

# AV'15

KONFERENCE  
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2015

## Zkoušení vozovek a materiálů

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně

24.11.-25.11. 2015, České Budějovice

# **Proč využívat laboratorní zkoušku Wehner/Schulze při návrhu obrusných vrstev**

**Ing. Jaroslava Dašková, Ph.D.**

**Ing. Pavla Nekulová**

**Vysoké učení technické v Brně**

**Leoš Nekula**

**Měření PVV, Vyškov**

**Zjišťování protismykových vlastností povrchu vozovek:**

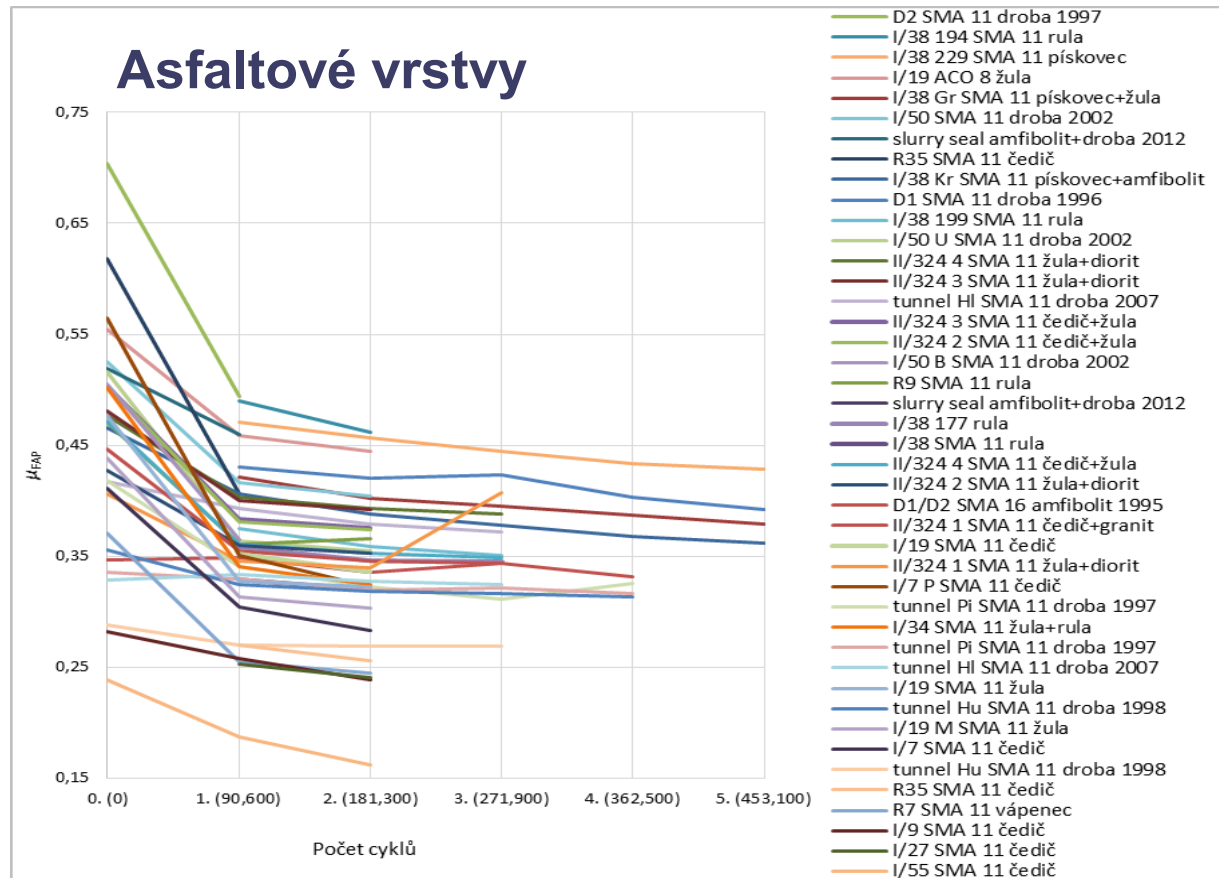
- ➔ po uvedení do provozu,
- ➔ na konci záruční doby – problémy u velmi zatížených komunikací

**Zařízení Wehner/Schulze má velký potenciál pro ověření životnosti protismykových vlastností povrchu obrusné vrstvy v laboratoři u:**

- ➔ nově navrhovaných asfaltových směsí,
- ➔ povrchových úprav cementobetonových krytů

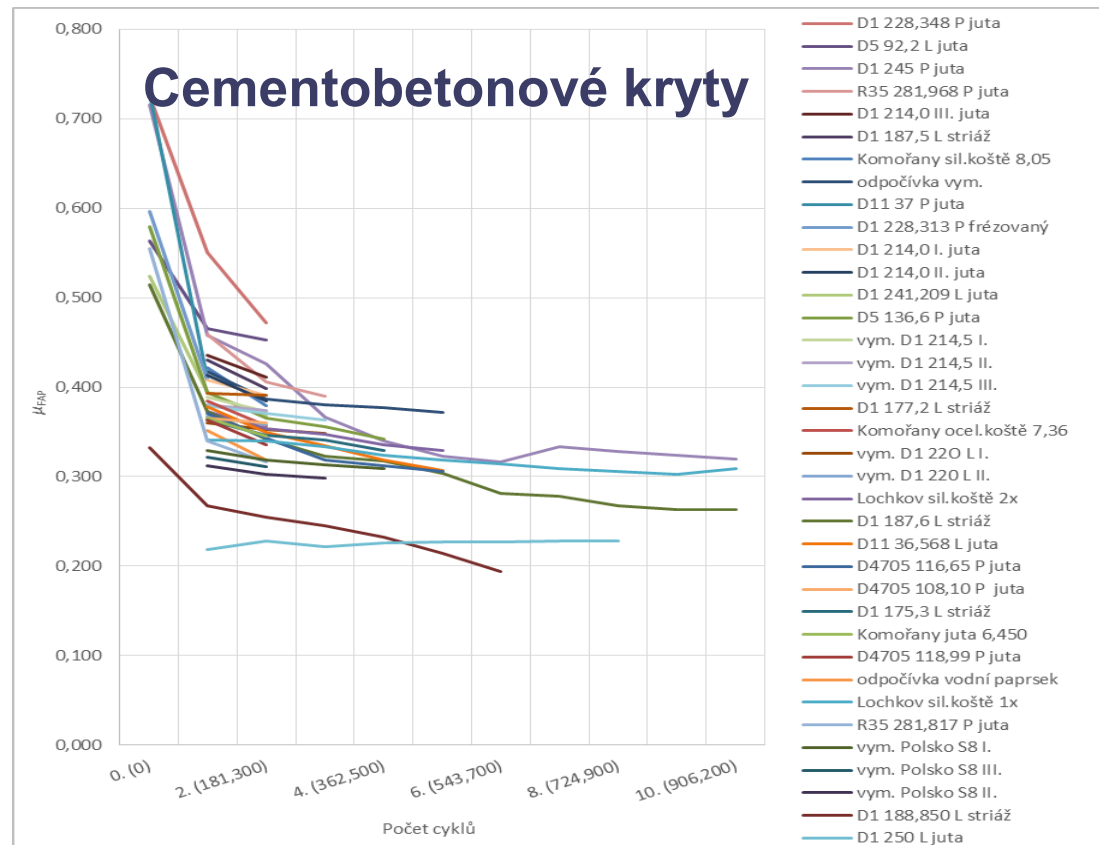


## Součinitel tření povrchu $\mu_{FAP}$ v závislosti na počtu cyklů ohlazování



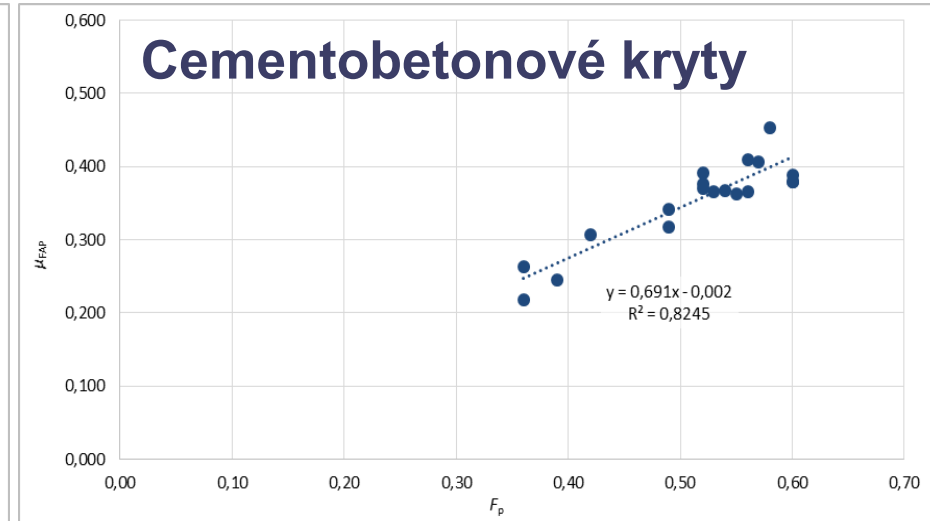
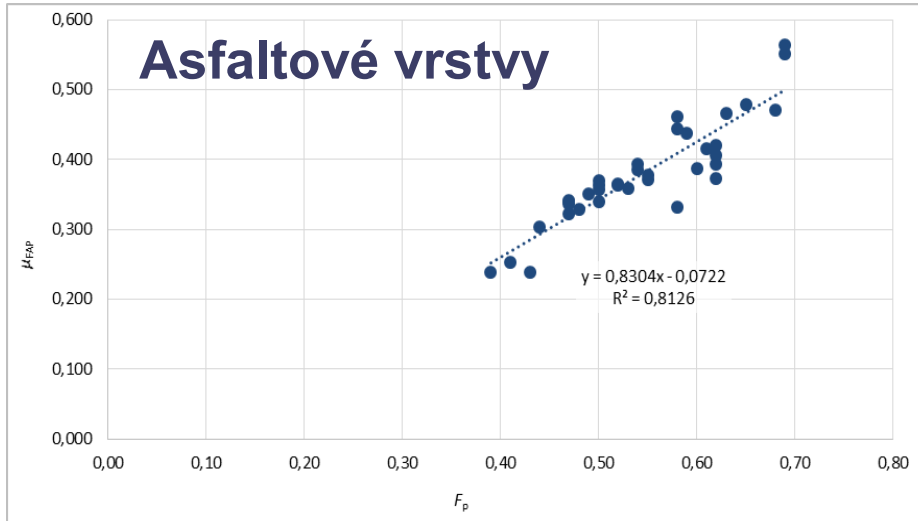
Kvalita protismykových vlastností u asfaltových vozovek je velmi závislá na použitém kamenivu ...droba, rula vs. vápenec, čedič

## Součinitel tření povrchu $\mu_{FAP}$ v závislosti na počtu cyklů ohlazování



V posledních letech dochází k velmi rychlému zhoršení kvality protismykových vlastností CB vozovek upravených taženou jutou, 5 čemuž odpovídají i výsledky zjištěné zařízením Wehner/Schulze.

## Srovnání zařízení Wehner/Schulze se zařízením TRT



**Novým zařízením je možné predikovat vývoj protismykových vlastností v čase pro různé asfaltové směsi a povrchové úpravy CB krytů.**

**Součinitel tření  $\mu_{FAP}$  zjištěný na zkušebních tělesech v laboratoři je možné přepočítat na součinitel podélného tření  $F_p$  a tedy hodnotit podle přílohy A normy ČSN 73 6177.**

**V současnosti je připravován přepočet počtu cyklů ohlazování zkušebního zařízení na dopravní zatížení TNV.**

## **Změny vlastností silničních asfaltů způsobené stárnutím**

**Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., Ing. Pavel Coufalík**

**Ing. Petr Hýzl, Ph.D.**

**Vysoké učení technické v Brně**

**Ing. Petr Špaček, Ing. Zdeněk Hegr**

**Skanska a.s. Olomouc**

**Ing David Matoušek**

**PRAGOPROJEKT a.s. Praha**

Pro hodnocení stárnutí asfaltového pojiva použitého v asfaltových směsích byly na obalovnách odebrány:

- ➔ asfaltové směsi typu ACO 11
- ➔ asfaltová pojiva gradace 50/70 použitá pro výrobu směsí

Asfaltové směsi typu ACO 11 byly rozděleny vždy na dvě části,

➔ 1.část

- stanovení modulu tuhosti
- na zpětně získaném pojivu bylo provedeno stanovení penetrace, bodu měknutí, dyn. viskozity, komplexního smykového modulu a fázového úhlu)

➔ 2.část

- stárnutí BSA (Braunschweiger Alterung) – 96 hod při 80 °C
- stanovení modulu tuhosti
- na zpětně získaném pojivu bylo provedeno stanovení penetrace, bodu měknutí, dyn. viskozity, komplexního smykového modulu a fázového úhlu)

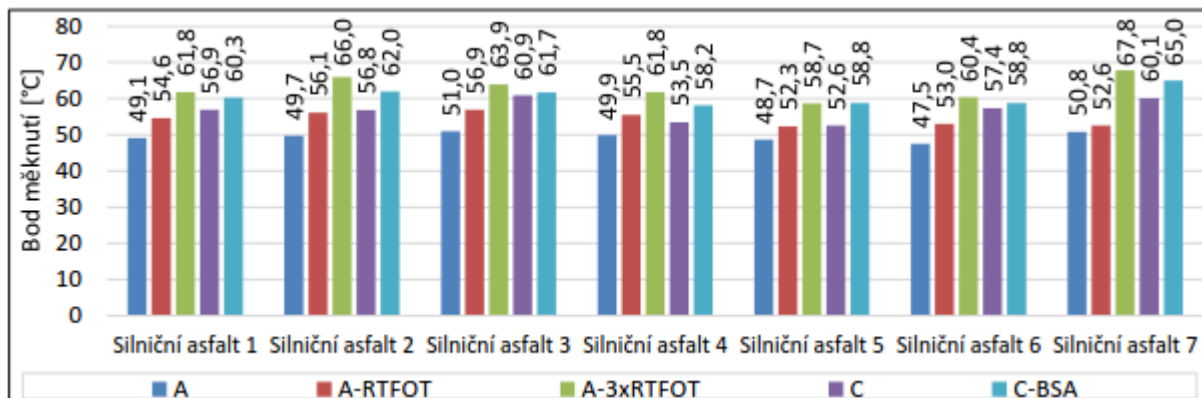
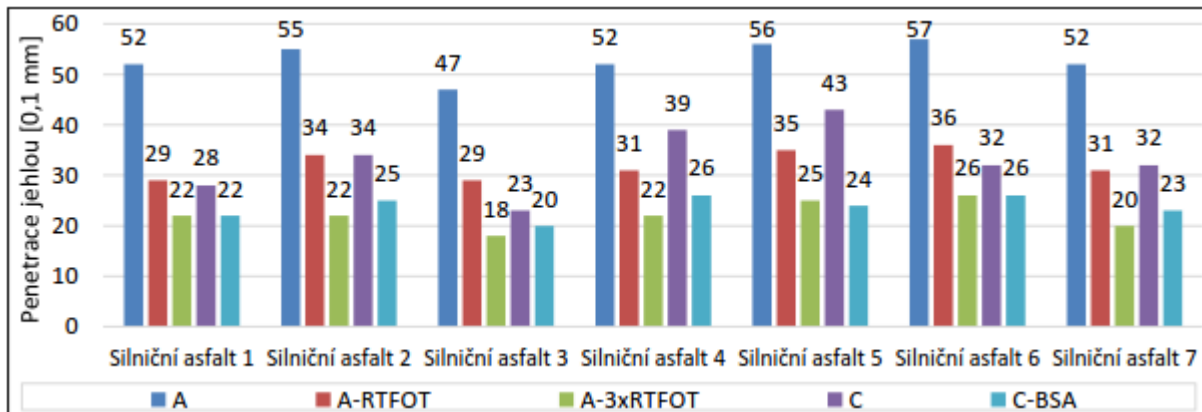


**U asfaltových pojiv použitých pro výrobu směsí bylo provedeno:**

- ➔ stanovení jejich vlastností**
- ➔ provedeno (krátkodobé) stárnutí metodou RTFOT  
(75 minut při teplotě 163 °C)**
- ➔ provedeno (dlouhodobé) stárnutí modifikovanou metodou 3 x RTFOT  
(225 minut při teplotě 163 °C)**

**Následně byla takto získaná pojiva porovnávána.**

- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>A</b>         | <b>...vlastnost před výrobou směsi,</b>  |
| <b>A-RTFOT</b>   | <b>...po stárnutí metodou RTFOT,</b>   |
| <b>A-3xRTFOT</b> | <b>...po stárnutí modifikovanou metodou 3xRTFOT,</b>   |
| <b>C</b>         | <b>...vlastnost zpětně získaného pojiva z odebraných AS</b>  |
| <b>C-BSA</b>     | <b>...vlastnost zpětně získaného pojiva z odebraných AS,<br/>které byly zestárnuty metodou BSA</b> |



Po RTFOT - snížení penetrace o 36,8 % až 44,2 % ( $\geq 50$  %),  
- nárůst KK o 1,8 °C až 6,4 °C (11 °C).

Po 3xRTFOT - snížení penetrace o 54,4 % až 61,7 %  
- nárůst KK o 10,0 °C až 17,0 °C. (v RVS max. 15 °C).

Ø penetrace po RTFOT je 32 p.j. a Ø KK 54,4 °C

Ø penetrace pojiv vydestilovaných z AS je 33 p.j. a Ø KK 56,9 °C



**Metoda RTFOT výstižně modeluje krátkodobé stárnutí asfaltového pojiva.**

Ø penetrace po 3xRTFOT je 22 p.j. a KK 62,9 °C

Ø penetrace po BSA je 24 p.j. a KK 60,7°C



**Metoda modelování dlouhodobého stárnutí BSA ovlivňuje hodnoty empirických zkoušek o něco méně, než modelování stárnutí metodou 3xRTFOT.**

## Komplexní smykové moduly (50 °C, 1 Hz)

G* [MPa]	A	A-RTFOT	A-3xRTFOT	C	C-BSA
Silniční asfalt 1	7,07	17,84	50,76	25,62	44,87
Silniční asfalt 2	5,70	20,76	73,04	27,06	59,29
Silniční asfalt 3	8,43	23,54	89,53	54,10	60,75
Silniční asfalt 4	7,60	19,69	58,33	17,70	37,76
Silniční asfalt 5	6,65	13,75	37,31	13,05	32,99
Silniční asfalt 6	6,84	17,22	48,47	27,01	36,43
Silniční asfalt 7	9,30	31,63	109,86	34,68	67,24

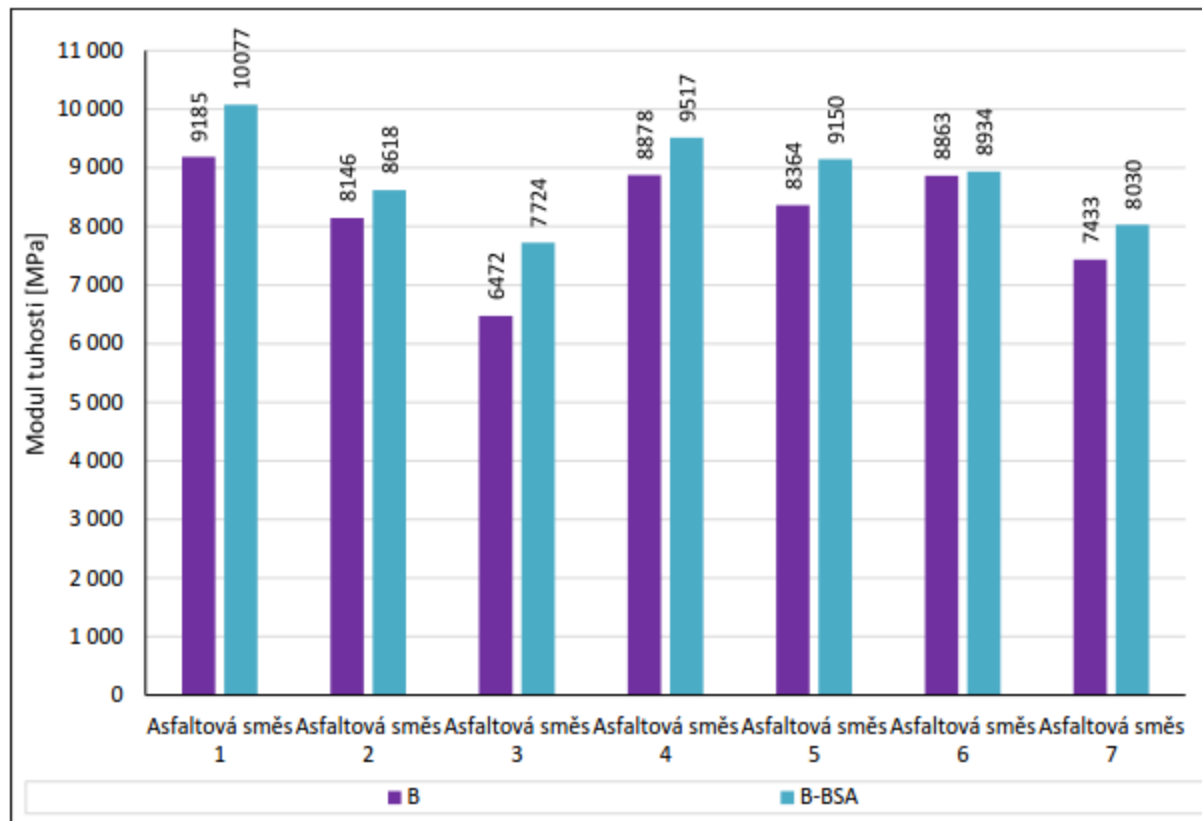
## Fázové úhly pojiv (50 °C, 1 Hz)

$\delta$ [°]	A	A-RTFOT	A-3xRTFOT	C	C-BSA
Silniční asfalt 1	82,08	76,79	68,63	75,37	72,22
Silniční asfalt 2	79,81	70,86	59,68	70,60	65,14
Silniční asfalt 3	78,89	71,63	60,42	66,45	66,68
Silniční asfalt 4	82,45	76,90	68,54	78,31	74,04
Silniční asfalt 5	83,47	79,41	72,27	78,40	74,70
Silniční asfalt 6	83,14	77,97	70,17	75,01	73,56
Silniční asfalt 7	76,61	66,61	55,42	77,72	61,27



- ➔ **Vysoká korelace mezi hodnotami komplexních smykových modulů pojiv zestárnutých metodou 3xRTFOT a hodnotami komplexních smykových modulů pojiv vydestilovaných z asfaltových směsí zestárnutých postupem BSA (koef. korelace 0,88 resp. 0,97)**

## Moduly tuhosti asfaltových směsí (15 °C, 10 Hz)



- ➔ stárnutím BSA se zvýšila tuhost směsí o 0,8 % až 19,3 %
- ➔ zvýšení tuhosti ovšem nekoreluje s tloušťkou filmu pojiva na povrchu kameniva jednotlivých asfaltových směsí

# **MSCR test: Funkční zkouška pro předpovídání tvorby TD asfaltových směsí z reologických vlastností asfaltového pojiva**

**Sylvia Dreessen**

**Thibaud Gallet**

**TOTAL Centre de recherche de Solaize, France**

**V příspěvku je sledována odolnost proti tvorbě TD na několika asfaltových směsích a v nich použitých pojivech**

**Jsou popisovány dvě studie:**

- ➔ 1. MSCR Test (Multiple Stress Creep Recovery Test) dobře koreluje se zkouškou pojíždění kolem**
- ➔ 2. se zabývá pouze MSCR testem a stanovením bodu měknutí.  
„Varuje čtenáře před zrádnou snahou vyhledávat pojiva s neustále vyššími body měknutí“**

Při 58 °C byla měřena sada:

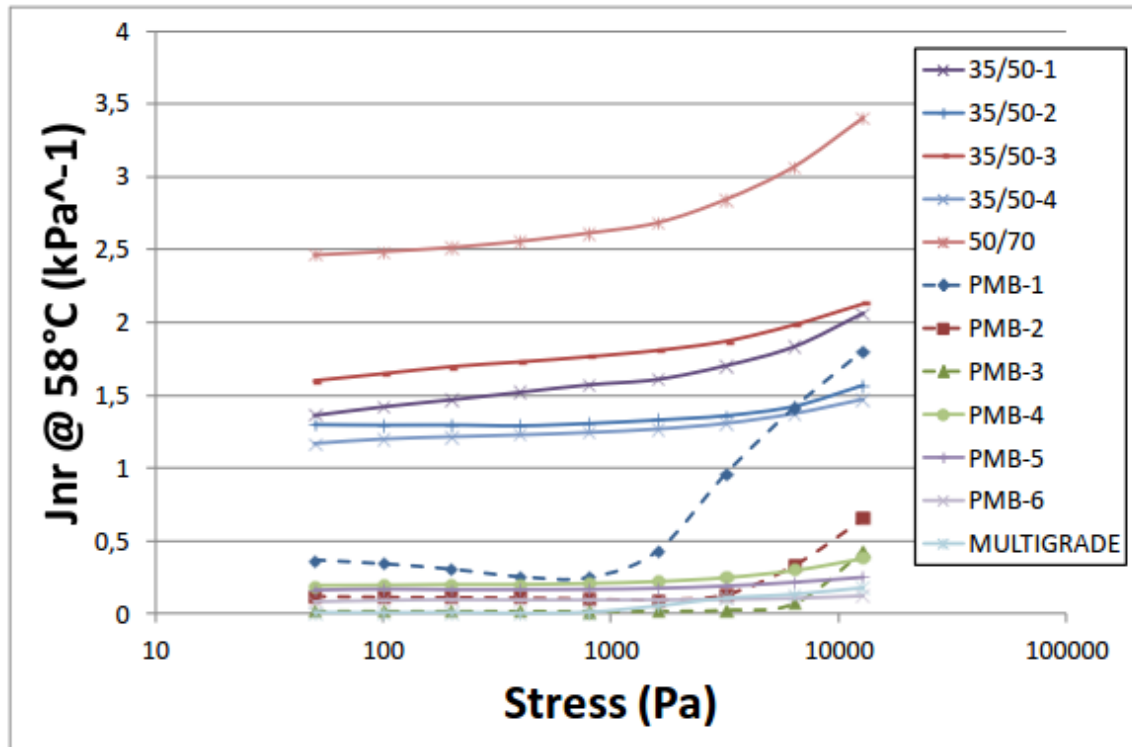
- 5 silničních asfaltů gradace 35/50 a 50/70,
- 6 zesíťovaných PmB,
- 1 speciální pojivo.

	35/50				50/70	PMB						Speciální
	1	2	3	4		1	2	3	4	5	6	
Penetrace (dmm)	39	42	41	36	51	41	38	46	36	32	33	31
Bod měknutí (°C)	52	52,2	51,4	53,2	49	62,8	74,6	90	61,4	62,6	67,2	63,6

PmB 1 až PmB 3 jsou navrženy tak, aby měly vysoký bod měknutí.



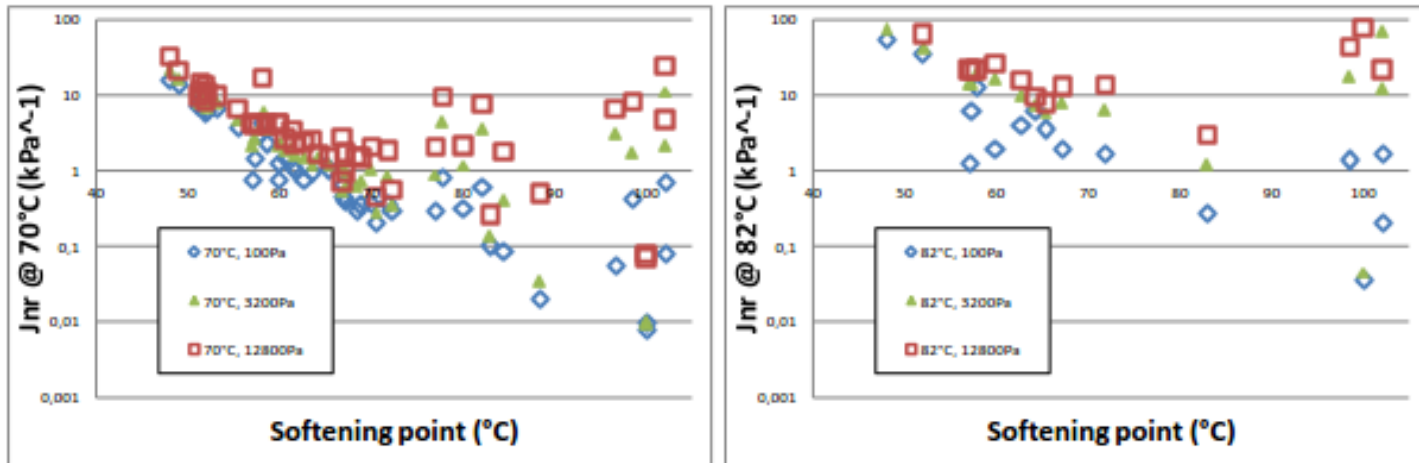
## Hodnoty $J_{nr}$ (nevratné smykové poddajnosti) při různých úrovních napětí při 58 °C



U PmB 1 až PmB 3 je závislost chování na působícím napětí nesouvislá.

Nad kritickou úrovní napětí hodnoty  $J_{nr}$  těchto pojiv dramaticky rostou, jako by byla síť polymeru narušena.

## Korelace bodů měknutí s hodnotami $J_{nr}$ při různých úrovních napětí při 70 °C a 82 °C



- ➔ pro pojiva s KK < 70 °C je korelace relativně dobrá
- ➔ pojiva s vysokým bodem měknutí vykazují chování značně závislé na úrovni napětí.
- ➔ při nízkých úrovních zatížení odolávají tvorbě TD nejlépe, ale při vyšších úrovních napětí mohou být k tvorbě TD náchylnější, než pojiva s nižším bodem měknutí.
- ➔ riziko používání pojiv se stále se zvyšujícím bodem měknutí, pokud nebude zároveň prováděn MSCR test.

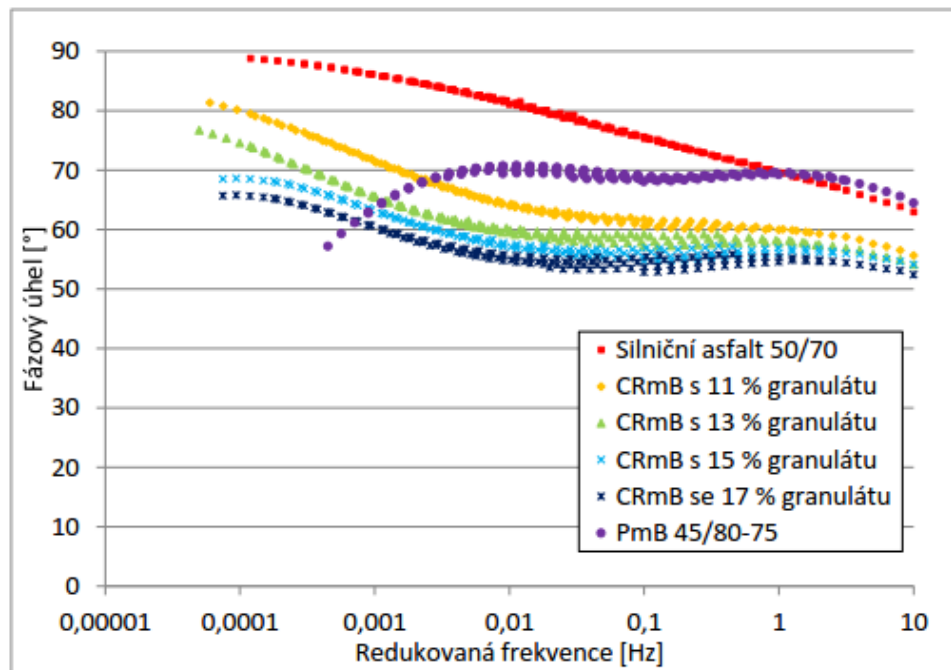
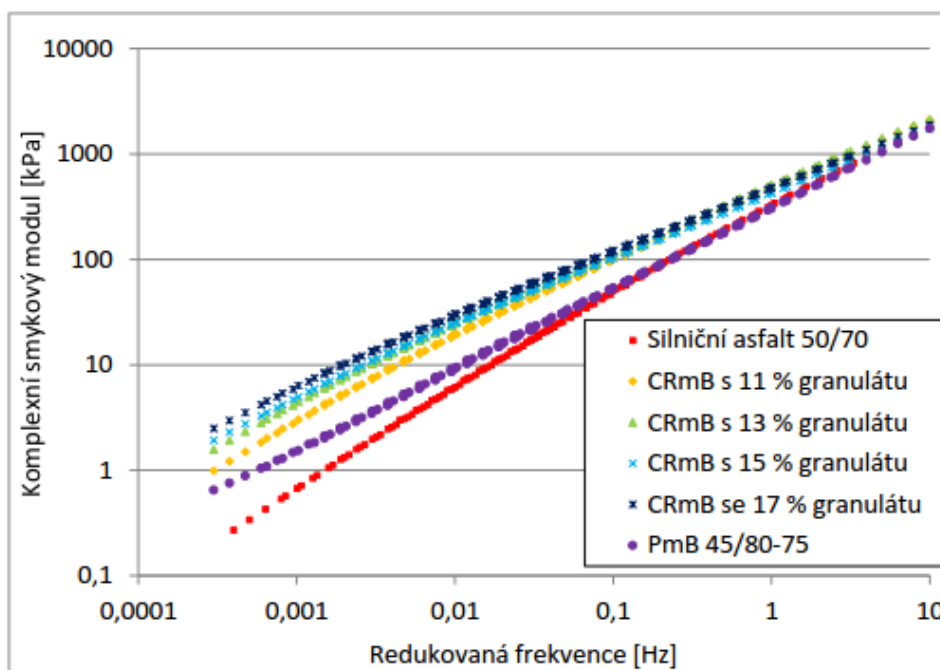
# **Reakce silničního asfaltu s pryžovým granulátem při vysoké teplotě**

**Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., Ing. Pavel Coufalík  
prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.  
Vysoké učení technické v Brně**

## ➔ CRmB s různým obsahem pryžového granulátu

Pojivo	Silniční asfalt 50/70	CRmB s 11 % granulátu	CRmB s 13 % granulátu	CRmB s 15 % granulátu	CRmB s 17 % granulátu	PmB 45/80-75
Penetrace jehlou, 25 °C [0,1 mm]	60	45	42	38	35	55
Bod měknutí [°C]	47,7	55,2	59,7	61,2	64,7	77,3
Dynamická viskozita, 175 °C [Pa·s]	0,05	0,7	0,9	1,9	2,7	0,11
Resilience, 25 °C [%]	1	15	20	21	27	14
Vratná duktilita, 25 °C [%]	6,0	40,0	52,9	55,1	60,5	98,0

- ➔ pro popis vlivu zvýšené teploty na vlastnosti asfaltů CRmB byla pojiva udržována při teplotě 180 °C po dobu 72 hodin
- ➔ v daných intervalech byly odebírány vzorky pojiv pro provedení zkoušek – empirické a funkční v DSR - komplexní smykový modul pojiv ( $G^*$ ) a fázový úhel ( $\delta$ )



- ➔ CRmB mají téměř v celém rozsahu vyšší tuhosti než silniční asfalt i polymerem modifikovaný asfalt
- ➔ CRmB mají nižší teplotní citlivost než běžné asfalty
- ➔ CRmB mají nižší fázový úhel než silniční asfalt, tj. vyšší pružnost
- ➔ s rostoucím obsahem pryže se pojivo stává tužší a pružnější

Po třídením termickém stárnutí lze učinit tyto závěry:

- ➔ silniční asfalt výrazně stárne, snižuje se penetrace, zvyšuje se KK a zvyšují se hodnoty smykového modulu téměř na dvojnásobek
- ➔ PmB rovněž vykazuje termické stárnutí, ale smykový modul se mění málo
- ➔ CRmB vykazuje většinou nízkou změnu vlastností po termickém stárnutí, což lze vysvětlit tím, že přítomnost pryžového granulátu působí proti stárnutí asfaltu

Vyhodnocením Blackových diagramů se prokázalo že:

- ➔ do 22 hodin stárnutí při teplotě 180 °C projevovaly se výrazněji pružné vlastnosti CRmB
- ➔ po tomto čase klesaly pružné vlastnosti CRmB

**Děkuji za pozornost !!!**