

# Poznátky s experimentálním návrhem emulzních asfaltových směsí

Autor: Ing. Jan Valentin, Ph.D.

Ing. Jan Suda

*Příspěvek byl zpracován za podpory programu Centra kompetence  
Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu  
Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI),  
číslo projektu TE01020168*

# Emulzní asfaltová směs

- Směs zvlhčené frakce kameniva a asfaltové emulze, která vykazuje změny vlastností v průběhu štěpení asfaltové emulze
- Použití
  - Pozemní komunikace s nižším dopravním zatížením (TDZ IV-VI)
  - Stezky, chodníky



# Emulzní asfaltová směs

- **Výhody**
  - Jednoduchá výroba směsi
  - Eliminace ohřevu jednotlivých složek směsi
  - Snížení energetické náročnosti výroby směsi
  - Snížení produkce CO<sub>2</sub> při výrobě směsi
  - Možnost pokládky v malém měřítku
  - Možnost využití lokálních materiálů
  - Využití cementu či jiných hydraulických pojiv
- **Nevýhody**
  - Potřeba vyšší hutnicí energie
  - Nedokonalé obalení zrn asfaltovým pojivem
  - Vodní a teplotní citlivost
  - Zhoršené vlastnosti směsi během tuhnutí a zrání –  
(až 24 měsíců)



# Experimentální návrh emulzní asfaltové směsi

## Použité materiály

- Asfaltová emulze Katebit C60B6 (výroba - ČR)
- Asfaltová emulze C60B6 (výroba – Francie MWv)
  - 60% asfaltu 70/100 TOTAL
  - bez fluxovadel
  - 40% kontinuální fáze pH=2 s HCl
  - 0,8% INDULIN GE7
- Kamenivo Libodřice (amfibolit) 0/4 - 4/8 - 8/11
- Filer Brant

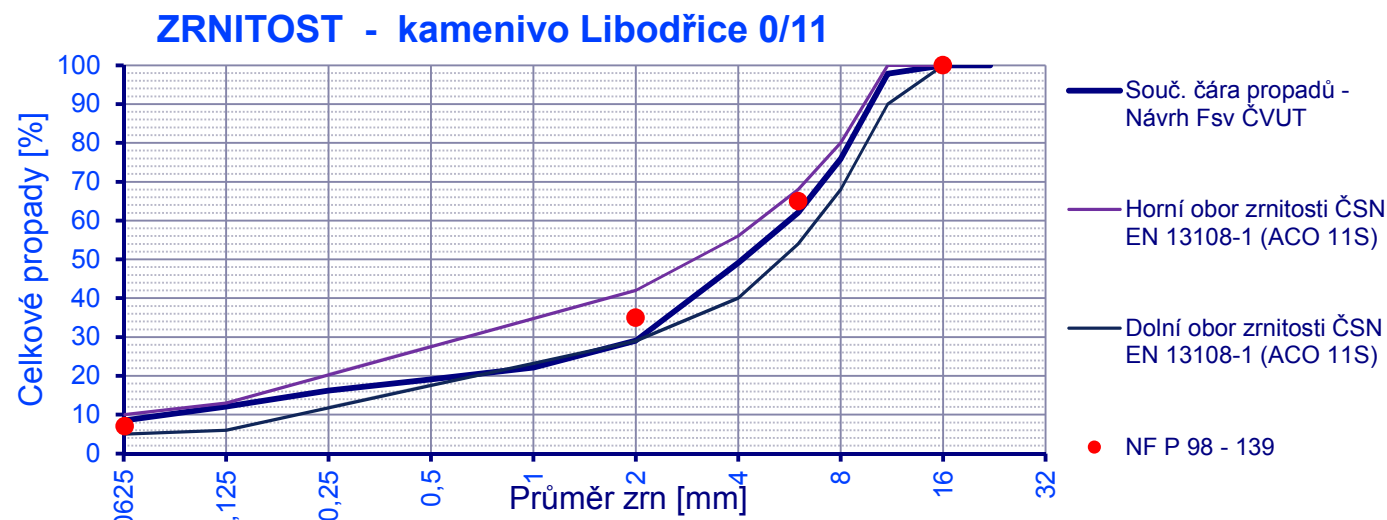


# Návrh čáry zrnitosti směsi kameniva

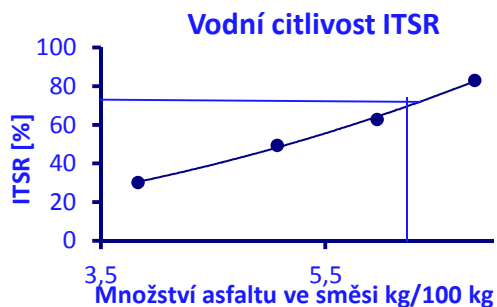
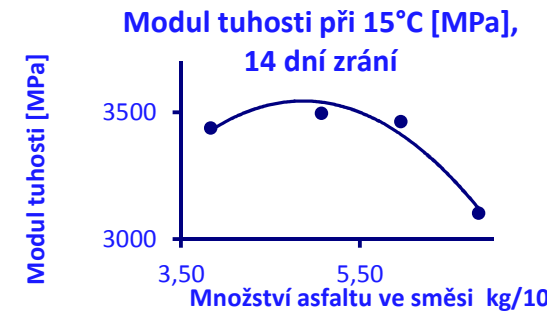
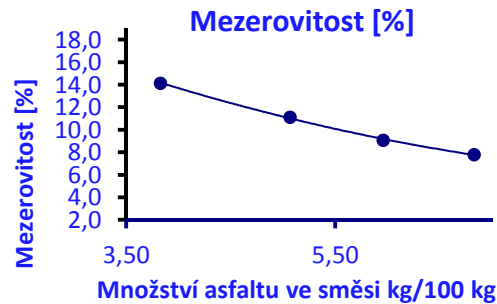
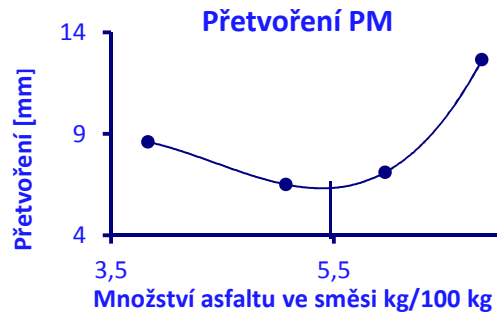
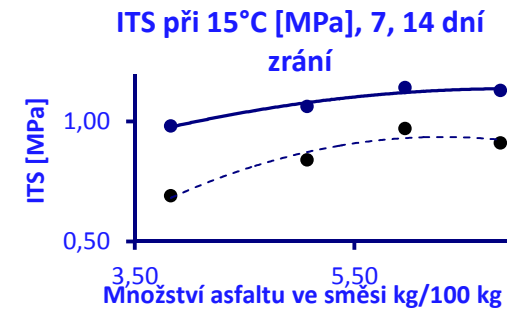
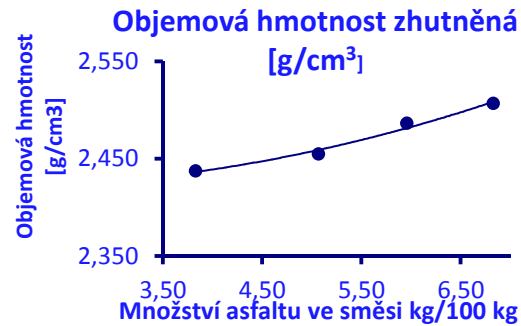
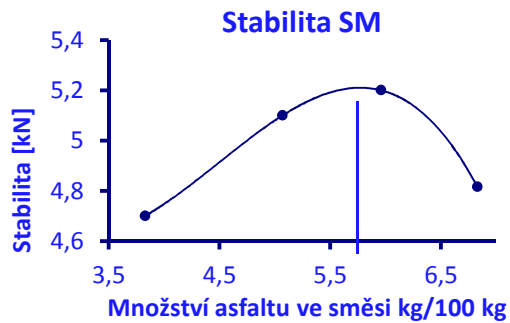
- ČSN EN 13108-1 (NF P98-139)

## Charakteristiky kameniva

Amfibolit - 0/11					
Lom / frakce	%	Objemová hmotnost zrn [g/cm <sup>3</sup> ]	Nasákavost [%]	Tvarový index	Mezerovitost volně sypaná/setřesená [%]
Libodřice 0/4	45	3,034	0,86	-	58,3/38,4
Libodřice 4/8	24	3,036	0,47	14,1	51,2/41,1
Libodřice 8/11	26	3,051	0,32	11,5	50,0/40,7
Filer Brant	5	2,430	-	-	-



# Stanovení optimálního množství pojiva



- Vyšší množství pojiva oproti HMA
- Součinitel sytosti  $K \geq 3,6$



# Zhutnění

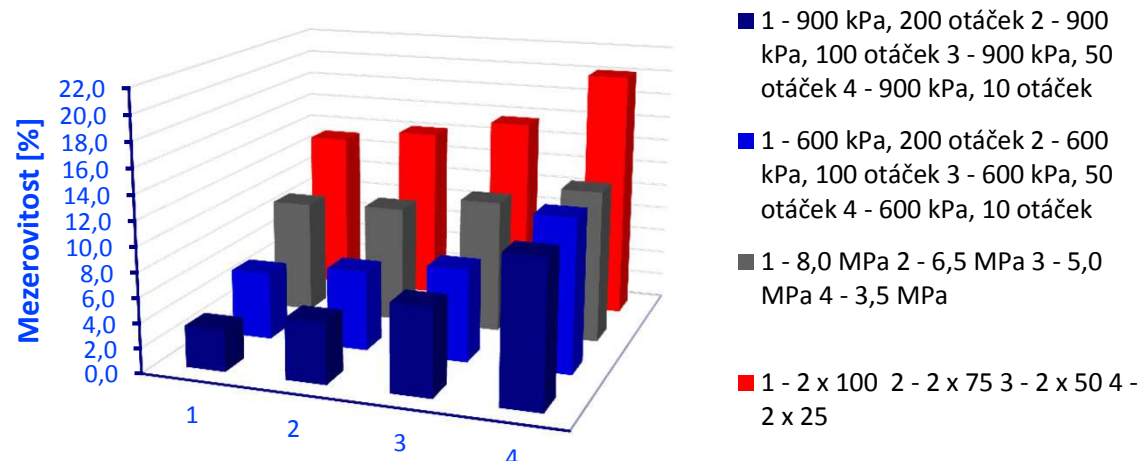
- Obtížnější oproti HMA – vyšší tření
- Problematika zhutňování směsi (v laboratoři a na stavbě)  
!!! dosud neexistuje spolehlivý porovnatelný vztah !!!

## Parametry ovlivňující zhutnění

- Vlhkost směsi
- Zrnitost směsi kameniva
- Množství asfaltového pojiva ve směsi
- Metodika hutnění směsi (Laboratoř – gyrátor, hydraulický lis, rázový zhutňovač)



[www.cesti.cz](http://www.cesti.cz)



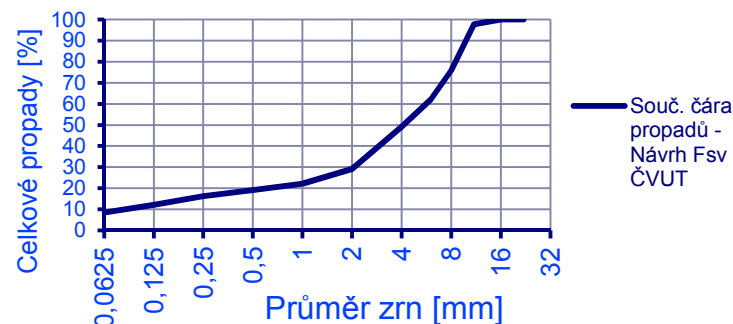
Metoda zhutňování zkušebních těles - Gyrátor, hydraulický lis, **rázový zhutňovač**



# Návrh směsi dle upravené francouzské metodiky EAC 11

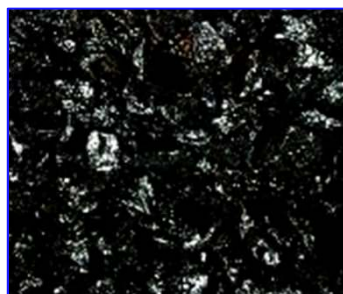
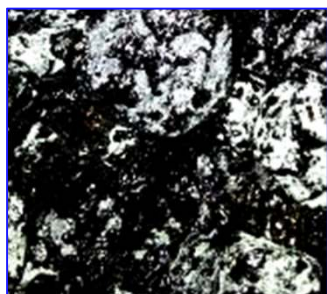
- Zrnitost směsi kameniva
- Množství optimálního pojiva

ZRNITOST - kamenivo Libodřice 0/11



Návrh	Součinitel sytosti K [-]	Množství asfaltové emulze [%]	Množství zbytkového asfaltu ve směsi [kg/100 kg]
1. CZ	3,4	8,51	5,08
2. CZ	3,67	9,46	5,47
3. Fr	3,67	9,46	5,47

- Stanovení optimální vlhkosti – Proctorova modifikovaná zkouška (optimální vlhkost x kvalita obalení kameniva pojivem)



Návrh	Optimální vlhkost [%]
1. CZ	5,56
2. CZ	5,96
3. Fr	5,96





# Výroba zkušebních vzorků

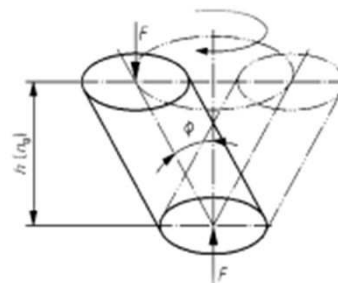
## Zhutnění

- 60 otáček gyrátoru při osovém tlaku 600 kPa, úhel náklonu 1,25° (SHRP), rychlost 30 ot./min.
- 10 otáček gyrátoru při osovém tlaku 600 kPa, úhel náklonu 1,25° (SHRP), rychlost 30 ot./min.
- 200 otáček gyrátoru při osovém tlaku 600 kPa, úhel náklonu 1,25° (SHRP), rychlost 30 ot./min.



[www.cesti.cz](http://www.cesti.cz)

Počet otáček gyrátoru	Mezerovitost [%]			
	Požadavky	1. CZ	2. CZ	2. Fr
60	5 - 12	9,8	8,9	9,1
10	≥ 12	15,3	13,6	14,2
200	-	7,6	5,7	5,6



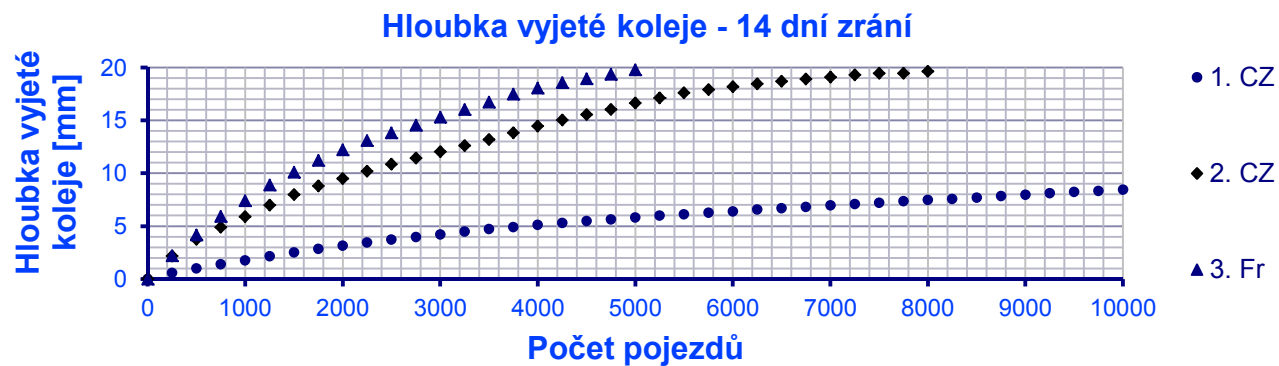
# Základní pevnostní a deformační parametry směsi zpracovávané za studena

Směs	Pevnost v příčném tahu [MPa] - zrání při 18°C				ITSR* [-]	ITSR [-] dle ČSN EN 12697 - 12	Pokles pevnosti v příčném tahu [-]
	7 vzduch	14 vzduch	7 vzduch + 7 voda	28 vzduch			
1. CZ	0,61	1,00	0,52	1,18	51,5	39,8	85,2
2. CZ	0,72	1,09	0,67	1,43	61,5	46,6	93,1
2. Fr	0,75	1,07	0,62	1,23	57,9	44,2	82,7

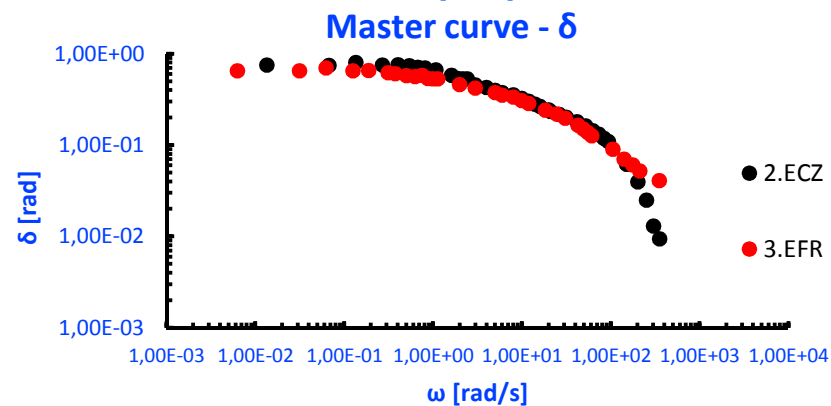
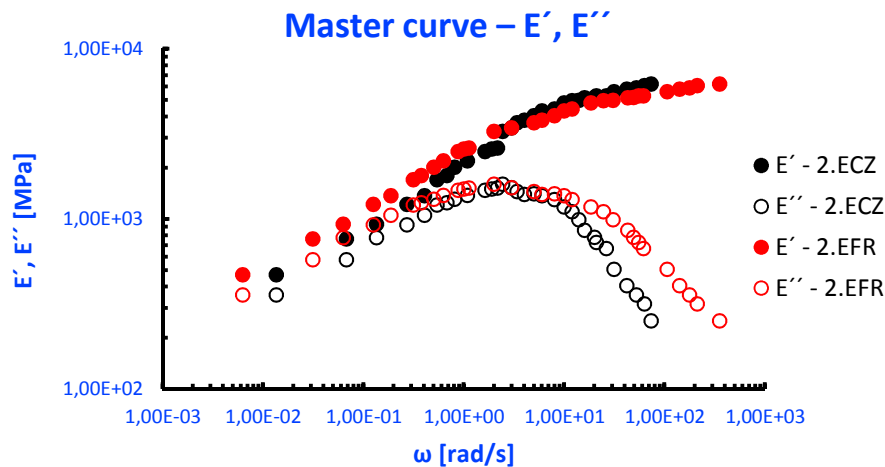
Směs	Modul tuhosti @ 15°C (MPa) - zrání při 18°C				Ukazatele poklesu modulu tuhosti (ITMR) [-]	Teplotní citlivost [-]
	7 vzduch	14 vzduch	7 vzduch + 7 voda	28 vzduch		
1. CZ	2100	3200	1400	2900	44,3	13,1
2. CZ	1900	3200	2500	4300	78,1	7,5
2. Fr	2000	3200	2700	4100	84,3	8,1



# Zkouška opakovaným pojížděním kolem na malém zkušebním zařízení při teplotě 50°C dle ČSN EN 12697-22 + A1



- Asfaltová směs za studena - vícefázový systém
- Popis chování materiálu - teorie viskoelasticity
- 4PB – PR ( -20 » +27°C / 0,1 - 40 Hz)  
→ LVE parametry – Směrné křivky materiálu



WLF-CZ		
C1	100	[K]
C2	2133,12	[K]

WLF - Fr		
C1	100	[K]
C2	1828,48	[K]

Vertikální posun - polynom - CZ		
$a_0$	1,4489	[-]
$a_1$	0,11535	[-]
$a_2$	0,002577	[-]

Vertikální posun - polynom - FR		
$a_0$	1,2519	[-]
$a_1$	0,061377	[-]
$a_2$	0,001171	[-]



# Uplatnění emulzních asfaltových směsí – Zkušební úsek

- Pro zkušební úsek byla vybrána komunikace III / 44441 v km 3,492 až km 5,320 o délce 1 815 m.
- III/44441 – silnice III. třídy s průměrnými denními intenzitami celkem 184 všech vozidel a orientační skladbou dopravy - 80% osobních vozidel + 20% všech nákladních vozidel a traktorů.
- Návrh EAC dle předběžných TP
- Zkušební úsek je rozdělen na 6 částí, každá o délce cca 300 m, kde se ověřuje 5 různých variant a jedna poslední část je referenční.



# Zkušební úsek

## Úsek č. 1

RS 0/32 CA (na místě); 150 mm; TP 208š. = 4,5 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 16; 50 mm š = 4,3 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 11; 40 mm š = 4,2 m

## Úsek č. 3

RS 0/32 CA (na místě); 150 mm; TP 208š. = 4,5 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 16; 80 mm; š = 4,2 m  
Nátěr emulzní JV š = 4,2 m

## Úsek č. 5

RS 0/32 CA (na místě); 150 mm; TP 208š. = 4,5 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 16 + 30 % R-materiálu; 80 mm; š = 4,2 m  
Nátěr JV; ČSN 73 6129 š = 4,2 m

## Úsek č. 2

RS 0/32 CA (na místě); 150 mm; TP 208š. = 4,5 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 16; 80 mm; š = 4,2 m  
Nátěr JV; ČSN 73 6129 š = 4,2 m

## Úsek č. 4

RS 0/32 CA (na místě); 150 mm; TP 208š. = 4,5 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 16 + 30 % R-materiálu; 50 mm š = 4,3 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
EAC 11 + 30 % R-materiálu; 40 mm š = 4,2 m

## Úsek č. 6 (referenční)

RS 0/32 CA (na místě); 150 mm; TP 208š. = 4,5 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
AC 16; 50 mm; š = 4,3 m  
PS-E; ČSN 73 6129  
AC 11; 40 mm; š = 4,2 m

EAC .... Emulzní asfaltový beton za studena podle návrhu TP Asfaltové směsi za studena, zrnitost směsi kameniva stejná jako AC podle ČSN EN 13108-1, pojivo pomaluštěpná emulze minimálně C60B7 podle ČSN EN 13808



# Porovnání nákladů na výrobu a environmentální zhodnocení

Náklady / spotřeba na 1 t vyrobené směsi	Klasická asfaltová směs za horka	Emulzní asfaltová směs za studena
Náklady na výrobu	ACO 100 %	EAC 90 % Při použití R-materiálu 85 %
Energetická náročnost - spotřeba paliva na ohřev	Ohřev kameniva a asfaltu: 8 l LTO / t směsi	Bez ohřevu: 0 (40°C - Asfaltová emulze)
Energetická náročnost - elektrická energie	Pohon obalovny: 25 kWh / t	Pohon míchacího zařízení: 3 kWh / t
Emise CO <sub>2</sub>	Ohřev kameniva a asfaltu: 21 kg / t	Bez emisí: 0 (40°C - Asfaltová emulze)
Investiční náklady na srovnatelné zařízení pro výrobu směsi	Obalovna: 170 Kč / t	Jednoduché mobilní míchací zařízení: 14 Kč / t



# Emulzní asfaltová směs - Návrh

## Použité materiály

- Asfaltová emulze Katebit PS - C60B6
- Asfaltová emulze C60B6 (MeadWestVaco – Francie asfalt TOTAL 70/100)
- Asfaltová emulze Silnice CZ - C60B7
- Kamenivo Bílčice (4/8 - 8/11 – 8/16)
- Kamenivo Valšov (0/4)
- Asfaltový R- materiál 0/11
- Filer Brant

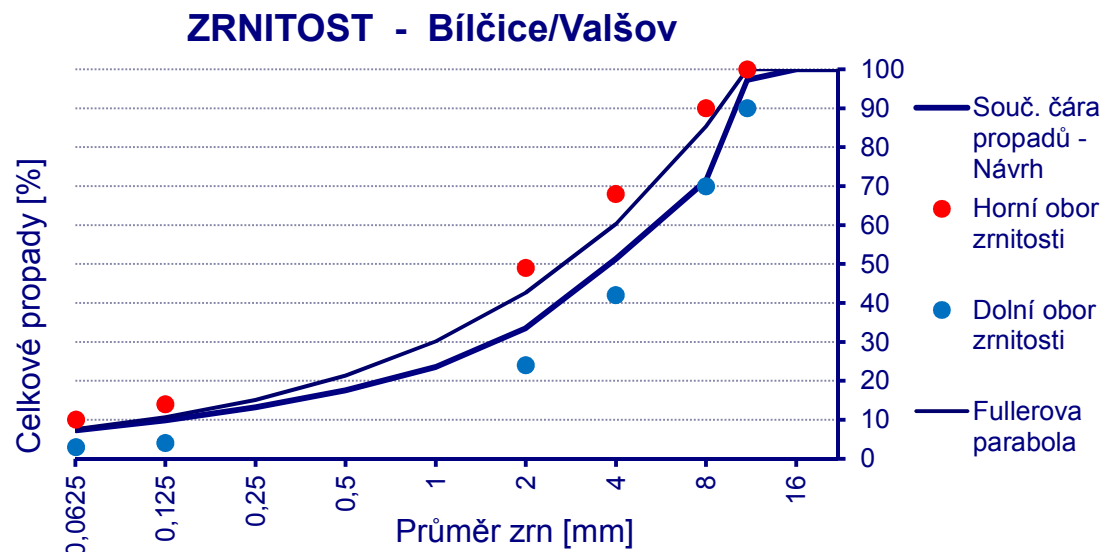




# EAC 11

EAC 11	%
Voda - dávkovaná	1,65
Emulze PARAMO - KATEBIT PS	10
Kamenivo	88,35
Celkem	100

Kamenivo	
Bílčice 8/11	33
Bílčice 4/8	12
Valšov 0/4	53
Filer	2



Směs	Objemová hmotnost ztuhněná (z rozměrů)	Maximální objemová hmotnost	Mezerovitost	Pevnost v příčném tahu po 7 dnech zrání (15°C)	Pevnost v příčném tahu po 7 + 7 dnech zrání (15°C)	ITSR	Modul tuhosti 7 dní zrání (15°C)	Modul tuhosti 7 + 7 dní zrání (15°C)	ITMR	Obsah rozpustného pojiva
	(g.cm <sup>-3</sup> )	(g.cm <sup>-3</sup> )		MPa	MPa		(%)	MPa		
EAC 11	2,287	2,536	9,8	0,53	0,39	73,0	1880	803	42,7	5,9

## Proctor modifikovaný

$W_{opt} =$	5,65	%
$\rho_{max} =$	2194,5	kg/m <sup>3</sup>

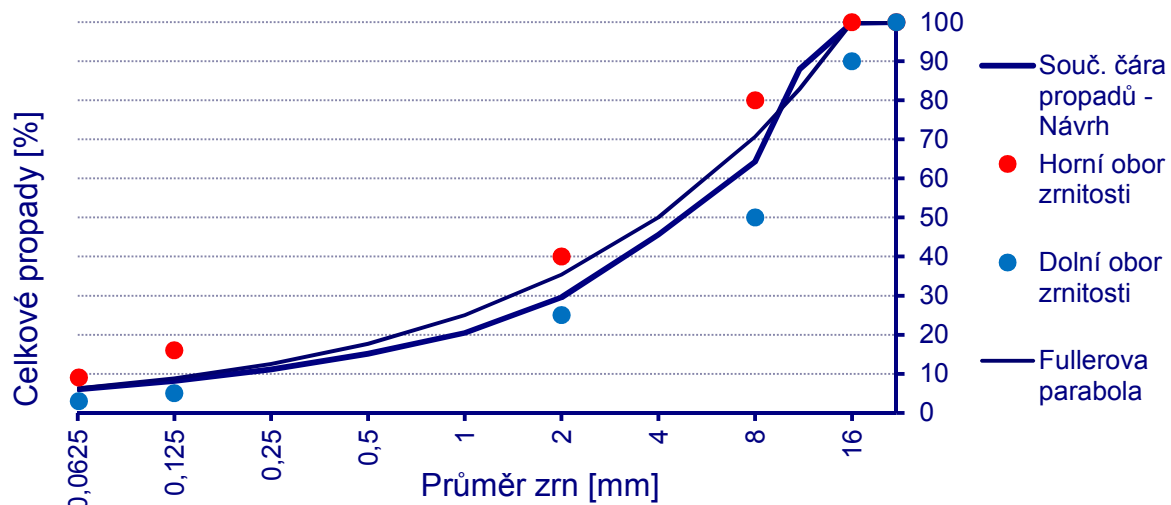


# EAC 16

EAC 16	%
Voda - dávkovaná	1,85
Emulze PARAMO - KATEBIT PS	9
Kamenivo	89,15
Celkem	100

Bílčice 8/16	23
Bílčice 8/11	18
Bílčice 4/8	10
Valšov 0/4	48
Filer	1

## ZRNITOST - Bílčice/Valšov



Směs	Objemová hmotnost zhutněná (z rozměrů)	Maximální objemová hmotnost	Mezerovitost	Pevnost v příčném tahu po 7 dnech zrání (15°C)	Pevnost v příčném tahu po 7+7 dnech zrání (15°C)	ITSR	Modul tuhosti 7 dní zrání (15°C)	Modul tuhosti 7 + 7 dní zrání (15°C)	ITMR	Obsah rozpustného pojiva
	(g.cm <sup>-3</sup> )	(g.cm <sup>-3</sup> )		MPa	MPa		(%)	MPa		
EAC 16	2,268	2,573	11,9	0,43	0,30	71,0	1396	895	57,0	5,4

### Proctor modifikovaný

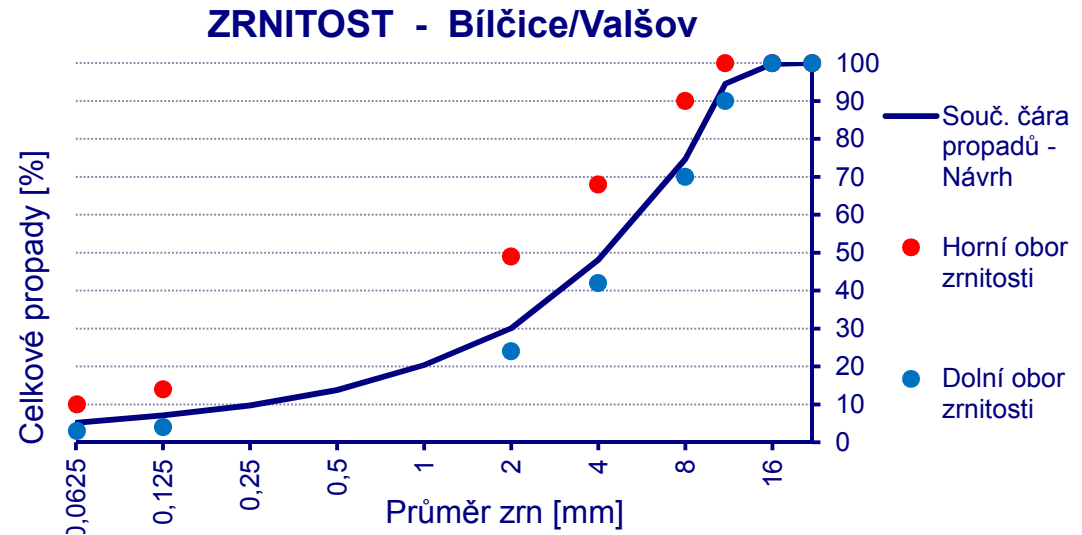
$W_{opt} =$	5,45	%
$\rho_{max} =$	2197	kg/m <sup>3</sup>



# EAC 11 + 30 % R-materiál

EAC 11 + 30% R-materiál	%
Voda - dávkovaná	1,25
Emulze PARAMO - KATEBIT PS	10
Kamenivo	88,75
Celkem	100

Bílčice 8/16	0
Bílčice 8/11	20,5
Bílčice 4/8	15,5
Valšov 0/4	32
R-materiál 0/11	30
Filer	2



Směs	Objemová hmotnost zhutněná (z rozměrů)	Maximální objemová hmotnost	Mezerovitost	Pevnost v příčném tahu po 7 dnech zrání (15°C)	Pevnost v příčném tahu po 7 +7 dnech zrání (15°C)	ITSR	Modul tuhosti 7 dní zrání (15°C)	Modul tuhosti 7 + 7 dní zrání (15°C)	ITMR	Obsah rozpustného pojiva
	(g.cm <sup>-3</sup> )	(g.cm <sup>-3</sup> )		MPa	MPa		MPa	MPa		
EAC 11 + 30%R-materiál	2,329	2,540	8,3	0,47	0,36	76,6	1439	920	63,9	6,9

## Proctor modifikovaný

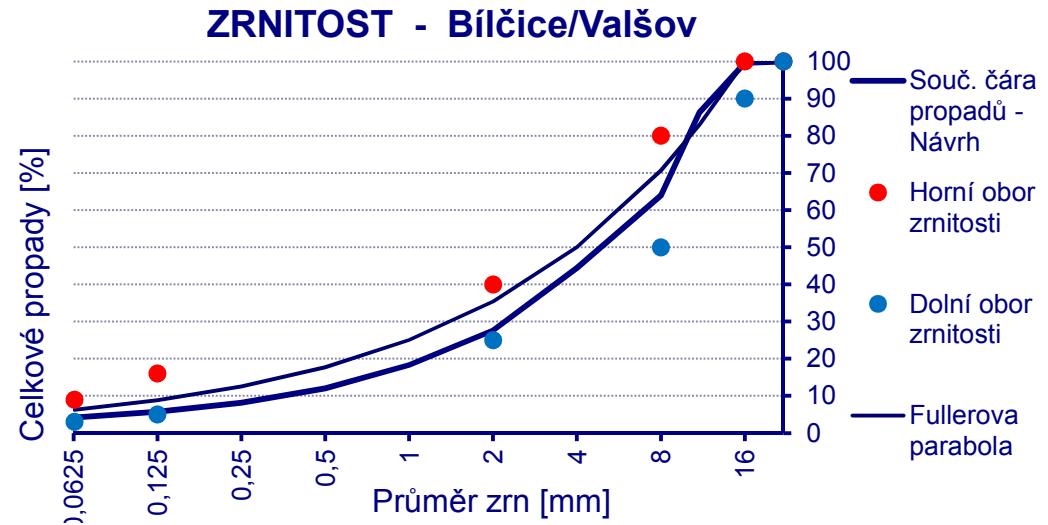
$W_{opt} =$	5,25	%
$\rho_{max} =$	2076,5	kg/m <sup>3</sup>



# EAC 11 + 30 % R-materiál

EAC 16 + 30% R-materiál	%
Voda - dávkovaná	1,78
Emulze PARAMO - KATEBIT PS	9
Kamenivo	89,22
Celkem	100

Kamenivo	
Bílčice 8/16	19
Bílčice 8/11	14
Bílčice 4/8	6
Valšov 0/4	30
R-materiál	30
Filer	1



Směs	Objemová hmotnost zhutněná (z rozměrů)	Maximální objemová hmotnost	Mezerovitost	Pevnost v příčném tahu po 7 dnech zrání (15°C)	Pevnost v příčném tahu po 7 + 7 dnech zrání (15°C)	ITSR	Modul tuhosti 7 dní zrání (15°C)	Modul tuhosti 7 + 7 dní zrání (15°C)	ITMR	Obsah rozpustného pojiva
	(g.cm <sup>-3</sup> )	(g.cm <sup>-3</sup> )	%	MPa	MPa	(%)	MPa	MPa	(%)	(%)
EAC 16 + 30%R-materiál	2,288	2,590	11,7	0,42	0,30	70,3	1285	887	69,0	6,6

## Proctor modifikovaný

$W_{opt} =$	5,38	%
$\rho_{max} =$	2080	kg/m <sup>3</sup>



# Vliv – Kvalita a typ použité asfaltové emulze

V1	%
Voda	1,65
Emulze PARAMO - KATEBIT PS	10
Kamenivo	88,35
Celkem	100
Bílčice 8/11	33
Bílčice 4/8	12
Valšov 0/4	53
Filer Brant	2

E1	%
Voda	1,65
Emulze SILNICE CZ - C60B7	10
Kamenivo	88,35
Celkem	100
Bílčice 8/11	33
Bílčice 4/8	12
Valšov 0/4	53
Filer Brant	2

FR	%
Voda	2
Emulze (Francie - Total 70/100)	9,75
Kamenivo	88,25
Celkem	100
Bílčice 8/11	33
Bílčice 4/8	12
Valšov 0/4	53
Filer Brant	2

Směs	V1	E1	FR
Objemová hmotnost (g/cm <sup>3</sup> )	2,287	2,310	2,316
Mezerovitost (%)	9,8	9,9	9,7
Pevnost v příčném tahu - 7 dní (MPa)	0,53	0,38	0,51
ITSR (%)	73	46	77
Modul tuhosti - 7 dní (MPa)	1880	810	2215
ITMR (%)	43	40	70

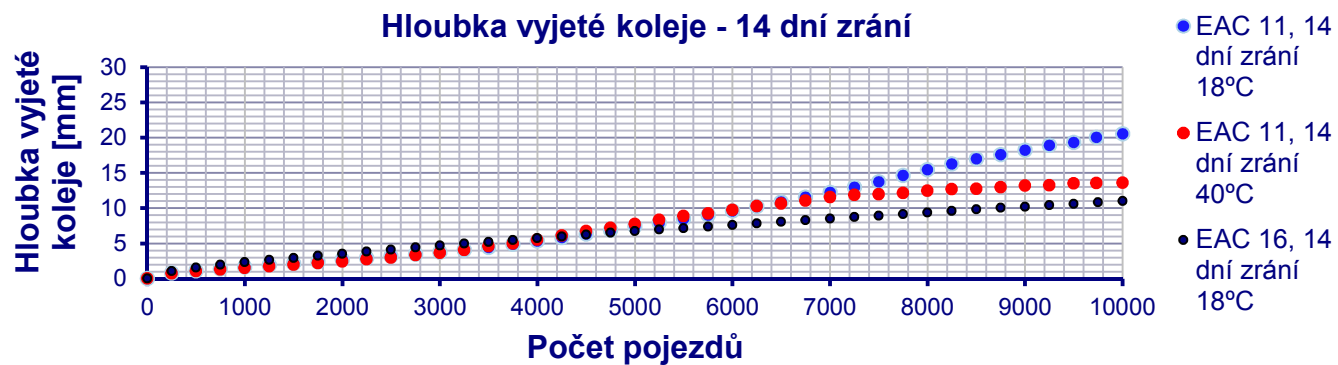
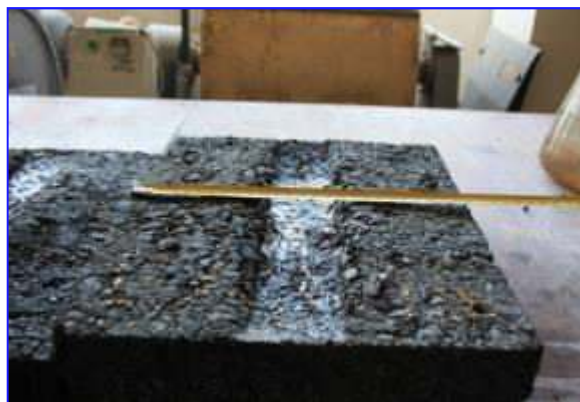


Vhodný typ emulze je zásadní pro kvalitu výsledné směsi !!!



# Zkouška opakovaným pojížděním kolem

- Malé zkušební zařízení dle ČSN EN 12697-22 + A1
- zkušební teplota 60°C (NF)



**Děkuji za pozornost**