



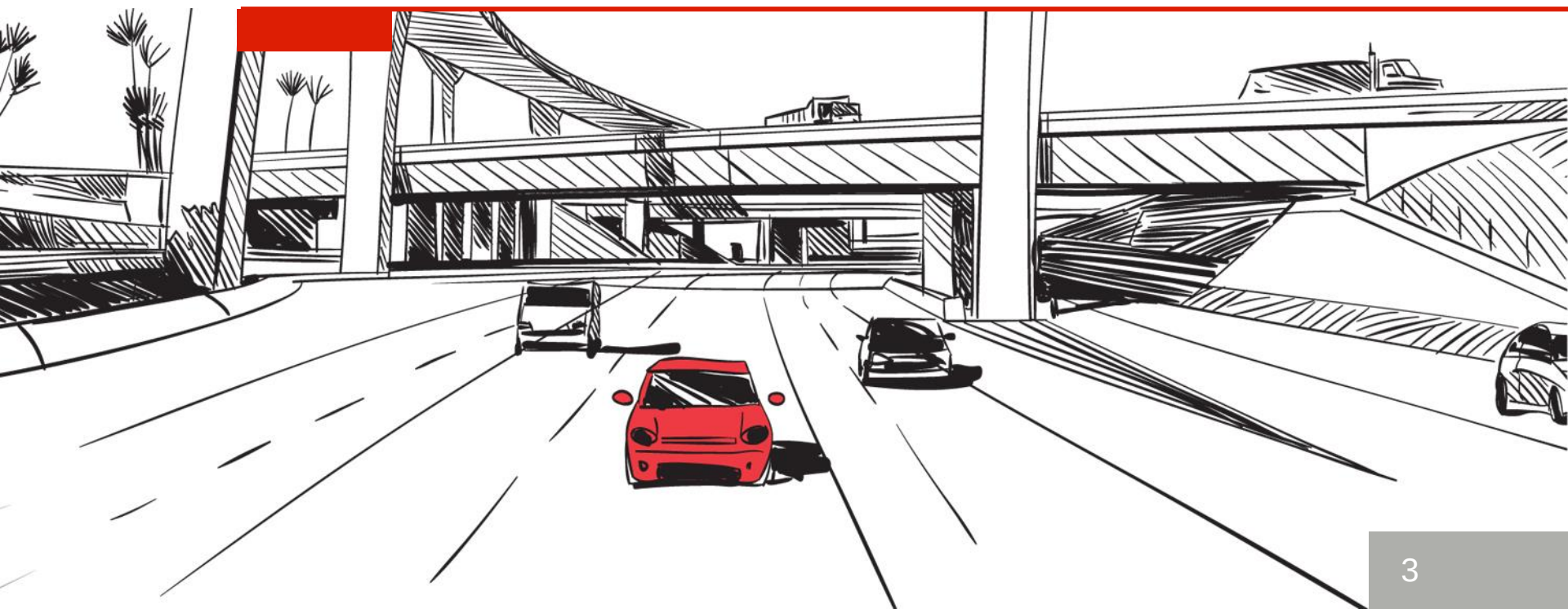
Nowe konstrukcje nawierzchni dróg samorządowych, optymalizowane środowiskowo

VIII Śląskie Forum Drogownictwa. 26-28 kwietnia 2022, Wisła

**dr inż. Krzysztof Błażejowski
Biuro Badań, Rozwoju i Innowacji**

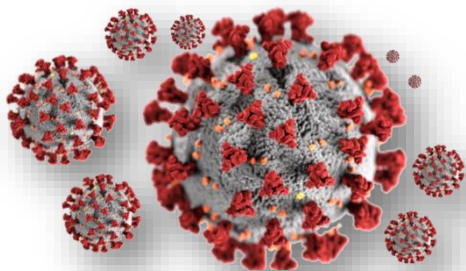
-
- 01 Aktualne zagadnienia związane z nawierzchniami i środowiskiem
 - 02 Trwałość – oczami użytkowników dróg, a trwałość w projektowaniu
 - 03 Katalogi Typowych Konstrukcji Nawierzchni
 - 04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni
 - 05 Program Innowacyjne Drogi Samorządowe ORLEN Asphalt
 - 06 Podsumowanie

01 Aktualne zagadnienia związane z nawierzchniami i środowiskiem



01 Aktualne zagadnienia związane z nawierzchniami i środowiskiem

W ostatnim czasie drastycznie zmieniły się realia ekonomiczne budowy i utrzymania dróg. Wpływ na to miało szereg czynników, w tym zaburzenia w światowej gospodarce na skutek pandemii **COVID**, **spekulacje surowcami**, a ostatnio także **wojna na Ukrainie**.



Na te czynniki nakłada się także polityka klimatyczna prowadzona przez UE pod hasłem **Zielony Ład (Green Deal)**. Ta z kolei wywołuje nacisk na stosowanie materiałów i technologii o zmniejszonym tzw. śladzie węglowym oraz ogólnie o mniejszym oddziaływaniu na środowisko.

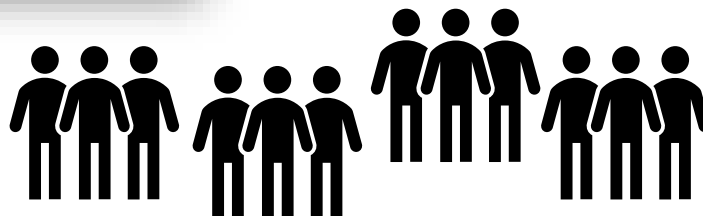


01 Aktualne zagadnienia związane z nawierzchniami i środowiskiem

Wyzwania które JUŻ mamy w drogownictwie:

- **koszt paliwa** -> koszt transportu materiałów (asfalt, kruszywa), gotowej mma na budowę, pracy sprzętu na budowie
- **koszt energii** -> koszt produkcji mma
- **koszty robocizny** -> koszt każdej dniówki na budowie

W tle czekają także **koszty emisji CO₂**, którymi mają być objęte nowe dziedziny gospodarki – transport i budownictwo.



01 Aktualne zagadnienia związane z nawierzchniami i środowiskiem

Dodatkowym aspektem jest dofinansowanie inwestycji drogowych (samorządowych) ze źródeł zewnętrznych, które może być powiązane z warunkami środowiskowymi.

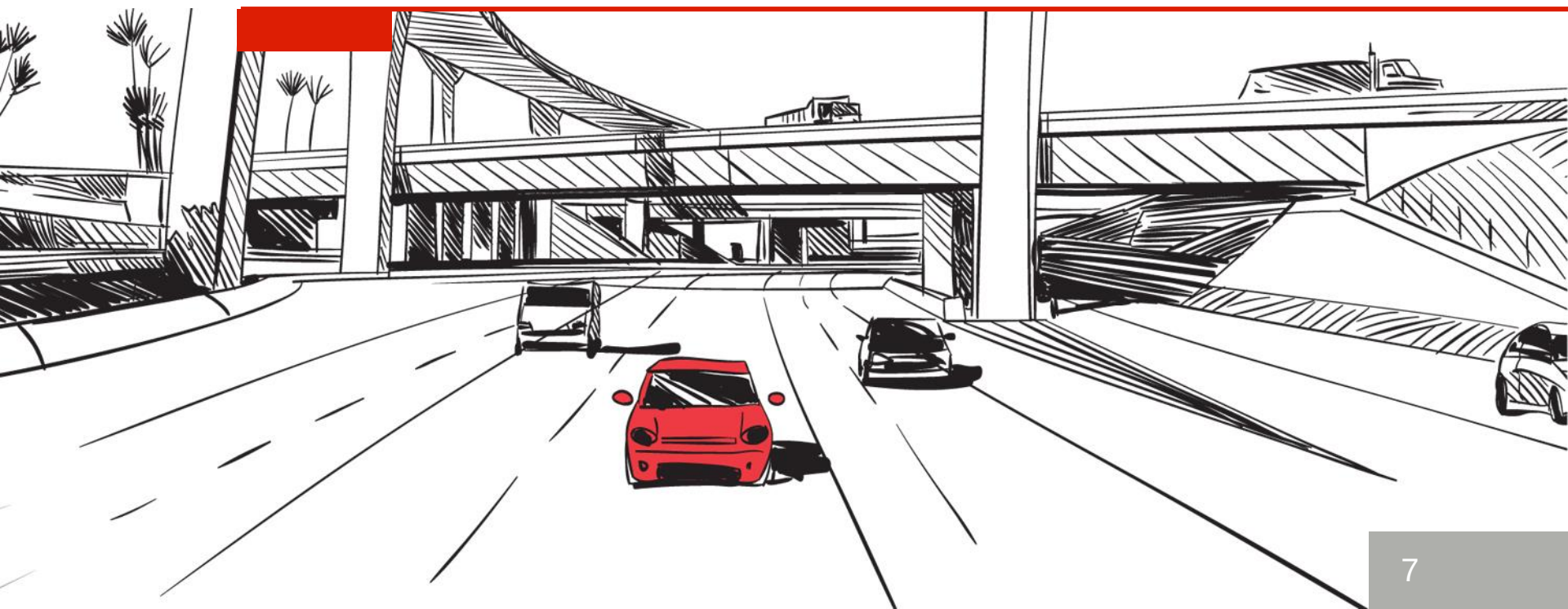
Finalnie, powinniśmy się zastanowić, **co możemy zrobić, aby uwzględnić nowe warunki biznesowe w technice drogowej?**

Czy możemy budować nawierzchnie asfaltowe inaczej? Czy potrzebne jest nowe podejście do nowej sytuacji?

Czy możemy tak budować, aby zmniejszyć zapotrzebowanie na ilość materiałów, co oznacza ograniczenie transportu, przetwarzania, czasochłonności budowy? A więc taniej i z mniejszym oddziaływaniem na środowisko?



02 Trwałość – oczami użytkowników dróg, a trwałość w projektowaniu nawierzchni



Trwałość nawierzchni jest w różny sposób postrzegana przez użytkowników, projektantów nawierzchni i zarządców dróg.

Trwałość **funkcjonalna**:

- Koleiny lepko-plastyczne
- Wyboje
- Pęknięcia niskotemperaturowe
- Uszkodzenia powierzchniowe

Tak najczęściej kojarzona jest trwałość w czasie eksploatacji

Trwałość **strukturalna**:

- Koleiny strukturalne
- Pęknięcia zmęczeniowe

To ma wpływ na trwałość obliczeniową

W przepisach techniczno-budowlanych mowa jest wyłącznie o **trwałości strukturalnej w okresie projektowym** ustalonym przez zarządcę drogi. I to do tej trwałości podane są warunki brzegowe końca trwałości. Trwałość funkcjonalna w czasie eksploatacji drogi pozostawiona jest do ustalenia przez zarządcę drogi.

Trwałość nawierzchni jest w różny sposób postrzegana przez użytkowników, projektantów nawierzchni i zarządców dróg.

Trwałość funkcjonalna:

- Koleiny lepko-plastyczne
- Wyboje
- Pęknięcia niskotemperaturowe
- Uszkodzenia powierzchniowe



Trwałość strukturalna:

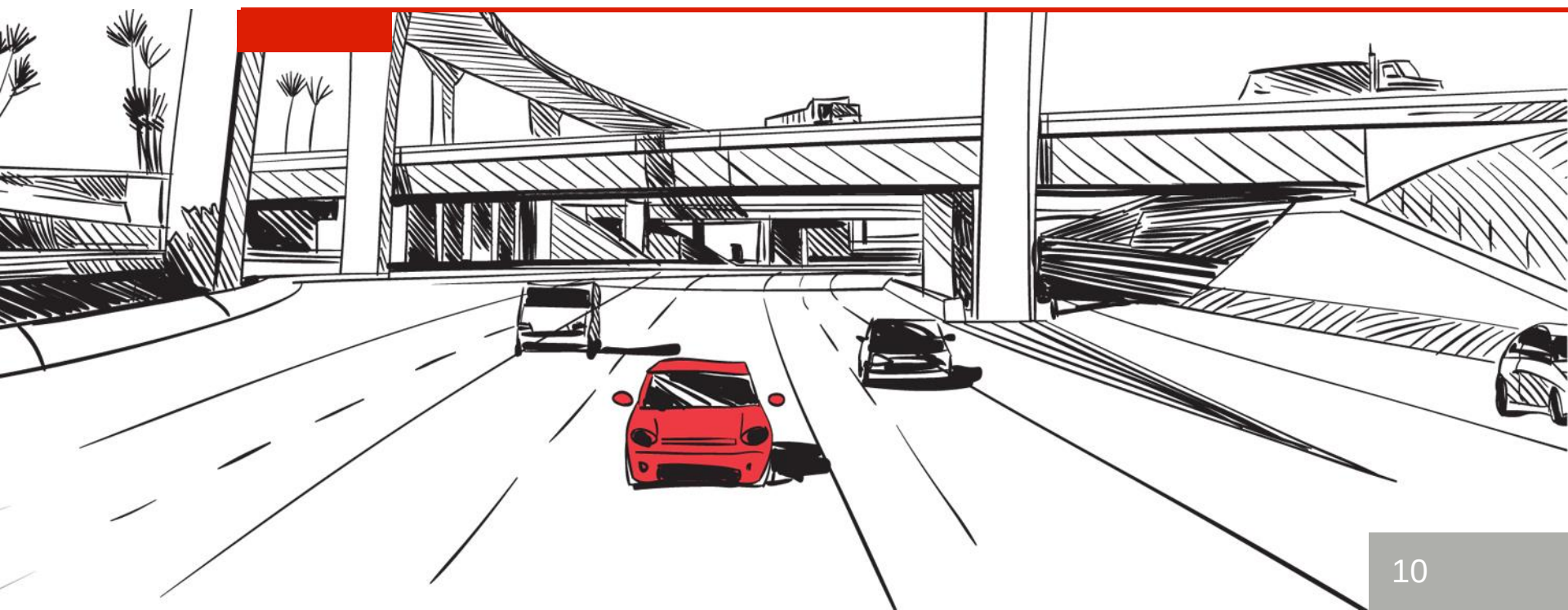
- Koleiny strukturalne
- Pęknięcia zmęczeniowe



Tym się zajmujemy wg przepisów podczas wymiarowania konstrukcji nawierzchni.

Dobrze zaprojektowana nawierzchnia, z prawidłowo wybranych materiałów i poprawnie wykonana powinna spełniać jednocześnie wymagania trwałości funkcjonalnej i strukturalnej w zakładanym okresie eksploatacji.

03 Katalogi Typowych Konstrukcji Nawierzchni

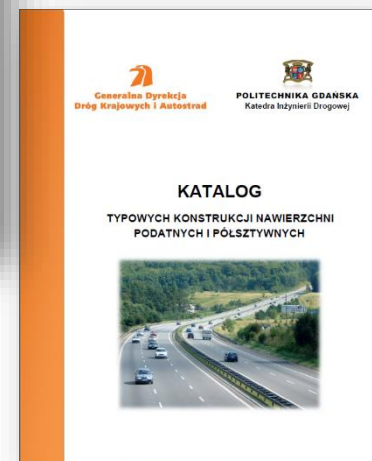
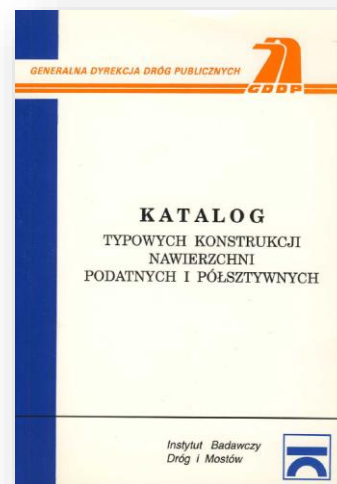


Układ i grubości warstw nawierzchni asfaltowych mogą być ustalane na podstawie:

- projektu indywidualnego (wg obliczeń wytrzymałościowych projektanta) albo
- wg schematu postępowania podanego w różnych Katalogach Typowych Konstrukcji Nawierzchni.

Katalogi do nawierzchni asfaltowych znane są w Polsce od ponad 50 lat. Do 1999 r. były to Katalogi ogólnokrajowe, potem publikowane przez Zarządców dróg (w związku z reformą drogownictwa).

Katalogi i procedury w nich zawarte są ważne, ponieważ zdecydowana większość nowych dróg projektowana jest w oparciu o Katalogi.



Wielkość ruchu drogowego należy do podstawowych danych wejściowych do projektowania konstrukcji nawierzchni drogowej.



Ruch rzeczywisty przeliczany jest na **ruch projektowy** wyrażony sumaryczną liczbą równoważnych osi standardowych (100 kN → ≈ 10 ton).

Liczba osi standardowych w okresie projektowym (20-30 lat) decyduje o kategorii ruchu na danym odcinku.

przeliczenie na osie 100 kN

pomiary
ruchu
rzeczywiste-
go

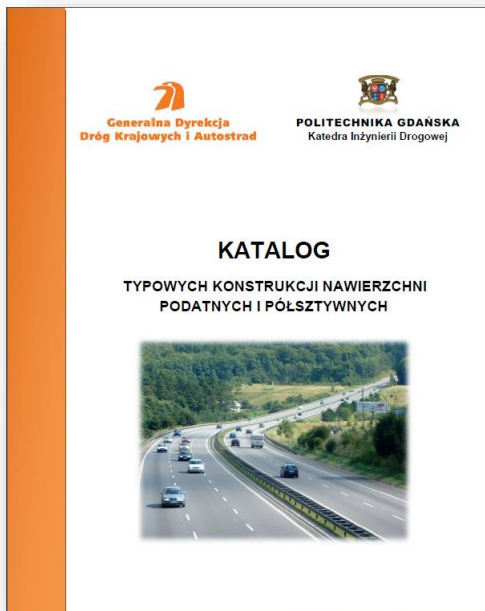
Kategoria pojazdów	Przykładowe typy pojazdów
Pojazdy ciężarowe pojedyncze C	
Pojazdy ciężarowe z przyczepami lub z naczepami C+P	
Autobusy A	

ustalenie
liczby
pojazdów w
okresie proj.
(np. 20-30 lat)

ustalenie kategorii ruchu KR

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym [w milionach osi 100 kN na pas obliczeniowy]
1	2
KR1	$0,03 < N_{100} \leq 0,09$
KR2	$0,09 < N_{100} \leq 0,50$
KR3	$0,50 < N_{100} \leq 2,50$
KR4	$2,50 < N_{100} \leq 7,30$
KR5	$7,30 < N_{100} \leq 22,00$
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00$

mln osi w okresie projektowym

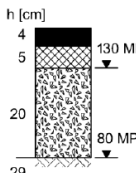
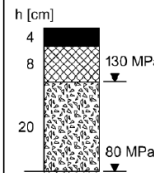
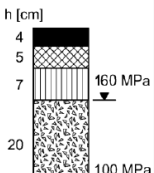
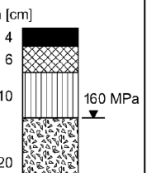
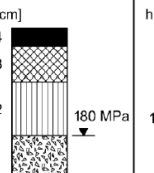
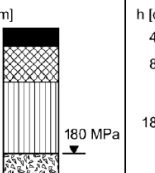


Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym [w milionach osi 100 kN na pas obliczeniowy]
1	2
KR1	$0,03 < N_{100} \leq 0,09$
KR2	$0,09 < N_{100} \leq 0,50$
KR3	$0,50 < N_{100} \leq 2,50$
KR4	$2,50 < N_{100} \leq 7,30$
KR5	$7,30 < N_{100} \leq 22,00$
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00$

Na podstawie *kategorii ruchu* ustala się konstrukcję nawierzchni (grubości warstw).

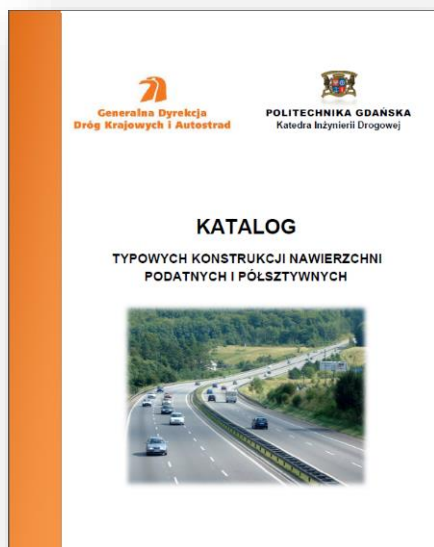
Można skorzystać z gotowych rozwiązań, np. w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych z 2014 r.

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

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
TYP A1							

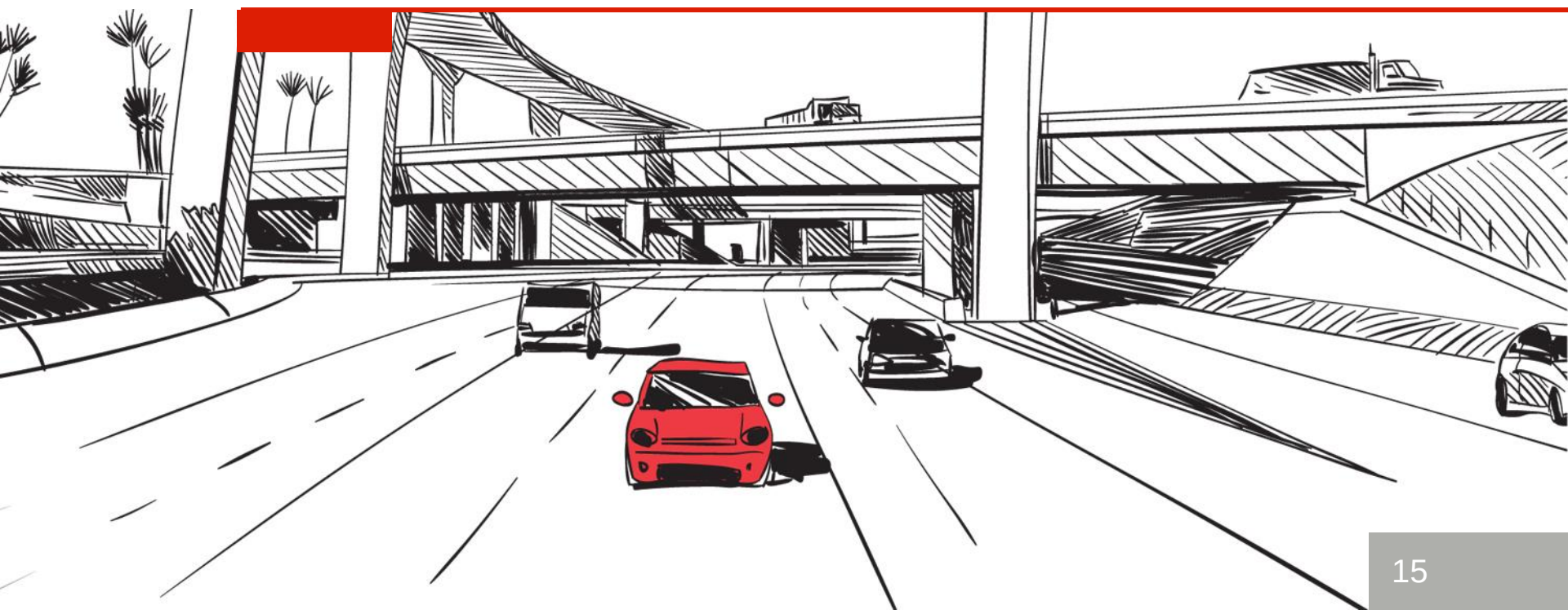
Konstrukcje nawierzchni podane w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych zostały obliczone na podstawie danych dla konkretnych materiałów oraz przy danych warunkach brzegowych:

- mma wykonane przy użyciu **asfaltów drogowych**,
- prędkość pojazdów ciężarowych w swobodnym ruchu zamiejskim – **60 km/h**,



Jeśli stosowane są inne materiały lub występują inne warunki eksploatacji lub budowany jest inny układ warstw - należy skorygować dane z Katalogu!

04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni



Jak już wiemy, **wg przepisów techniczno-budowlanych, powinniśmy zadbać o:**

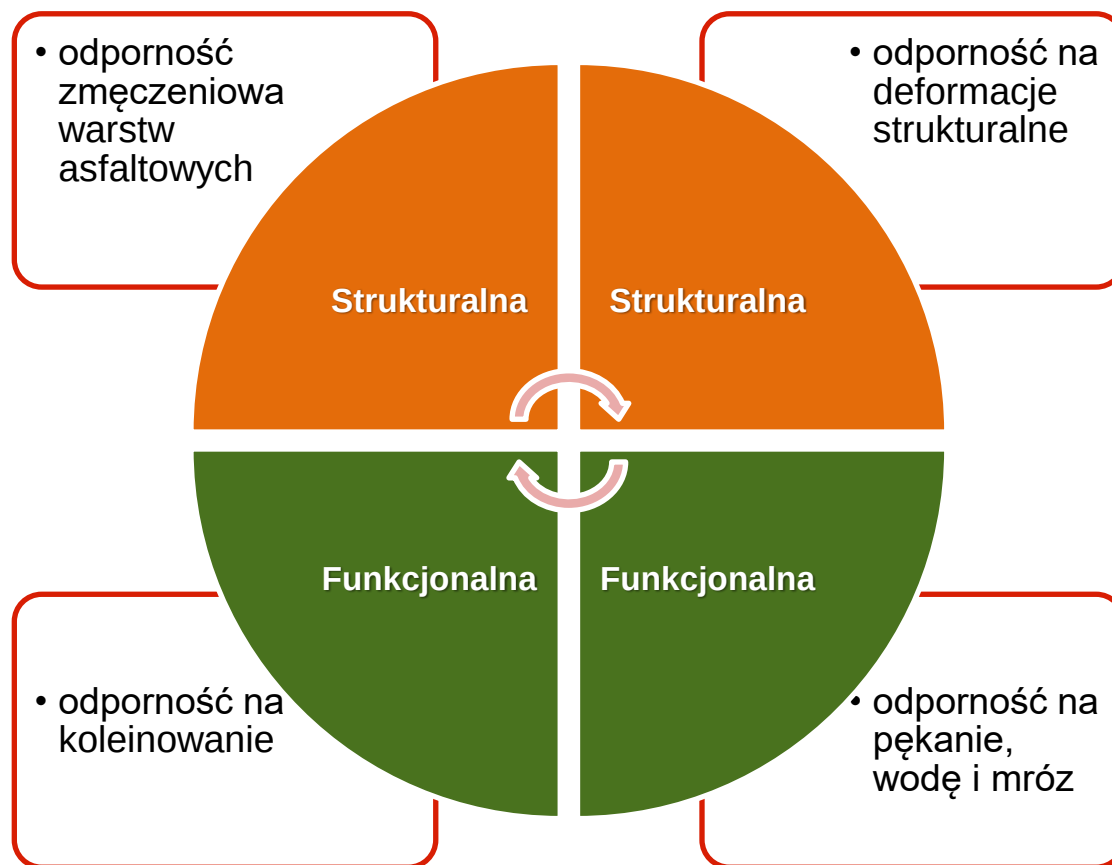
- jak największą **trwałość zmęczeniową** dolnych warstw asfaltowych oraz
 - **chronić podłoże** pod nawierzchnią przed konsolidacją
- w obydwu przypadkach – na skutek cyklicznych obciążeń nawierzchni.

Jeśli chcemy cokolwiek zmienić czy poprawić w nawierzchni, musimy więc skoncentrować się na tych dwóch aspektach zniszczenia, pamiętając jednocześnie o trwałości funkcjonalnej (koleinowanie, pękanie, woda i mróz itp.).

Dodatkowo – jeśli chcemy coś zmienić musimy odejść od typowych rozwiązań materiałowych zastosowanych do obliczeń Katalogu 2014.

W 2018 r. w ORLEN Asphalt rozpoczął się **projekt badawczy „Nowe nawierzchnie dróg samorządowych”**, który miał za zadanie wykorzystanie nowych materiałów asfaltowych oraz najnowszych metod obliczeniowych do **opracowania nowoczesnych nawierzchni dróg o ruchu KR1-KR4.**

Nasze oczekiwania:



Co wiemy z teorii pracy nawierzchni asfaltowej? Co wpływa na kluczowe właściwości?

- rodzaj mma
- rodzaj lepiszcza
- parametry objętościowe mma

- odporność zmęczeniowa warstw asfaltowych

Strukturalna

- odporność na deformacje strukturalne

Strukturalna

- dolne warstwy (podbudowa pomocnicza, ulepszone podłoże)
- grubość warstw asf.
- rodzaj mma
- rodzaj lepiszcza

- rodzaj mma
- rodzaj lepiszcza
- parametry objętościowe mma

- odporność na koleinowanie

Funkcjonalna

- odporność na pękanie, wodę i mróz

Funkcjonalna

- rodzaj mma
- rodzaj lepiszcza
- parametry objętościowe mma

Opcje się powtarzają -> należy zatem wybrać odpowiednią mieszankę mineralno-asfaltową, odpowiednie lepiszcze i wzmocnić dolne warstwy konstrukcji.

Co zatem z „odpowiednią mieszanką mineralno-asfaltową i odpowiednim lepiszczem”?

Wybór mieszanek mineralno-asfaltowych o lepszych parametrach zmęczeniowych:

- mniejsza zawartość wolnych przestrzeni,
- większa zawartość efektywnego lepiszcza,
- lepsze wypełnienie lepiszczem przestrzeni w mieszance mineralnej (VFB).

Biorąc powyższe pod uwagę, widzimy, że **mieszanki do podbudowy asfaltowej o najmniejszej zawartości asfaltu i dużej zawartości wolnych przestrzeni (np. AC 32 P, o uziarnieniu 0/31,5 mm) – są najbardziej niekorzystnym wyborem.**

Zmianą w dobrym kierunku będzie zastosowanie:

AC 32 P

$B_{min} > 3,8\%$



AC 22 P

$B_{min} > 4,0\%$



AC 16 P

$B_{min} > 4,2\%$

Lub:



SMA 16

$B_{min} > 5,2\%$

Co zatem z „odpowiednią mieszanką mineralno-asfaltową i odpowiednim lepiszczem”?

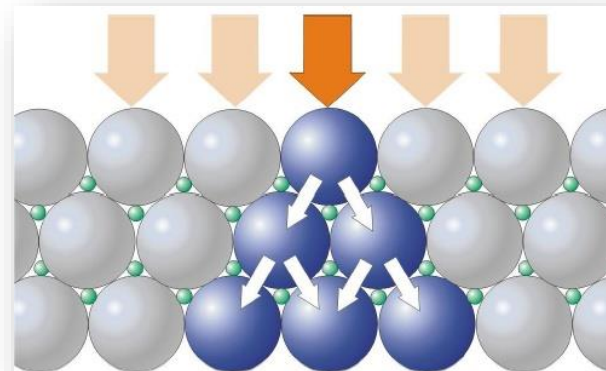
Najpopularniejsze w Polsce betony asfaltowe (AC) nie gwarantują jednoczesnego spełnienia wymagań: wytrzymałości zmęczeniowej, odporności na koleinowanie oraz na wodę i mróz.

Mieszanką, która daje najlepsze możliwości jest mieszanka SMA, o silnym szkieletcie i większej zawartości objętościowej lepiszcza.

Do naszych obliczeń **przyjeliśmy mieszankę SMA 16**, ze względu na jej uniwersalne właściwości i możliwość budowania warstw o grubości od 5 do 9 cm w jednym przejeździe rozkładarki.

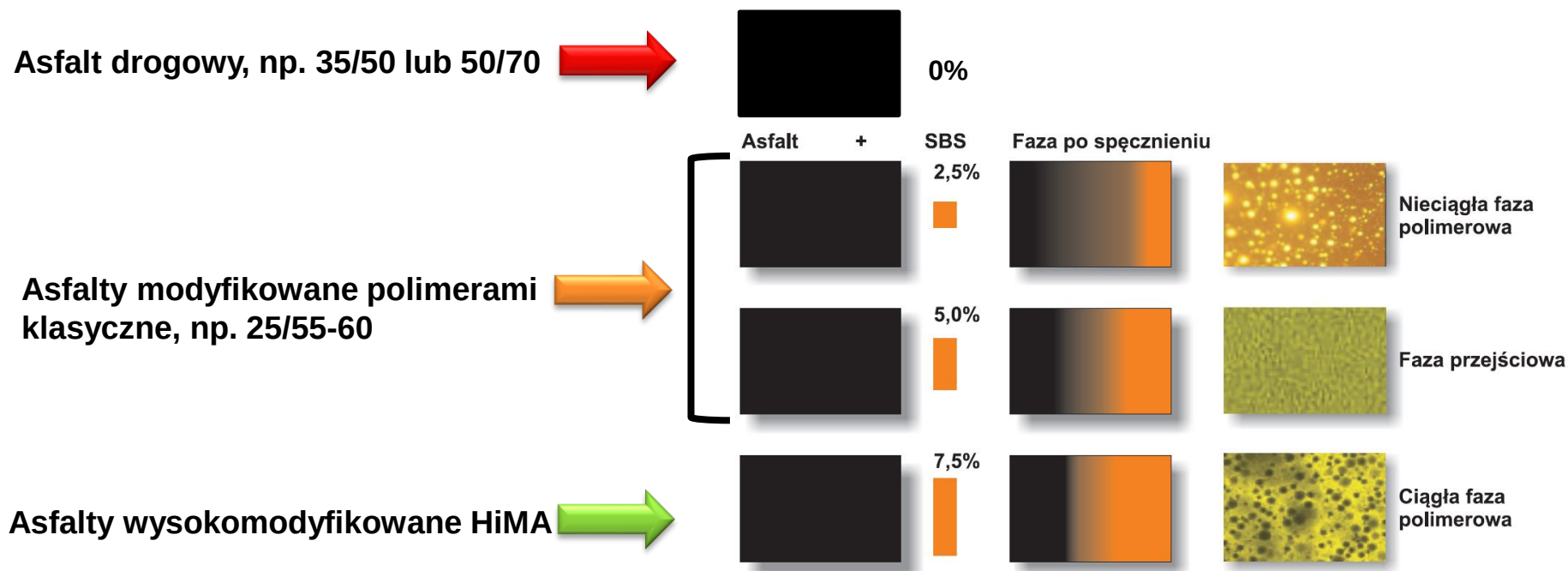
SMA 16 JENA to:

- mała zaw. wolnych przestrzeni
- duża zawartość efektywnego lepiszcza



04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Co zatem z „odpowiednią mieszankę mineralno-asfaltową i odpowiednim lepiszczem”?



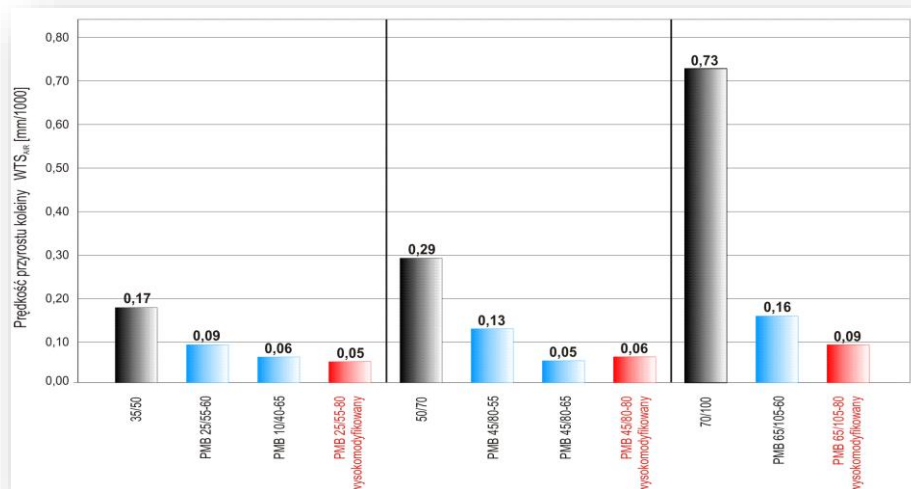
Podsumowanie – trwałość zmęczeniowa (strukturalna), szacunkowo:

- ORBITON 25/55-60 jest 4 razy większa od 35/50
- ORBITON 45/80-80 HiMA jest 5 razy większa od ORBITON 25/55-60
- ORBITON 45/80-80 HiMA jest 20 razy większa od 35/50

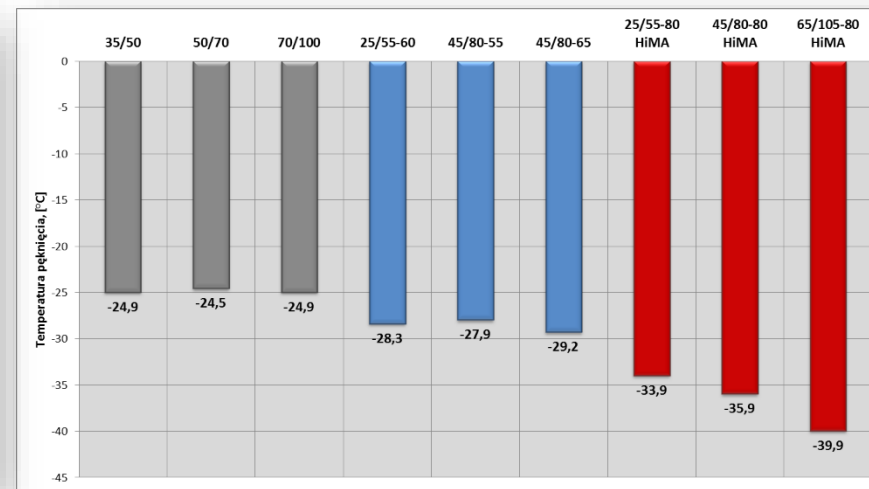
04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Co zatem z „odpowiednią mieszanką mineralno-asfaltową i odpowiednim lepiszczem”?

Szybkość koleinowania w 60°C



Temperatura pęknięcia w zimie



Podsumowanie – trwałość funkcjonalna:

Asfalty wysokomodyfikowane HiMA to:

- najlepsza odporność na koleinowanie latem,
- najlepsza odporność na pęknięcie w zimie.

Występuje w wersji
HiMA-WMA

Wybraliśmy do aplikacji w nawierzchniach nowego typu:

- mieszankę SMA 16
- asfalt wysokomodyfikowany HiMA

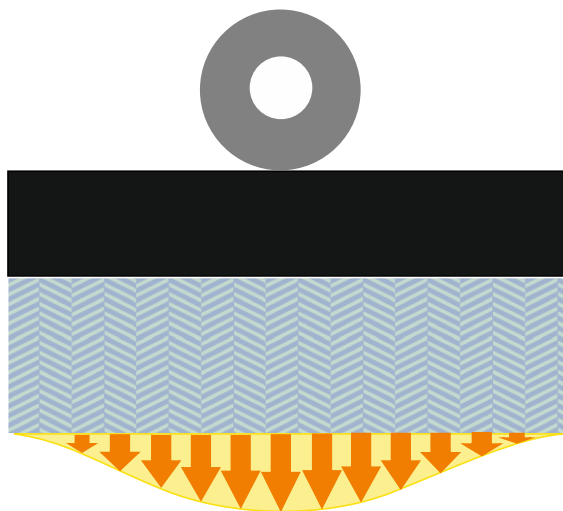
Ten układ materiałowy ma jednak swoje konsekwencje. Zbudujemy z nich niezwykle trwałą strukturalnie i funkcjonalnie pakiet asfaltowy. Jest on niezwykle odporny zmęczeniowo ale...
co z dolnymi warstwami?

Asfalty drogowe => duża sztywność, mniejsze ugięcia, mała trwałość zmęczeniowa i mała odporność na koleinowanie => lepsza ochrona podłoża przed naciskiem

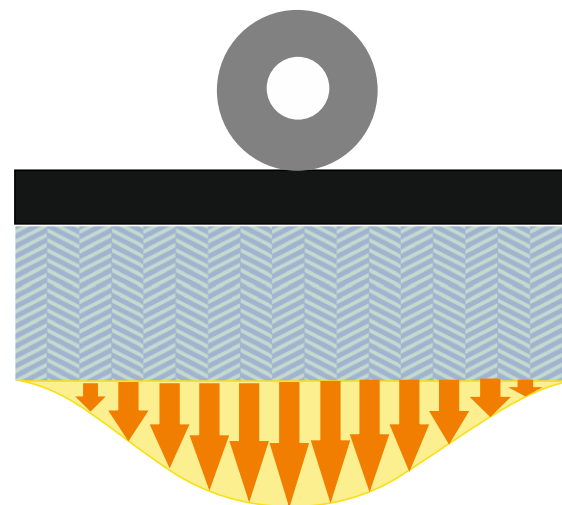
Asfalty wysokomodyfikowane HiMA => mała sztywność, większe ugięcia, bardzo duża trwałość zmęczeniowa, duża odporność na koleinowanie => mniejsza ochrona podłoża przed naciskiem

04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Gruby pakiet z asfaltów drogowych



Cienki pakiet z asfaltów HiMA



Porównanie trwałości

zmęczenie asfaltu	25 mln osi	100 mln osi
deformacje podłoża	100 mln osi	50 mln osi

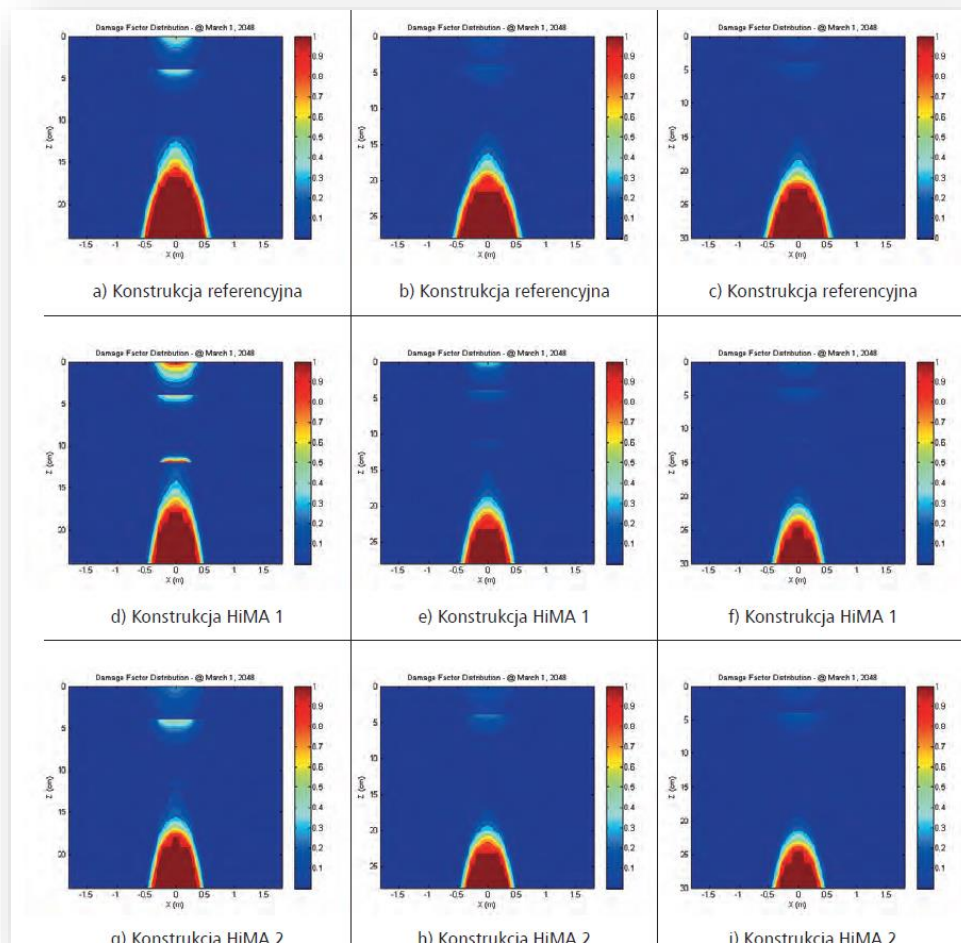
04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Obliczenia trwałości zostały wykonane z wykorzystaniem metody **S-VECD**.

Do tego celu w laboratoriach Politechnik Gdańskiej i Politechniki Wrocławskiej wykonano szereg badań materiałowych różnych mieszanek mineralno-asfaltowych z różnymi asfaltami.

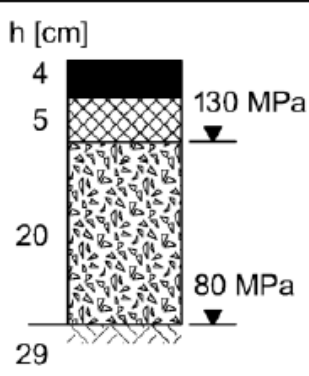
Obliczenia programem *Flexpave* zostały wykonane przez prof. A. Zofkę z IBDIM oraz Fundację Rozwoju Politechniki Lubelskiej w latach 2018-2021.

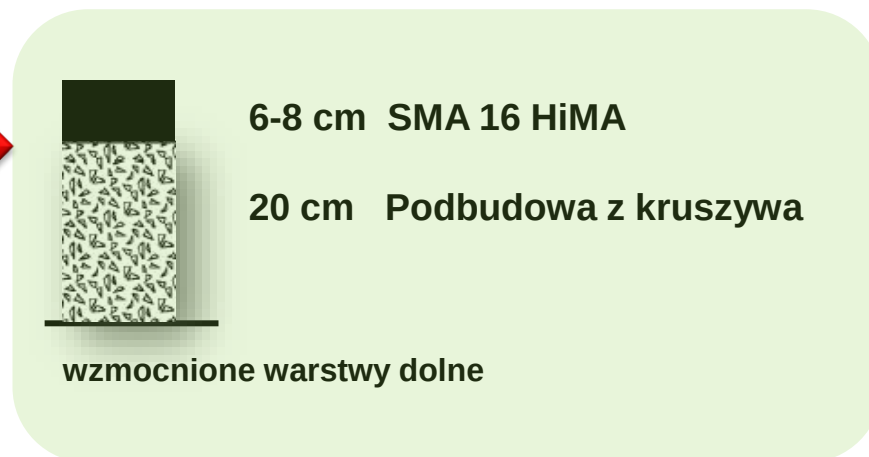
Na podstawie wyników opracowano wstępną wersję nowych nawierzchni do ruchu lekkiego i średniego (KR1-KR4).



04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

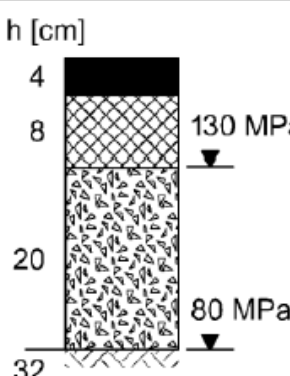
Proponowane nawierzchnie do wdrożenia na etapie doświadczalnym: **KR1**

Kategoria ruchu	KR1
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,03 - 0,09
TYP A1	



04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Proponowane nawierzchnie do wdrożenia na etapie doświadczalnym: **KR2**

Kategoria ruchu	KR2
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,09 - 0,5
TYP A1	



9-10 cm SMA 16 HiMA

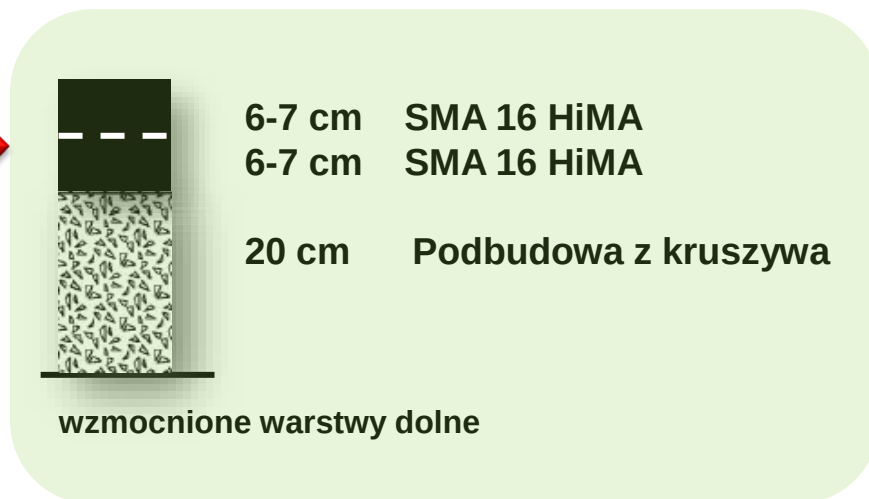
20 cm Podbudowa z kruszywa

wzmocnione warstwy dolne

04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Proponowane nawierzchnie do wdrożenia na etapie doświadczalnym: **KR3**

Kategoria ruchu	KR3
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	0,5 - 2,5
TYP A1	h [cm] 4 5 7 20 36 160 MPa 100 MPa



04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Proponowane nawierzchnie do wdrożenia na etapie doświadczalnym: **KR4**

Kategoria ruchu	KR4
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	2,5 - 7,4
TYP A1	h [cm]



Podane rozwiązania, oprócz odpowiedniej trwałości, powinny przynieść następujące korzyści, w tym zmniejszenie:

- **ilości materiałów** niezbędnych do budowy drogi (koszty transportu/paliwa)
- **eksploatacji zasobów naturalnych** (kruszywa)
- **ilości mieszanek do wyprodukowania** na otaczarni (koszty paliwa i energii)
- **ilości mieszanek do przewiezienia** na plac budowy (koszty transportu/paliwa)
- **czasochłonności** wykonania pakietu asfaltowego (koszty pracy sprzętu i ludzi), przez wykorzystaniu koncepcji SMA JENA (jednowarstwowej nawierzchni asfaltowej) tzn. układania od razu jednej grubszej warstwy zamiast dwóch cieńszych lub dwóch grubszych zamiast trzech – umożliwi to także zaoszczędzenie czasu i kosztów wykonania skropienia międzywarstwowego.

W najbliższym czasie ORLEN Asphalt będzie testował prezentowane rozwiązania w ramach własnego programu INNOWACYJNE DROGI SAMORZĄDOWE.

Zapraszamy samorządy do współpracy.

04 Nowe podejście i nowe konstrukcje nawierzchni

Przedstawione nowe konstrukcje nawierzchni są propozycją, która będzie testowana przez ORLEN Asphalt w ramach programu INNOWACYJNE DROGI SAMORZĄDOWE.

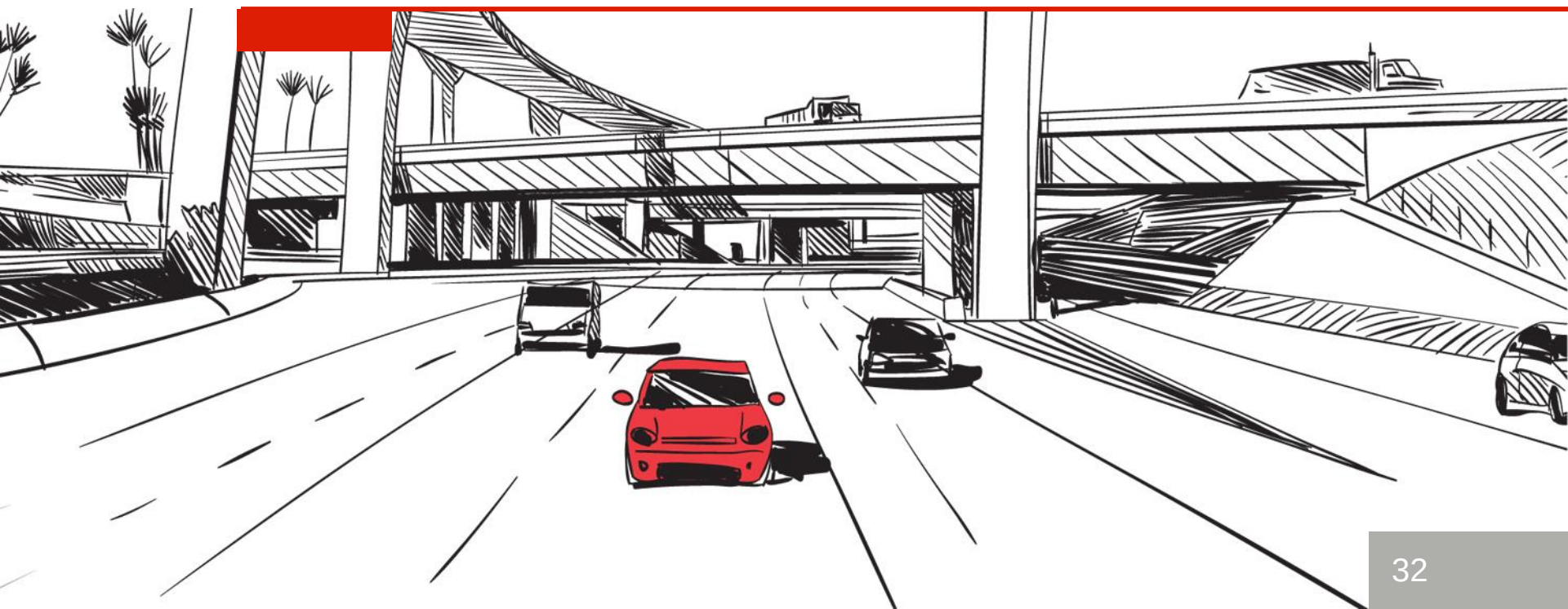
W zależności od lokalizacji, obciążenia ruchem i innych warunków lokalnych, zostanie ustalony docelowy układ warstw i ich grubość. Zostanie także określona konkretna specyfikacja materiałowa.

Obecnie, nie należy traktować podanych układów warstw jako nowego Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych albo jego innej alternatywy. Dopiero po zakończeniu okresu testowania przedstawionych rozwiązań, zostanie przedstawiony końcowy raport ORLEN Asphalt z realizacji tej koncepcji.



Innowacyjne
Drogi
Samorządowe

05 Program Innowacyjne Drogi Samorządowe ORLEN Asfalt



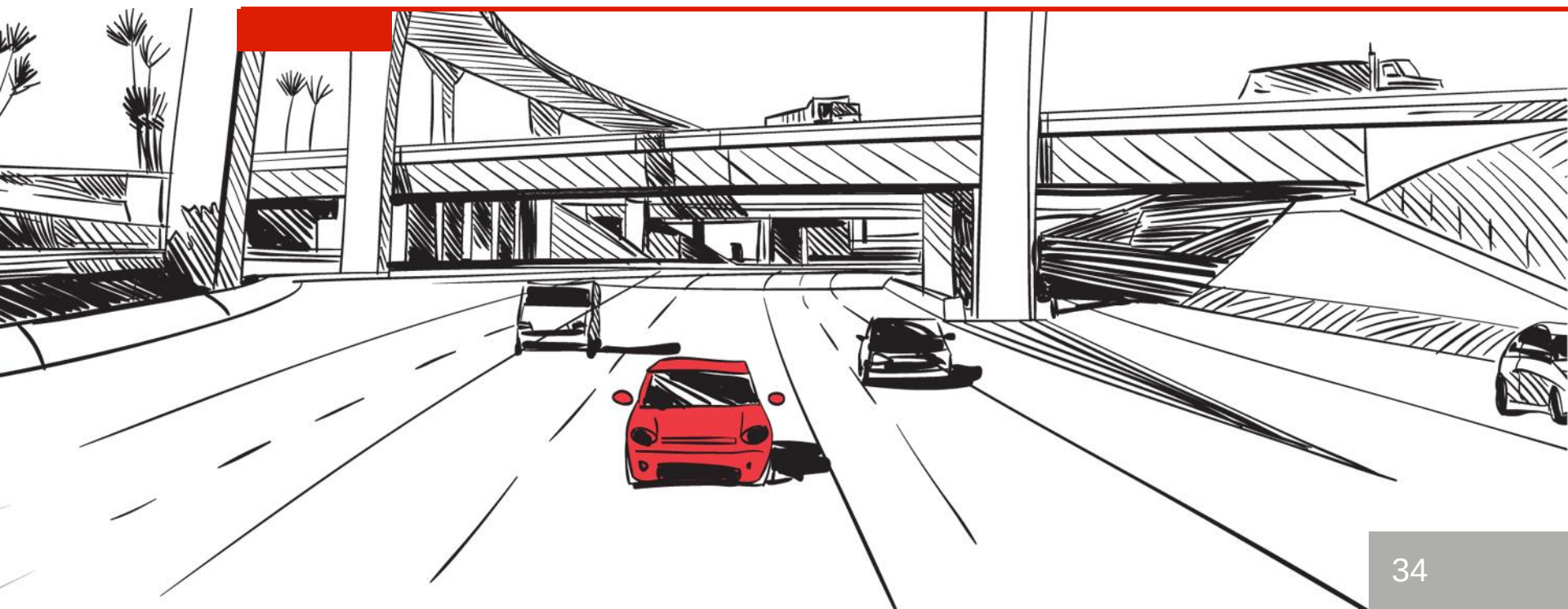
➤ **Innowacyjne Drogi Samorządowe**

to program, którego głównym celem jest poprawa jakości i rozwój dróg samorządowych w Polsce.



- Udział w programie pozwoli **poszerzyć wiedzę na temat stosowania asfaltów modyfikowanych i wysokomodyfikowanych** w technologii budowy dróg samorządowych.
- O tytuł **Ambasadora w Programie Innowacyjne Drogi Samorządowe** ubiegać się mogą jednostki samorządu terytorialnego oraz jednostki organizacyjne podległe jednostkom samorządu terytorialnego zarządzające drogami na podległym obszarze, znajdującym się na terytorium Polski oraz realizujące inwestycje drogowe na podległym im obszarze.
- Więcej informacji www.innowacyjnedrogi.pl

06 Podsumowanie



Wymagania obecnych czasów wymuszają intensywne **poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych oraz strukturalnych do nawierzchni asfaltowych**. Celem tych zmian powinno być wygenerowanie oszczędności w zakresie zużycia surowców, paliw i energii – które są obecnie niezwykle kosztotwórcze.

Technologie asfaltowe pozwalają obecnie na szereg optymalizacji, zarówno przez wybór spośród wielu rodzajów mieszanek mineralno-asfaltowych, jak i rodzajów lepiszczy asfaltowych.

Przedstawiona **koncepcja oparta jest na zastosowaniu mieszanki SMA 16 oraz asfaltu wysokomodyfikowanego polimerami HiMA**. Ten układ materiałów pozwala uzyskać pakiet asfaltowy (jedno- lub dwuwarstwowy) o grubości w zakresie 5-18 cm o bardzo dużej trwałości zmęczeniowej oraz odporności na koleinowanie i pękanie.

Dzięki wzmocnieniu dolnych warstw nawierzchni (podbudowy pomocniczej, warstwie ulepszanego podłoża, geowYROBOM itd.) możliwe jest także zabezpieczenie podłoża przed konsolidacją pod wpływem ruchu.



ORLEN. NAPĘDZAMY PRZYSZŁOŚĆ. ODPOWIEDZIALNIE.

Dziękuję za uwagę
dr inż. Krzysztof Błazejowski
Biuro Badań, Rozwoju i Innowacji ORLEN Asphalt