



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

PROJEKTOWANIE INDYWIDUALNE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI A DOLNE WARSTWY KONSTRUKCJI

Dr inż. Bohdan Dołżycki

Katedra Inżynierii Drogowej i Transportowej

Politechnika Gdańska

bohdan.dolzycki@pg.edu.pl

- Projektowanie indywidualne to przyjęcie rozwiązania na podstawie obliczeń, wiedzy technicznej i dotychczasowych doświadczeń w sposób odmienny od typowych rozwiązań.
- Pojęcie projektowania indywidualnego w Polsce zostało usankcjonowane w „*Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych*” .



Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad



POLITECHNIKA GDAŃSKA
Katedra Inżynierii Drogowej

KATALOG

TYPOWYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
PODATNYCH I PÓLSZTYWNYCH



- ***Katalog* został opracowany dla określonych materiałów obecnie stosowanych do budowy dróg oraz do typowych sytuacji. Podano w nim typowe rozwiązania.**
- **Zastosowanie nowych, innowacyjnych materiałów, nowych technologii, innowacyjnego lub odmiennego od *Katalogu* układu warstw jest możliwe na zasadach indywidualnego projektowania konstrukcji nawierzchni. Można projektować:**
 - tylko górne warstwy konstrukcji nawierzchni,
 - tylko dolne warstwy konstrukcji nawierzchni,
 - wszystkie warstwy konstrukcji nawierzchni.

- **Indywidualne projektowanie konstrukcji nawierzchni może być wymagane przez Zarządcę Drogi do określonych typów dróg lub kategorii ruchu.**
- **Dopuszcza się indywidualne projektowanie konstrukcji nawierzchni oraz warstwy ulepszonego podłoża pod warunkiem akceptacji takiego postępowania przez Zarządcę Drogi.**
- **Do projektowania wykorzystuje się metody mechanistyczno – empiryczne.**

Przy projektowaniu indywidualnym należy zapewnić:

- **trwałość,**
 - **nośność,**
 - **odporność na wysadziny,**
 - **odwodnienie,**
 - **odporność na czynniki klimatyczne,**
 - **wymagane właściwości funkcjonalne nawierzchni,**
- w założonym okresie projektowym.**

Indywidualne projektowanie należy zastosować w następujących sytuacjach:

- **Zastosowano rozwiązania konstrukcyjne różne od podanych w Katalogu.**
- **Stosowane są nowe, innowacyjne materiały lub materiały tradycyjne, zmodyfikowane w takim zakresie, że ich cechy znacząco różnią się od przyjętych i opisanych w Katalogu:**
 - **AC o innych wymaganiach niż w WT-2,**
 - **SMA JENA**
 - **AC WMS**
 - **Podbudowy z materiałów nie ujętych w *Katalogu***
 - **Warstwy związane spoiwem o parametrach innych niż w *Katalogu***
 - **.....**

- **Stosowany jest materiał z recyklingu w większym zakresie niż dopuszczają to Wymagania Krajowe.**
- **Do warstwy ulepszanego podłoża i/lub do dolnych i górnych warstw konstrukcji nawierzchni stosowane są geosyntetyki wzmacniające, które mogą zredukować grubość wzmacnianych warstw.**
- **Zastosowano wzmocnienie podłoża gruntowego na gruntach nienośnych, w nietypowych warunkach gruntowo-wodnych, na gruntach skalistych lub na terenach szkód górniczych, w postaci, która wymaga nietypowego rozwiązania konstrukcji nawierzchni.**

- **Zarządca Drogi lub Inwestor dopuszcza na projektowanym odcinku drogi ciągły ruch pojazdów lub maszyn roboczych ponadnormatywnych pod względem ciężaru całkowitego lub nacisku osi.**
 - **Obciążenie inne od typowego (np. wozidła, tylko ciężarówki),**
 - **Rozkład obciążeń inny od typowego (np. dojazd do żwirowni/kamieniołomów, dojazd do fabryki)**

Projektowanie indywidualne (8):

- **W projekcie należy szczegółowo opisać zastosowane metody tak, aby była możliwość weryfikacji zaproponowanych rozwiązań.**
 - Ruch,
 - Stałe materiałowe,
 - Przyjęta metoda i kryteria obliczeniowe
 - Wynik obliczeń
- **Weryfikacja projektu powinna być przeprowadzona przez instytucję/osobę posiadającą doświadczenie w projektowaniu indywidualnych konstrukcji nawierzchni.**

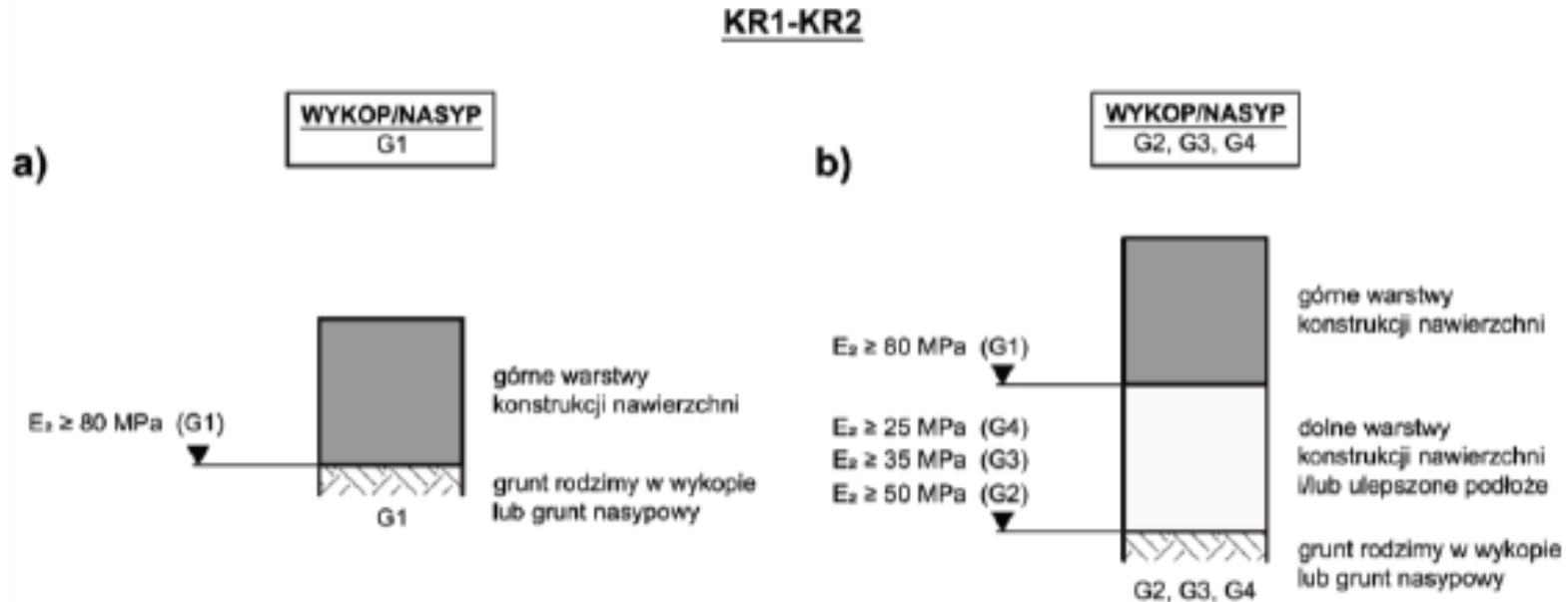
Konstrukcja nawierzchni:

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa ścieralna	
		Warstwa wiążąca	
		Podbudowa zasadnicza	Górna warstwa podbudowy zasadniczej
			Dolna warstwa podbudowy zasadniczej
Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Podbudowa pomocnicza		
	Warstwa mrozoochronna		
Podłoże gruntowe nawierzchni	Warstwa ulepszanego podłoża		
	Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.		

Dolne warstwy i ulepszone podłoże (1):

- **Katalog zawiera tylko kilka możliwych schematów,**
- **Wybrano typowe materiały do poszczególnych warstw nawierzchni,**
- **Większość rozwiązań ma możliwość zaprojektowania warstwy odsączającej,**
- **Przyjęto pewne założenia związane z poziomami nośności dla dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i ulepszanego podłoża.**

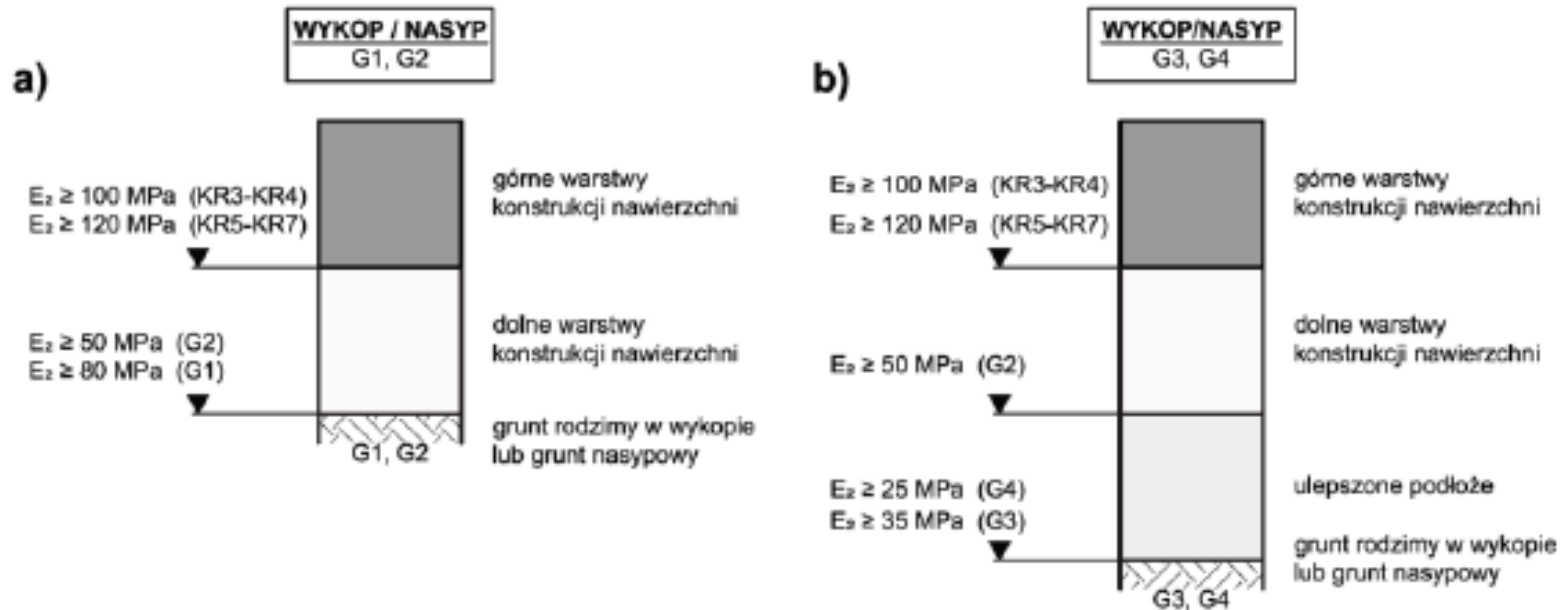
Dolne warstwy i ulepszone podłoże (2):



Rys. 9.1. Schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR1-KR2 w wykopie i w nasypie oraz wymagane wartości wtórnych modułów odkształcenia na powierzchni warstw; a) w przypadku grupy nośności podłoża G1, b) w przypadku grupy nośności podłoża G2, G3 i G4

Dolne warstwy i ulepszone podłoże (3):

KR3-KR7



Rys. 9.2. Schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR3-KR7 w wykopie i w nasypie oraz wymagane wartości wtórnych modułów odkształcenia na powierzchni warstw; a) w przypadku grupy nośności podłoża G1 i G2, b) w przypadku grupy nośności podłoża G3 i G4

- W Katalogu przygotowano typowe rozwiązania:
 - Dla KR5 – KR 7 – 4 typy,
 - Dla KR3 – KR4 – 5 typów,
 - Dla KR3 – KR4 – 5 typów.
- Dolne warstwy oraz ulepszone podłoże można zaprojektować indywidualnie.

Projekt może obejmować:

- Sprawdzenie nośności dolnych warstw lub ulepszanego podłoża – metoda Bussinesqa - rozwiązania konwencjonalne – rozwiązanie pozwala na spełnienie wymagań Katalogu co do nośności na powierzchni dolnych warstw nawierzchni.
- Określenie trwałości zmęczeniowej całej konstrukcji metodami mechanistycznymi – rozwiązanie rzadziej stosowane.

Materiały (1):

- Dowolne materiały związane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem.
- Dwie fazy pracy warstwy:
 - FAZA 1 do spękania warstw podbudowy,
 - FAZA 2 po spękaniu warstw podbudowy.

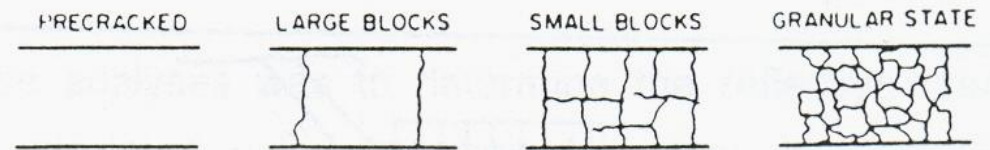
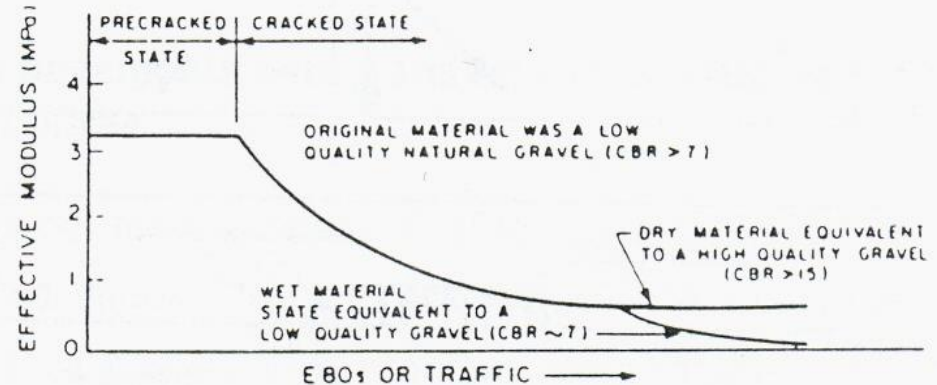


FIGURE 6(a)
DEFINITION OF THE STAGES OF BREAK DOWN OF WEAKLY CEMENTED LAYERS



Materiały (2):

Lp.	Rodzaj materiału	Moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
Warstwa podbudowy pomocniczej (PP)			
1.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C5/6	500	0,3
2.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C3/4	400	0,3
3.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym C3/4	400	0,3
Warstwa mrozochronna (WM)			
4.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C1,5/2	200	0,3
5.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym C1,5/2	200	0,3
Warstwa ulepszonego podłoża (WUP)			
6.	Grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym lub wapnem C0,4/0,5	150	0,3

Materiały (3):

Wytrzymałość [MPa]	Rodzaj kruszywa	Faza przed spękaniami [GPa]	Faza po spękaniu [MPa]	
			Duże bloki	Mała bloki - kruszywo
6 – 12	Kruszywo łamane	14 (7-30)	3 000	500 -600
3 – 6	Kruszywo łamane	10 (4–14)	2 500	300 – 500
1,5 - 3	Kruszywo CBR > 45	4,5 (3-9)	2 000	160 – 350
1,5 -3	Kruszywo CBR > 7	3 (2-6)	1 200	90 – 200
0,075 – 1,5	Żwir dobrej jakości	3,5 (2-6)	2 000	160 – 300
0,75 – 1,5	Żwir złej jakości	1,5 (0,5-3)	500	150 – 70

Materiały (3):

- **Znane – można przyjmować parametry według dotychczasowych doświadczeń i na podstawie badań istniejących nawierzchni,**
- **Nowe – należy przyjmować ostrożnie, ponieważ nie wiemy jak materiały będą zmieniać swoje parametry w czasie.**
- **Należy pamiętać aby przyjmować parametry dla średniego końcowego eksploatacji a nie dla początkowego.**

PRZYKŁADY

Rozwiązanie (1):

<i>Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 Grubość 4 cm</i>			
<i>Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5 cm</i>			
<i>Podbudowa, beton asfaltowy AC 22P 35/50 Grubość 7 cm</i>			
<i>Podbudowa, mieszanka niezwiązana 0/31,5 C90/3, CBR≥80% grubość 20 cm lub mieszanka niezwiązana 0/31,5 C590/30, CBR≥80% grubość 22 cm</i>			
▼ $E_2 \geq 100$ MPa			
<i>Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 20 cm</i>	<i>Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 25 cm</i>	<i>Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 35 cm</i>	<i>Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 50 cm</i>
<i>Podłoże gruntowe, grupa nośności G1 $E_2 \geq 80$ MPa</i>	<i>Podłoże gruntowe, grupa nośności G2 $E_2 \geq 50$ MPa</i>	<i>Podłoże gruntowe, grupa nośności G3 $E_2 \geq 35$ MPa</i>	<i>Podłoże gruntowe, grupa nośności G4 $E_2 \geq 25$ MPa</i>

Droga wojewódzka DW 203 – ruch KR3

Rozwiązanie (2):

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55
Grubość 4 cm

Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50
Grubość 6cm

Podbudowa, beton asfaltowy AC 22P 35/50
Grubość 10 cm

Warstwa podbudowy z mieszanki niezwiązanej 0/31,5 C90/3, CBR≥80%
Grubość 20 cm

▼ $E_2 > 100$ MPa

<p>Grunt ulepszony spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5 Grubość 20 cm ▼ $E_2 > 80$ MPa</p>	<p>Grunt ulepszony spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5</p>	<p>Grunt ulepszony spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5</p>	<p>Grunt ulepszony spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5</p>	<p>Grunt ulepszony spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5</p>
<p>Podłoże gruntowe G1 H = 63cm</p>	<p>Grubość 30 cm ▼ $E_2 > 50$ MPa</p>	<p>Grubość 35 cm ▼ $E_2 > 35$ MPa</p>	<p>Grubość 40 cm ▼ $E_2 > 25$ MPa</p>	<p>Grubość 50 cm ▼ $E_2 > 15$ MPa</p>
	<p>Podłoże gruntowe G2 Hmin = 55 cm H = 73 cm</p>	<p>Podłoże gruntowe G3 Hmin = 65 cm H = 78cm</p>	<p>Podłoże gruntowe G4 Hmin = 75 cm H = 83 cm</p>	<p>Podłoże gruntowe mineralne ale gorsze niż G4, Hmin = 75 cm H = 93 cm</p>

Droga wojewódzka DW 716 – ruch KR4

Rozwiązanie (3):

<p>Warstwa ściernalna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm</p>		
<p>Podbudowa, beton asfaltowy AC 16P 35/50 Grubość 6 cm</p>		
<p>Warstwa podbudowy z mieszanki MCE Grubość 20 cm</p>		
<p>Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 20 cm</p>		
<p>Podłoże gruntowe G1 i G2</p>	<p>Warstwa ulepszonego podłoża Grunt związany spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5 Grubość 20 cm</p>	<p>Warstwa ulepszonego podłoża Grunt związany spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5 Grubość 30 cm</p>
	<p>Podłoże gruntowe G3 i G4</p>	<p>Podłoże gruntowe gorsze od G4 ale mineralne (E2 > 10 MPa)</p>

Droga wojewódzka DW 512 – ruch KR3

Rozwiązanie (3):

Podłoże G1	Podłoże G4 Warunki wodne dobre	Podłoże G4 Warunki wodne przeciętne i złe
Warstwa ściernalna, mastyks grysowy SMA 11 45/80-65 Grubość		
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16WMS 25/55-60 Grubość 8 cm		
Podbudowa, beton asfaltowy AC 16 WMS 25-55/60 Grubość 10 cm		
Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej 0/31,5; CBR ≥ 80 %, C90/3 Grubość 20 cm		
▼ E ₂ > 120 MPa		
Podbudowa pomocnicza, mieszanka związana C 3/4 Grubość 22 cm	Podbudowa pomocnicza, mieszanka związana C 3/4 Grubość 25 cm	Podbudowa pomocnicza, mieszanka związana C 3/4 Grubość 20 cm
▼ E ₂ ≥ 80 MPa		Warstwa mroozochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego CBR ≥ 35 %, k > 8 m/dobę Grubość 20 cm
Podłoże gruntowe	Warstwa mroozochronna z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 30cm	▼ E ₂ ≥ 50 MPa
	▼ E ₂ ≥ 25 MPa	Warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C0,4/0,5 Grubość 25cm
	Podłoże gruntowe	▼ E ₂ ≥ 25 MPa
		Podłoże gruntowe

**Droga
S - 6
Ruch KR5**

Podsumowanie (1):

- 1. Projektowanie indywidualne dolnych warstw konstrukcji nawierzchni i ulepszonego podłoża pozwala na lepsze dostosowanie rozwiązania do rzeczywistych warunków gruntowych.**
- 2. Uwzględnienie w obliczeniach trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni nowych materiałów stosowanych do stabilizacji gruntów oraz mieszanek wymaga ostrożnego podejścia i dużego doświadczenia.**
- 3. W trakcie projektowania nie wolno zapominać o zapewnieniu nawierzchni odpowiedniego odwodnienia oraz odporności na powstawanie wysadzin.**

Podsumowanie (1):

4. **W projektowaniu konstrukcji nawierzchni oprócz obliczeń należy brać pod uwagę wymagania technologiczne oraz ogólną wiedzę inżynierską.**
5. **Podstawą sukcesu w stosowaniu warstw stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi jest przestrzeganie reżimów technologicznych w trakcie realizacji robót.**

DZIKUJĘ ZA UWAGĘ

