



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

PROJEKTOWANIE DOLNYCH WARSTWY NAWIERZCHNI I ULEPSZONEGO PODŁOŻA

Projektowanie indywidualne

Dr inż. Bohdan Dołżycki

Katedra Inżynierii Drogowej i Transportowej

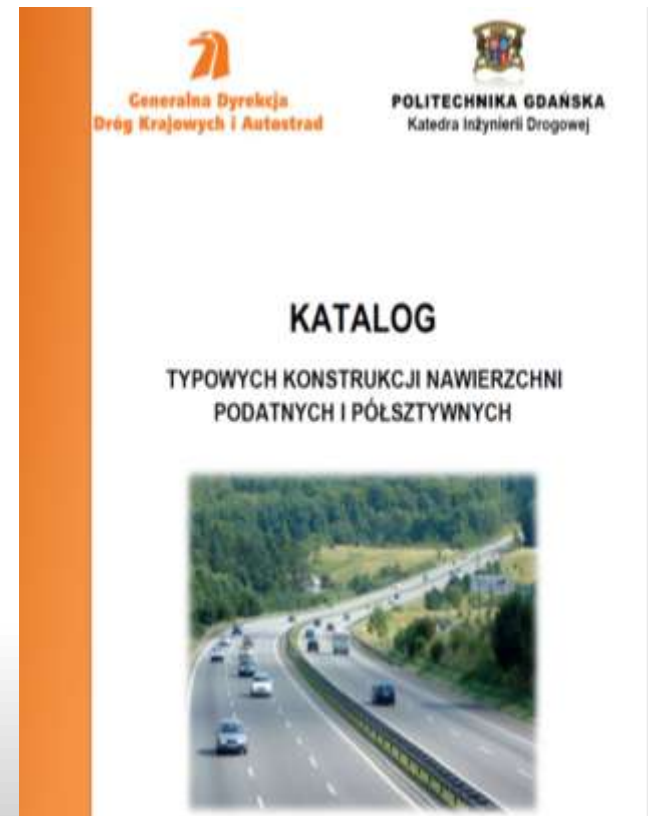
Politechnika Gdańska

bohdan.dolzycski@pg.edu.pl

VII Międzynarodowa Konferencja „Śląskie Forum Drogownictwa”

Katowice 5-6 czerwca 2019 r

- 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*” .



- ***Katalog* został opracowany dla określonych materiałów obecnie stosowanych do budowy dróg oraz do typowych sytuacji. Podano w nim typowe rozwiązania.**
 - Wybrane schematy,
 - Wybrane materiały,
 - Typowe, dotychczas znane materiały.

- **Zastosowanie nowych, innowacyjnych materiałów, nowych technologii, innowacyjnego lub odmiennego od *Katalogu* układu warstw jest możliwe na zasadach indywidualnego projektowania konstrukcji nawierzchni.**
 - **Można projektować indywidualnie tylko górne warstwy konstrukcji nawierzchni,**
 - **Można projektować indywidualnie tylko dolne warstwy konstrukcji nawierzchni,**
 - **Można projektować indywidualnie wszystkie warstwy konstrukcji nawierzchni**
 - **Zastosowanie siatek/kompozytów wymaga projektowania indywidualnego, jeżeli wykorzystujemy ich zdolność do poprawy trwałości nawierzchni.**

Projektowanie indywidualne (4):

- **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, na przykład:**
 - **warstwy asfaltowe ułożone na podbudowach z płyt betonowych zbrojonych lub niezbrojonych,**
 - **inne grubości niż podane w Katalogu,**

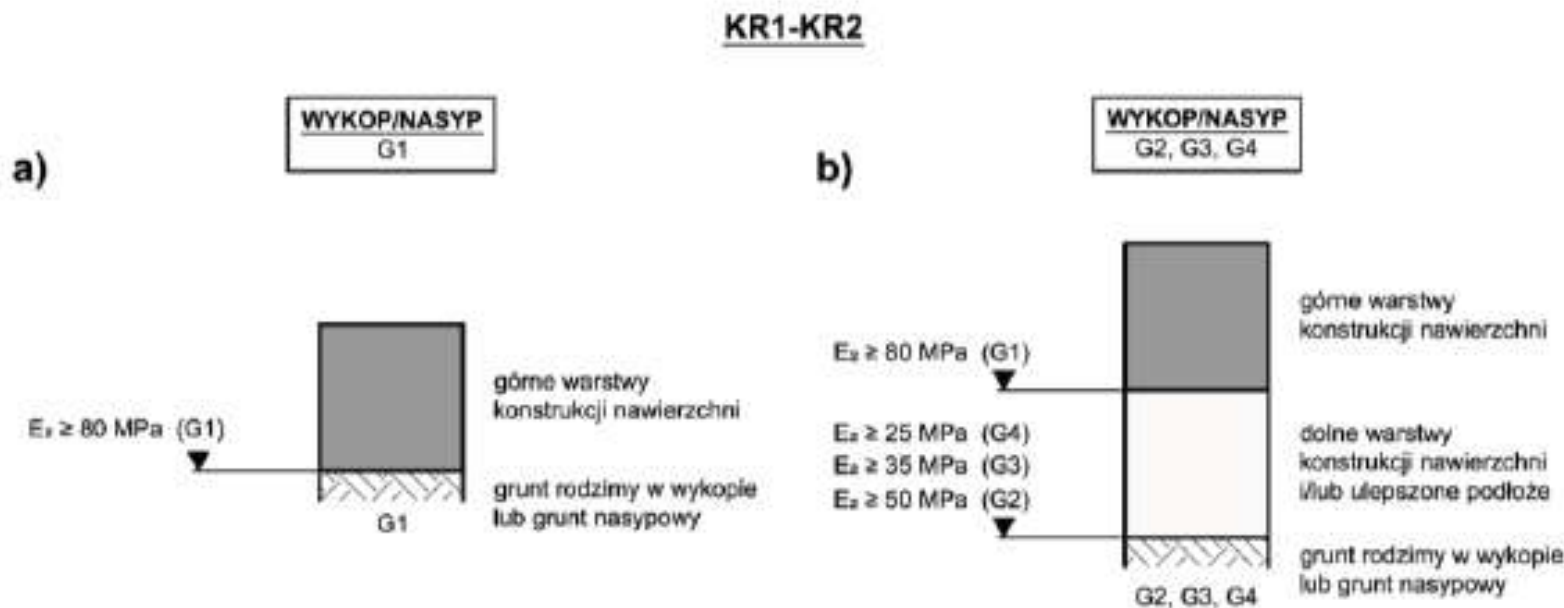
- **Stosowane są nowe, innowacyjne materiały lub materiały tradycyjne, zmodyfikowane w takim zakresie, że ich cechy znacząco różnią się od przyjętych i opisanych w Katalogu:**
 - **AC o innych wymaganiach niż w WT-2,**
 - **SMA JENA**
 - **AC WMS**
 - **Podbudowy z materiałów nie ujętych w *Katalogu***
 - **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.**
 - **Obszary przejściowe nad kolumnami/palami,**
 - **Ulepszone podłoża z zastosowaniem geosyntetyków,**
 - **Dolane warstwy z zastosowaniem geosyntetyków.**
 - **Górne warstwy z zastosowaniem geosyntetyków.**

- **Zastosowano wzmocnienie podłoża gruntowego na gruntach słabych, w nietypowych warunkach gruntowo-wodnych, na gruntach skalistych lub na terenach szkód górniczych, w postaci, która wymaga nietypowego rozwiązania konstrukcji nawierzchni.**
 - **Indywidualne posadowienie konstrukcji,**
 - **Nietypowe lub specjalne rozwiązania,**
- **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)**

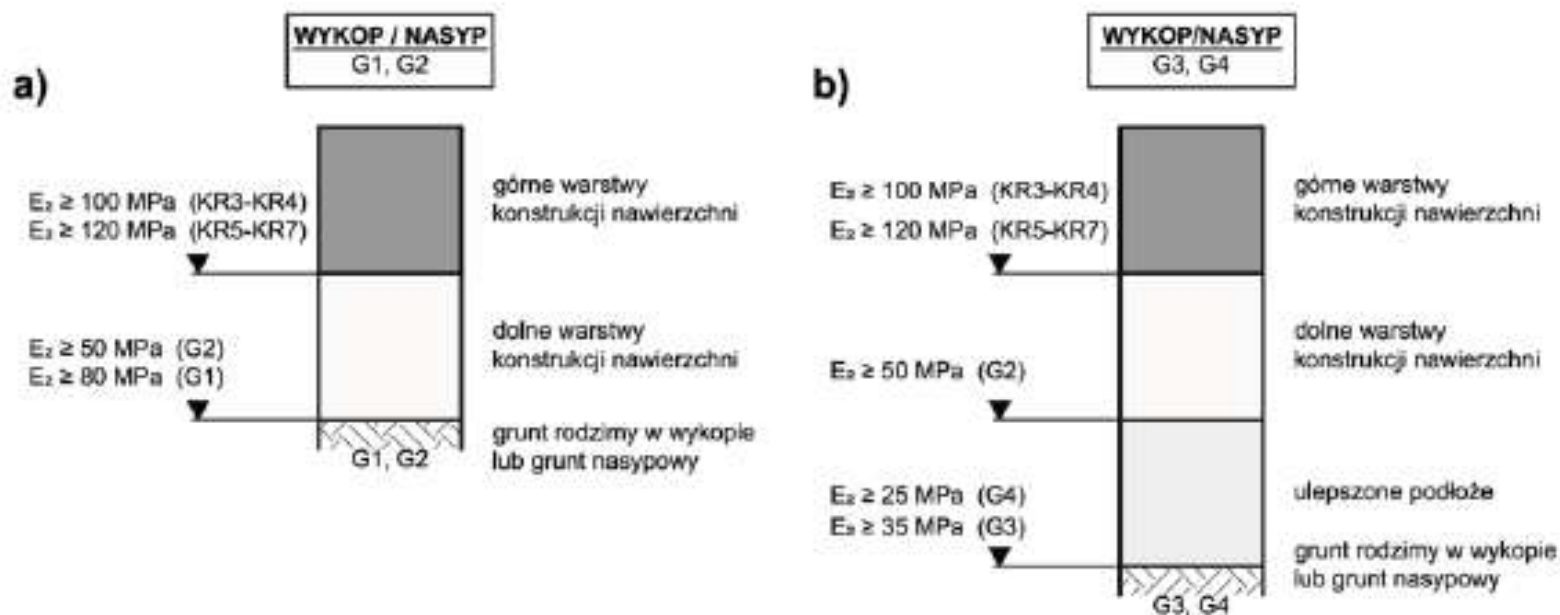
Konstrukcja nawierzchni:

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 mrozochronna			
Podłoże gruntowe nawierzchni	Warstwa ulepszanego podłoża		
	Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.		



Rys. 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

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

- Dla takich schematów w Katalogu przygotowano typowe rozwiązania:
 - Dla KR5 – KR 7 – 4 typy,
 - Dla KR3 – KR4 – 5 typów,
 - Dla KR3 – KR4 – 5 typów.

- Można tylko dolne warstwy zaprojektować indywidualnie,
- Projekt może obejmować:
 - Sprawdzenie nośności dolnych warstw lub ulepszonego podłoża – metoda Bussinesqa - rozwiązania konwencjonalne,
 - Określenie trwałości zmęczeniowej całej konstrukcji metodami mechanistycznymi.

Materiały:

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

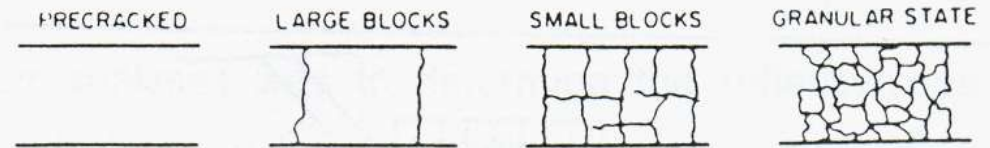
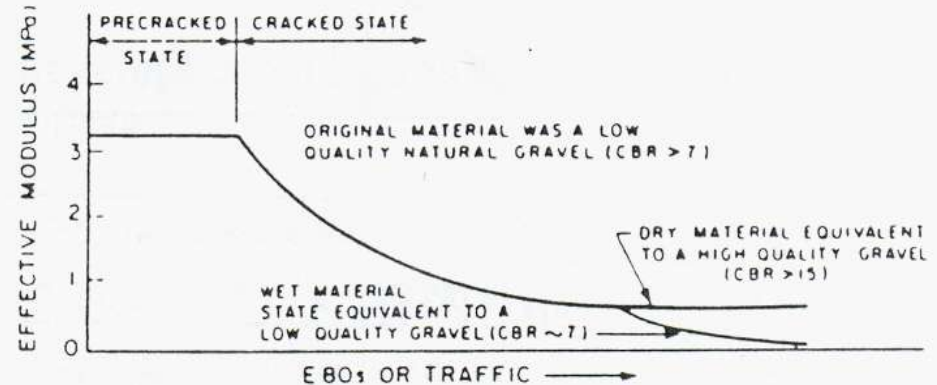


FIGURE 6(a)
DEFINITION OF THE STAGES OF BREAK DOWN OF WEAKLY
CEMENTED LAYERS



Materiały:

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 mrozoochronna (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:

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 (1):

- **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 okresu eksploatacji a nie dla początkowego.**

Materiały (2):

- **Należy pamiętać aby przyjmować parametry dla średniego okresu eksploatacji a nie dla początkowego.**
- **Badania wytrzymałościowe - okres początkowy.**
- **Badania zmęczeniowe – predykcja zachowania się materiałów w czasie**
- **Do analiz – parametry z pewnym zapasem bezpieczeństwa.**

PRZYKŁADY

Rozwiązanie (1):

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

Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50
Grubość 5 cm

Podbudowa, beton asfaltowy AC 22P 35/50
Grubość 7 cm

Podbudowa, mieszanka niezwiązana 0/31,5 C90/3, CBR \geq 80% grubość 20 cm
lub
mieszanka niezwiązana 0/31,5 C590/30, CBR \geq 80% grubość 22 cm

▼ $E_2 \geq 100$ MPa

Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 20 cm	Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 25 cm	Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 35 cm	Podbudowa z gruntu związanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 50 cm
Podłoże gruntowe, grupa nośności G1 $E_2 \geq 80$ MPa	Podłoże gruntowe, grupa nośności G2 $E_2 \geq 50$ MPa	Podłoże gruntowe, grupa nośności G3 $E_2 \geq 35$ MPa	Podłoże gruntowe, grupa nośności G4 $E_2 \geq 25$ MPa

Droga wojewódzka – 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

▼ $E_0 > 100$ 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</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>▼ $E_2 > 35$ MPa</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 – 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 ($E_2 > 10$ MPa)</p>

Droga wojewódzka – ruch KR3

Rozwiązanie (4):

**Droga
klasy S
Ruch KR5**

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 ściernalna, mastyks grysowy SMA 11 45/80-65 Grubość	Warstwa ściernalna, mastyks grysowy SMA 11 45/80-65 Grubość
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16WMS 25/55-60 Grubość 8 cm	Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16WMS 25/55-60 Grubość 8 cm	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, beton asfaltowy AC 16 WMS 25/55/60 Grubość 10 cm	Podbudowa, beton asfaltowy AC 16 WMS 25/55/60 Grubość 10 cm
Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej 0/31,5; Grubość 20 cm	Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej 0/31,5; Grubość 20 cm	Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej 0/31,5; Grubość 20 cm
▼ $E_2 > 120$ MPa	▼ $E_2 > 120$ MPa	▼ $E_2 > 120$ 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
▼ $E_2 \geq 80$ MPa	▼ $E_2 \geq 80$ MPa	▼ $E_2 \geq 80$ MPa
Podłoże gruntowe	Warstwa mrooochronna z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 30cm	Warstwa mrooochronna z mieszanki niezwiązanej lub gruntu niewysadzinowego CBR ≥ 35 %, $k > 8$ m/dobę Grubość 20 cm
▼ $E_2 \geq 25$ MPa	▼ $E_2 \geq 25$ MPa	▼ $E_2 \geq 50$ MPa
Podłoże gruntowe	Podłoże gruntowe	Warstwa ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C0,4/0,5 Grubość 25cm
		▼ $E_2 \geq 25$ MPa
		Podłoże gruntowe

Rozwiązanie (5):

<i>Warstwa ścierna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 Grubość 4 cm</i>		
<i>Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 6 cm</i>		
<i>Warstwa podbudowy z mieszanki MCE Grubość 15 cm</i>		
<i>Warstwa podbudowy z mieszanka związana spoiwem jonowymiennym Grubość 15 cm</i>	<i>Warstwa podbudowy z mieszanka związana spoiwem jonowymiennym Grubość 20 cm</i>	<i>Warstwa podbudowy z mieszanka związana spoiwem jonowymiennym Grubość 30 cm</i>
<i>Podłoże gruntowe G1 i G2</i>	<i>Podłoże gruntowe G3 i G4</i>	<i>Podłoże gruntowe gorsze od G4 ale mineralne ($E_{2>} > 10 \text{ MPa}$)</i>

Droga wojewódzka ruch KR3

Podsumowanie (1):

- 1. Projektowanie indywidualne dolnych warstw 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 nie jest proste i wymaga 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 jest przestrzeganie reżimów technologicznych w trakcie realizacji robót.**



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ.