



VLIV KOMBINACE SYNTETICKÝCH VOSKŮ A REJUVENÁTORŮ NA VLASTNOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI S R-MATERIÁLEM

Zpracovali: Bc. Jan Mastný, Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

Souhrn

V rámci řešené aktivity bylo posouzeno využití nových variant přísad na bázi přírodních a syntetických vosků vhodných pro nízkoteplotní asfaltové směsi, v kombinaci s rejuvenátory pro směsi, kde je aplikován i asfaltový R-materiál. Pozornost se zaměřila na vybrané charakteristiky asfaltové směsi typu ACO s minimálně 30% podílem R-materiálu a s aplikací dvou vybraných typů oživovacích přísad (rejuvenátor). Cílem bylo sledování potenciálu snížené teploty u variant směsí s použitím nízkoviskózních asfaltových pojiv v porovnání s běžnou teplotou u referenční směsi se základním pojivem. Tyto vlivy byly zhodnoceny pomocí empirických laboratorních zkoušek, jakož i z hlediska stanovení modulu tuhosti, odolnosti asfaltové směsi proti negativnímu úniku vody a mrazu a posouzení odolnosti proti šíření trhliny v oboru nízkých teplot. Na základě zpracované problematiky lze odvodit doporučení pro použití zvolených kombinací.

Oblast použití

Nízkoteplotní asfaltové směsi jsou dlouhodobě prezentovány zejména z hlediska možnosti snížit výrobní teploty, umožnit delší časový prostor pro pokládku nebo naopak provést práci i v nízkých teplotách pokládky při zhoršených klimatických podmínkách – při nízkých venkovních teplotách. Jedním z dalších potenciálů je nicméně i efektivní využívání asfaltového R-materiálu, kdy lze potenciálně zajistit, aby se takový materiál nemusel zbytečně ohřívat na příliš vysoké teploty, při kterých se jinak zhoršuje kvalita již tak zdegradovaného materiálu. Tímto způsobem zvolený přístup pak může vést k zvyšování podílu uplatněného asfaltového R-materiálu i jeho rozumnému dávkování i do typů asfaltových směsí, kde se dosud aplikoval v menší míře nebo vůbec. Pokud se navíc provede kombinace použití nízkoviskózní přísady do asfaltového pojiva a rejuvenátoru do ohřívajícího R-materiálu, lze úniky optimálního využití R-materiálu zvýšit. Takový materiál je ohříván na průměrnou teplotu, současně se při aktivaci asfaltového pojiva v tomto materiálu omezuje

degradace a dochází k jeho namožení, čímž se omezují některé negativní vlivy, které při již zdegradované asfaltové pojivo jiné mohou mít. Takto zvolený přístup je v poslední době postupně rozvíjen a zaváděn, protože umožňuje efektivní využívání R-materiálu a tím by měl vést i k ekonomicky výhodnějšímu výslednému produktu, který jako předdanou hodnotu v důsledku kombinovaného úniku rejuvenátoru a zvolené nízkoviskózní přísady může mít vylepšené i některé funkční charakteristiky. Z praktického hlediska tak je oblastí použití další optimalizování návrhu asfaltových směsí různých typů, které se běžně v silničním stavitelství využívají.

Metodika a postup řešení

Zvolený přístup experimentálního řešení vycházel z dřívějších zkušeností (poznatky z předchozích období). Byly identifikovány dvě vhodné varianty asfaltové směsi, při nichž cílem bylo omezit se výhradně na obrusnou vrstvu a pokusit se aplikovat různé podíly asfaltového R-materiálu v kombinaci s dosud nepoužitými typy nízkoviskózních přísad. Jako vhodně reprezentativní bylo následně zvoleno množství R-materiálu na úrovni 30 % -hm. Současně tím byly na základě dřívějších analýz a poznatků identifikovány dva rejuvenátory, jež jsou v podstatě v obou případech založené na přírodní bázi (tálový olej a extrakt epkového oleje). Přehled obecně dostupných skupin je uveden v tabulce níže.

Tab. 1 Komerčně využívané rejuvenátory dle amerického NCHRP.

Kategorie	Typ	Popis
Parafinické oleje	Odpadní motorový olej (WEO - Waste Engine Oil)	Rafinované mazací oleje
	Kaly z odpadního motorového oleje (WEOB - Waste Engine Oil Bottoms)	
	Valero VP 165® Storbit®	
Aromatické extrakty	Hydrolene®	Rafinované ropné produkty se složkami polárních aromatických olejů
	Reclamite®	
	Cyclogen L®	
	ValAro 130A®	
Naftenové oleje	SonneWarmix RJ™	Uhlíkové produkty upravené pro modifikaci asfaltu
	Ergon HyPrene®	
Triacylglyceroly a mastné kyseliny	Odpadní rostlinný olej	Odvozené z rostlinných olejů
	Odpadní rostlinná maziva	
	Hnědá maziva	
	Kyselina olejová	
Tálové oleje	Sylvaroad™ RP1000	Vedlejší produkty papírenského průmyslu stejného chemického složení jako tekuté stěkovostní přísady a emulgátory
	Hydrogreen®	

Dalším krokem byla volba asfaltového pojiva a p ísad pro snížení pracovní teploty. Z hlediska pojiva se vycházelo z p edpokladu, že dnes existuje ada p ísad, jež nem ní penetra ní t ídu vstupního asfaltu, a proto se jako reprezentant zvolil nej ast ji používaný silni ní asfalt 50/70. V oblasti vosk se pozornost zam íla na polyetylenové vosky a novou generaci FT vosku. P íklady podob b žn dodávaných pr myslových vosk (a na syntetické nebo p írodní bázi) uvádí obrázek 1.



Obr. 1 Podoby b žn dostupných pr myslových vosk ur ených pro r zné aplikace.

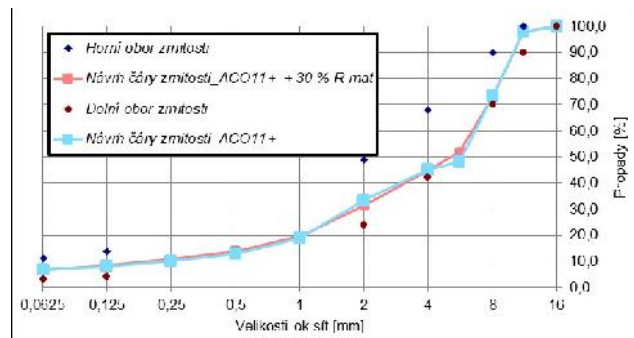
Z hlediska zvoleného souboru zkoušek a p ístupu k vlastním experiment m byly provedeny podrobné laboratorní rozbor y asfaltových pojiv, kde byly zvolené typy vosk aplikovány. Výsledky t chto analýz nejsou v rámci tohoto stru ného souhrnu uvád ny. U asfaltových sm sí se identifikoval standardní soubor empirických a funk ních zkoušek, pomocí kterého bylo cílem identifikovat p ínosy i naopak omezení pro jednotlivé varianty. Tyto zkoušky tvo í: stanovení objemových hmotností a mezerovitosti, stanovení odolnosti asfaltové sm sí proti ú ink m vody (postupem evropským i modifikací americké metody), stanovení modul tuhosti p í n kolika zvolených teplotách, provedení zkoušky odolnosti proti ší ení trhliny, stanovení odolnosti proti vzniku trvalých deformací a v neposlední ad i stanovení pevnosti v tahu za ohybu. V n kterých p ípadech byla provád na extrakce pojiva a zp tný rozbor asfaltové sm sí, jakož i simulace dlouhodobého stárnutí.

Výsledky

Pro ú ely ešení byly zvoleny dv varianty asfaltové sm sí pro obrusné vrstvy ACO 11+ s kamenivem Brant/Zbe no a s kamenivem M runice. Jako p íklad jsou uvedeny výsledky druhého kameniva, p í emž první typ byl použit pro realizaci zkušební úseku.

Všechny vyrobené sm sí byly míchány p í teplot 150 °C, teplota hutn ní byla snížena u variant s nízkoviskózními p ísádami na 130 °C, u variant bez p ísady se teplota hutn ní zachovala na úrovni 150 °C. Nejprve se vyráb ly varianty sm sí

s p ísádami pro nízkoteplotní sm sí bez využití R-materiálu a jedna varianta referen ní, bez p ísad. Následn byla vyrobena a otestována série s aplikací 30 %-hm. R-materiálu.



Obr. 2 ára zrnitosti jedné ze sm sí použitých p í experimentální studii.

Tab. 2 Vymezení testovaných sm sí ACO11+ bez R-mat.

Ozna ení	Pojivo	Množství pojiva [%]
Ref	50/70	5,8
A	50/70 + 3 % A 20 K	5,8
3E	50/70 + 3 % E 10 K	5,8
2E	50/70 + 2 % E 10 K	5,8
R	50/70 + 1,5 % RH + 1,5 % E 10 K	5,8
BIT	50/70 + 3 % BIT	5,8

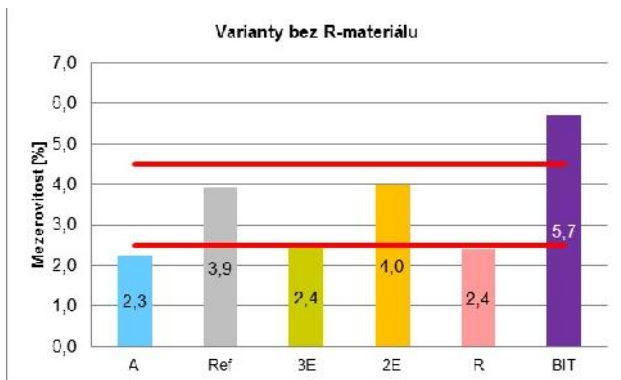
Tab. 3 Vymezení testovaných sm sí ACO11+ s R-mat.

Ozna ení	Pojivo	Množství pojiva [%]	Rejuvenátor
RefS	50/70	3,6	Sylvaroad™ RP1000
3ES	50/70 + 3 % E 10 K	3,6	
2ES	50/70 + 2 % E 10 K	3,6	
RS	50/70 + 1,5 % RH + 1,5 % E 10 K	3,6	
BS	50/70 + 3 % BIT	3,6	
RefR	50/70	3,4	PARAMO Reju 182
3ER	50/70 + 3 % E 10 K	3,4	
2ER	50/70 + 2 % E 10 K	4,0	
RR	50/70 + 1,5 % RH + 1,5 % E 10 K	4,0	
BR	50/70 + 3 % BIT	4,0	

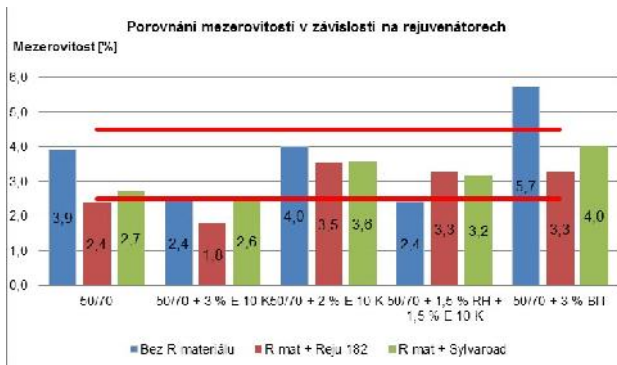
V p ípad výsledk mezerovitosti lze konstatovat, že oproti základní referen ní sm sí mají t i varianty pokles mezerovitosti t sn pod hranici 2,5 % daných normou. Tato skute nost by mohla umožnit snížení hutnící teploty ve v tší mí e. Jednalo se o varianty s použitím p ísady A20K, 3 % E10K a kombinovanou p ísady E10K + RH. Tém totožného výsledku v porovnání s referen ní sm sí dosáhla varianta s 2 % E10K. Nár st mezerovitosti se projevil u p ísady BIT, a to až na hodnotu 5,7 %.

Referen ní sm sí bez použití omlazovací p ísady, avšak s R-materiálem, jakož i varianta s Reju 182 s 3 % E10K, nesplnily minimální mezerovitost s ohledem k požadavk m normy. V p ípad

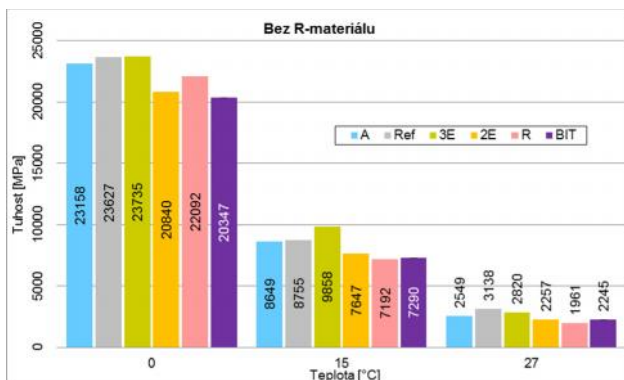
referen ní asfaltové sm si se jednalo pouze o 0,1 % (tedy zde je mezerovitost hrani ní). U t chto dvou variant došlo ke snížení množství nového asfaltového pojiva ve sm si (3,4 %) oproti ostatním variantám v této sad (4,0 %). Z tohoto d vodu bylo o ekáváno spíše zvýšení mezerovitosti. V porovnání s variantami bez využití R-materiálu a asfaltových sm sí s rejuvenátorem Sylvaroad RP1000 lze toto snížení p isoudit nedostate né homogenit R-materiálu. Ostatní posuzované varianty dosáhly tém konstantního výsledku 3,3 % a 3,5 %.



Obr. 3 Mezerovitosti posuzovaných sm sí ACO11+ NT bez R-materiálu.



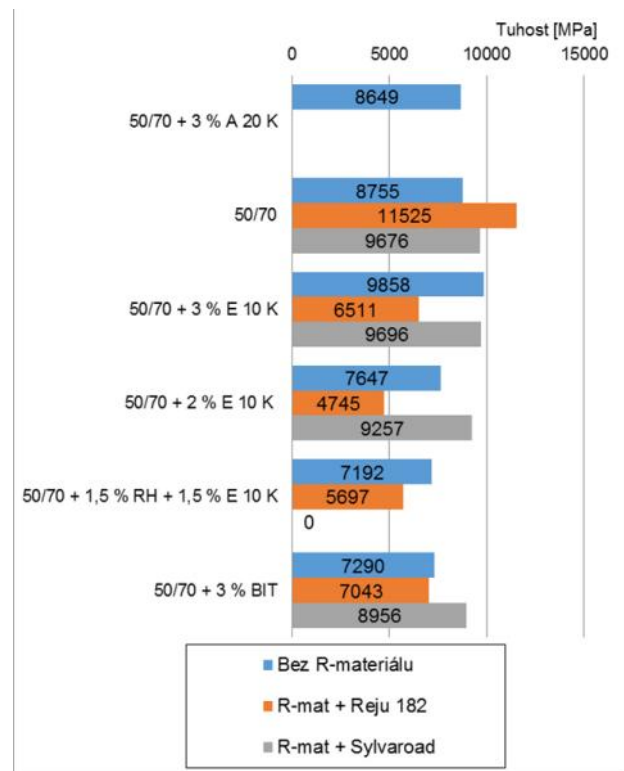
Obr. 4 Mezerovitosti posuzovaných sm sí ACO11+ NT s 30 % R-materiálu.



Obr. 5 Moduly tuhosti p i zvolených teplotách pro sm sí ACO11+ NT bez R-materiálu.

V p ípad charakteristiky modulu tuhosti je patrné, že oproti základní referen ní sm si varianty s p ísadami A20K a 3 % E10K dosáhly tak ka shodných výsledk , u ostatních variant došlo

k mírnému snížení. Modul tuhosti p i teplot 15 °C u varianty s 3 % E10K dosáhl hodnoty p es 9 500 MPa, což je tuhost spl ující požadavky asfaltových sm sí do podkladních vrstev s vysokým modulem tuhosti (VMT). Referen ní sm s a varianta s A20K vykázaly o n co nižší tuhost, ostatní varianty pak ješt nižší v rozmezí 7 200 až 7 600 MPa. V p ípad teploty 27 °C dosáhla nejvyšší hodnoty referen ní sm s, nejnižší modul tuhosti byl nam en u varianty s kombinací p ísah E10K a RH.

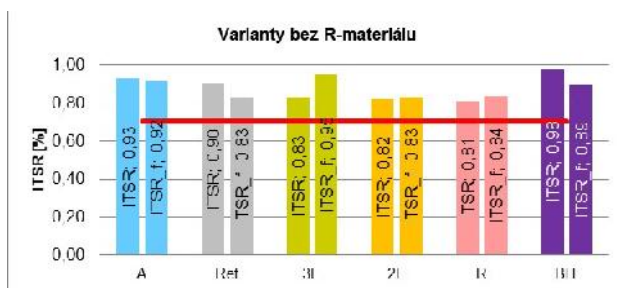


Obr. 6 Porovnání vlivu rejuvenátor na modul tuhosti p i teplot 15 °C.

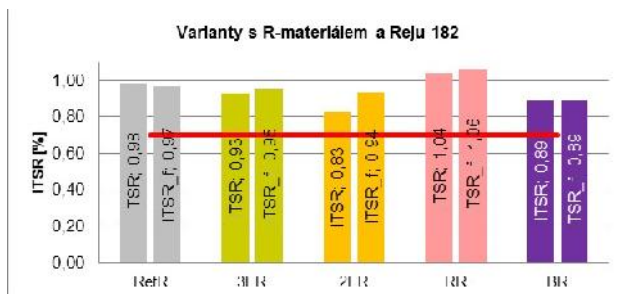
Z hlediska celkového porovnání vlivu rejuvenátor a obsahu R-materiálu v kombinaci se zvolenými asfaltovými pojivy je dále uvedeno jen grafické vyjád ení pro teplotu 15 °C. Nicmén lze shrnout celkový výsledek provedené analýzy. P i teplot 0 °C rejuvenátor Sylvaroad RP1000 docílil u všech variant tém shodných hodnot modul tuhostí jako asfaltové sm si bez použití R-materiálu, rejuvenátor Reju 182 na druhou stranu u všech variant pomohl snížit moduly tuhosti. U vyšších teplot, tedy 15 °C a 27 °C, docházelo k velmi podobným výsledk m, kdy Reju 182 u všech variant prokázal nižší nebo shodné hodnoty tuhosti, oproti tomu Sylvaroad RP1000 prokázal vždy vyšší nebo shodné hodnoty tuhosti oproti sm sím bez využití R-materiálu. Jedinou výjimku tvo í varianty s ístým asfaltovým pojivem bez použití p ísah, kde Reju 182 zvýšil tuhost více než p ísada Sylvaroad RP1000. Tyto sm sí byly jako jediné hutn ny p i 150 °C, a tak lze konstatovat, že rejuvenátor Reju 182 lépe funguje p i standardních teplotách hutn ní. Také lze

pozorovat, že u Reju 182 nebyly docíleny natolik konstantní výsledky u jednotlivých směsí jako u variant bez R-materiálu nebo s přísadou Sylvaroad RP1000. To by mohlo znamenat, že použití rejuvenátoru Reju 182 je pro některé typy syntetických přísad pro snížení pracovní teploty výhodnější než pro jiné. Na druhou stranu naměřené hodnoty modul tuhosti jsou poměrně vysoké, což může mít z hlediska dlouhodobého chování v konstrukci vozovky až negativní úinky z důvodu snížené životnosti při nízkých teplotách.

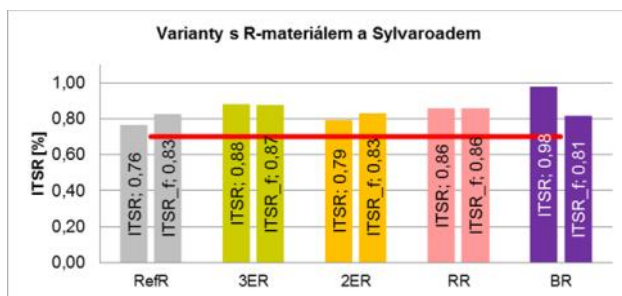
Z hlediska zkoušky odolnosti proti únikům vody všechny vyrobené varianty vyhovely požadavkům 70 %. Kromě dvou variant s použitím Sylvaroad RP1000, kde byl zaznamenán nižší poměr pevností v příčném tahu, by dokonce všechny ostatní směsi splnily požadavek poměru pevností s minimální hodnotou 80 %.



Obr. 6 Výsledky stanovení odolnosti proti únikům vody pro směsi ACO11+ NT bez R-materiálu.



Obr. 7 Výsledky stanovení odolnosti proti únikům vody pro směsi ACO11+ NT s R-materiálem.



Obr. 8 Výsledky stanovení odolnosti proti únikům vody pro směsi ACO11+ NT bez R-materiálu.

Závěr

Z uvedených poznatků je patrné, že použití vybraných typů přírodních a syntetických vosků do asfaltových směsí pro obrusné vrstvy s využitím R-materiálu dále upraveného rejuvenátorem s ohledem na sledované parametry umožňuje snižovat hutnicí teplotu při současném dodržení kvalitativních požadavků za horka prováděných asfaltových směsí. To vše při energetické i ekonomické úspoře, včetně výrazného snížení dopadu na životní prostředí.

V rámci řešení byly posuzovány vybrané typy z nově vyráběné generace přísad na bázi přírodních a syntetických vosků za účelem snižování pracovních teplot asfaltových směsí, souběžně s využitím dvou rejuvenátorů, Paramo Reju 182 a Sylvaroad™ RP1000, jež byly podrobněji posuzovány v jiných oblastech výzkumu a jako optimální řešení byly převzaty pro tuto dílčí aktivitu. Hlavním účelem rejuvenátorů byla obnova vlastností zestárlého asfaltového pojiva obsaženého v R-materiálu. Při využití nízkoteplotních přísad byla hutnicí teplota snížena na 130 °C oproti referenčním asfaltovým směsím, které byly hutněny při standardní teplotě 150 °C. Vlastní snížení pracovní teploty nevycházelo z žádného optimalizačního procesu, nýbrž bylo motivováno poznatky ze zavedené silniční praxe u jiných typů syntetických vosků. Ve skutečnosti se ukazuje, že v některých případech potenciál pro snížení pracovních teplot je v řádu minimálně 10 °C a více.

Literatura

- [1] European Asphalt Pavement Association : The use of Warm Mix Asphalt. EAPA - Position paper, 2014.
<http://www.eapa.org/userfiles/2/Publications/EAPA%20paper%20-%20Warm%20Mix%20Asphalt%20-%20version%202014.pdf>
- [2] U.S. Department of Transportation : Center for Accelerating Innovation. Warm Mix Asphalt. Federal Highway Administration, 2016.
<http://www.fhwa.dot.gov/innovation/everydaycounts/edc-1/wma.cfm>
- [3] Zaumanis, M. : Warm Mix Asphalt Investigation. Diplomová práce, Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering, 2010.
- [4] Epps, M.A., et al : The effects of recycling agents on asphalt mixtures with high rates and binder ratios. *Phase I interim report*. Texas A&M Transportation Institute, Project No. 9-58, 2015.