

# PRAXE PŘI NAVRHOVÁNÍ A REALIZACI HYDRAULICKY STMELENÝCH PODKLADNÍCH VRSTEV VOZOVEK PROVEDENÝCH V POLSKU

**PODKLADNÍ VRSTVY  
A PODLOŽÍ VOZOVEK**

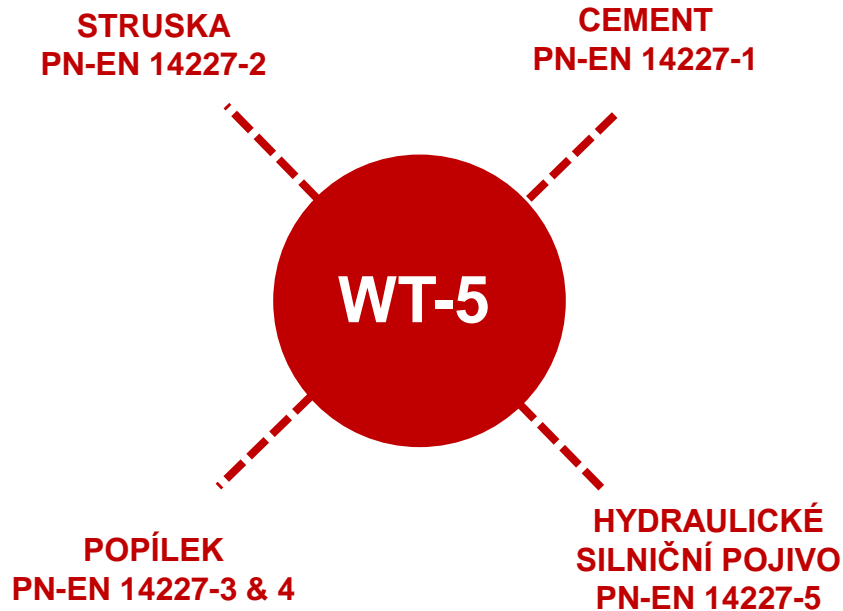
KAROLINA PEŁCZYŃSKA

28.11.2018

SDRUŽENÍ  
PRO VÝSTAVBU  
SILNIC

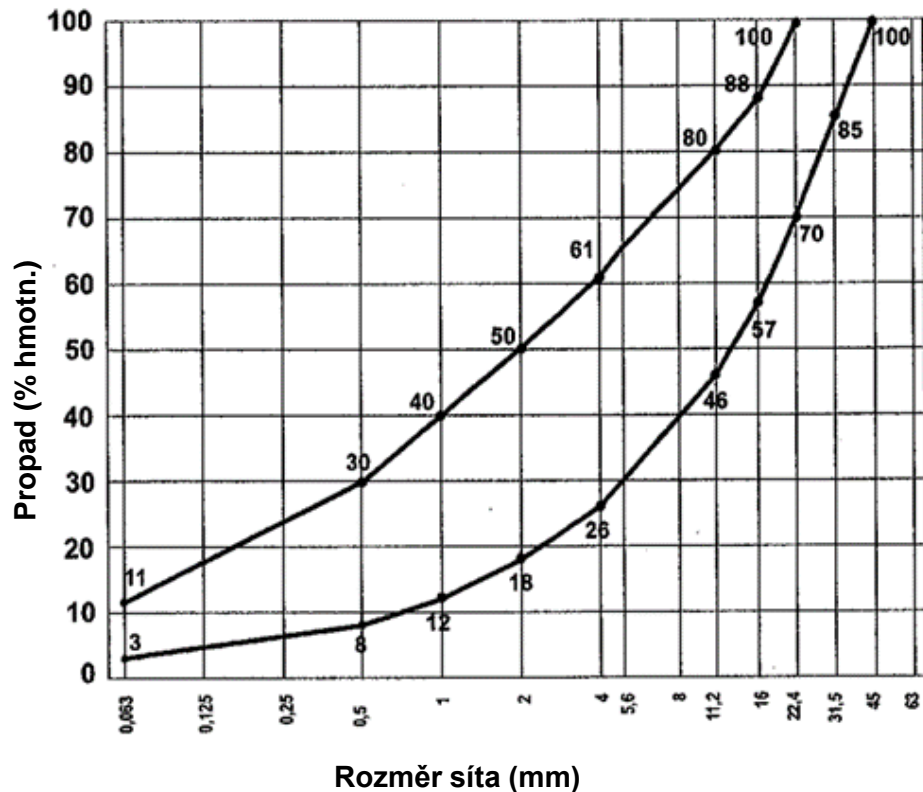


# TECHNICKÉ PODMÍNKY WT-5 2010



# NÁVRH HYDRAULICKY STMELENÉ SMĚSI PRO PODKLADNÍ VRSTVY

## PŘÍKLAD POŽADOVANÉHO OBORU ZRNITOSTI



# NÁVRH HYDRAULICKY STMELENÉ SMĚSI PRO PODKLADNÍ VRSTVY PŘÍSTROJ DLE PROCTORA

Schéma přístroje



<p>MOŽDÍŘ</p> <p>PĚCH</p>	<p>MAŁY</p> <p>100</p> <p>120</p> <p>25 BOMBÓW</p>	<p>DUŻY</p> <p>152</p> <p>120</p> <p>2,2 dm<sup>3</sup></p> <p>55 BOMBÓW</p>
<p>LEKKI</p> <p>2,5 kg</p> <p>LEKKI SPRZĘT BUDOWLANY</p>	<p>METODA I</p>	<p>METODA II</p>
<p>CIEŻKI</p> <p>4,5 kg</p> <p>CIEŻKI SPRZĘT BUDOWLANY</p>	<p>METODA III</p>	<p>METODA IV</p>

# NÁVRH HYDRAULICKY STMELENÉ SMĚSI PRO PODKLADNÍ VRSTVY

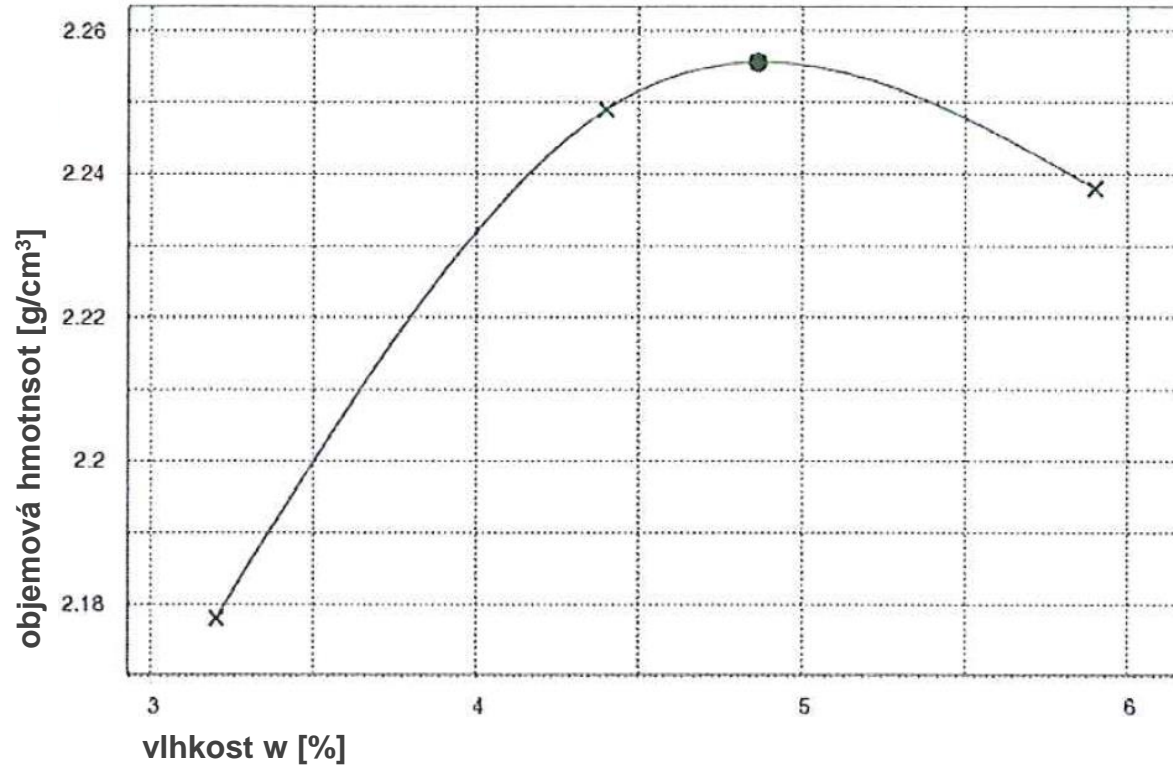
## COMPRESSIVE STRENGTH

Kolumna	1	2	3
Wiersz	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa		Compressive strength classes
	Wytrzymałość charakterystyczna $R_c$		
	Próbki walcowe $H/D^a=2,0$	Próbki walcowe $H/D^a=1,0^b$	
1	brak wymagań		$C_0$
2	1,5	2,0	$C_{1,5/2,0}$
3	3,0	4,0	$C_{3/4}$
4	5,0	6,0	$C_{5/6}$
5	8,0	10,0	$C_{8/10}$
6	12	15	$C_{12/15}$
7	16	20	$C_{16/20}$
8	20	25	$C_{20/25}$

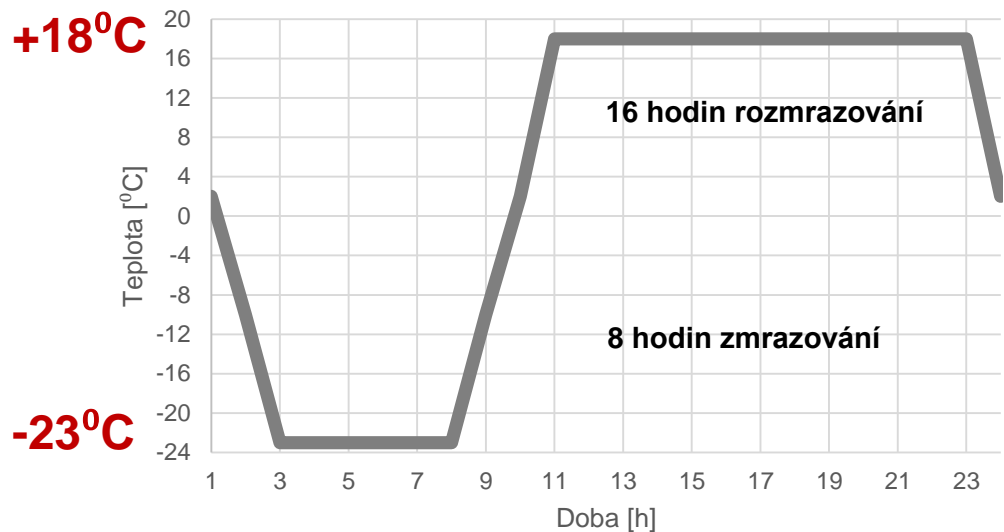
<sup>a</sup> H/D= stosunek wysokości do średnicy próbki

<sup>b</sup> H/D= 0,8 do 1,21

# NÁVRH HYDRAULICKY STMELENÉ SMĚSI PRO PODKLADNÍ VRSTVY OPTIMÁLNÍ VLHKOST



# NÁVRH HYDRAULICKY STMELENÉ SMĚSI PRO PODKLADNÍ VRSTVY

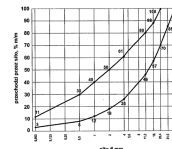


$$\text{Index odolnosti proti mrazu} = \frac{R_c^{z-0}}{R_c}$$

# POŽADAVKY NA SMĚSI Z KAMENIVA STMELENÉ CEMENTEM

Č.	Vlastnosti	Požadavky		
		KR1-2	KR3-4	KR5-6
1	Zrnitost	Obor zrnitosti		
2	Cement	Minimální obsah cementu		
3	Voda	Optimální vlhkost		
4	Pevnost v tlaku	C3/4 (≤ 6 MPa)	C5/6 (≤ 10 MPa)	C8/10 (≤ 20 MPa)
5	Index odolnosti proti mrazu	≥ 0.7		

**Dopravní  
zátížení  
malé / velké**

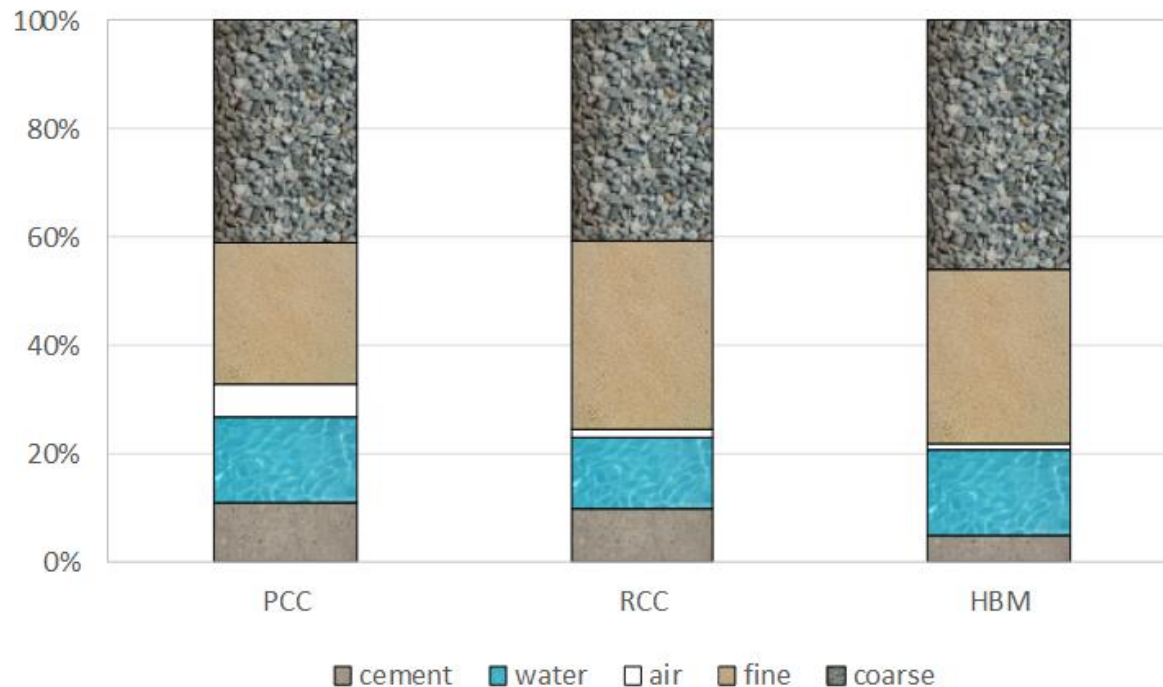


3% - D > 8.0 – 31.5  
4% - D 2.0 – 8.0  
3% - D < 2.0

**Proctor**



## PODÍL SLOŽEK V PCC, RCC A HBM



PCC ... standardní beton s portlandským cementem

RCC ... válcovaný beton

HBM ... hydraulicky stmelená směs (SC)

# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH NETUHÝCH A POLOTUHÝCH VOZOVEK



Opracowano w:

**Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej**

Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska  
80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11  
tel.: 58 3471347, fax: 58 3471097  
[sekretariat.kid@wiilis.pg.gda.pl](mailto:sekretariat.kid@wiilis.pg.gda.pl)

Opracował zespół w składzie:

prof. dr hab. inż. Józef Judycki – Kierownik Zespołu

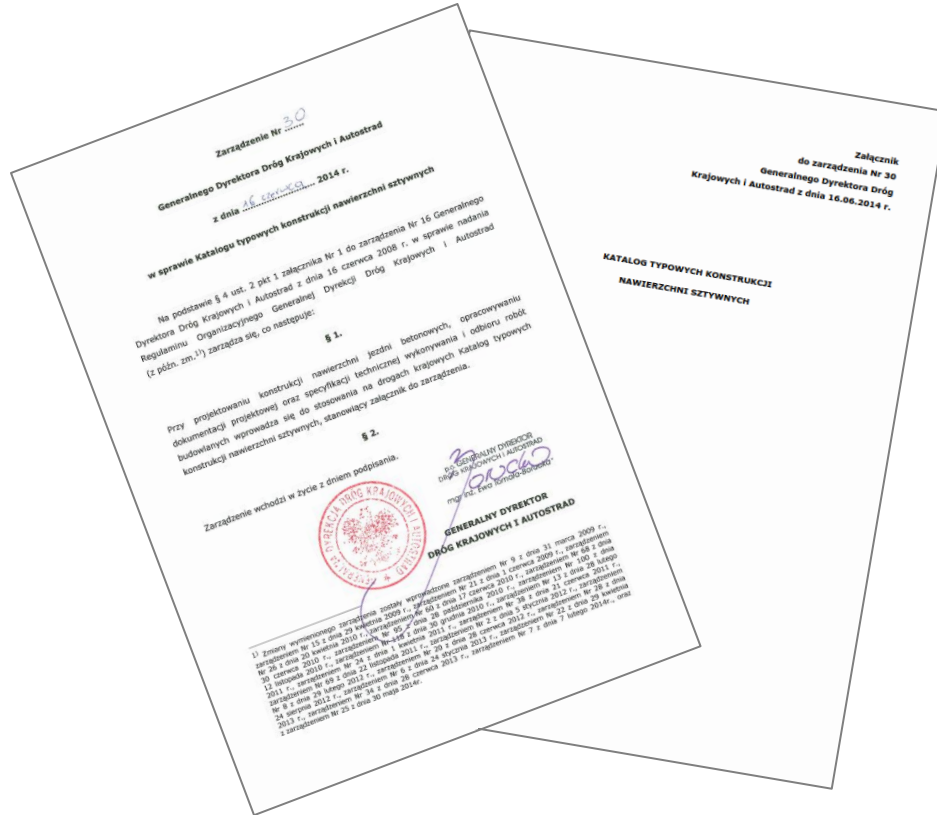
dr inż. Piotr Jaskała  
dr inż. Marek Pszczoła  
dr inż. Jacek Alenowicz  
dr inż. Bohdan Dołżycki  
mgr inż. Mariusz Jaczewski  
mgr inż. Dawid Ryś  
mgr inż. Marcin Stienss

Opracowano na zlecenie:

**Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**  
00-874 Warszawa, ul. Wronia 53

2

# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH TUHÝCH VOZOVEK



Opracowano w:

**Katedrze Dróg i Lotnisk**

Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej  
Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

Opracował zespół w składzie:

prof. dr hab. inż. Antoni Szydło – Kierownik Zespołu

dr inż. Piotr Mackiewicz  
dr inż. Robert Wardęga  
dr inż. Bartłomiej Krawczyk

Opracowano na zlecenie:

**Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**  
00-874 Warszawa, ul. Wronia 53

# SKLADBA VRSTEV VOZOVKY V POLSKU

Vozovka	Horní vrstvy vozovky (vrstvy krytu)	Asfaltové /cementobetonové	
		Podkladní	Horní
	Dolní vrstvy vozovky (nestmelené)	Spodní	
		Nestmelená podkladní vrstva ( <u>subbase</u> )	
Podloží	Ochranná vrstva ( <u>Capping layer</u> )		
	Zlepšené (stabilizované) podloží		
	Původní podloží v zářezu nebo v násypu třídy G1 až G4		

# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH NETUHÝCH A POLOTUHÝCH VOZOVEK

Lp.	Rodzaj warstwy	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi							
		Podkladní vrstva			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozochronna	Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	<b>Cementem stmelená</b>	$C_{3/4}$ ≤ 6,0 MPa	$C_{5/6}$ ≤ 10,0 MPa	$C_{8/10}$ ≤ 20 MPa	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla kategorii ruchu KR1 - KR2.	$C_{3/4}$ ≤ 6,0 MPa	$C_{5/6}$ ≤ 10 MPa	$C_{1,5/2}$ ≤ 4,0 MPa	Nie stosuje się
2.	<b>Struskou stmelená</b>	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/50; Typ B4: $C_{3/4}$	Typ B4: $C_{6/8}$	Nie stosuje się		Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/50; Typ B4: $C_{3/4}$	Nie stosuje się	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/25; Typ B4: $C_{1,5/2}$	Nie stosuje się
3.	<b>Popílkem stmelená</b>	Typ 1 i 2: $C_{3/4}$ ≤ 8,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: $C_{6/8}$ ≤ 12,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: $C_{9/12}$ ≤ 16 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 12 MPa		Typ 1, 2 i 5: $C_{3/4}$ ≤ 12,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 4 MPa	Typ 1, 2 i 5: $C_{6/8}$ ≤ 16,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 8 MPa	Typ 1, 2 i 5: $C_{1,5/2}$ ≤ 4,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
4.	<b>Stmelená popílkem nebo hydraulickým silničným pojivem</b>	Typ 1 i 2: $C_{3/4}$ ≤ 8,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: $C_{6/8}$ ≤ 12,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: $C_{9/12}$ ≤ 16 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 12 MPa		Typ 1 i 2: $C_{3/4}$ ≤ 12,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: $C_{6/8}$ ≤ 16,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: $C_{1,5/2}$ ≤ 4,0 MPa; Typ 4: $R_c$ ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.									

*Poznámka: „Nie stosuje się” znamená, že materiál se nevyskytuje ve vozovkách navrhovaných v katalogu*



# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH NETUHÝCH A POLOTUHÝCH VOZOVEK – MINIMIZING THE RISK OF REFLECTIVE CRACKING

Lp.	Thickness of the base course	Saw cutting spacing		
		C <sub>3/4</sub>	C <sub>5/6</sub>	C <sub>8/10</sub>
1	2	3	4	5
1.	>14 cm	3,0 m	3,0 m	4,0 m
2.	≤14 cm	2,5 m	2,5 m	2,5 m

# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH TUHÝCH VOZOVEK

Lp.	Rodzaj warstwy	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi							
		Podkladní vrstva			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozochronna	Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR3	KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7
1.	<b>Cementem stmelená</b>	Nie stosuje się	$C_{5/6}$ ≤ 10,0 MPa	$C_{8/10}$ ≤ 20 MPa	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla kategorii ruchu KR1-KR2.	$C_{3/4}$ ≤ 6,0 MPa	$C_{5/6}$ ≤ 10 MPa	$C_{1,5/2}$ ≤ 4,0 MPa	Nie stosuje się
2.	<b>Struskou stmelená</b>	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR <sub>50/50</sub> ; Typ B4: C <sub>3/4</sub>	Nie stosuje się	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR <sub>50/25</sub> ; Typ B4: C <sub>1,5/2</sub>	Nie stosuje się
3.	<b>Popółkiem stmelená</b>	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Typ 1, 2 i 5: $C_{3/4}$ ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 4 MPa	Typ 1, 2 i 5: $C_{6/8}$ ≤ 16,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 8 MPa	Typ 1, 2 i 5: $C_{1,5/2}$ ≤ 4,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
4.	<b>Stmelená popółkiem nebo hydraulickým silničným pojivem</b>	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Typ 1 i 2: $C_{3/4}$ ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: $C_{6/8}$ ≤ 16,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: $C_{1,5/2}$ ≤ 4,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
<p><i>Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.</i></p>									

**Poznámka:** „Nie stosuje się” znamená, že materiál se nevyskytuje ve vozovkách navrhovaných v katalogu



# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH NETUHÝCH A POLOTUHÝCH VOZOVEK

Třída dopravy	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Miliony náprav 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 C							

## LEGENDA:

- warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej;
- warstwa wiążąca z betonu asfaltowego;
- warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego;
- warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym;
- wymagany wtórny moduł odkształcenia  $E_2$

## UWAGA:

W podbudowie zasadniczej należy zastosować zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych zgodnie z punktami 7.43 - 7.55 dobrane w zależności od wytrzymałości podbudowy na ściskanie.

## Poznámka:

*V podkladní vrstvě je třeba realizovat úpravy minimalizující riziko vzniku trhlin, provedené podle bodů 7.43 až 7.55 v závislosti od pevnosti podkladní vrstvy v tlaku*



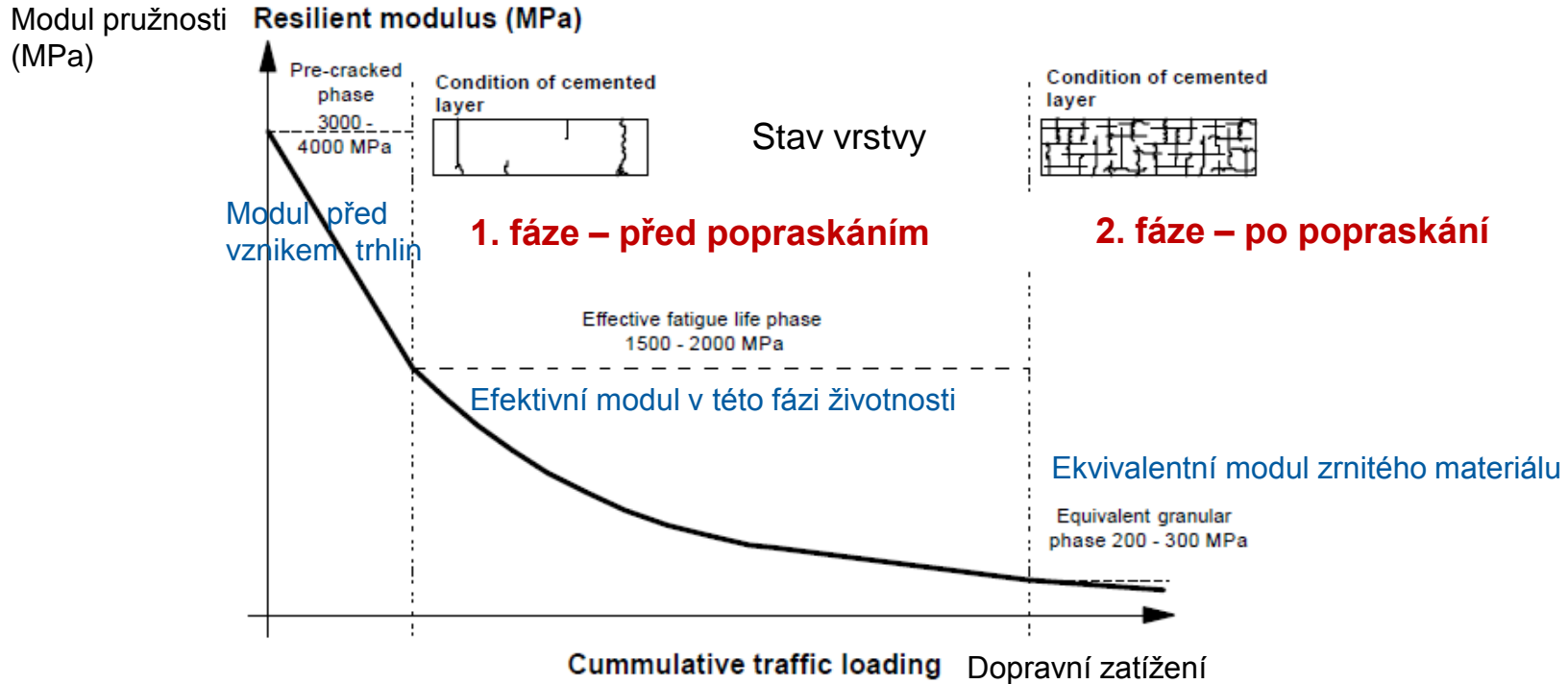
# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH TUHÝCH VOZOVEK

Třída dopravy	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7	
Miliony náprav 100 kN	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25	
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00	
Typ III	-	-	-					
	-	-	-	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	o ciągłym zbrojeniu
Legenda:	<p>warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego</p> <p><b>Podkladní vrstva – kamenná směs stmelená cementem C5/6</b></p> <p><b>Podkladní vrstva - kamenná směs stmelená cementem C8/6</b></p> <p>warstwa poślizgowa: powierzchniowe utwardzenie lub geowłóknina</p> <p>warstwa poślizgowa: beton asfaltowy</p> <p>▼ wymagany wtórny moduł odkształcenia <math>E_2</math></p>							

# POLSKÝ KATALOG VZOROVÝCH TUHÝCH VOZOVEK

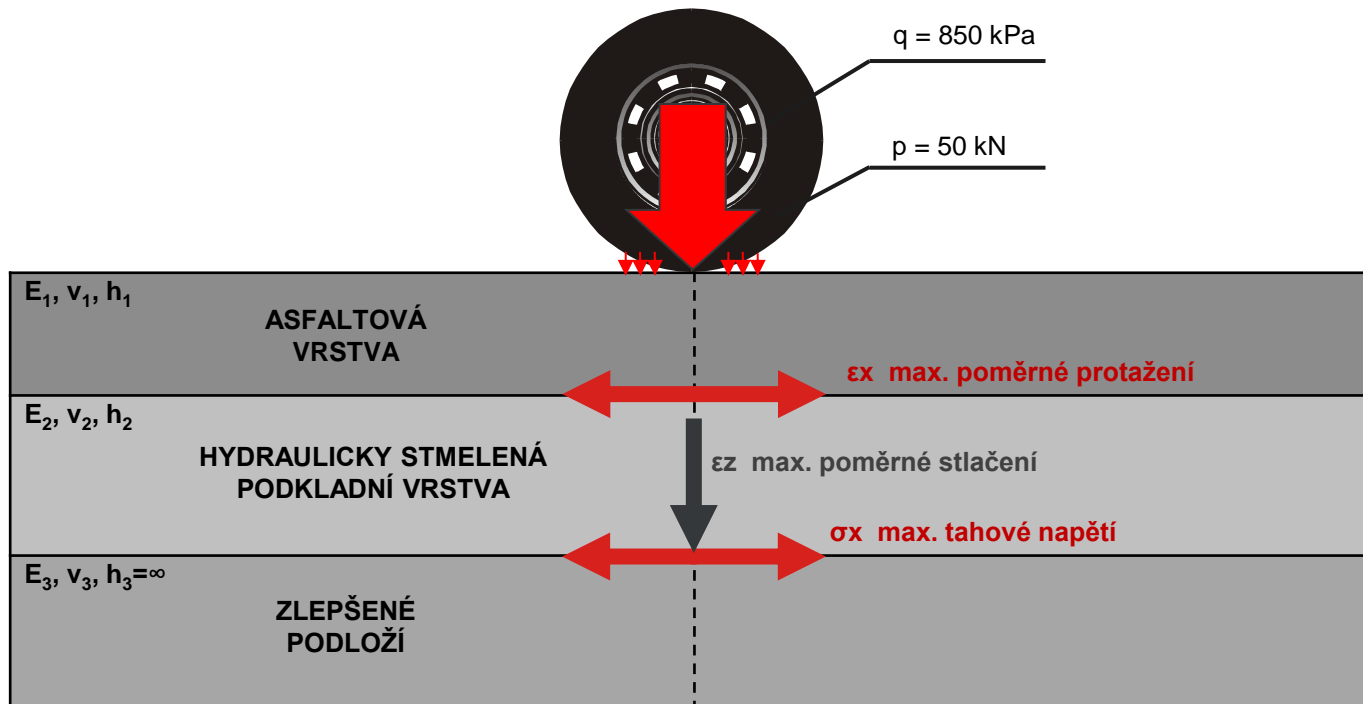
Třída dopravy	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Miliony náprav 100 kN	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00
Typ IV				-	-	-	-
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	-	-	-	-
Legenda:	<p>warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego</p> <p>Podkladní vrstva – zemina stmelená cementem C3/4 (soil treated by cement)</p> <p>Podkladní vrstva – zemina stmelená cementem C5/6 (soil treated by cement)</p> <p>warstwa poślizgowa: powierzchniowe utrwalenie lub geowłóknina</p> <p>wymagany wtórny moduł odkształcenia <math>E_2</math></p>						

# ÚNAVOVÁ ŽIVOTNOST HYDRAULICKY STMELENÉ VRSTVY



- THEYSE H L, MUTHEN M; PAVEMENT ANALYSIS AND DESIGN SOFTWARE (PADS) BASED ON THE SOUTH AFRICAN MECHANISTIC-EMPIRICAL DESIGN METHOD, TRANSPORT EK CSIR, SOUTH AFRICAN TRANSPORT CONFERENCE „ACTION IN TRANSPORT FOR THE NEW MILLENNIUM”, SOUTH AFRICA, 17-20 JULY 2000

# ŽIVOTNOST HYDRAULICKY STMELENÝCH PODKLADNÍCH VRSTEV



# MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY HYDRAULICKY STMELENÝCH VRSTEV PRO VÝPOČET ÚNAVOVÉ ŽIVOTNOSTI POLOTUHÝCH VOZOVEK

Lp.	Třída pevnosti v tlaku		1. fáze – před popraskáním		2. fáze – po popraskání		
			E [MPa]	ν [-]	Velké bloky	Malé bloky	Współczynnik Poissona
					E [MPa]	E [MPa]	ν [-]
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	C <sub>3/4</sub>	C <sub>3/4</sub>	4 800	0,25	2 000	400	0,30
2.	C <sub>5/6</sub>	C <sub>6/8</sub>	7 200	0,25	2 500	500	0,30
3.	C <sub>8/10</sub>	C <sub>9/12</sub>	15 100	0,25	3 000	600	0,30

# ŽIVOTNOST HYDRAULICKY STMELĚNÝCH PODKLADNÍCH VRSTEV ÚNAVOVÉ KRITERIUM DEMPSAY



$$N_f = 10^{\left(11.784 - 12.121 \cdot \frac{\sigma_t}{MR}\right)}$$

$N_f$  – Životnost hydraulicky stmelené vrstvy

$\sigma_t$  – max. tahové napětí na spodu vrstvy SC [MPa]

$MR$  – modul vrstvy SC při porušení [MPa]

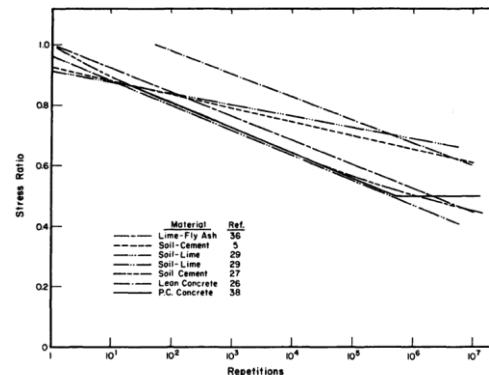


Figure A-5. Reported Stress Ratio-Fatigue Relations.

• DEMPSEY B.J ET. AL... „DEVELOPMENT OF A PRELIMINARY ALRS STABILIZED MATERIALS PAVEMENT. (SPAS)“. DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, UNIVERSITY OF ILLINOIS, URBANA, REPORT ESL – TR – 83 -34, ENGINEERING AND SERVICE LABORATORY, AIR FORCE ENGINEERING AND SERVICE CENTER, TYNDALL AIR FORCE BASE, FLORIDA, 1984

# ŽIVOTNOST HYDRAULICKY STMELENÝCH PODKLADNÍCH VRSTEV POLSKÁ ÚPRAVA ÚNAVOVÉHO KRITERIA DLE DEMPSAY

$$N_f = 10^{\left(11.784 - 12.121 \cdot \frac{\sigma_t \cdot LPEF}{MR}\right)} \cdot SF$$



$N_f$  – Životnost hydraulicky *stmelené* vrstvy

$\sigma_t$  – *max. tahové napětí na spodu vrstvy SC* [MPa]

$MR$  – *modul vrstvy SC při porušení* [MPa]

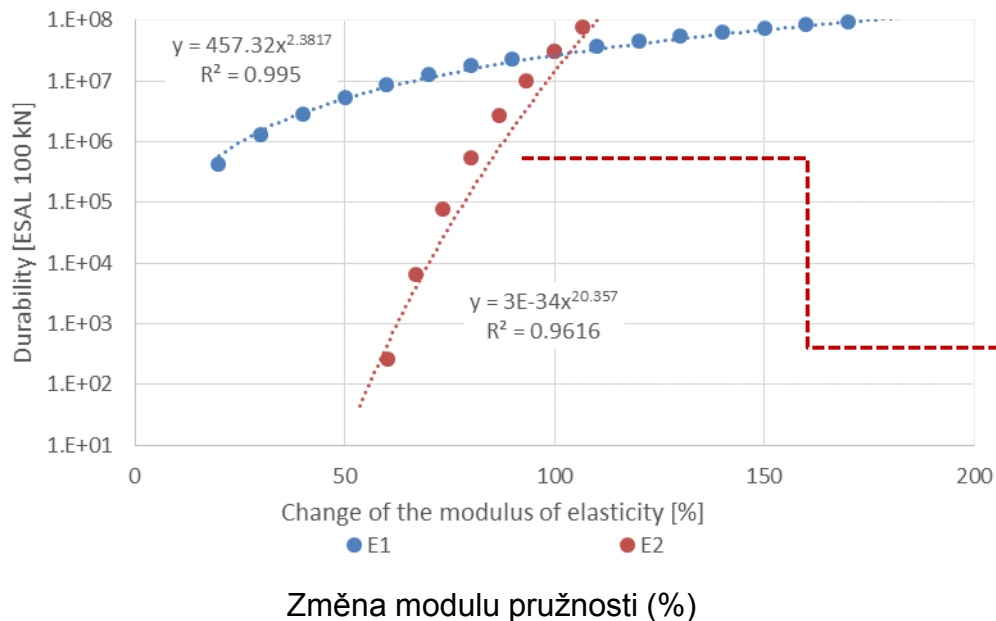
$LPEF$  – *koefficient účinnosti zatížení* (1.25 – C 3/4; 1.30 – C 5/6; 1.40 – C 8/10)

$SF$  – *koefficient bezpečnosti* =  $\frac{1}{1.5}$

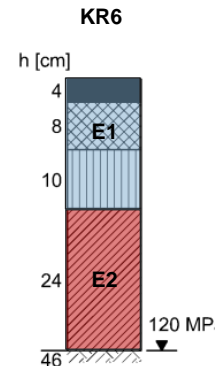
• DEMPSEY B.J ET. AL... „DEVELOPMENT OF A PRELIMINARY ALRS STABILIZED MATERIALS PAVEMENT, (SPAS)“. DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, UNIVERSITY OF ILLINOIS, URBANA, REPORT ESL – TR – 83 - 34, ENGINEERING AND SERVICE LABORATORY, AIR FORCE ENGINEERING AND SERVICE CENTER, TYNDALL AIR FORCE BASE, FLORIDA, 1984

# INDIVIDUÁLNÍ NÁVRH POLOTUHÝCH VOZOVEK

Počet  
návrhových  
náprav  
100 kN



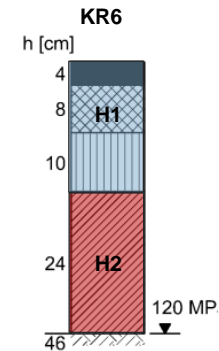
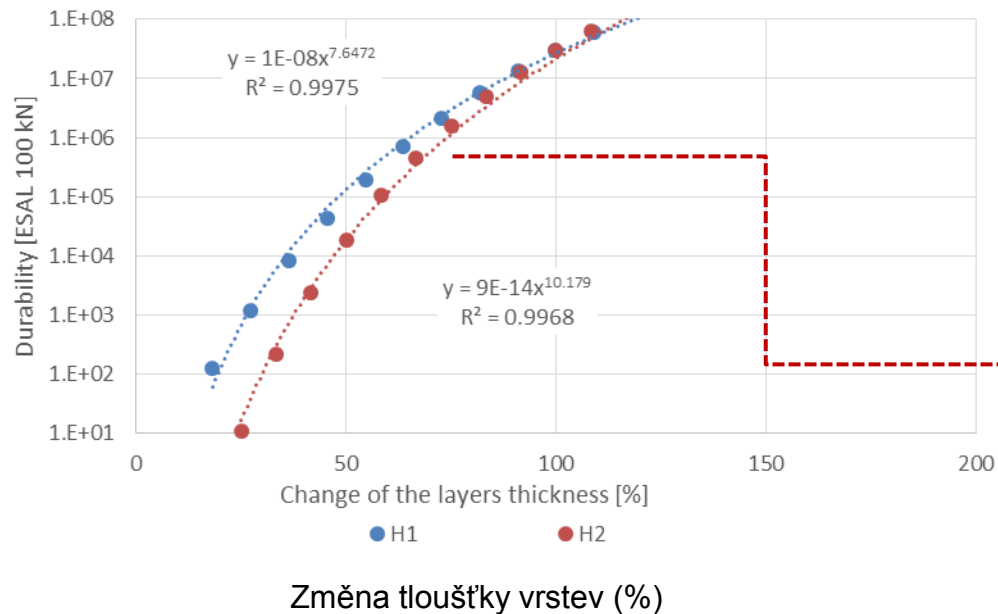
Vhodnější je zlepšit  
vlastnosti cementem  
stmelené vrstvy





# INDIVIDUÁLNÍ NÁVRH POLOTUHÝCH VOZOVEK

Počet  
návrhových  
náprav  
100 kN



**Tloušťka  
asfaltových a  
cementem  
stmelených vrstev  
má obdobný vliv**



**DĚKUJI  
ZA POZORNOST**

**KAROLINA.PELCZYNSKA@TPAQI.COM**



**STRABAG**  
TEAMS WORK.