



## RECYKLACE ASFALTOVÝCH SM SÍ NA OBALOVN S VYSOKÝM PODÍLEM R-MATERIÁLU – POKUSNÝ ÚSEK OLŠOVEC – POTŠTÁT

Zpracovali: Ing. Tomáš Koudelka, Doc. Dr. Ing. Michal Varaus (Fakulta stavební VUT v Brn ), Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

### Souhrn

V rámci ov ování nových technologií recyklace asfaltových sm sí s vysokým podílem R-materiálu byl proveden pokusný úsek na silnici II/440 Olšovec – Potštát, km 36,424 až km 35,624 s dávkováním 50 % R-materiálu. Tento pokusný úsek byl proveden ve spolupráci se společností Karetta s.r.o., pro kterou VUT v Brn p ipravila požadované receptury. Na pokusném úseku bylo vyfrézováno 120 mm asfaltových vrstev s tím, že byla zp tn položena podkladní vrstva ACP 22+ v tlouš ce 80 mm, na kterou byl položen jednovrstvý kryt ACO 11+ s obrusnou vrstvou v tlouš ce 40 mm. Pokusný úsek byl rozd len na 3 díl í podúseky, kde byly v prvním podúseku použity jak do obrusné tak i do podkladní vrstvy standardní materiály bez p idání R-materiálu, v druhém díl ím podúseku byl použito do obou vrstev 50 % R-materiálu bez použití rejuvenátoru a v t etím podúseku bylo použito stejné složení jednotlivých sm sí jako v druhém podúseku, avšak materiál byl nam k en na úrove p idávaného asfaltového pojiva 70/100 rejuvenátorem Prephalt.

Tab. 1 Jednotlivé zkušební úseky.

Ozna ení	Sm s	R-materiál	Rejuvenátor	Pojivo
1.1	ACO 11+	0	NE	70/100
2.1	ACO 11+	50	NE	70/100
3.1	ACO 11+	50	Prephalt	70/100
1.2	ACP 22+	0	NE	70/100
2.2	ACP 22+	50	NE	70/100
3.2	ACP 22+	50	Prephalt	70/100

### Oblast použití

Zkušební úsek je ur en k dlouhodobému sledování, p i emž každý rok by m ly být provedeny zkoušky asfaltových pojiv a sm sí z obrusné vrstvy a vyhodnoceny jejich funk ní parametry. V p ípad prokázání dlouhodobé funk nosti navržených asfaltových sm sí a zejména kombinace s vyšším obsahem R-materiálu a ú inku rejuvenátoru takové ešení má reáln velmi široké praktické využití. P i správném nastavení celého systému silni ního stavitelství takové ešení m že vést k zvýšení

ekonomické efektivity používaných technologií a sou asn umožnit vyšší op tovné využití materiálu z konstrukcí starých nebo dožívajících vozovek.

### Metodika a postup ešení

V rámci zkušebního úseku bylo provedeno rozd lení na t í ásti, pro které byly samostatn navrženy asfaltové sm sí, p i emž ve dvou ze t í podúsek se využilo 50 % asfaltového R-materiálu. U asfaltových sm sí byly provedeny zkoušky jak na zp tn vyextrahovaných asfaltových pojivech, tak i na asfaltových sm sích samotných.

Pro zjišt ní vlastností asfaltového pojiva znovuzískaného z asfaltové sm sí, R-materiálu a pro zkoušky na originálním pojivu byly použity následující postupy:

- Znovuzískání pojiva z asfaltové sm sí podle SN EN 12697-3,
- Penetrace jehlou podle SN EN 1426,
- Bod m knutí podle SN EN 1427,
- Tráme kový smykový reometr BBR podle SN EN 14771.

U asfaltových sm sí byly posuzovány tuhost dle SN EN 12697-26 a nízkoteplotní vlastnosti s posouzením tvorby trhlin pomocí jednoosé zkoušky tahem dle SN EN 12697-46.

### Výsledky

Souhrnné výsledky empirických zkoušek, které byly provedeny na vyextrahovaných pojivech ze sm sí u všech t í podúsek i na p vodním pojivu a R-materiálu jsou vid t v tabulce 2. Z výsledk je vid t, že pokles penetrace po výrob byl u sm sí . 2 nejvyšší. Stejn tak u sm sí . 2 byl pozorován nejvyšší nár st bodu m knutí, a to o 7,4 °C oproti sm sí referen ní (sm s . 1).

Souhrnné výsledky m ení nízkoteplotních vlastností jsou uvedeny na následujících obrázcích – referen ní hodnoty modulu tuhosti za ohybu a m hodnoty p i teplot -16 °C. árkované áry v grafech zna í hodnoty nam ené na referen nímu pojivu 70/100 p ed výrobou a na pojivu

vyextrahovaném z R-materiálu. Při porovnání jednotlivých vyextrahovaných pojiv vykazuje pojivo extrahované z referenční směsi .1 nejnižší tuhost. Zároveň má toto pojivo nejvyšší schopnost relaxace, která je vyjádřena m-hodnotou.

Tab. 2 Výsledky empirických zkoušek.

Označení vzorku	Pojivo	Rejuvenátor	Podíl R-materiálu	Penetrace po výrob	KK po výrob
			[%]	[1/10 mm]	[°C]
sm s 1	70/100	Ne	0	55	49,6
sm s 2	70/100	Ne	50	37	54,1
sm s 3	70/100	Ano	50	43	53,6
p vodní pojivo	70/100	-	-	72	46,7
R-materiál	-	-	-	24	59



Obr. 1 Hodnoty modulu tuhosti za ohybu  $S_{60p}$  při teplotě  $-16\text{ °C}$ .

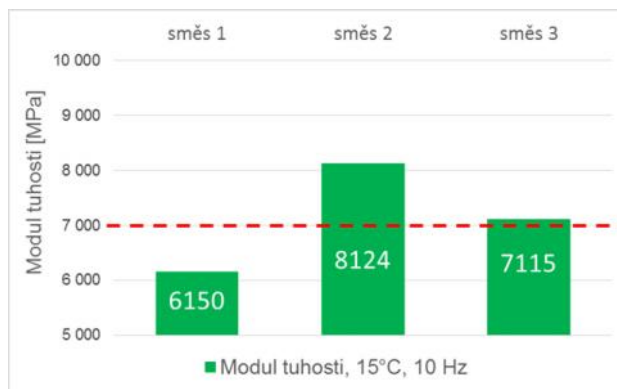


Obr. 2 Výsledky m-hodnoty  $m_{60p}$  při teplotě  $-16\text{ °C}$ .

V tabulce 3 jsou uvedeny moduly tuhosti jednotlivých asfaltových směsí, které byly měřeny při referenční teplotě  $15\text{ °C}$  a referenční frekvenci zatřívání  $10\text{ Hz}$  podle SN EN 13108-20, tabulka D.3. Na obrázku 3 je zobrazeno porovnání jednotlivých směsí při referenční teplotě a referenční frekvenci měření. Zvýšenou úroveň je vyznačena minimální hodnota modulu tuhosti stanovená v SN EN 13108-1, funkční přístup pro asfaltovou směs typu ACO 11+. Všechny směsi použité pro zkoušky modulu tuhosti přitom dosahovaly požadovaného stupně ztuhnutí a je patrný jasný rozdíl mezi směsí .2 a směsí .3.

Tab. 3 Moduly tuhosti jednotlivých směsí měřené na vetknutém kolém klínu.

Frekvence [Hz]	Modul tuhosti [MPa]		
	Sm s 1	Sm s 2	Sm s 3
5	5417	7441	6382
10	<b>6150</b>	<b>8124</b>	<b>7115</b>
15	6654	8576	7560
20	6990	8920	7912
25	7218	9037	8183
5	5333	7408	6392



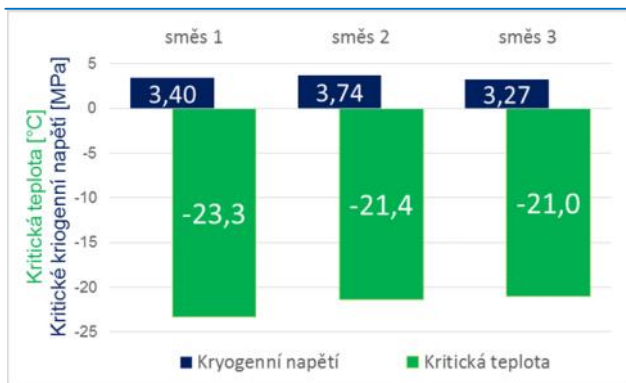
Obr. 3 Porovnání modulu tuhosti jednotlivých směsí při referenční teplotě a frekvenci zatřívání.

V tabulce 4 jsou uvedeny jednotlivé parametry získané během zkoušky dle SN EN 12697-46. Rozhodujícími parametry pro vyhodnocení zkoušky jsou kritická teplota  $T_{crit}$  a kryogenní napětí  $\sigma_{crit}$ , které vzniká při ochlazení vzorku během zkoušky. Na obrázcích 4 a 5 jsou výsledky vyjádřeny v grafické podobě. V SN EN 13108-1 nejsou uvedeny žádné limitní parametry, kterých by měla asfaltová směs dosahovat, proto se dají porovnávat jen jednotlivé směsi mezi sebou. Výsledky splnily podmínky opakovatelnosti stanovené v SN EN 12697-46.

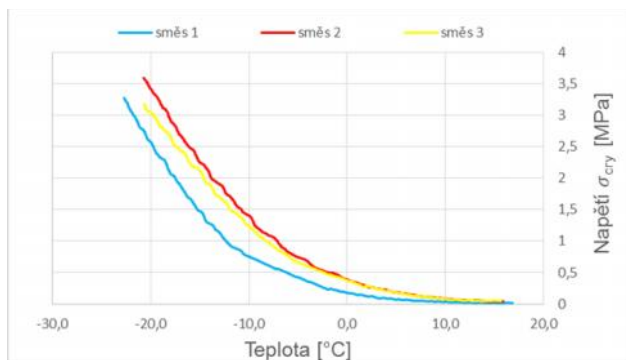
Směs .1 a směs .2 dosahují srovnatelných parametrů, přestože směs 3 obsahuje rejuvenátor. Výsledky směsí .2 a .3 mohou být negativně ovlivněny mírou ztuhnutí, která byla u směsí .2 98,5 % a u směsí .3 98,1 %. Přesto jsou však výsledky směsí .2 bez rejuvenátoru překvapivě dobré. Směs .1 má lepší schopnost odbourávat nárost kryogenního napětí (lepší relaxace).

Tab. 4 Jednotlivé parametry z měření nízkoteplotních vlastností podle SN EN 12697-46.

Charakteristika	Jedn.	číslo vzorku		
		sm s 1	sm s 2	sm s 3
Síla při porušení	[kN]	8,51	9,48	8,17
Napětí při porušení	[MPa]	3,40	3,74	3,27
Teplota vzorku při porušení	[°C]	<b>-23,3</b>	<b>-21,4</b>	<b>-21,0</b>
Teplota v komoře při porušení	[°C]	-27,1	-24,5	-24,8



Obr. 4 Hodnoty kryogenního napětí a odpovídající kritické teploty ze zkoušky nízkoteplotních vlastností.



Obr. 5 Závislost nárůstu kryogenního napětí na teplotě.

## Závěr

Z naměřených dat je možno pozorovat zřejmý vliv rejuvenátoru jak na empirické i funkční vlastnosti, pojiva tak i na funkční vlastnosti asfaltových směsí.

U zkoušky modulu tuhosti je vidět výrazný rozdíl hodnot mezi jednotlivými směsí. Úinek rejuvenátoru u směsi 3 je zřejmý. Požadovaný stupeň oživení ale dosažen nebyl.

Výsledky nízkoteplotních vlastností zkoušky TSRST mohly být negativně ovlivněny nižším stupněm ztuhnutí. I přesto dosahovala směs 2 velmi dobrých až překvapivých výsledků, úinek rejuvenátoru nebyl prokázán.

U empirických zkoušek pojiva je vidět, že u směsi 3 s rejuvenátorem je vyšší zbytková penetrace a nižší nárůst bodu mknutí po výrobě než u pojiva ze směsi 2. Požadovaný stupeň oživení nicméně nebyl dosažen – pokles penetrace je u směsi 3 vyšší při srovnání se směsí referenční 1. Podobný trend je vidět i u funkčních nízkoteplotních vlastností pojiva (BBR).

Z celkových výsledků je patrné, že úinek rejuvenátoru se projevil pozitivně. Nebylo však dosaženo požadovaného stupně rejuvenace. To bylo prokázáno jak zkouškami směsí, tak zkouškami provedenými na vyextrahovaných pojivech.

Ze zkušenosti však je možné říci, že úinky rejuvenátoru na zestárlé pojivo v R-materiálu jsou pozorovatelné i v delším časovém období, nejenom okamžitě po výrobě, tzn. vlastnosti pojiva ve směsi 3 a jeho chování směsí se mění v delším časovém horizontu více přibližovat směsí referenční 1. Toto chování bylo pozorováno na jiném zkušebním úseku, kde byly položeny asfaltové směsi s vysokým obsahem R-materiálu rakouskou návrhovou metodou vydanou v roce 2016.

## Literatura

- [1] Mondschein, P.: Rozšířená analýza R-materiálu. In: Sborník příspěvků Konference Asfaltové vozovky 2015. České Budějovice, ISBN 978-80-903925-7-1.