

AV '11

KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2011

Diagnostika a zkušebnictví v procesu přípravy a provádění silničních prací

Gestor

Ing. Václav Neuvirt, CSc.

Generální zpravodajové

Ing. Petr Mondschein, Ph.D. – 1. část

Ing. Petr Hýzl, Ph.D. – 2. část

22. – 23.11. 2011, České Budějovice

Diagnostika a zkušebnictví v procesu přípravy a provádění silničních prací

Celkový počet příspěvků - 15

- ➔ Zeminy - 3
- ➔ Kamenivo - 1
- ➔ Asfaltová pojiva - 3
- ➔ Asfaltové směsi – 8

- ➔ Tuzemští autoři - 14
- ➔ Zahraniční - 1

AV '11

**KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2011**

Zkoušení zemin

Zkoušení zemin

Řešená témata

- ➔ Problematika zkoušky CBR
- ➔ Problematika zkoušky IBI
- ➔ Namrzavost zemin
- ➔ Zkoušení vlastností konstrukcí vozovek v M 1:1

ZKOUŠKY CBR A IBI PODLOŽÍ A
NESTMELNÝCH
PODKLADNÍCH VRSTEV
VOZOVEK

Ing. Jaroslav Hauser, CSc

Ing. Lenka Ševelová

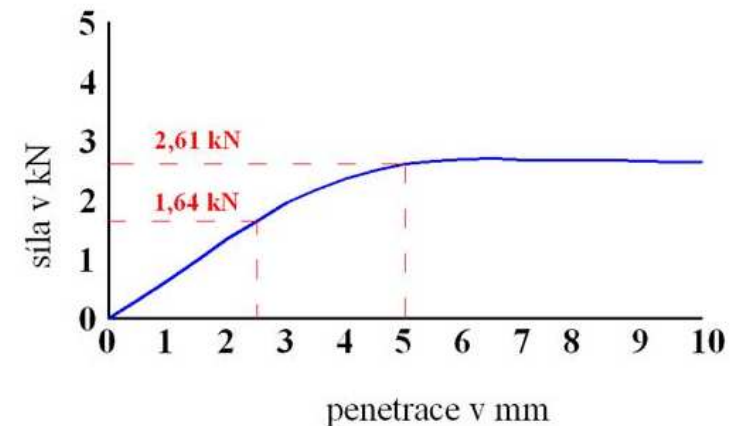
Ing. Alice Kozumplíková

Zkouška CBR

Dlouhodobě prováděná zkouška (1930)

Klasifikuje a hodnotí zeminy v podloží a konstrukčních vrstvách vozovek

Základní parametr k navrhování vozovek



ČSN EN 13 286-47

Zkouška CBR

ČSN EN 13 286-47 – **rozpor v normě**



přítěžovací prstence – 1 kg = 30 mm kce vozovky
~~v normě uvedeno 2,5 kg = 700 mm kce vozovky~~

Zkouška IBI

Zkušební postup bez přetížení, zrání a sycení

Okamžité hodnoty zkoušeného materiálu

**Posouzení konstrukčních vrstev pro poježdění
staveništní dopravou**

Na základě výsledků

CBR/IBI

**Ize upravit dávkování
pojiva**



CBR/IBI - požadavky

Tabulka 2 – Požadované hodnoty únosnosti CBR pro upravené zeminy pro aktivní zónu

Způsob použití		Požadované hodnoty ^{a)}		
		CBR ^{c)}	Minimální vlhkost směsi	Okamžitý index únosnosti
Aktivní zóna ^{b)}	Podloží P III	CBR ₁₅	W _{0,9}	IBI _{DV}
	Podloží P II	CBR ₃₀	W _{0,9}	IBI _{DV}
	Podloží P I	CBR ₅₀	W _{0,9}	IBI _{DV}

Tabulka 3 – Požadované hodnoty únosnosti CBR, IBI pro upravené zeminy na násypu

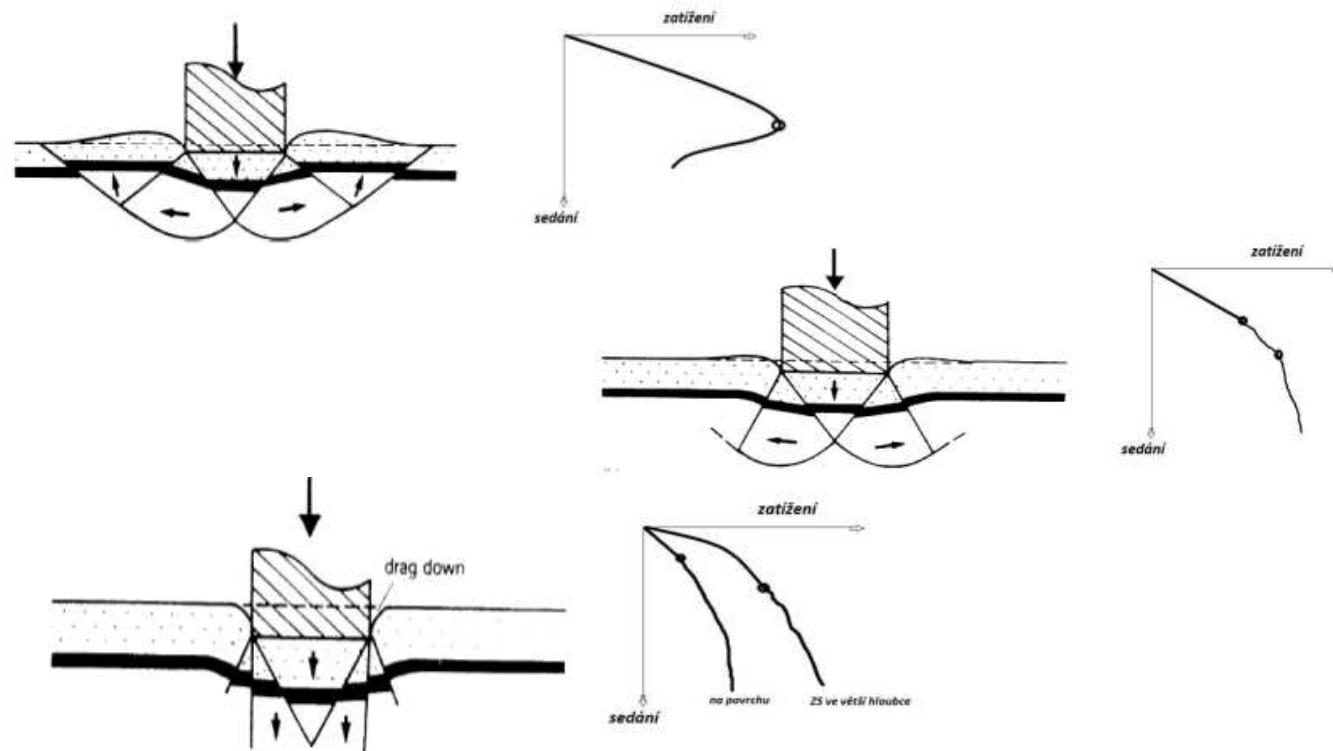
Způsob použití	Požadované hodnoty ^{a)}	
	Okamžitý index únosnosti	CBR
Podloží násypu	min. IBI ₁₀	
Každá technologická vrstva násypu	min. IBI ₁₀	–
Ztužující vrstva vrstevnatého násypu z materiálu upraveného pojivy	–	min. CBR ₁₅ ^{b)}

Tabulka 5 – Stanovení tloušťky úpravy podloží vozovky

Původní materiál		
Zatřídění zemín podle klasifikace ^{a)}	Zatřídění podle CBR ^{b)}	Tloušťka úpravy (h)
MG, CG, MS, CS, SP, S-F, SM, SC, GP, GM, GC,	5 % ≤ CBR < 15 %	300 mm ≤ h < 400 mm
ML, MI, CL, CI, MH, MV, CH, CV	2 % ≤ CBR < 5 %	400 mm ≤ h < 500 mm
	CBR < 2 %	h ≥ 500 mm

Zkouška CBR a únosnost

Modely porušení při zkoušce



Závěry

- opravit chybnou poznámku o hmotnosti zátěžky
- při zkoušení CBR/IBI by bylo vhodné osadit povrch vzorku úchylkoměrem
- hodnota CBR by mohla být stanovena extrapolací na penetraci 2,5 mm
- při průkazných zkouškách IBI materiálů do zemního tělesa by bylo vhodné povolit opět statickou přípravu vzorků

**NAMRZAVOST ZEMIN A
MATERIÁLŮ V PODLOŽÍ
VOZOVKY
POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ**

Ing. Petr Pácha

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

Problematika namrzavosti materiálů v podloží PK

Metody hodnocení

- ➔ Kritérium namrzavosti podle zrnitosti zemin
- ➔ Posouzení namrzavosti dle CBR
- ➔ Zkouška přímé namrzavosti

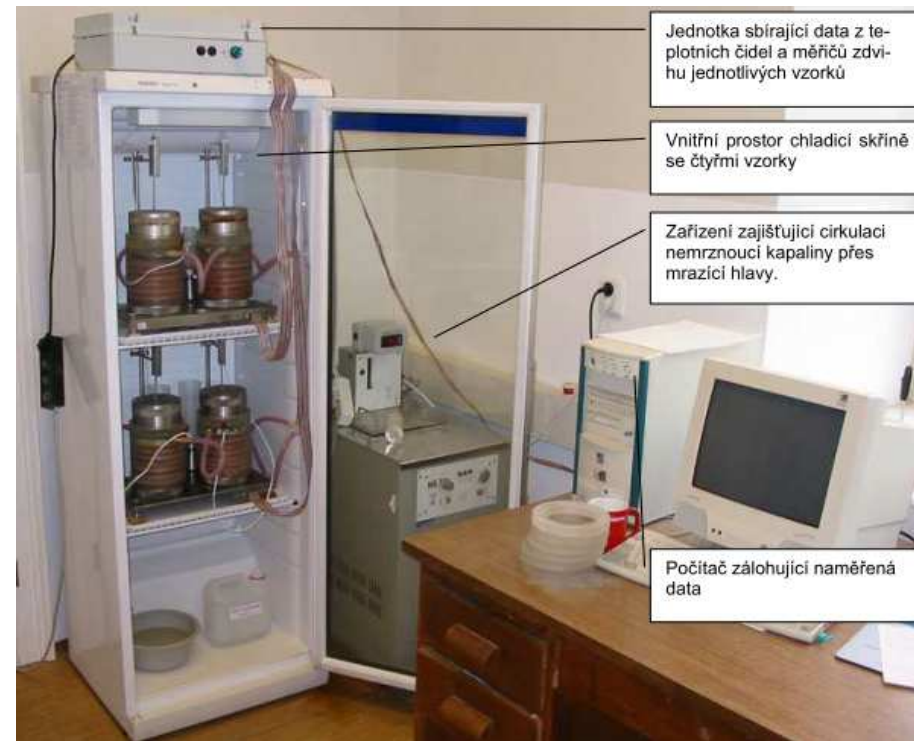
Parametr zkoušky	Země							
	ČR	USA	UK	Francie	Rakousko	Švýcarsko	Švédsko	Rusko
Výška vzorku [mm]	120,00	152,00	152,00	320,00	150,00	127,00	580,00	80–100
Šířka vzorku [mm]	100,00	143,00	102,00	150,00	150,00	158,00	122,00	100
Teplota nahoře [°C]	-4,0	Variabilní	-17,0	-5,7	-	-7,5	-	-5
Teplota dole [°C]	4,0	3,0	4	1–2	-	1,5	4–6	-
Svislé zatížení [kPa]	5,0	3,5	0,0	0,0	-	1,4	Variabilní	0–9
Zkušební doba [h]	120,0	288,0	250,0	150–200	84,0	48,0	400	192–216

Stanovení namrzavosti přímou zkouškou

Podmínky zkoušky

- ➔ Saturace spodní vodou
- ➔ Ochlazování horní vrstvy na teplotu -4°C

$$\beta = \frac{\Delta h}{\Delta \sqrt{I_m}}$$



Ukázka namrzavosti

Vzorek zeminy	Namrzavost - zrnitost	Přímá namrzavost	CBR
Jíl se střední plasticitou	Nebezpečně namrzavá	1,0 Nebezpečně namrzavá	10/17
Písek hlinitý	Namrzavá	0,44 Namrzavá zemina	3,5/5
Písčítá hlína	Nebezpečně namrzavá	0,30 Namrzavá zemina	3/6

Závěry

- **Úprava doby zkoušení v závislosti místních klimatických podmínkách.**
- **Změna v hodnocení namrzavosti např. v závislosti na zdvihu jednotlivých vzorků, namísto součinitele beta, který vyjadřuje lineární zdiv zkoušeného vzorku.**

STAVBA FULL-SCALE MODELU KONSTRUKCE VOZOVKY

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

Zkušební model 1:1

Realizace funkčních zkoušek v reálných podmínkách

Zkoušení souvrství netuhých konstrukcí vozovek

Ověřování vlastností „nových“ materiálů



AV '11

**KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2011**

Zkoušení kameniva

Zkoušení kameniva

Řešená témata

- ➔ Ohlادitelnost kameniva
- ➔ Protismykové vlastnosti

**LABORATORNÍ ZKOUŠKA
ZRYCHLENÉHO OHLAZOVÁNÍ
KAMENIVA A POVRCHŮ
VOZOVEK ZAŘÍZENÍM
WEHNER/SCHULZE**

Prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Ing. Jaroslava Dašková

Leoš Nekula

Ing. Květoslav Urbanec

Zkouška Wehner/Shulze

- ➔ Návrh normy prEN 12697-47
- ➔ Stanovení součinitele tření asfaltových povrchů
- ➔ Stanovení součinitele ohladitelnosti kameniva

Proč W/S

- ➔ Zkouška ohladitelnosti kameniva dle ČSN EN 1097-8 nemá dostatečnou vypovídací schopnost
- ➔ Součinitel tření je závislý na ohladitelnosti kameniva
- ➔ Předpověď protismykových vlastností povrchů vozovek
- ➔ Korelace mezi W/S a PSV

Princip zkoušky Wehner/Schulze

Vývrty – laboratorně
připravená tělesa

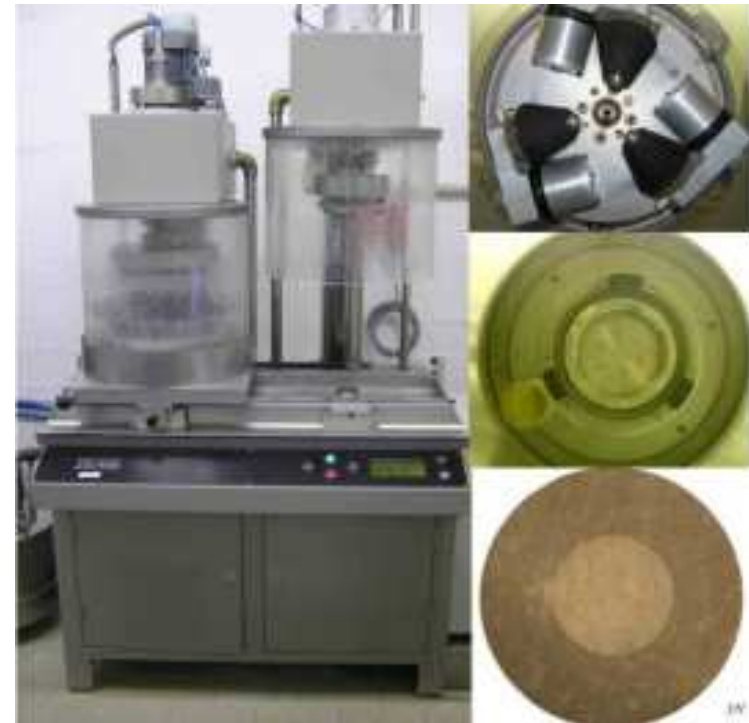
Rotační hlavy
(ohlazovací, měřicí)

500 otáček za min.

0,4 N/mm²

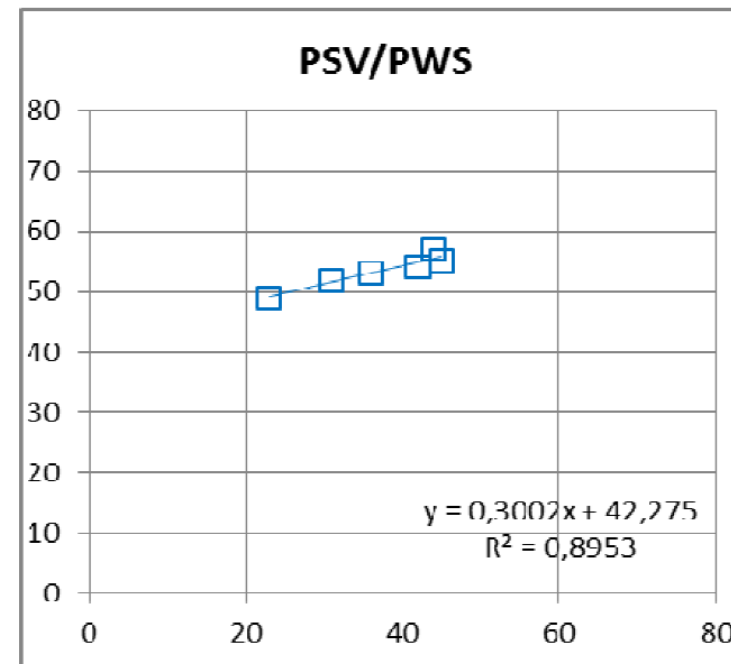
Křemičitý písek

Měření tření od rychlosti
100 km/h



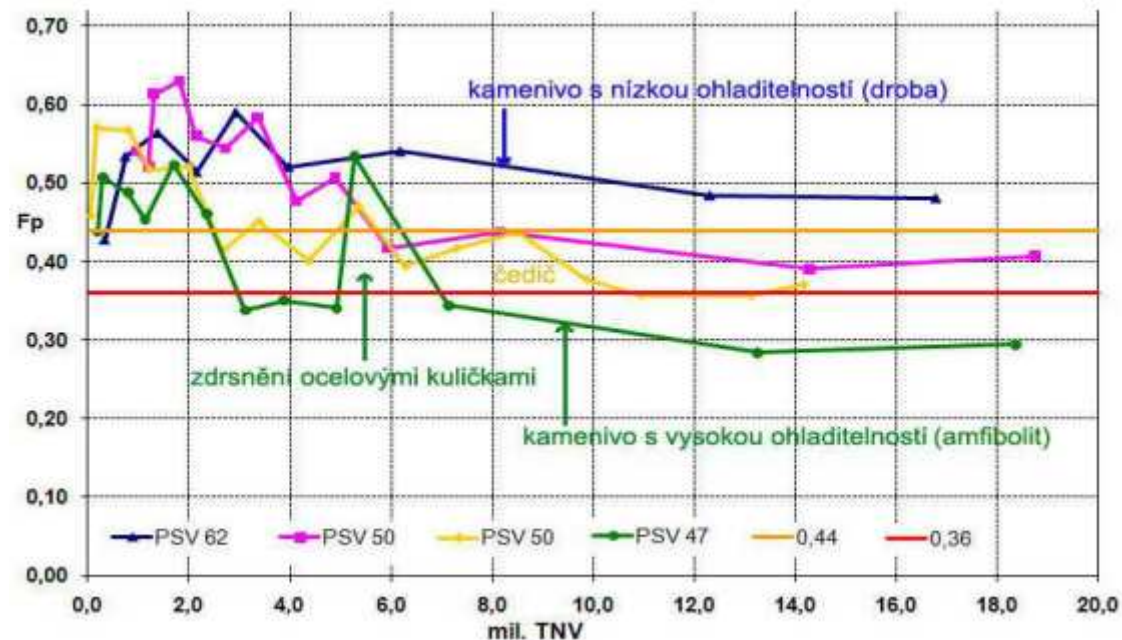
Ohladitelnost kameniva

- ➔ 6 vzorků kameniva (4 vývrty, 2 lomy)
- ➔ Měření PWS
- ➔ Měření PSV



Graf 3: Korelace výsledků PSV a PWS

Měření protismykových vlastností



- ➔ Vývrty dlouhodobě zatěžovány
- ➔ Podklad pro další rozvoj sledování protismykových vlastností povrchů vozovek
- ➔ Vliv malého množství kameniva s nízkou ohladitelností

AV '11

**KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2011**

Zkoušení asfaltových pojiv

Zkoušení asfaltových pojiv

Řešená témata

- ➔ Dynamická viskozita
- ➔ MSCR – Multi-Stress Creep Recovery Test
- ➔ Únavové chování
- ➔ Komplexní smykový modul
- ➔ Viskozita při nulovém smyku

- ➔ Polymerem modifikovaná pojiva
- ➔ Pojiva s pryžovým granulátem
- ➔ Silniční pojiva
- ➔ Vosky

Zkoušení asfaltových pojiv

Závěry

- ➔ Reologické zkoušky lépe popisují chování pojiv
- ➔ Lépe rozeznávají jednotlivá pojiva
- ➔ Rozlišují modifikovaná a nemodifikovaná pojiva
- ➔ Mezi funkčními a empirickými zkouškami asfaltových pojiv lze najít dobrou korelaci
- ➔ Zkoušky mohou popsat vliv pojiva na zpracovatelnost směsí resp. na celý technologický proces výroby

AV '11

KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2011

DYNAMICKÁ VISKOZITA ASFALTOVÝCH POJIV A PŘÍŠAD

Ing. Lubomír Žalman

Zkouška dynamické viskozity

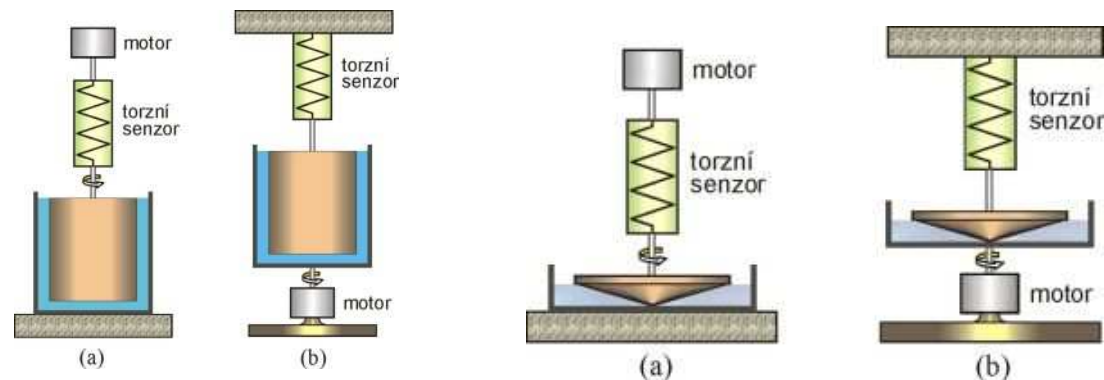
Definice

- ➔ Fyzikální veličina dynamická viskozita je mírou odporu k toku kapaliny.
- ➔ Poměr mezi použitým tečným napětím a rychlostním gradientem mezi dvěma sousedními (posouvány) vrstvami .
- ➔ V soustavě SI vyjadřuje sílu v newtonech, která je zapotřebí, aby se vrstva o ploše 1 m^2 posunula oproti stejné vrstvičce ve vzdálenosti 1 m o 1 m ve vodorovné rovině.
- ➔ Rozměr dynamické viskozity je Pa·s.

Zkouška dynamické viskozity

Princip měření

- ➔ rotační viskozimetry,
- ➔ měření torzní síly,
- ➔ dva soustředěné válce (vnitřní rotující válec se označuje jako vřeteno), mezi nimiž je úzká mezera, vyplněná měřenou kapalinou,
- ➔ **System kužele a desky.**

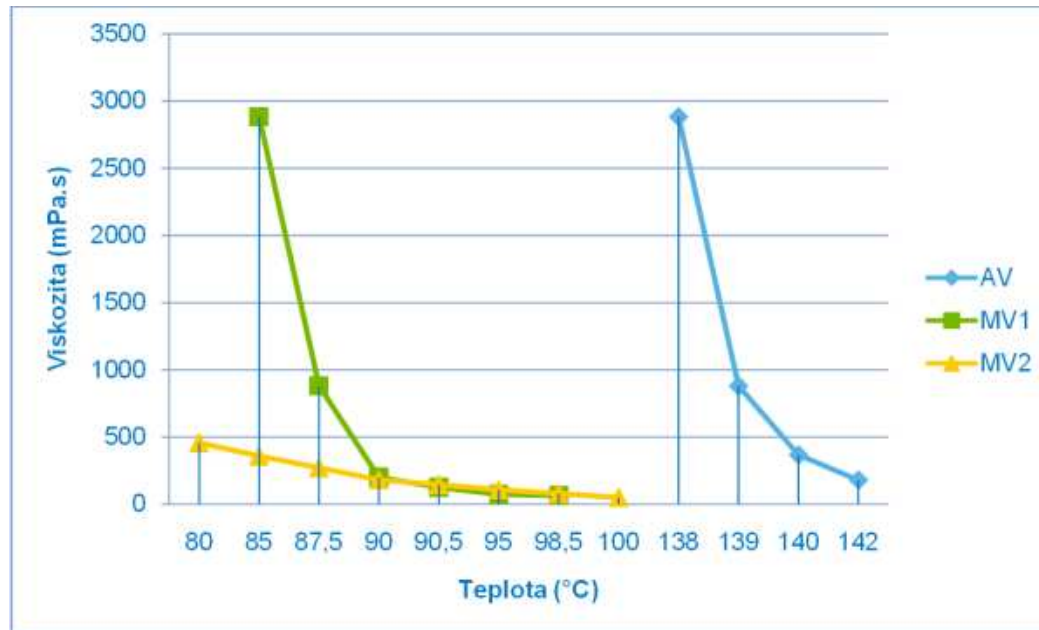


Dynamická viskozita při různých teplotách

Pojivo / Teplota	100	120	135	150	200	220
50/70	10 000	2 270	850	-	-	-
50/70 + 3 % AV	17 000	1 780	730	-	-	-
SMA 25	-	-	-	191	20,3	10,2
SMA25 + 3 % AV	-	-	-	112	14,2	8,5

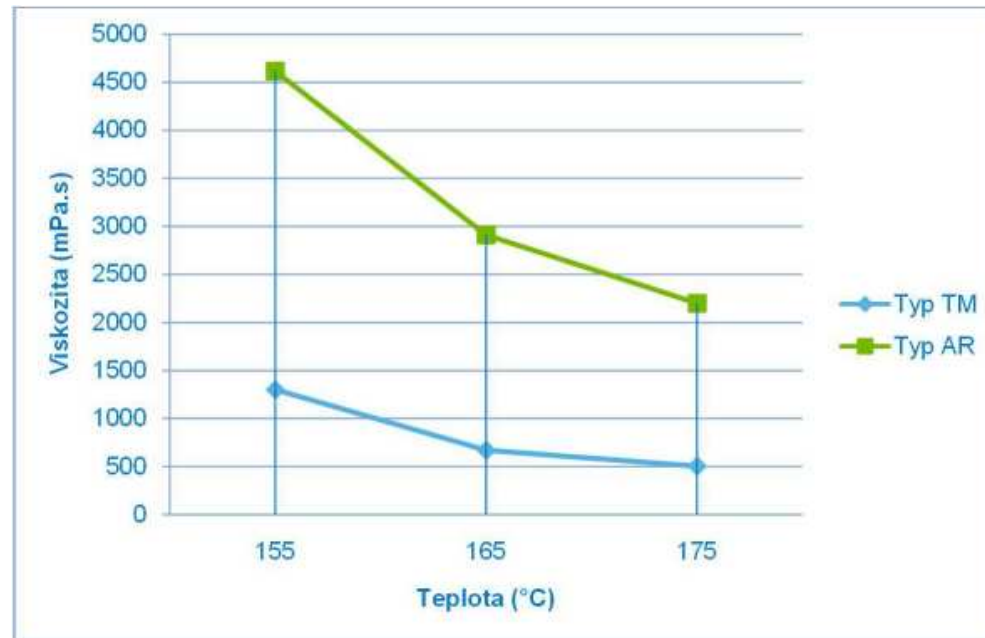
- ➔ Snížení viskozity přidáním AV
- ➔ Ovlivnění procesu hutnění

Dynamická viskozita při různých teplotách



- ➔ Změna viskozity je závislá na bodu tání vosků
- ➔ Vosky ovlivňují zpracovatelnost litých asfaltů
- ➔ Ovlivňují stékavost litých asfaltů

Dynamická viskozita při různých teplotách



- ➔ Obsah přidávané gumy zvyšuje viskozitu
- ➔ Neneutronovské kapaliny, při vyšším rychlostním gradientu se snižuje viskozita
- ➔ Posouzení typu pojiva a odhadu jeho dávkování

Zkouška dynamické viskozity

Závěr

- ➔ Nutnost uvádět okrajové podmínky zkoušky (zařízení, teplota, vřetena, rpm)
- ➔ Vodítko pro srovnání chování různých asfaltových pojiv při různých teplotách
- ➔ Stanovení účinků přísad na chování asfaltových pojiv
- ➔ Obor měřitelnosti od cca 80°C

REOLOGICKÉ VLASTNOSTI ASFALTOVÝCH POJIV A SMĚSÍ ZA STŘEDNÍCH A VYSOKÝCH TEPLOT

Ing. Petr Bureš

Ing. Jiří Fiedler

Ing. Zdeněk Komínek

Chování asfaltových pojiv za vysokých teplot – odolnost proti trvalým def.

Shrnutí

- ➔ Stanovení HKT ze zkoušky DSR není vhodné pro modifikovaná pojiva
- ➔ Vhodnější zkouška MSCR (Multi-Stress Creep Recovery Test)
- ➔ nevratná smyková poddajnost J_{nr} pro napětí 0,1 a 3,2 kPa,
- ➔ průměrné pružné vrácení R
- ➔ jejich rozdíly $J_{nr,diff}$ a R_{diff}
- ➔ 50°C a 60°C
- ➔ Vývoj hodnot J_{nr} během zkoušky

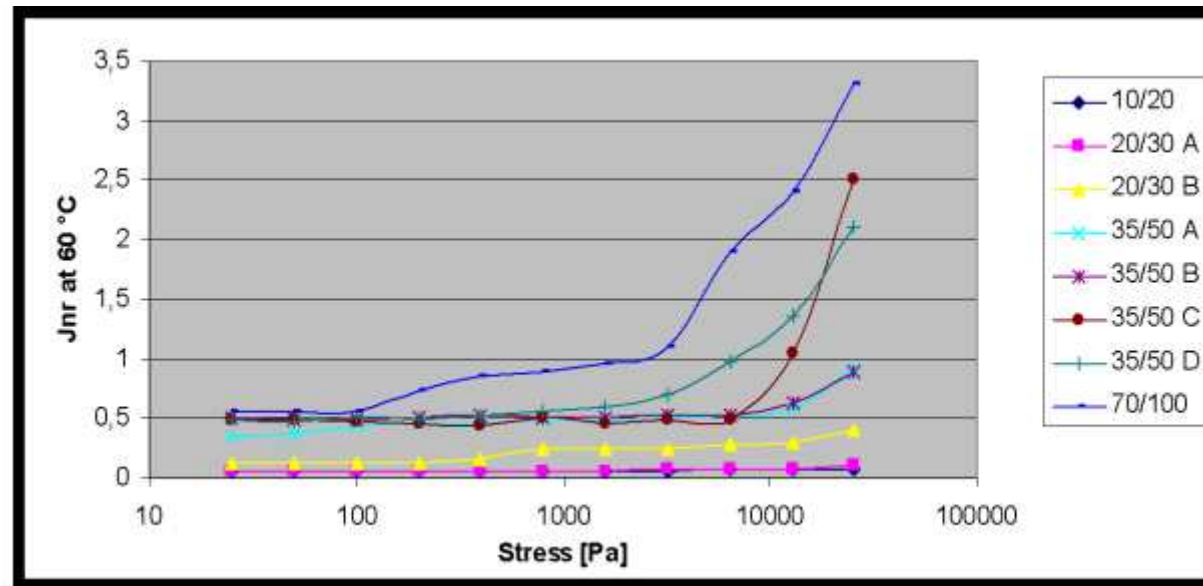
Vývoj nevratné smykové poddajnosti

	EX	AmE 45	20-30	PmB 10/40-65
J_{nrp} 2 až 5	1,3	9,7	6,8	1,1
J_{nrp} 6 až 10	0,5	8,9	6,8	0,9
K_j poměr 6-10/2-5	0,43	0,92	1,00	0,82

Pojivo	Jednotka	Čerstvé		Po RTFOT	
		$T = 50\text{ °C}$	$T = 60\text{ °C}$	$T = 50\text{ °C}$	$T = 60\text{ °C}$
$J_{nrp, 100}$	100/kPa	0,76	4,76	0,44	2,65
R_{100}	%	85,5	67,6	83,7	71,5
$J_{nrp, 3200}$	100/kPa	1,03	6,25	0,59	2,94
R_{3200}	%	73,4	60,0	77,9	69,7
$J_{nrp, 16\ 000}$	100/kPa	1,32	11,31	0,70	5,07
$R_{16\ 000}$	%	68,5	41,5	75,9	56,1

- ➔ Vývoj nevratné smykové poddajnosti ovlivňuje druh pojiva
- ➔ Krátkodobým stárnutím dochází ke ztužení pojiva, preference zkoušení zestárých pojiv
- ➔ Kombinace zkušebních teplot a napětí není vhodná pro rozlišení chování pojiv

Vývoj nevratné smykové poddajnosti

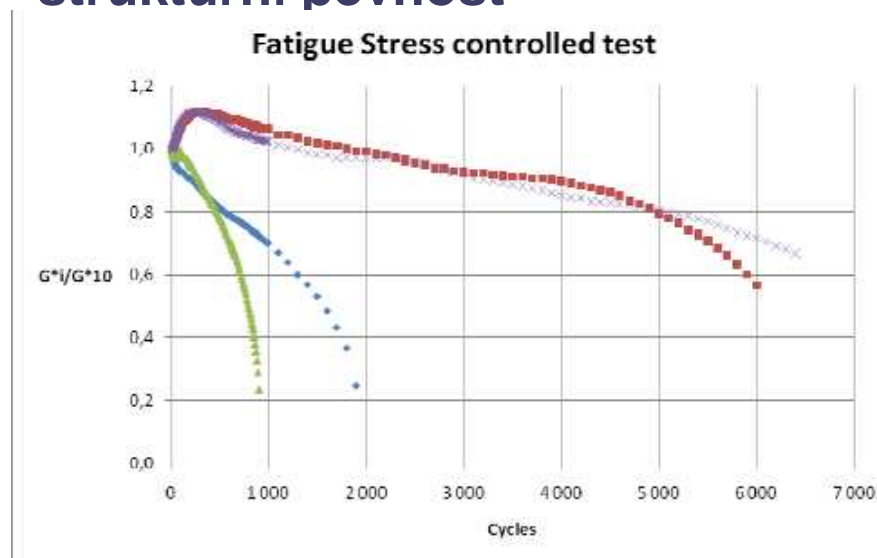


- ➔ Zkušební teplota pro trvalé deformace asfaltových směsí – 60°C
- ➔ Při 60°C zkoušet pro tři různá napětí

Chování asfaltových pojiv za středních teplot – únavové zkoušky

Shrnutí

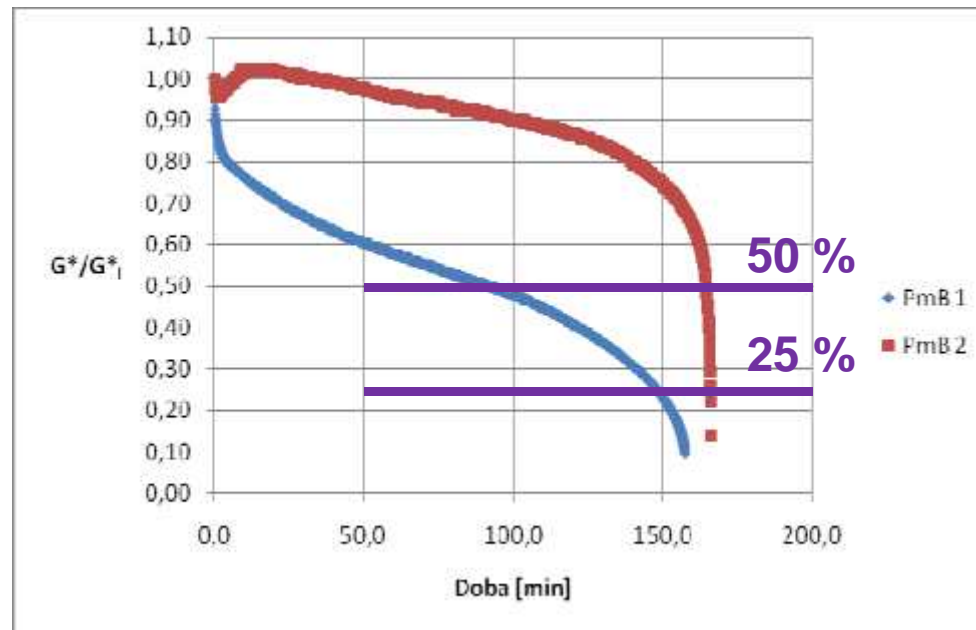
- ➔ Řízená deformace – řízené napětí
- ➔ Rozdílné chování asfaltových pojiv
- ➔ Chování ovlivňuje velikost smykových napětí – strukturní pevnost



Chování asfaltových pojiv za středních teplot – únavové zkoušky

Shrnutí

- ➔ Pokles tuhosti na 50 % nemusí být správně zvoleným kritériem únavy



**TUHOST A CHOVÁNÍ PŘI
ZKOUŠKÁCH TEČENÍ
SILNIČNÍCH,
TVRDÝCH A MODIFIKOVANÝCH
ASFALTŮ**

*Prof. Kálmán Adorjányi, CSc.
Péter Füleki, MSc.*

Měření reologických vlastností asfaltových pojiv

Shrnutí

- ➔ Komplexní smykový modul
- ➔ Viskozita při nulovém smyku
- ➔ MSCR
- ➔ Meze lineárně viskoelastické oblasti
- ➔ Korelace mezi komplexním modulem a modulem tuhosti
- ➔ Korelace s penetračním indexem

- ➔ Tvrdá asfaltová pojiva
- ➔ Modifikovaná asfaltová pojiva

Korelační vztahy

Komplexní modul – modul tuhosti

$$S_{bitpen-R\&B} = 49,5 \cdot \ln E_{bitDSR}^* - 111,92$$

$$S_{bitpen-R\&B} = 1,21 \cdot E_{bitDSR}^* - 1,54$$

Korelace s penetračním indexem

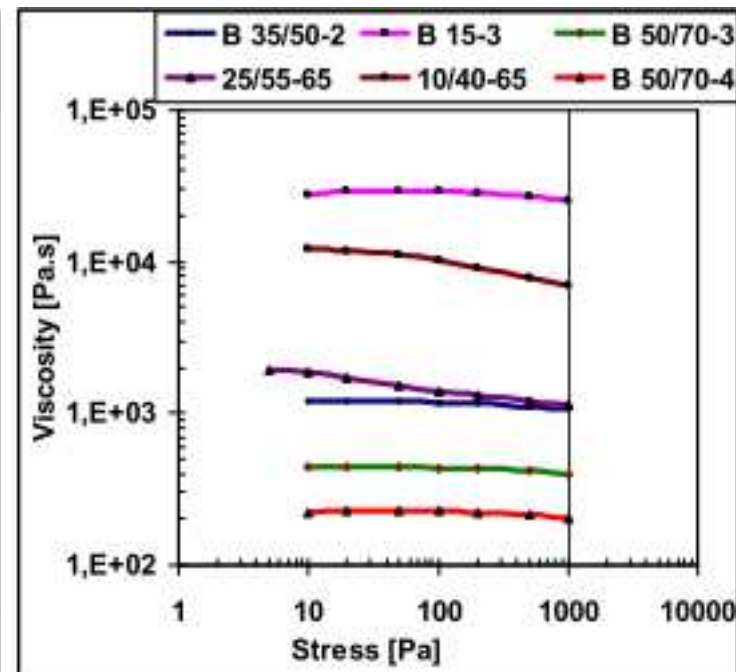
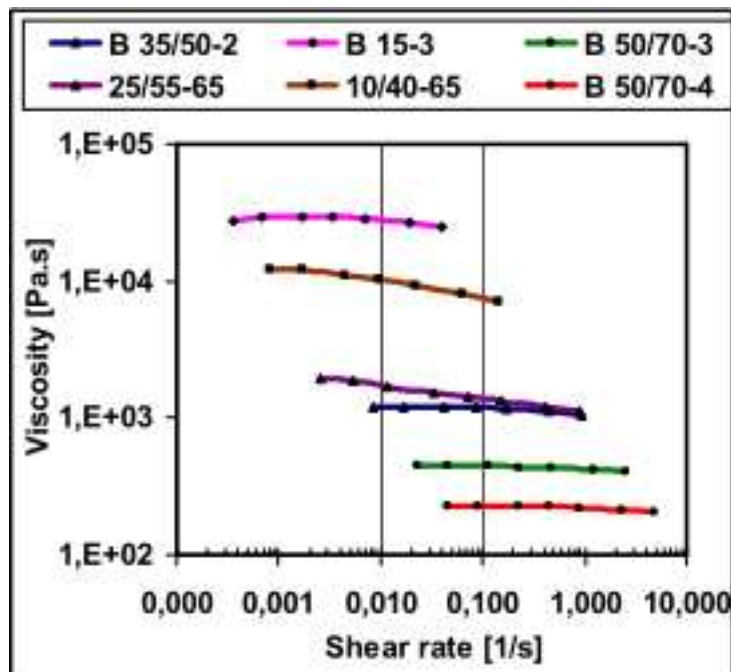
Parametr	Rovnice korelace	R^2
Elastická složka smykového modulu	$G' = 10,13 \cdot (PI) + 14,03$	0,9026
Komplexní viskozita	$\eta^* = 175441 \cdot (PI) + 280694$	0,8810
Viskózní složka komplexní viskozity	$\eta'' = 161447 \cdot (PI) + 223310$	0,9029
$G^*/\sin \delta$	$G^*/\sin \delta = 23,63 \cdot (PI) + 31,13$	0,9091

Závislost viskozity na rychlosti smykového přetvoření a na napětí

Viskozita

smykové přetvoření

napětí



Lineární oblast a viskozita v ustáleném stavu

Shrnutí

- ➔ Stanovení viskozity při nulovém smyku jako viskozity v ustáleném stavu při zkoušce tečení pro nízká napětí lze dosáhnout pro nemodifikovaná pojiva v přiměřeném čase
- ➔ Pro modifikovaná pojiva je zkušební doba velice dlouhá

ZÁVĚR

- funkční zkoušky (okrajové podmínky)
- složitější interpretace
- složité a drahé vybavení
- dokáže rozlišit kvalitu

AV '11

**KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2011**

Děkuji Vám za pozornost