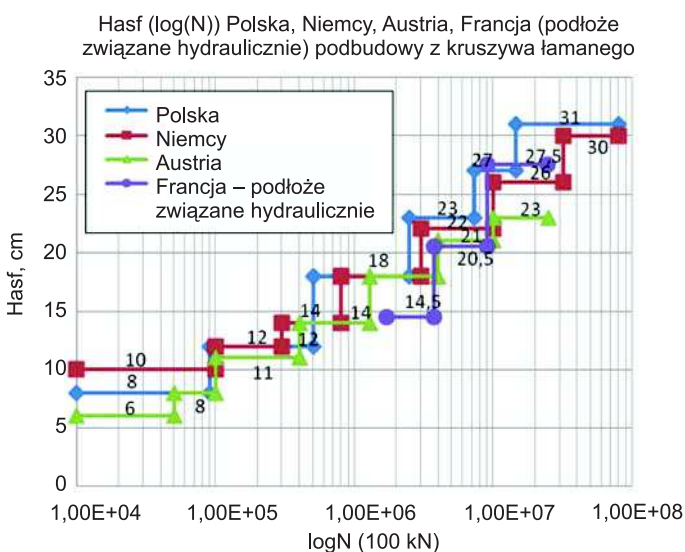
- grubości warstw asfaltowych na podbudowie zasadniczej, lub wzmocnionym podłożu,
- grubości zastępczych warstw nawierzchni nad wzmocnionym podłożem.

Na osi odciętych podano ruch obliczeniowy w całym okresie projektowym w skali logarytmicznej, wyrażony w osiach 100 kN. Na osi rzędnych pokazano dla każdego typu nawierzchni grubość wszystkich warstw asfaltowych, albo grubość zastępczą w cm. Każdy katalog ma inną klasyfikację ruchu, stąd na rysunkach widać poprzesuwane wzajemnie „schodki”, z poziomymi odcinkami w ramach danej kategorii ruchu.

## Porównanie konstrukcji nawierzchni o podbudowach zasadniczych z kruszywa łamanego niezwiązanego

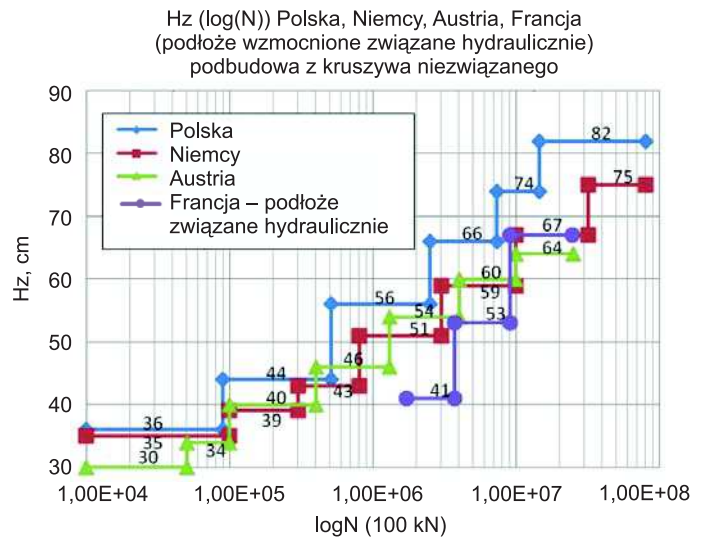
Konstrukcje tego typu są w Polsce najczęściej stosowane. Wzięto pod uwagę konstrukcję polską typu A, niemiecką typu 3, austriacką typu 2 i francuską typu GB3/GNT/CdForme(MTLH)-VRNS. Materiały podbudów zasadniczych z kruszywa łamanego i mieszanki mineralno-asfaltowe są w Polsce, Niemczech, Austrii i Francji podobne. W metodzie Wielkiej Brytanii nie ma takiego typu nawierzchni. Podbudowy z kruszywa łamanego mają w Polsce grubość 20 cm, w Niemczech 15 cm, a w Austrii 18 cm dla wszystkich kategorii ruchu. We Francji podbudowy z kruszywa łamanego mają inne grubości w zależności od tego czy wzmocnione podłoże ma górną warstwę związaną spoiwem hydraulicznym (grubość podbudowy z kruszywa wynosi wtedy 12 cm), czy jest niezwiązane (grubość podbudowy 20 cm). Wybrano nawierzchnię francuską z kruszywem niezwiązanym na warstwie stabilizacji (typ GB3/GNT/CdForme(MTLH)), ponieważ taki typ jest powszechnie stosowany w Polsce.

Na rysunku 1 pokazano grubości warstw asfaltowych na podbudowach z kruszywa łamanego z Polski, Austrii, Francji,



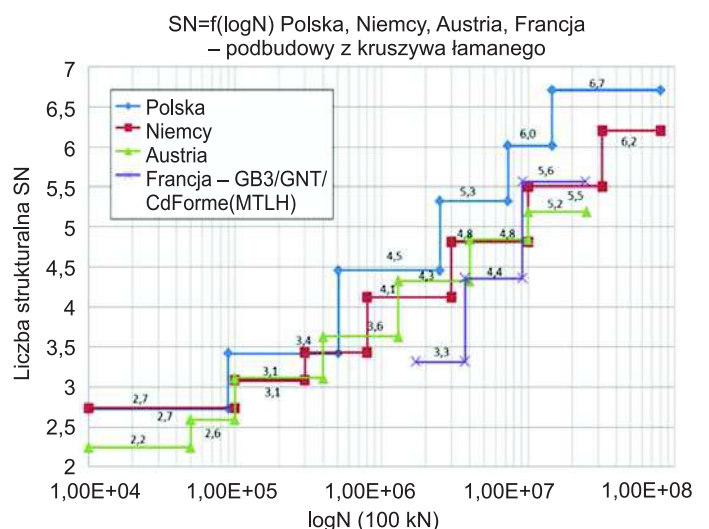
Rys. 1. Porównanie grubości warstw asfaltowych nawierzchni z katalogu polskiego, austriackiego, francuskiego i niemieckiego o podbudowach zasadniczych z kruszywa łamanego

Niemiec. Na rysunku 2 przedstawiono porównanie grubości zastępczych  $H_z$  tych nawierzchni. Podane wartości grubości zastępczych  $H_z$  należy podzielić przez 2, aby otrzymać równoważną grubość warstwy betonu asfaltowego. Na rysunku 3 podano porównanie liczb strukturalnych SN nawierzchni według AASHTO.



Rys. 2. Porównanie grubości zastępczych  $H_z$  nawierzchni o podbudowach zasadniczych z kruszywa łamanego z katalogu polskiego, austriackiego, niemieckiego i francuskiego

Z porównania widać wyraźnie, że nawierzchnie polskie są najgrubsze. Przy ruchu KR6 grubości zastępcze polskich nawierzchni są o 15 cm grubsze od nawierzchni francuskich i niemieckich i o 18 cm od nawierzchni austriackich (rys. 2). W przeliczeniu na warstwy asfaltowe wynosi to 7,5 cm i 9 cm. Identyczne wyniki dało porównanie liczb strukturalnych nawierzchni SN według metody AASHTO (rys. 3).



Rys. 3. Porównanie liczb strukturalnych SN nawierzchni o podbudowach zasadniczych z kruszywa łamanego z katalogu polskiego, austriackiego, niemieckiego i francuskiego

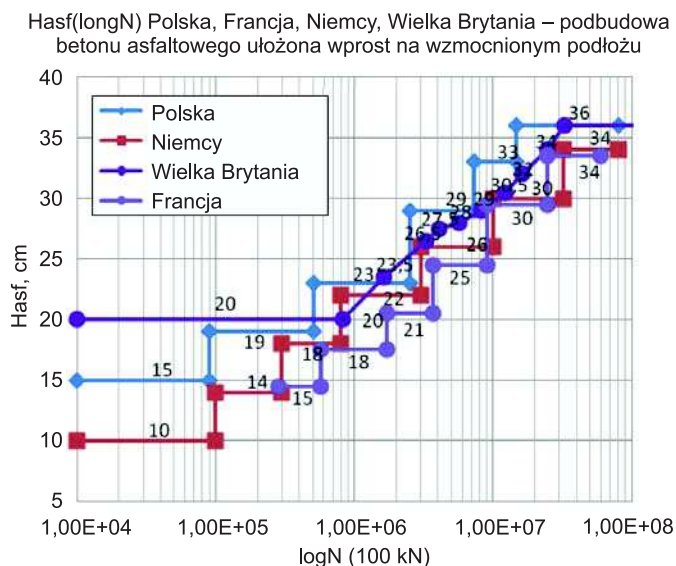


## Porównanie konstrukcji nawierzchni o podbudowach asfaltowych ułożonych wprost na wzmocnionym podłożu

Na rysunku 4 przedstawiono porównanie konstrukcji nawierzchni o podbudowie asfaltowej ułożonej wprost na warstwie wzmocnionego podłoża (typ zbliżony do amerykańskiej nawierzchni full depth pavement). Wzięto pod uwagę nawierzchnie polskie (typ C), francuskie (typu GB3/GB3-VRNS), niemieckie (typ 1) i określone z metody brytyjskiej.

Do porównania z katalogiem polskim wybrano nawierzchnie brytyjskie z warstwami asfaltowymi typu DBM50 i HDM50 z zastosowaniem asfaltu o penetracji 50, które są najbliższe betonowi asfaltowemu stosowanemu w Polsce. Francuskie warstwy asfaltowe GB3 oraz warstwy niemieckie są podobne do polskich. W Austrii nie ma takiego typu nawierzchni.

Jak widać z rysunku 4 najcieńsze są nawierzchnie francuskie, potem kolejno niemieckie, brytyjskie i polskie. Warstwy asfaltowe nawierzchni polskich są najgrubsze, z wyjątkiem ruchu lekkiego poniżej 0,9 mln osi 100 kN, gdzie najgrubsze są warstwy asfaltowe w Wielkiej Brytanii. Większość nawierzchni brytyjskich typu full depth pavement ma grubości warstw asfaltowych zbliżone do polskich.



Rys. 4. Porównanie grubości warstw asfaltowych ułożonych bezpośrednio na wzmocnionym podłożu z katalogu polskiego, francuskiego, niemieckiego i z metody brytyjskiej

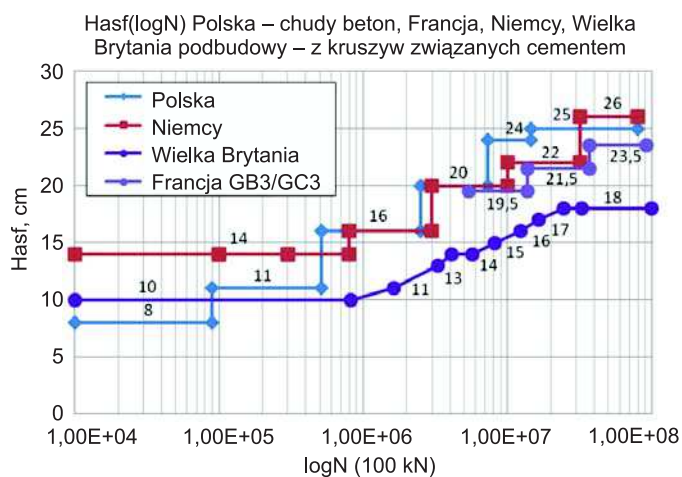
## Porównanie konstrukcji nawierzchni o podbudowach zasadniczych z chudego betonu i związanych spoiwem hydraulicznym

Porównano konstrukcje typu F z polskiego katalogu, na podbudowach zasadniczych z chudego betonu, konstrukcje typu 2 z niemieckiego katalogu na podbudowie związanej hydraulicznie HGT i konstrukcje według metody brytyjskiej na podbudowie związanej hydraulicznie HBM kategorii A. Z katalogu francuskiego wzięto typ nawierzchni GB3/GC3 na podbudowie z kruszywa związanego cementem, najbardziej podobny do polskiego typu F. W katalogu austriackim taki typ nie występuje.

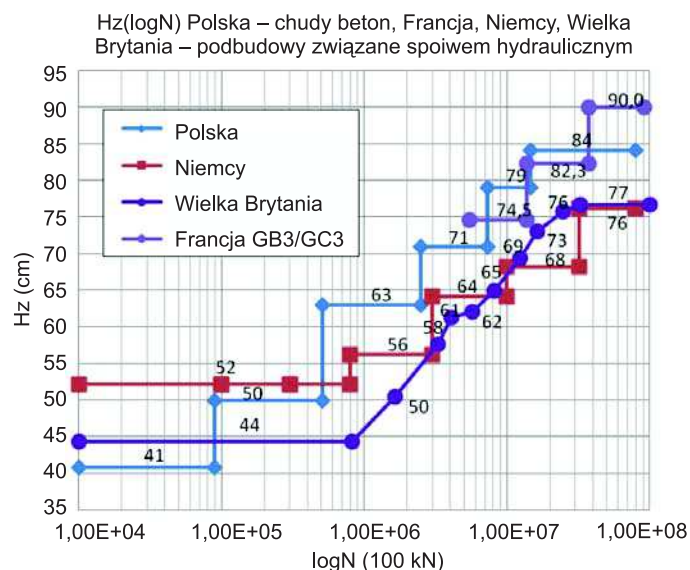
Różne wytrzymałości 28-dniowe podbudów na ściskanie oraz różne moduły sprężystości tych warstw w różnych krajach uwzględniono w porównaniu przez zastosowanie zróżnicowanego współczynnika materiałowego  $a_2$ .

Na rysunku 5 pokazano grubości warstw asfaltowych na podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi. Najcieńsze warstwy asfaltowe są w Wielkiej Brytanii, co może być spowodowane stosunkowo wysoką wytrzymałością podbudów związanych spoiwami hydraulicznymi (C8/10 lub C9/12) i dość łagodnym klimatem, który wpływa na zmniejszenie zagrożenia spękaniami odbitymi.

Na rysunku 6 przedstawiono grubości zastępcze nawierzchni  $H_z$  na podbudowach zasadniczych z chudego betonu i związanych spoiwem hydraulicznym. Polskie nawierzchnie katalogowe mają najgrubsze grubości zastępcze,



Rys. 5. Porównanie grubości warstw asfaltowych nawierzchni o podbudowie z chudego betonu z katalogu polskiego oraz o podbudowach z kruszyw związanych spoiwami hydraulicznymi z katalogu francuskiego, niemieckiego i z metody brytyjskiej



Rys. 6. Porównanie grubości zastępczych  $H_z$  konstrukcji nawierzchni o podbudowie z chudego betonu z polskiego katalogu z konstrukcjami o podbudowie związanej spoiwem hydraulicznym z katalogu francuskiego, niemieckiego i z metody brytyjskiej

poza kilkoma wyjątkami. Grubości zastępcze  $H_z$  nawierzchni polskich i francuskich są do siebie zbliżone.

## Porównanie konstrukcji nawierzchni na podbudowie z kruszywa stabilizowanego cementem lub innym spoiwem hydraulicznym

Porównano nawierzchnie z Polski i Austrii [2]. W katalogach: niemieckim, francuskim i w metodzie brytyjskiej takie podbudowy zasadnicze nie występują. W katalogu austriackim górna warstwa podbudowy ze stabilizacji cementem ma grubość od 18 do 30 cm, a w Polsce od 16 do 22 cm. Wytrzymałość stabilizacji cementem w Austrii wynosi  $R_{c7} \geq 2,5$  MPa (jak podano w artykule [10]), co odpowiada  $R_{c28} \geq 5$  MPa. W Polsce wytrzymałość wynosi  $R_{c28} = 3-5$  MPa.

Porównania przedstawiono na rysunkach 7 i 8. Z rysunku 7 wynika, że w Austrii istotnie cieńsze niż w Polsce są warstwy asfaltowe na podbudowie zasadniczej z kruszywa stabilizo-

wanego cementem lub innym spoiwem hydraulicznym. Zaskakująco cienie są w Austrii warstwy asfaltowe dla bardzo ciężkiego ruchu (austriackie 17 cm, a polskie 29 cm). Grubości zastępcze polskich nawierzchni katalogowych są wyraźnie grubsze od austriackich.

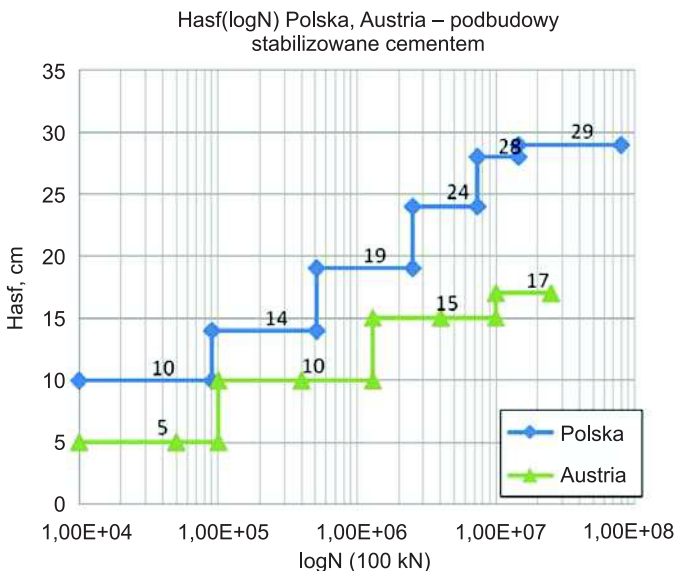
## Wnioski

1. Podstawowy wniosek jaki wynika z przeprowadzonego porównania to fakt, że zdecydowana większość polskich nawierzchni katalogowych jest istotnie grubsza od nawierzchni katalogowych Austrii, Francji, Niemiec i od nawierzchni zaprojektowanych według metody brytyjskiej. Różnice są tym większe, im większy jest ruch obliczeniowy. Wniosek ten dotyczy w szczególności nawierzchni na podbudowach z kruszyw łamanymi niezwiązanymi, które są w Polsce w największym stopniu przewymiarowane w porównaniu z innymi katalogami. Wagę tego spostrzeżenia podkreśla fakt, że podbudowy takie, zwane „podbudowami z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie”, były najczęściej w Polsce stosowane w okresie ostatnich 15 lat.

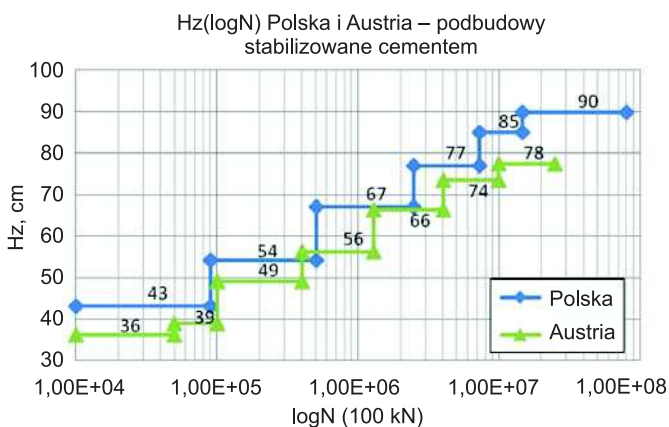
2. Należy więc ponownie rozważyć założenia przyjęte przy budowie polskiego katalogu z 1997 r. i przeprowadzić nowe analizy, aby zweryfikować grubości warstw nawierzchni projektowanych do nowego polskiego katalogu. Jest rzeczą oczywistą, że uwzględnić należy wymagany poziom bezpieczeństwa i tolerancji wykonawczych. Te dwa czynniki były jednak bez wątpienia uwzględnione w porównywanych katalogach zagranicznych i w metodzie brytyjskiej.

3. Pogrubienie konstrukcji nawierzchni ponad wymagania jest nieekonomiczne i nieuzasadnione. Prowadzi do niepotrzebnego zawyżania kosztów. Nie może być traktowane jako panaceum na ewentualne błędy projektowania technologicznego lub wykonawstwa. Grubości warstw konstrukcji nawierzchni powinny być zaprojektowane optymalnie, a niedoróbkom jakościowym należy przeciwdziałać. Doświadczenie autora z wielu lat uczy, że nawet grube nawierzchnie niszczą się przedwcześnie, jeżeli popełniono błędy projektowe lub wykonawcze, zwłaszcza w warstwach asfaltowych. Efektem takich błędów są spękania niskotemperaturowe, złuszczenia, kruchość, koleiny plastyczne itp. Liczne przypadki takich uszkodzeń w Polsce omawia artykuł [13].

4. Autor tego artykułu był jednym z autorów katalogu polskiego z 1997 r., odpowiedzialnym między innymi za obliczenia grubości warstw konstrukcji. Grubości te obliczono wówczas dla wszystkich kategorii według dwóch metod: Shella i Instytutu Asfaltowego [14]. Następnie przyjęto grubości warstw obliczone z użyciem kryteriów zmęczeniowych Instytutu Asfaltowego. Były one znacznie grubsze od obliczonych w tym samym czasie według metody Shella. Obecnie po wielu latach stosowania w praktyce kryterium Instytutu Asfaltowego stwierdzić można, że nie doszacowuje ono w wystarczającym stopniu trwałości nawierzchni z grubymi warstwami asfaltowymi. Porównanie kryterium Instytutu Asfaltowego z innymi, nowszymi kryteriami zawarte w raporcie [6] pokazuje wyraźnie, że przy dużym i bardzo dużym ruchu daje ono zdecydowanie grubsze nawierzchnie niż nowe kryterium AASHTO z 2004 r., podane w amerykańskiej metodzie mechaniczno-empirycznej oraz kryterium francuskie.



Rys. 7. Porównanie grubości warstw asfaltowych na podbudowie z kruszywa stabilizowanego cementem z katalogu austriackiego i z katalogu polskiego



Rys. 8. Porównanie grubości zastępczych nawierzchni na podbudowie z kruszywa stabilizowanego cementem z katalogu austriackiego i z katalogu polskiego

## Bibliografia

- [1] *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, IBDiM, GDDKiA, Warszawa 1997
- [2] *Oberbaubemessung RVS 03.08.63*, Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse, Schienne, Verkehr, kwiecień 2008 *Catalogue des structures types de chaussées neuves*, Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, SETRA, LCPC, 1998
- [3] *Catalogue des structures types de chaussées neuves*, Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, SETRA, LCPC, 1998
- [4] *RStO 01 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen*, FSV, 2001
- [5] *Design Manual for Roads and Bridges*, Vol. 7, Section 2, Part 3 HD 26/06 *Pavement Design*, luty 2006
- [6] Judycki J. i wsp., *Weryfikacja i aktualizacja „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych z 1997 r.”*, Politechnika Gdańska, Katedra Inżynierii Drogowej, Gdańsk, listopad 2011. Opracowano na zlecenie GDDKiA *Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych*, GDDKiA, IBDiM, Warszawa 2001
- [7] *Design Manual for Roads and Bridges*, Vol. 7, Section 2, Part 1 HD 26/06, *Traffic Assessment*, luty 2006
- [8] *Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych*, GDDKiA, IBDiM, Warszawa, 2001
- [9] *French Design Manual for Pavement Structures, Guide technique*, LCPC, SETRA, maj 1997
- [10] *Conception et dimensionnement des structures de chaussée*, Guide technique, LCPC, SETRA. Decembre 1994
- [11] Sommer H. et al., *Überarbeiten der RVS 8.05.13 Zementstabilisierte Tragschichten*, Austrian Ministry for Traffic, Innovation and Technology, Heft 520, 2002
- [12] *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington D.C., 1993
- [13] Judycki J., Dołycki B., Jaskuła P., *Przedwczesne uszkodzenia nawierzchni asfaltowych*, I Kongres Drogowy, Warszawa, 04-06.10.2006, s. 359-368
- [14] Judycki J., Alenowicz J., Cyske W., Leszman G., *Analizy obliczeniowe dotyczące weryfikacji „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”; Część I – Ocena wpływu funkcji i kryteriów zmęzeniowych na wymiarowanie konstrukcji nawierzchni; Wybór funkcji i kryteriów, Część II, Wymiarowanie typowych podatnych i półsztywnych konstrukcji nawierzchni drogowych, Część II, Raporty badawcze dla IBDiM, Biuro Inżynierii Drogowej DROTEST, Gdańsk 1995 ■*



MARIUSZ JACZEWSKI

Politechnika Gdańska  
Katedra Inżynierii  
Drogowej  
mariusz.jaczewski@  
willis.pg.gda.pl



JÓZEF JUDYCKI

Politechnika Gdańska  
Katedra Inżynierii  
Drogowej  
jozef.judycki@willis.pg.  
gda.pl

## Adaptacja francuskich kryteriów zmęczeniowych do projektowania nawierzchni podatnych w warunkach polskich

Począwszy od 1977 r. do dnia dzisiejszego, projektowanie typowych konstrukcji nawierzchni w Polsce opiera się na katalogach typowych konstrukcji nawierzchni. W 1977 r. był to Katalog Typowych Konstrukcji Jezdni Podatnych, znowelizowany w 1983 r. Konstrukcje nawierzchni zaprojektowane były według metod empirycznych. W pierwszej istotnej aktualizacji, czyli w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [5] z 1997 r., do wyznaczenia grubości warstw zastosowano metody mechanistyczno-empiryczne. Druga duża aktualizacja katalogu, przeprowadzana obecnie przez Katedrę Inżynierii Drogowej Politechniki

Gdańskiej, dodaje do analizy zmęczeniowej opracowane w ostatnich latach kryteria. Należą do nich m.in. opracowane w Stanach Zjednoczonych kryteria AASHTO 2004 [4] oraz opracowane w Europie kryteria francuskie [1], [2], [3]. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie głównych założeń metody francuskiej w zakresie kryteriów zmęczeniowych wraz z jej dostosowaniem do warunków polskich.

Dostępne opisy metody francuskiej są napisane w sposób niejasny, co utrudnia jej zrozumienie i analizę. W angloję-

zycznych publikacjach na temat metody francuskiej brakuje uporządkowanego opisu wszystkich niezbędnych parametrów do projektowania. Często brakuje też jednoznacznego opisu przyjętych założeń. Ponadto francuska klasyfikacja materiałów odbiega w niektórych elementach bardzo istotnie od klasyfikacji polskiej. Całkowicie nowym elementem zastosowanym w projektowaniu w Polsce jest stosowana we Francji analiza ryzyka oraz wpływu niejednorodności materiałów i podłoża w projektowaniu nawierzchni.

Pierwszy katalog typowych nawierzchni powstał we Francji w 1971 r., był zmieniony w 1977 r., 1988 r. i w 1998 r. Obecnie obowiązujący katalog francuski opiera się na racjonalnym podejściu wykorzystującym metody analizy mechaniki konstrukcji.

### Francuskie kryterium spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych [1], [2], [3]

Kryterium francuskie podane jest jako następujący wzór ogólny:

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon(NE, \theta_{eq}, f) \cdot k_r \cdot k_c \cdot k_s \quad (1)$$

gdzie:

$\varepsilon_{t,ad}$  – dopuszczalne poziome odkształcenie rozciągające warstwy, określane na dolnej powierzchni warstw asfaltowych,