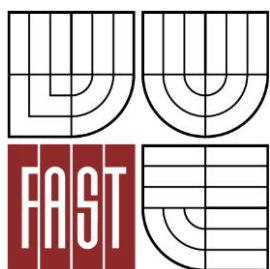




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

NOVÉ SVĚTOVÉ POZNATKY S VYUŽITÍM ASFALTŮ MODIFIKOVANÝCH PRYŽOVÝM GRANULÁTEM

NEW WORLD EXPERIENCE WITH ASPHALT-RUBBER PAVEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ALEXANDRA JEVÍNOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAN KUDRNA, CSc.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Alexandra Jevínová

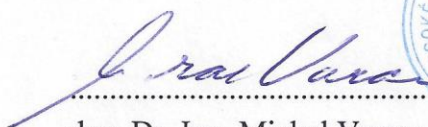
Název Nové světové poznatky s využitím asfaltů modifikovaných pryžovým granulátem

Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2015

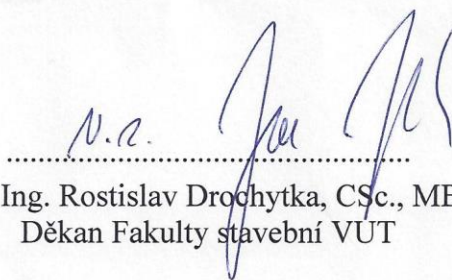
Datum odevzdání bakalářské práce 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015



doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu





prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Metodika využití asfaltů modifikovaných pryžovým granulátem v pozemních komunikacích
Sborník z World Conference Asphalt-Rubber 2015

Libovolné publikace vybrané studentem

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem práce je porovnat využití asfaltů modifikovaných pryžovým granulátem v pozemních komunikacích ve světě a v ČR.

Práce bude obsahovat kapitoly:

1. Úvod
2. Stručný popis technologií v ČR
3. Některé nové zkušenosti ve světě
4. Vlastní shrnutí poznatků

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cestná infraštruktúra a služby poskytované v doprave sú neoddeliteľnou súčasťou každodenného života obyvateľov, prispievajú k ekonomickému rastu, zvyšovaniu konkurencieschopnosti a prosperity spoločnosti. Rozvoj dopravnej infraštruktúry je rozsiahly, finančne i technicky náročný proces a v podmienkach Českej a Slovenskej republiky je v súčasnosti značne závislý od zdrojov z fondov EÚ.

V poslednom období vzniká potreba nového prístupu k navrhovaniu a realizácii cestných komunikácií už od počiatočného projektového štádia v rámci výberu najvhodnejšieho riešenia v štúdiu realizovateľnosti, až po ich realizáciu, berúc do úvahy aj možnosti opätovného využitia a recyklácie rôznych materiálov a surovín, ktoré inak končia na skládke odpadov. Jedným z takýchto materiálov sú opotrebované pneumatiky.

Hlavným cieľom bakalárskej práce je overenie možnosti aplikácie odpadovej gumy v cestnom staviteľstve, so zameraním na technológiu asfaltu modifikovaného gumovým granulátom (CRmB) metódou mokrého procesu (kontinuálna výroba CRmB).

Kľúčové slová

Asfaltové spojivo, gumový granulát, asfaltové spojivo modifikované gumovým granulátom CRmB, asfaltová zmes s CRmB, pokusný úsek

Abstract

The road infrastructure and the services provided in road transportation are inseparable part of everyday people's life, improving economic development, competitiveness and social prosperity. Development of the road infrastructure is extensive process, both financially and technically, and in Czech and Slovak conditions it mostly depends on EU funds.

In the recent years there is a great need for new approach of design and realization of the road projects in the selection of the most appropriate solution in feasibility study beginning in the project stage, continuing in realization, taking into account the possibilities of using all kinds of recycled material, which can otherwise end up in the landfills. One of the mentioned materials are also waste tires.

The main goal of bachelor thesis is to verify the possibilities of application the waste tires in the road construction focusing on the technology of Crumb Rubber modified Bitumen using "wet process "(continuous blend).

Key words

Asphalt binder, crumb rubber, crumb rubber modified bitumen CRmB, asphalt rubber mixture, test section

Bibliografická citace VŠKP

Alexandra Jevínová *Nové světové poznatky s využitím asfaltů modifikovaných pryžovým granulátem*. Brno, 2016. 49 s., 9 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2016

.....
podpis autora
Alexandra Jevínová

Pod'akovanie

Pod'akovanie patrí vedúcemu bakalárskej práce prof. Ing. Janovi Kudrnovi, CSc. za odborné vedenie a cenné rady počas spracovávania bakalárskej práce, ako aj za poskytnuté materiály a umožnenie zúčastniť sa výroby asfaltu modifikovaného gumovým granulátom v praxi.

Ďalej by som sa chcela poďakovať Ing. Květoslavovi Urbancovi, MBA za poskytnutie materiálov a dôležitých praktických informácií o vývoji technológie výroby asfaltov modifikovaných gumovým granulátom.

Pod'akovanie patrí taktiež Ing. Zore Abaffyovej – Cesty Nitra a.s., Ing. Ľubomírovi Polakovičovi, CSc. – VUIS CESTY spol. s.r.o., a Ing. Rastislavovi Löfflerovi - Doprastav Asfalt a.s. za zdieľanie ich odborného pohľadu na danú problematiku.

Obsah

ÚVOD	1
1 PREDPISY A LEGISLATÍVA	2
1.1 Zákon o odpadoch v Českej republike a Slovenskej republiky.....	2
2 VYUŽITIE HMÔT Z PNEUMATÍK V CESTNOM STAVITEĽSTVE	4
2.1 Technológia výroby gumového granulátu.....	5
2.2 Asfalt modifikovaný gumovým granulátom	6
2.2.1 Spôsoby zapracovania gumového granulátu do asfaltových zmesí.....	8
2.2.1.1 Suchý proces	8
2.2.1.2 Mokrý proces	8
2.2.1.3 Technológia koncentráту CRmB	9
2.2.2 Typy CRmB podľa dynamickej viskozity	10
2.2.3 Rozdelenie asfaltových zmesí podľa čiary zrnitosti	11
3 STRUČNÁ HISTÓRIA POUŽITIA GUMOVÉHO GRANULÁTU V ASFALTOVÝCH ZMESIACH VO SVETE, V ČR A V SR	12
3.1 Vývoj technológie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom vo svete.....	12
3.2 Vývoj technológie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom v ČR a SR	15
3.2.1 Vývoj technológie a skúsenosti s modifikovaným asfaltom gumovým granulátom v ČR	16
3.2.2 Vývoj technológie a skúsenosti s modifikovaným asfaltom gumovým granulátom v SR.....	17
4 POPIS TECHNOLOGIÍ POUŽITIA ASFALTOVÝCH ZMESÍ S CRmB V ČR V SÚČASNOSTI	19
4.1 Požiadavky na vstupné materiály	19
4.2 Výroba asfaltu modifikovaného gumovým granulátom.....	19
4.3 Preprava a skladovanie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom.....	23
4.4 Kontrola kvality asfaltu modifikovaného gumovým granulátom	24
4.5 Asfaltové zmesi s CRmB.....	25
4.5.1 Výroba zmesí s CRmB	26
4.5.2 Doprava zmesí s CRmB.....	26
4.5.3 Úprava vozovky pred pokládkou vrstiev zmesí s CRmB.....	26
4.5.4 Pokládka vrstiev zmesí s CRmB	27
4.5.5 Kontrolné skúšky zmesí s CRmB	28

5	POROVNANIE TECHNOLOGIE ASFALTU MODIFIKOVANÉHO GUMOVÝM GRANULÁTOM NA POKUSNÝCH ÚSEKoch V ČR A SR....	28
5.1	Pokusné úseky zmesi s CRmB v ČR.....	28
5.1.1	Pokusný úsek 23- Dobrovského- Žabovřeská, Brno	29
5.2	Asfaltová zmes SMA 11 vyrobená použitím modifikovaného asfaltu PmB 45/80-55 (Apollobit R) na Slovensku, pokusný úsek	32
5.2.1	Vlastnosti gumového granulátu	32
5.2.2	Zpracovanie gumového granulátu do asfaltu.....	33
5.2.3	Laboratórny návrh asfaltovej zmesi SMA 11 – ITT.....	34
5.2.4	Výroba a pokládka zmesi SMA 11	36
5.2.5	Parametre asfaltovej zmesi SMA 11 odobratej z miesta pokládky	38
5.2.6	Zhrnutie poznatkov asfaltového koberca mastixového SMA 11 vyrobeného použitím modifikovaného asfaltu PMB 45/80-55 (Apollobit R).....	39
6	VLASTNÉ ZHRNUTIE POZNATKOV	41
	ZÁVER.....	43
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	44
	ZOZNAM OBRÁZKOV	46
	ZOZNAM TABULIEK.....	47
	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	48
	ZOZNAM PRÍLOH.....	50
	PRÍLOHY	51

ÚVOD

Viac ako päť storočí sprevádza ľudstvo guma a výrobky z nej. Bol to jeden z míľnikov v technickej zručnosti ľudstva posúvajúci ho k novým horizontom. Guma ako technický materiál sa používa v súčasnosti v mnohých odvetviach. Počet starých pneumatík stále rastie a hľadajú sa spôsoby pre ich ďalšie využitie. V priemyselne vyspelých krajinách sa ročne vyradí asi 6 000 ton ojazdených pneumatík na 1 milión obyvateľov. Z tohto veľkého množstva sa však len asi 20 % recykluje protektorovaním - ostané sa stávajú odpadom. Na výrobu pneumatík sa používa asi 60 až 70 % z celkovej spotreby kaučuku na báze ropy.

Popri snahe o využitie materiálov, resp. energie uloženej v opotrebovaných pneumatikách je potrebné uvedomiť si ich environmentálny rozmer. Problematika ich opätovného využitia sa v rozvinutých krajinách rieši už dlhé obdobie. Značná pozornosť sa venuje použitiu tohto materiálu v cestnom staviteľstve, kde reálne existuje predpoklad odberu vyšších množstiev a ich pravidelného odberu. Súvisí to aj s rastúcim stupňom automobilizácie, ktorý má dopad na rýchlejší vývoj porúch vozoviek, zvlášť dochádza k vývoju trhlin a výtlkov, čo vedie k skráteniu doby životnosti asfaltových vozoviek.

Využitie opotrebovaných pneumatík, resp. z nich vyrobeného gumového granulátu do modifikovaných asfaltov a asfaltových zmesí, je jedným z environmentálne a ekonomicky vhodných a výhodných spôsobov druhotného využitia v rámci nového výrobku, pričom pri ich správnej aplikácii sa dosahujú lepšie vlastnosti a trvanlivosť zhutnenej asfaltovej zmesi.

1. PREDPISY A EÚ LEGISLATÍVA

Hlavným cieľom snaženia Európskej únie v oblasti odpadového hospodárstva je prerušenie súvislosti medzi hospodárskym rastom a vplyvmi vzniku a nakladania s odpadmi na životné prostredie. Preto predchádzanie vzniku odpadu je na prvom mieste v hierarchii odpadového hospodárstva.

V rámci EÚ nie je však nakladanie s odpadovými pneumatikami upravené samostatným špecifickým právnym predpisom, ale vzťahuje sa k nim napr.:

- Smernica Európskeho Parlamentu o spaľovaní odpadov (2000/76/ES),
- Smernica Európskeho Parlamentu o skládkach odpadov (1999/31/ES),
- Smernica Európskeho Parlamentu o vozidlách s ukončenou životnosťou (2000/53/ES),
- Smernica EP a Rady (ES) 2008/98/ES, ktorá nahradzuje Smernicu EP a Rady 2006/12/ES zo dňa 05. Apríla 2006 o odpadoch a zavádza záväznú hierarchiu v spracovaní odpadu :
 - predchádzanie vzniku,
 - príprava k opätovnému použitiu,
 - recyklácia,
 - iné využitie (napr. spaľovanie),
 - odstraňovanie (skládkovanie).

Povinnosťou členských krajín EÚ je dodržiavať európsku legislatívu. Zaradovanie odpadov v Čechách a na Slovensku sa uskutočňuje na základe európskeho katalógu odpadov. Jednotlivým odpadom sa priradujú katalógové čísla odpadov, ktoré sú zoradené na základe miesta vzniku (pôvodu) odpadu. Pneumatiky nie sú zaradené medzi nebezpečné odpady, sú kategorizované ako odpad „ostatný“ s katalógovým číslom 160103.

Skládkovanie celých pneumatík bolo podľa Smernice 99/31 ES z 26. apríla 1999 zakázané od roku 2003. Rozrezané a drvené pneumatiky sa podľa nej na skládky nesmú ukladať od roku 2006, čím vznikol pre priemysel problém, ako odpadové pneumatiky efektívne využiť.

1.1 Zákon o odpadoch v Českej republike a Slovenskej republike

Priemyselne a ekonomicky vyspelé krajiny sa začali intenzívnejšie zaoberať odpadovým hospodárstvom v 80. rokoch minulého storočia. Legislatíva v oblasti ekológie sa v bývalom Československu systematicky začala riešiť až od roku 1990. Dovtedy existoval len zákon o ochrane prírody a zákon o ochrane ovzdušia. Čiastočne sa životným prostredím zaoberal aj vodný a lesný zákon a zákon o ochrane pôdy.

➤ Zákon o odpadoch v Českej republike:

Uvedená problematika je v súčasnosti v ČR legislatívne riešená Zákonom o odpadoch č. 185/2001 Sb. [16] v znení neskorších predpisov. Do zákona o odpadoch bola po významnej zmene v roku 2013 (zákonom č. 169/2013 Sb.) stanovená povinnosť pre povinné osoby zapísať sa do zoznamu spätného zberu pneumatík a plnenia minimálnej úrovne zberu vo výške 35 %. Aktuálne platný zákon o odpadoch teda stanovuje povinnosť spätného odberu niektorých výrobkov v ČR, medzi ktoré sa počítajú aj pneumatiky. Túto povinnosť majú výrobcovia, alebo distribútori, pričom konečný spotrebiteľ za túto službu platí recyklačný poplatok.

V súčasnosti je v pripomienkovom konaní návrh nového zákona o odpadoch, ktorý vychádza z pripravovanej európskej smernice o tzv. obehovom hospodárstve, ktorá stanovuje, že v roku 2025 by sa malo recyklovať 60% odpadu. Návrh nového zákona o odpadoch prináša redukciu odpadov na skládky a podporuje ich opätovné využitie, či už materiálové alebo energetické. Momentálne sa v ČR recykluje cca 33% odpadu. Cieľom EÚ je, aby sa odpad začal chápať ako zdroj cenných surovín. Účinnosť nového zákona o odpadoch sa v ČR predpokladá od roku 2018.

Daný stav sa na Slovensku rieši novým zákonom o odpadoch, ktorý je platný od januára 2016, v ktorom bola rozšírená zodpovednosť výrobcov a distribútorov pneumatík.

➤ Nový zákon o odpadoch v Slovenskej republike:

Predmetom nového zákona o odpadoch na Slovensku č. 79/2015 Zb. [33] sú opatrenia na predchádzanie vzniku odpadu, práva a povinnosti právnických osôb a fyzických osôb pri predchádzaní vzniku odpadov a pri nakladaní s odpadmi, rozšírená zodpovednosť výrobcov, nakladanie s vyhradenými výrobkami a prúdmi odpadov.

V zákone sa uplatňuje nový postup voči odpadovým pneumatikám, podľa ktorého:

- odpadové pneumatiky sa nepovažujú za súčasť komunálneho odpadu,
- nemožno ich odoberať na zberných dvoroch, pretože zberný dvor môže odoberať len komunálne odpady,
- povinnosť odoberať odpadové pneumatiky od konečného spotrebiteľa majú všetci distribútori pneumatík, ktorí musia odpadové pneumatiky odoberať bezodplatne,
- financovanie spätného zberu odpadových pneumatík distribútormi znášajú výrobcovia pneumatík v rámci systému rozšírenej zodpovednosti výrobcov.

V súčasnosti ročná produkcia odpadových pneumatík na českom trhu je odhadovaná na cca 40 tis. ton a na slovenskom trhu na cca na 30 tis. ton.

Pre podporu materiálového využitia opotrebovaných pneumatík v ČR a SR sa využívajú účelové fondy ako je Recyklačný fond a najmä štrukturálne fondy EÚ, ktoré v rámci Operačného programu Kvalita Životného Prostredia (ďalej OPKŽP) na roky 2014-2020 podporujú na báze spolufinancovania spoločnosti v oblasti spracovania odpadu.

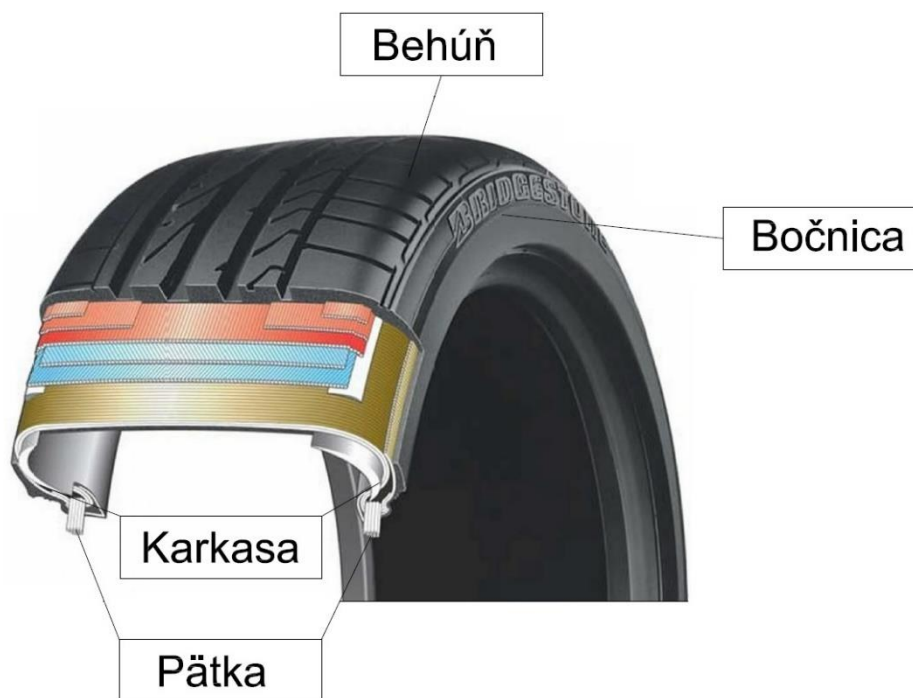
2 VYUŽITIE HMÔT Z PNEUMATÍK V CESTNOM STAVITELSTVE

Vzhľadom na veľké množstvo produkcie ojazdených pneumatík sa tento materiál stáva na celom svete predmetom výskumu zameraného na možnosti využitia. Pri hľadaní možností využitia recyklovaného materiálu z pneumatík sa pozornosť v stavebníctve zameriava predovšetkým na využitie do asfaltových zmesí, ktoré sa aplikujú do rôznych konštrukčných vrstiev cestných vozoviek.

Pre orientáciu o možnostiach využitia hmôt zo starých pneumatík je potrebné vychádzať z ich rozdelenia v pneumatikách a zo zloženia gummy, ktorá sa na výrobu pneumatík používa. Hlavné časti pneumatiky (obrázok 2.1) sú:

- **behúň** - pojazdovaná časť pneumatiky s dezénom, vyrobená z gummy s vysokým obsahom kvalitných kaučukov,
- **bočný pásik** – bočná časť pneumatiky. vyrobená z gummy s vysokým obsahom kvalitných kaučukov,
- **pätka** - vystužená časť pneumatiky, v ktorej sa nachádza lano (kovové alebo polyamidové),
- **karkasa** - nosná vnútorná časť pneumatiky s nánosovou gumou, obsahujúca polyamidový kord.

Teoreticky sa dajú v cestnom stavitelstve využiť viaceré časti pneumatiky, najdôležitejším materiálom je však guma. Základným problémom je technológia ich spracovania, umožňujúca separáciu jednotlivých hmôt.



Obrázok 1: Základné časti pneumatiky

Priemerné zloženie gummy pneumatík na našom trhu orientačne ukazuje Tabuľka 1.

Tabuľka 1: Priemerné zloženie pneumatík na našom trhu

Zložka	Obsah v [%] hmotnosti
Prírodný kaučuk	10 až 15
Syntetický kaučuk	20 až 25
Regenerát	1 až 1,5
Sadze, SiO ₂ a pod.	35 až 40
Zmäkčovacie oleje	cca 3,0
Síra S	3,5 až 4,0
Výstuž – drôt, textílie	15 až 20
Ostatné	4 až 6

Z uvedeného prehľadu je zrejmé, že obsah kaučukov môže byť v pneumatike až 40 % a obsah výstuže do 20 %. Zaujímavý je aj obsah síry, ktorej použitie v síroasfaltových zmesiacich je známe. V prípade, že pri regenerácii dôjde k uvoľneniu síry, táto môže byť využitá v asfaltovom spojive.

2.1 Technológia výroby gumového granulátu

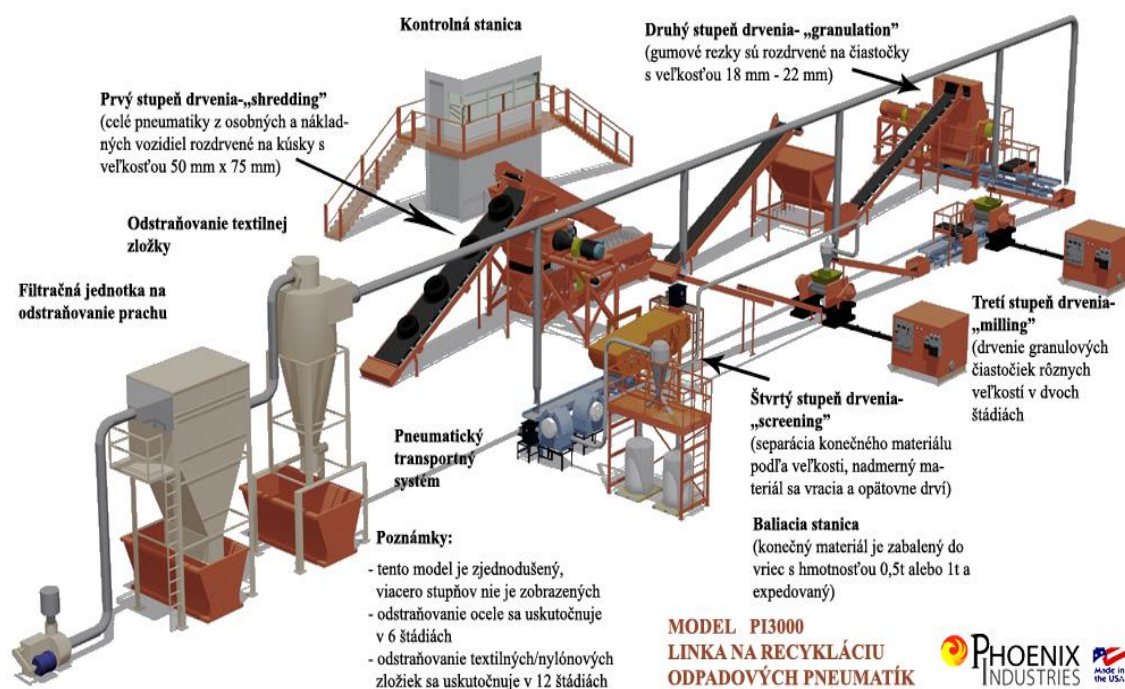
Gumový granulát získaný spracovaním ojazdených pneumatík sa označuje ako SBR granulát, pretože je na báze styrene-butadiénovej gummy (styrene-butadiene rubber = SBR). Gumový granulát z odpadových pneumatík môžeme získať niekoľkými spôsobmi. Najbežnejším postupom výroby je viacnásobné mechanické mletie (drvenie) pneumatík za bežnej teploty. Pneumatiky sa zoberú zo skladových priestorov a privezú sa do recyklačného zariadenia (linky). Pred položením na valcový dopravník je pneumatika zbavená oceľových pätných lán pomocou vytrhávača, aby sa zabránilo poškodeniu a predĺžila sa životnosť drviča. V prípade znečistenia blatom sa pneumatiky pred položením na valcový dopravník očistia.

Očistené pneumatiky sa položia na valcový dopravník, odtiaľ postupujú pásovým dopravníkom do drviča, kde sa pneumatika rozseká na kúsky cca 50 x 75 mm (prvý stupeň drvenia- tzv. “shredding“). Materiál, ktorý má rozmery väčšie ako je potrebné, je takzvaným spätným pásovým dopravníkom dopravený opäť do drviča. Tento proces (prvý stupeň drvenia) prebieha dotedy, kým materiál nespĺňa veľkostné požiadavky.

Nasleduje druhý stupeň drvenia - tzv. “granulation“, kedy rezky z pneumatík postupujú druhým dopravníkovým pásom do drviča, z ktorého vychádzajú granulové čiastočky s veľkosťou od 18 do 20 mm. V tomto procese drvenia začína separácia granulových čiastočiek od kovovej zložky z pneumatiky na magnetickom separátore a taktiež separácia textilnej zložky z pneumatík pomocou vzduchotechniky.

Separácia kovovej a textilnej zložky nastáva po každom čiastkovom drvení. Ďalším stupňom drvenia je tzv. „milling“, kedy nastáva drvenie granulových čiastočiek rôznych veľkostí. Posledným stupňom drvenia - tzv. „screening“ sa konečný materiál separuje podľa veľkosti a následne sa cez plniace zariadenie plní do vriec (tzv.- super sacks alebo big bags) s hmotnosťou spravidla 0,5 t alebo 1 t a následne sa expeduje k zákazníkovi.

Napríklad, recyklačné zariadenie (Model PI3000- Phoenix Industries) uvedené na obrázku 2.2 [14], je schopné recyklovať cca 20 000 ton pneumatík za rok.



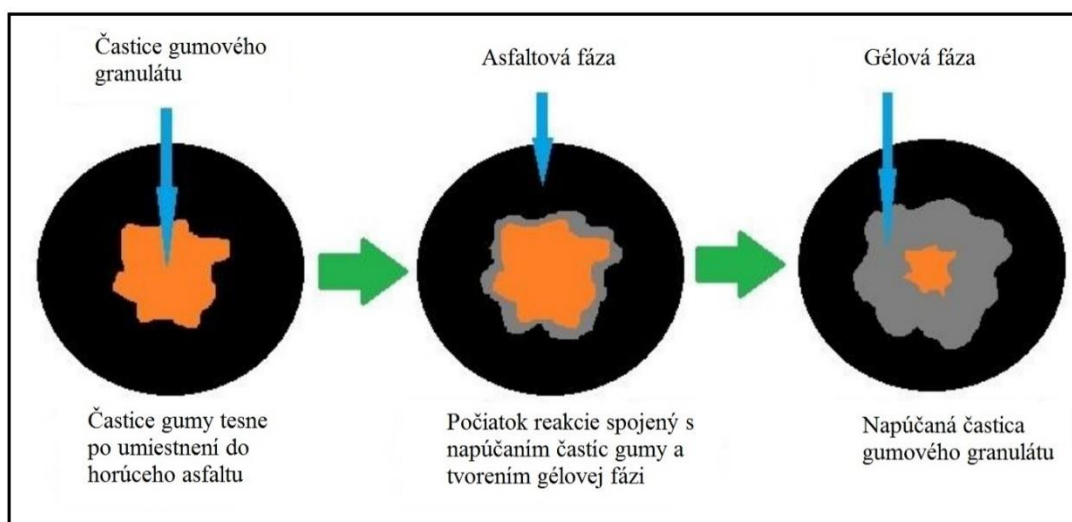
Obrázok 2: Recyklačné zariadenie na výrobu gumového granulátu

2.2 Asfalt modifikovaný gumovým granulátom

Technológia prídavku gumového granulátu do asfaltu a asfaltových zmesí sa do Európy dostala z USA, kde sa vznik cestných materiálov s prídavkom gumového granulátu datuje do konca tretieho desaťročia 20. storočia. V USA sa pre popisovanú technológiu najčastejšie používa názov Asphalt Rubber (prípadne Rubberized Asphalt), z čoho vzniklo slovo gumoasfalt, ktoré sa hovorovo používa pre označenie technológie, spojiva i asfaltovej zmesi.

Po pridaní gumového granulátu získaného spracovaním ojazdených pneumatík do asfaltu prudko vzrastá dynamická viskozita spojiva. To je spôsobené fyzikálnym „zahustením“ asfaltu, podobne ako pri pridávaní fileru (účinnok častíc). Potom sa začínajú uplatňovať procesy, kedy častice gummy absorbujú ľahké frakcie asfaltu

(maltény). Túto interakciu označujeme ako „napúčanie polyméru“, nejde však o chemickú reakciu. Súčasne sa na povrchu častíc gumového granulátu začne vytvárať gélová vrstva, ktorá je obalená asfaltovou fázou (obrázok 2.3 [18]). Odstránením ľahkých zložiek asfaltu a zväčšením objemu častíc granulátu dochádza k ďalšiemu zvyšovaniu viskozity spojiva, čo vedie k zmenám vlastností v priebehu času (účinnok interakcie).



Obrázok 3: Proces fyzikálnej reakcie cestného asfaltu s gumovým granulátom

Reakcia cestného asfaltu s gumovým granulátom je závislá prevažne na:

- teplote,
- dobe trvania reakcie,
- intenzite miešania častíc gumového granulátu s asfaltom,
- chemickom zložení asfaltu a granulátu,
- spôsobe výroby gumového granulátu,
- veľkosti a tvare častíc gummy,
- molekulovej hmotnosti asfaltu.

Vlastnosti spojiva modifikovaného gumovým granulátom závisia od nasledujúcich parametrov:

- zdroj gumového granulátu a technológia jeho výroby,
- veľkosť a tvar častíc gumového granulátu,
- obsah gumového granulátu v cestnom asfalte,
- zdroj a gradácia cestného asfaltu,
- prísady a ich koncentrácie,
- teplota a doba miešania cestného asfaltu s gumovým granulátom.

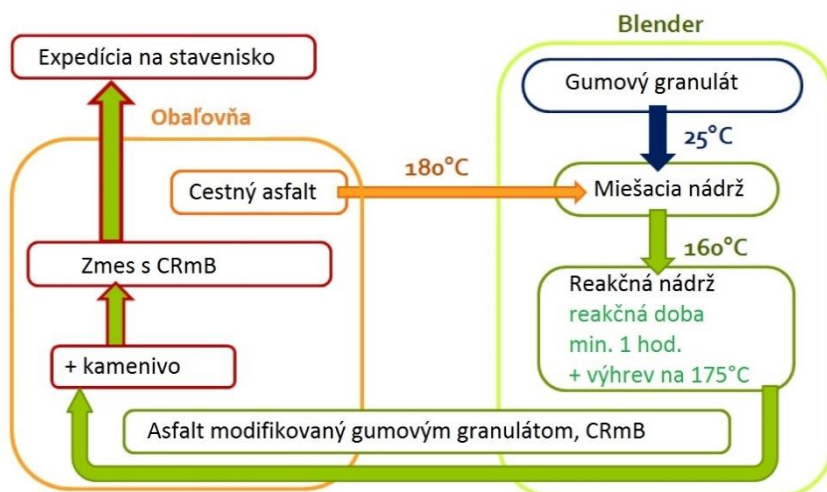
2.2.1 Spôsoby zapracovania gumového granulátu do asfaltových zmesí

Asfaltové spojivo sa prítomnosťou gumového granulátu v asfaltovej zmesi modifikuje, silne zvyšuje viskozitu a lepivosť a mení reologické vlastnosti. Zvýšenie viskozity umožňuje zvýšiť obsah spojiva v asfaltovej zmesi tak, aby spojivo z kameniva nestekalo, čo je výhodné z hľadiska trvanlivosti asfaltovej zmesi. To podporuje použitie jemnozrnnejších asfaltových zmesí a vytvorenie medzerovitej kostry kameniva, ktorá poskytuje obrusnej vrstve protihlukové účinky, lepšie protišmykové vlastnosti a schopnosť prepúšťať zrážkovou vodu vrstvou.

Svetovo najznámejšie a najvyužívanejšie postupy (obrázok 2.5) zapracovania sú:

2.2.1.1 Suchý proces - (angl. „dry process“), v Európe je používaný pod názvom Rubit. V USA bol v roku 1978 patentovaný pod názvom PlusRide. Gumový granulát sa pridáva do miešačky obalovne v rovnakej fáze ako kamenivo. Pre dosiahnutie dostatočnej homogenity asfaltovej zmesi je nevyhnutné predĺžiť dobu miešania a pre požadovanú modifikáciu cestného asfaltu gumovým granulátom musí zostať horúca asfaltová zmes minimálne po dobu jednej hodiny v zásobníku asfaltovej zmesi. Technológia bola používaná aj v ČR v rokoch 1999-2002, mala však niekoľko nedostatkov, preto sa od používania tejto technológie ustúpilo.

2.2.1.2 Mokrý proces - (angl. „wet process“) metóda označovaná ako asfalt modifikovaný gumovým granulátom – CRmB (Crumb Rubber modified Bitumen - hovorovo „gumoasfalt“), je svetovo najrozšírenejšia. Technológiu pridávania gumového granulátu môžeme rozdeliť na kontinuálnu výrobu spojiva v obalovni (angl. continuous blend) a terminálovú výrobu spojiva v rafinérii s prísadami obmedzujúcimi usadzovanie gumového granulátu s obmedzenou dobou spracovateľnosti (angl. terminal blend).



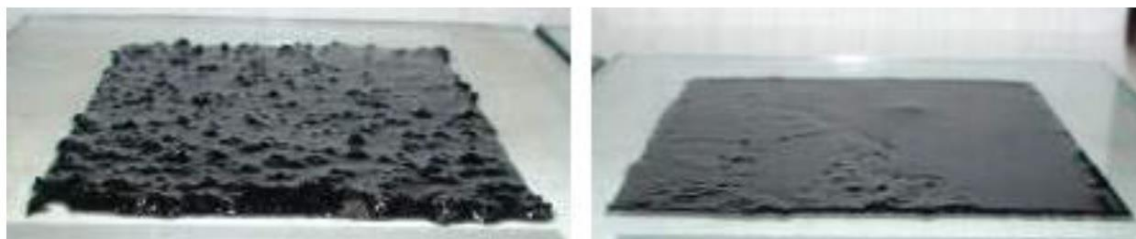
Obrázok 4: Schéma výroby zmesi CRmB

A) Pri **kontinuálnej metóde** výroby CRmB (obrázok 4 [8]) je do spojiva primiešavaný gumový granulát obvykle v množstve 15 % až 25 %. Potom sa spojivo privedie do reakčnej nádrže zariadenia a stále sa premiešava. Miešaním pri teplote 170°C až 185°C asfalt reaguje s gumou a spojivo sa modifikuje. CRmB sa čerpá zubovým čerpadlom k dávkovaciemu zariadeniu obal'ovne. Viskozitu spojiva je nutné kontrolovať rotačným vretenovým viskozimetrom. CRmB je možné skladovať dlhodobo za bežných teplôt (nižšie než 120°), pričom je možné po následnom ohriatí a premiešaní ho použiť.

B) Pri využití **terminálovej metódy** výroby CRmB (obrázok 4 [8]) sa spojivo väčšinou vyrába modifikáciou asfaltu jemnozrnným gumovým granulátom v rafinérii podobne ako modifikovaný asfalt. Väčšinou sa používa jemnozrnný gumový granulát v množstve 5% až 15% a chemické prísady dočasne udržiavajúce jemné častice gumené rozptýlené v celom objeme spojiva (európsky prístup).

Druhá možnosť je dlhodobé zahrievanie spojiva pri vysokej teplote, pričom sa častice gumového granulátu termickou degradáciou (nad 220°C) „rozpuští“ (dôjde takmer k úplnej devulkanizácii a depolymerizácii štruktúry častíc gumené), čím vznikne takmer homogénne spojivo (americký prístup).

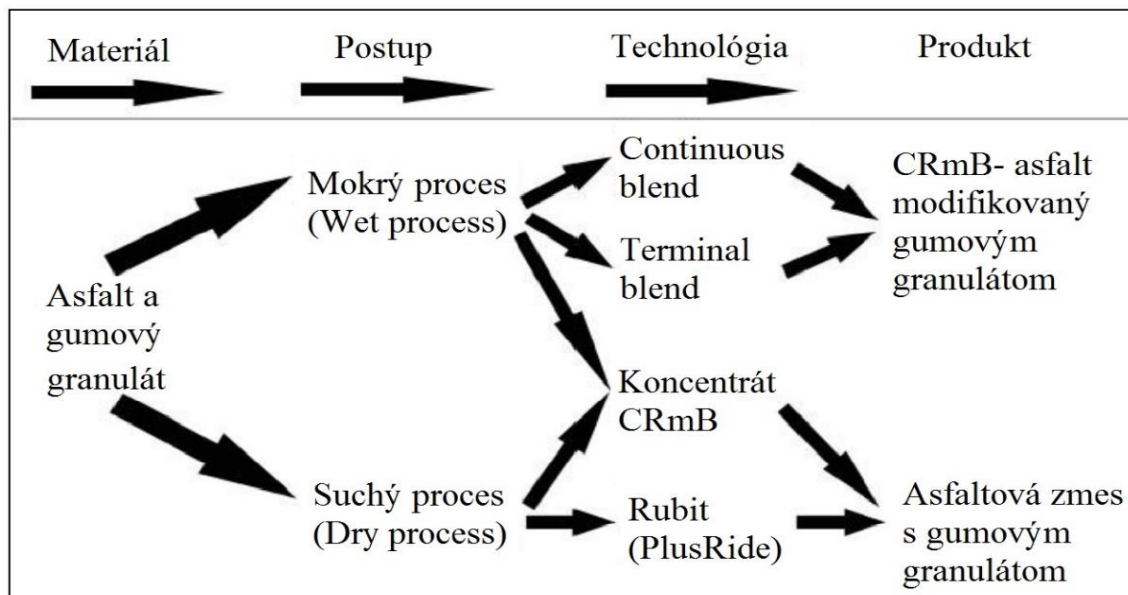
Pri oboch týchto spojivách môžeme predpokladať, že sú skladovateľné, alebo aspoň obmedzene skladovateľné. Preto je nutné dodržať predpísanú dobu trvania dopravy a následnú dobu skladovania. Vhodné je pri skladovaní CRmB na obal'ovni použiť miešadlo.



Obrázok 5: CRmB vyrobený metódou kontinuálneho miešania (vľavo) a terminálovou výrobou (vpravo)

2.2.1.3 Technológia koncentráту asfaltu modifikovaného gumovým granulátom (skrátene **koncentrát CRmB** alebo TecRoad) je kombináciou suchého procesu a metódy terminálovej výroby spojiva. Ide o sypký granulovaný koncentrát (predzmes) dodávaný v plastových vreciach, pripravený v miešacom centre a obsahujúci 30 % až 50% gumového granulátu. Po zmiešaní koncentrátu CRmB s cestným asfaltom je možné pripraviť CRmB s rôznou viskozitou. Pri výrobe koncentrátu sa jemný gumový granulát niekoľko hodín mieša s cestným asfaltom, prečerpáva sa a na konci výrobnéj linky sa postupným pridávaním ďalšieho gumového granulátu chemickou cestou upravuje do sypkej hmoty. Táto metóda spája výhody oboch predchádzajúcich

postupov, pretože je možné túto predzmes ľahko dávkovať ako pri technológii Rubit spolu s kamenivom do miešačky obal'ovne, pričom väčšia časť gumového granulátu zreagovala v asfalte už pri výrobe koncentrátu, než pri terminálovej výrobe spojiva.



Obrázok 6: Schéma rozdelenia najvyužívanejších technológií spracovávajúcich gumový granulát v asfaltových zmesiach

2.2.2 Typy asfaltu modifikovaného gumovým granulátom podľa dynamickej viskozity:

- **nízkoviskózný asfalt modifikovaný gumovým granulátom (CRmB A)** - spojivo z cestného asfaltu a prípadne ďalších prísad s obsahom 5 % až 15 % gumového granulátu pripraveného v miešacom zariadení, vhodné pre použitie v zmesiach asfaltový betón (AC) a asfaltový koberec mastixový (SMA).
- **vysokoviskózný asfalt modifikovaný gumovým granulátom (CRmB B)** - spojivo z cestného asfaltu a prípadne ďalších prísad s obsahom 15 % až 25 % gumového granulátu pripraveného v miešacom zariadení, vhodné pre všetky asfaltové zmesi, hlavne asfaltový koberec veľmi tenký (BBTM), asfaltový koberec drenážny (PA) pre tesniace membrány (SAMI), alebo vrstvy proti prekopírovaniu trhlín (SAL).

Sú vhodné:

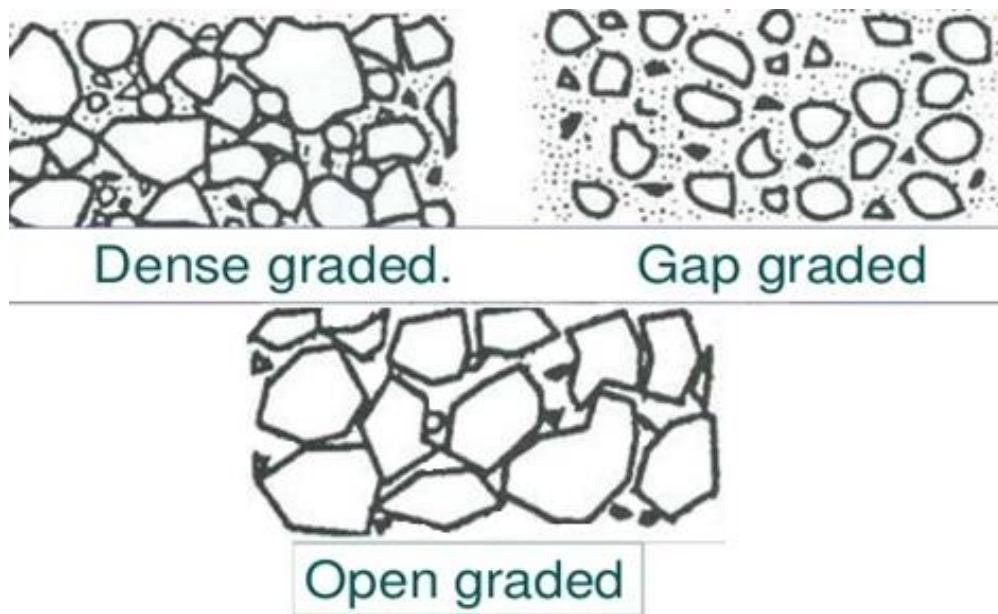
- pri znížení hluku, ktorý je spôsobený cestnou premávkou,
- pri znížení hrúbky obrusnej vrstvy,
- k prekrytiu porúch povrchu obrusných vrstiev a nehomogénnych obrusných vrstiev s vysprávkami a trhlinami utesnenými zálievkami,

- v obrusných a podkladových vrstvách pre obmedzenie prekopírovania reflexných trhlín, alebo pre zníženie celkovej hrúbky asfaltových vrstiev.

2.2.3 Rozdelenie asfaltových zmesí podľa čiary zrnitosti

Asfaltové zmesi je možné rozdeliť podľa čiary zrnitosti na:

- zmesi s uzavretou zrnitosťou (dense graded) – čiara zrnitosti kameniva je plynulá a nie je príliš vhodná pre stmelenie asfaltom modifikovaným gumovým granulátom; pre zmesi s uzavretou zrnitosťou môže byť vhodný CRmB vyrobený terminálovým postupom,
- zmesi s prerušenou zrnitosťou (gap graded) – čiara zrnitosti nie je plynule zrnitá a väčšinou jedna alebo viac frakcií kameniva chýba, obsah fileru je nízky, hrubé kamenivo vytvorí kvalitne zakliesnenú kostru.
Najčastejšie používaným označením tohoto typu zmesi v USA je ARAC (Asphalt-Rubber Asphalt Concrete), RHMA-G (Rubberized Hot Mix Asphalt – Gap Graded) alebo RAC-G (rubberized asphalt concrete – gap graded); s výhodou sa používa CRmB (mokrý proces) vyrobený kontinuálnym miešaním,
- zmesi s otvorenou zrnitosťou (open graded) – zrnitosť zmesi kameniva má vysokú medzerovitosť s prepojenými dutinami, ktoré umožňujú prietok vody, kamenivo sa väčšinou skladá z dvoch alebo troch frakcií kameniva s veľmi nízkym obsahom filerických častíc a najčastejším označením tohoto typu asfaltové zmesi v USA je OGAC, RAC-O, RHMA-O, OGFC alebo ACFC, najčastejšie sa používa CRmB vyrobený kontinuálnym miešaním.



Obrázok 7: Asfaltové zmesi podľa čiary zrnitosti

3 STRUČNÁ HISTÓRIA POUŽITIA GUMOVÉHO GRANULÁTU V ASFALTOVÝCH ZMESIACH VO SVETE, V ČR A V SR

3.1 Vývoj technológie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom vo svete

Vznik cestných materiálov s prídavkom gumového granulátu sa začal v USA koncom tretieho desaťročia 20. storočia. Záujem a práca v tejto oblasti a vývoj technológií rástli pomerne rýchlo. Charles H. McDonald z Phoenixu v Arizone vyvíjal v rokoch 1960-70 tzv. mokrý proces (tiež nazývaný McDonaldiv proces). Zo začiatku sa používal na údržbu povrchov vozoviek a na opravy horúcou zmesou. Prvé vozovky s asfaltom modifikovaným gumovým granulátom vyrobené prvotnými verziami mokrého procesu (spojivo a zmes kameniva typu "dense graded") boli budované v rokoch 1980 až 1982 v Arizone, kedy bolo vyvinuté prvé miešacie zariadenia určené na zmiešanie cestného asfaltu s gumovým granulátom kontinuálnou metódou. Americké združenie pre skúšanie a materiály (American Society for Testing and Materials, ASTM) publikovalo v roku 1988 definíciu asfaltu modifikovaného gumovým granulátom (Asphalt Rubber) (mokrý proces):

"Zmes asfaltového spojiva, recyklovanej gummy z pneumatík a prípadne iných prísad, pričom obsah gummy je minimálne 15 % z celkovej hmotnosti spojiva. Tento gumový granulát musí dostatočne zreagovať v horúcom asfalte kvôli napučaniu gumových častíc".

Požiadavky na fyzikálne vlastnosti sú uvedené v americkej materiálovej norme ASTM D6114 [1].

V roku 1992 publikovala kalifornská správa ciest Caltrans návrhovú príručku [17] pre asfaltové zmesi zrnitosti gap-graded s CRmB s názvom Design Guide for Asphalt Rubber Hot Mix-Gap Graded (ARHM-GG), založenú na dovedy vykonaných štúdiách a projektoch. Na základe výskumu vykonaného medzi rokmi 1980 až 1992 Caltrans popisuje vo svojom Guide pravidlá pre redukciiu hrúbok vrstiev obsahujúcich CRmB oproti konvenčným asfaltovým zmesiam za predpokladu porovnateľnej doby životnosti pri údržbe a opravách komunikácií [9]. V súčasnej dobe sa najviac asfaltu modifikovaného gumovým granulátom používa ako spojivo do hutnených asfaltových zmesí v štyroch štátoch USA (Arizona, Kalifornia, Texas a Florida - CRmB typu "open-graded" a "gap-graded"), najmä však pre údržbové technológie alebo pre opravy vozoviek v tenkých vrstvách od 13 mm do 50 mm [19].

V **Pol'sku** sa technológia mokrého procesu začala presadzovať od roku 2006, avšak stále je vo fáze testovania. V roku 2010 sa uskutočnili pokusné úseky obsahujúce koncentrát CRmB.

V **Taliansku** sa o zavedenie výroby CRmB zaslúžila spoločnosť Asphalt Rubber Italia, ktorá bola založená v roku 2006. Spoločnosť vyrába CRmB metódou kontinuálnej

výroby priamo v obalovňach miešacími zariadeniami, ktoré boli privezené z USA. Špeciálne upravenými prepravníkmi je zabezpečená aj preprava na väčšie vzdialenosti. V Taliansku sa pri návrhu asfaltových zmesí s CRmB vychádza z predpisov arizonskej správy ciest a využívajú sa asfaltové zmesi so zrnitosťou open graded a gap graded.

Tabuľka 2: Číselné vyjadrenie medzných čiar zrnitosti a obsah CRmB zmesi typu open graded a gap graded v Taliansku

Typ zmesi	open graded	Gap graded
Zrnitosť [mm] Veľkosť ôk sít [mm]	16	16 (12,5)
16	100	100
12,5	93-100	83-97
10	88-100	68-82
8	68-82	54-68
4	23-37	25-37
2	3-15	12-24
0,5	2-10	7-15
0,063	0-3	0-3
Obsah spojiva [%]	8,5-9,5	7,5-8,5

Švédsko vyvinulo v 60. rokoch minulého storočia technológiu suchého procesu (označovanú ako PlusRide), preto má táto krajina s pridávaním gumového granulátu dlhoročné skúsenosti. Od technológie sa postupne upustilo z dôvodu kolísania kvality vyrobenej asfaltovej zmesi.

V **Španielsku** sa technológia CRmB využíva najmä z dôvodu zníženia emisií hluku od dopravy. Od roku 2006 sa CRmB vyrába mobilnými miešacími jednotkami na obalovni asfaltových zmesí (metóda kontinuálnej výroby CRmB). Používajú sa tri druhy CRmB:

- zlepšené spojivo (improved binder - BC) obsahujúce 8 % až 12 % gumového granulátu,
- modifikované spojivo (modified binder - BMC) obsahujúci 12 % až 15 % gumového granulátu,
- modifikované spojivo s vysokou viskozitou (modified binder with high viscosity - BMAVC) obsahujúce 15 % až 22 % gumového granulátu.

Technológia primiešavania gumového granulátu do asfaltových zmesí je v **Portugalsku** podporovaná štátom. Obsah gumového granulátu v cestnom asfalte gradácie 35/50 alebo 50/70 je zvyčajne 18 % z hmotnosti asfaltu, CRmB je vyrábané technológiou mokrého procesu. Najviac využívané sú asfaltové zmesi typu open graded a gap graded s obsahom CRmB 8 % až 10 % [20]. Od roku 2000 do roku 2009 bolo v Portugalsku vyrobených a spotrebovaných 35 tis. ton CRmB. Medzné čiary zrnitosti asfaltovej zmesi s otvorenou zrnitosťou (open graded) sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 3: Medzné čiary zrnitosti asfaltových zmesí s otvorenou zrnitosťou v Portugalsku

Typ zmesi	open graded
Veľkosť ôk sít [mm]	
12,5	92-100
10	82-90
8	68-75
4	29-35
2	8-13
0,5	2-6
0,063	2-4

V 80. rokoch minulého storočia sa v **Číne** uskutočnilo niekoľko pokusných úsekov so začlenením gumového granulátu do asfaltovej zmesi metódou suchého procesu. Životnosť týchto úprav bola však nízka, a preto sa od technológie upustilo.

Neskôr v rokoch 2000 až 2005 sa podieľalo desať provincií Číny na skúmaní možnosti využitia odpadových pneumatík technológiou suchého aj mokrého procesu a v nasledujúcich dvoch rokoch sa začala technológia mokrého procesu využívať. Najviac sa rozšírila technológia tesniacich membrán - SAMI vrstiev (Stress Absorbing Membrane Interlayer) a vrstiev typu gap graded. Rovnako sa začali presadzovať aj vrstvy typu open graded. Na použitie týchto aplikácií boli dané pokyny a v rokoch 2007 až 2009 sa technológia mokrého procesu rozšírila do ďalších dvadsiatich čínskych provincií. Zároveň boli vydané technické predpisy pre použitie technológie mokrého procesu a v roku 2009 bola v Nanjing (hlavné mesto provincie Jiangsu) usporiadaná medzinárodná konferencia Asphalt Rubber 2009. Do roku 2010 bolo v Číne zrealizovaných vyše 1500 km ciest asfaltovou zmesou CRmB, pričom bolo spotrebované približne 100 tis. ton asfaltu modifikovaného gumovým granulátom. V súčasnej dobe existuje v Číne 20 dodávateľov a 9 výrobcov zmiešavacích zariadení na výrobu CRmB. [20]

V **Juhoafrickej republike (JAR)** sa asfaltové zmesi s prísadou gumového granulátu začali presadzovať v polovici 80. rokov 20. storočia. CRmB sa vyrába technológiou mokrého procesu z cestného asfaltu gradácie 60/80 alebo 80/100, gumového granulátu (dávkovanie 18% až 24% z hmotnosti CRmB) s prísadou extender-olejov (do 3% z hmotnosti spojiva) v patentovanom vysokorýchlostnom miešacom zariadení (až 3 000 otáčok za minútu). Zariadenie ďalej obsahuje nádrž, v ktorej dochádza počas 1 až 4 hodín k reakcii asfaltu s gumou pri teplotách 180°C až 210°C. V JAR sa najčastejšie využívajú hrubozrnné asfaltové zmesi s CRmB typu dense graded (zrnitosť do 13,2 mm alebo do 19 mm) alebo open graded (zrnitosť do 13,2 mm). Asfaltové zmesi obsahujú prísadu cementu alebo vápenného hydrátu (aktívny filer). Číselné vyjadrenie limitných čiar zrnitosti bežne používaných asfaltových zmesí v Južnej Afrike je uvedené v tabuľke 4. Rovnako ako v Kalifornii aj v JAR je umožnené zníženie hrúbok

vrstiev s CRmB oproti asfaltovým zmesiam s bežnými spojivami tak, aby sa znížili počiatkové náklady a predpokladaná životnosť vozovky bola ekvivalentná vozovkám s hrubšími vrstvami s bežným spojivom. [15].

Tabuľka 4: Zloženie asfaltových zmesí s CRmB používaných v JAR

Typ zmesi	dense graded		semi open graded		open graded	
Zrornosť [mm]	13,2	19	19	19	19	13,2
Veľkosť ôk sít [mm]						
19	100	100	100	100	100	100
13,2	100	84-96	70-100	90-100	70-100	100
9,5	80-100	70-84	50-82	30-50	50-80	50-70
4,75	50-70	45-63	16-38	10-20	15-30	20-30
2,36	32-50	19-47	8-22	8-14	10-22	5-15
1,18	-	19-33	4-15	-	-	-
0,6	13-25	13-25	3-10	-	6-13	3-8
0,3	8-18	10-18	3-8	-	-	-
0,15	-	6-13	2-6	-	-	-
0,075	4-8	4-10	1-4	2-6	3-6	2-5
Aktívny filer [%]	2	2	1	1	1	1
Obsah spojiva [%]	7	7	8,5	5,5	5,5	5,5
Medzerovitosť [%]	2-6	2-6	3-7	3-7	-	-

3.2 Vývoj technológie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom v ČR a SR

Prvé použitie gumového granulátu v asfalte sa v bývalom Československu datuje v 50.-tych rokoch 20. storočia, kedy sa tento materiál používal v spojivách pre nátery. V 80. a 90. -tych rokoch došlo k ďalšiemu uplatneniu asfaltových zmesí s prídavkom gumového granulátu priamo do miešačky obal'ovne suchým procesom (technológia Rubit). Táto technológia bola testovaná v rôznych dopravných a klimatických podmienkach.

Pre informáciu uvádzam vybrané okruhy problémov riešené s cieľom preverenia novej alternatívnej technológie modifikovaných asfaltov gumovým granulátom v ČR alebo SR :

- Skvalitňovanie asfaltových spojív a zmesí prísadami gummy, ČVUT (2013)
- Možnosti zberu a spracovania starých pneumatík
- Vývoj a aplikácia koncentráta R 35 v asfaltových zmesiach, VUIS-CESTY (1990)
- Spustenie linky na úpravu pneumatík drvením na Slovensku, Regum
- Pokusné overenie drvenej gummy v hutnených zmesiach, VUIS-CESTY
- Poloprevádzková výroba gumou modifikovaného asfaltu Apollogum, VUIS-CESTY
- Technológia Rubit, Consultest spol.s r.o.(2001 - 2002)

3.2.1 Vývoj technológie a skúsenosti s modifikovaným asfaltom gumovým granulátom v ČR

V rokoch 2001 a 2002 používalo technológiu Rubit niekoľko zhotoviteľov, ale väčšina aplikácií bola z rôznych dôvodov neúspešná.

Počas začiatočného testovania výroby asfaltových zmesí bolo požadované množstvo gumového granulátu vo vreciach pridávané do miešačky manuálne spolu s kamenivom. Neskôr v bežnej výrobe bol gumový granulát dávkovany automaticky pomocou prídavného vážiaceho a dávkovacieho systému obalovne. Teplota miešania bola v rozmedzí 170°C až 190°C. Najprv sa zmiešalo kamenivo s gumovým granulátom a potom sa pridávalo spojivo. Asfaltová zmes sa skladovala v zásobníkoch pri teplotách 160°C do 170°C po dobu jednej až dvoch hodín. Počas tejto doby sa spojivo čiastočne modifikovalo jemnozrnnou gumou. Požiadavky na technológiu a životnosť suchého procesu boli hodnotené na niekoľkých pokusných úsekoch. Získané poznatky s technológiou Rubit v Českej republike sa dajú zhrnúť do nasledujúcich bodov [12], [13]:

- V niektorých prípadoch neboli rešpektované závery z diagnostického prieskumu a poruchy sa prejavili počas prvých troch rokov prevádzky, porušené obrusné a ložné vrstvy sa neopravili a preto sa poruchy prejavili v krátkom čase znova.
- Niektorí zhotovitelia skúšali dosiahnuť dobrú makrotextúru a obmedziť nalepovanie asfaltovej zmesi na behúne valcov. Preto začínali zhutňovať až po čiastočnom ochladení povrchu vrstvy, čím následne valce nedostatočne zhutnili vrstvu asfaltovej zmesi a veľmi skoro sa objavila strata kameniva z povrchu vrstvy.
- Menšia hrúbka vrstvy než 30 mm spolu s nízkou mierou zhutnenia zapríčinili na vysoko zaťažených komunikáciách stratu kameniva z povrchu vrstvy a vznik výtlkov.
- Niektoré obrusné vrstvy boli dokončené na jeseň v chladných podmienkach alebo za dažďa. Ťažké bolo asfaltové zmesi dostatočne zhutniť, na niektorých úsekoch bola medzerovitost' vyššia ako 8%.
- Životnosť vrstiev, ktoré neboli dostatočne zhutnené, bola veľmi krátka. Medzery v asfaltovej zmesi sa vyplnili vodou. Účinok dopravy a elastické deformácie gumených zrn zapríčinili "pumpovanie" dažďovej vody. Z kameniva bolo vymývané spojivo a dochádzalo k rozpadaniu vrstvy. Za mokra dochádzalo k vytváraniu trhlín a výtlkov.

Zistené boli aj ďalšie technické chyby:

- dodaný gumový granulát bol s vysokým obsahom vlákien (fiber), nebola dodržaná požadovaná zrnitosť granulátu,
- kolísalo dávkovanie gumového granulátu a asfaltová zmes nebola homogénna,
- teplota miešania bola nižšia a čas miešania sa skracoval, nedošlo k riadnej homogenizácii asfaltovej zmesi,

- doba skladovania asfaltovej zmesi v zásobníkoch (reakčná doba) sa tiež nedodržiavala, neprebiehala reakcia medzi jemným gumovým granulátom a asfaltom.

Vo všetkých týchto prípadoch nebol gumový granulát do asfaltovej zmesi zabudovaný správne, pričom dochádzalo ku skorému vývoju porúch. Na základe vyššie uvedených skúseností bolo zrejmé, že technológia Rubit nebude mať dostatočnú životnosť a prestala sa používať. Technológia suchého procesu výroby asfaltových zmesí s prímiesou gumového granulátu spôsobila zlú povesť technológií spracúvajúcich gumový granulát do asfaltových zmesí. Preto tieto technológie získavajú v bývalom Československu dôveru len veľmi pomaly.

Od roku 2006 sa v ČR zdokonaľuje a začína sa aplikovať technológia výroby asfaltu modifikovaného gumovým granulátom v miešacom zariadení na obal'ovni (technológia mokrého procesu, kontinuálna výroba) a do popredia záujmu sa tiež dostáva technológia výroby CRmB v rafinérii (terminálová výroba CRmB). Odvtedy prebiehalo niekoľko výskumných projektov na overenie technologických možností a vlastností gumového granulátu pri výrobe cestných asfaltových zmesí s rôznymi výsledkami. Fakulta stavební VUT v Brně v spolupráci s firmou CONSULTTEST s.r.o. a G-ASFALT s.r.o. nedávno (v rokoch 2012 – 2015) realizovala výskumný projekt s názvom *“Výzkum a realizace dodávky asfaltu modifikovaných pryžovým granulátem systémem “just in time“ a komplexní servis při výrobě asfaltových směsí“*, ktorý bol zameraný na výrobu asfaltu modifikovaného gumovým granulátom kontinuálnou metódou mokrého procesu. Úspechom uvedeného projektu je vydanie certifikovanej *“Metodiky pro využití asfaltových směsí s asfaltom modifikovaným pryžovým granulátem“* Ministerstvom dopravy ČR v januári 2016.

3.2.2 Vývoj technológie a skúsenosti s modifikovaným asfaltom gumovým granulátom v SR

Na Slovensku sa v priebehu posledných rokov taktiež zrealizovalo aj vďaka podpore štrukturálnych fondov určených na výskum, vývoj a inovácie, niekoľko projektov so zameraním na vývoj progresívnych technológií zužitkovania gumového granulátu v konštrukčných vrstvách vozoviek a prenos týchto poznatkov a technológií získaných výskumom a vývojom do praxe. Cieľom týchto projektov bolo najmä:

- analýza procesu devulkanizácie z pohľadu spätného získania polymérov z drvenej gummy z ojazdených pneumatík,
- stanovenie základných požiadaviek na kvalitu drvenej gummy pre jej použitie na modifikáciu asfaltových zmesí a asfaltov,
- laboratórne overenie gumou modifikovaných asfaltov,
- laboratórne overenie na asfaltových zmesiach,
- vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov.

Skúsenosti z projektov výroby asfaltov modifikovaných gumovým granulátom je možné zhrnúť takto:

- dávkovanie drvenej gummy do miešača obalovacej súpravy je možné pri malom rozsahu prác realizovať ručne, pri väčšom rozsahu je potrebné použiť vhodné dávkovacie zariadenie,
- na dosiahnutie dobrého premiešania všetkých zložiek asfaltovej zmesi treba predĺžiť dobu miešania,
- v priebehu výroby a pokládky asfaltovej zmesi s drvenou gumou sa nevyskytli žiadne problémy s výrobou alebo kvalitou zmesi,
- vyskytoval sa zápach z aplikácie gummy, avšak nebol zvlášť výrazný a nespôsobil pracovníkom žiadne problémy,
- asfaltová zmes po položení finišerom bola kompaktná a udržovala zvislú hranu, problémy neboli ani pri jej hutnení,
- pri výrobe asfaltovej zmesi s drvenou gumou nie je potrebné zvyšovať teplotu zmesi,
- parametre asfaltových zmesí s drvenou gumou vyhovujú normovým požiadavkám,
- pri použití 5,5 % drvenej gummy na množstvo asfaltu sa dosiahlo zlepšenie odolnosti zmesi proti tvorbe trvalých deformácií o vyše 40 %,
- pri použití 11 % drvenej gummy na množstvo asfaltu sa splnilo kritérium odolnosti proti tvorbe trvalých deformácií pre použitie na vozovky s dopravným zaťažením I. a II. a pre vozovky III. triedy dopravného zaťaženia. Zlepšenie odolnosti proti tvorbe trvalých deformácií v porovnaní s nemodifikovanou zmesou bolo vyššie ako 60 %,
- s pridaním drvenej gummy frakcie do 2 mm je možné vyrobiť hutnenú asfaltovú zmes zodpovedajúcu požiadavkám STN 73 6121 [22], pričom sa dosiahne zlepšenie odolnosti proti tvorbe trvalých deformácií,
- pre zachovanie homogenity spojiva pri jeho skladovaní na obalovacej súprave je nevyhnutné jeho prečerpávanie, avšak takéto riešenie je pre zhotoviteľa stavby energeticky náročné.

4 POPIS TECHNOLOGIÍ POUŽITIA ASFALTOVÝCH ZMESÍ S CRmB V ČR V SÚČASNOSTI

4.1 Požiadavky na vstupné materiály

Asfalt

Na výrobu CRmB sa používa cestný asfalt gradácie 50/70 alebo 70/100 odpovedajúci ČSN EN 12591 [3].

Gumový granulát

Na výrobu CRmB sa používa gumový granulát získaný spracovaním automobilových pneumatík (granulovaním, mletím a inými úpravami) so zrnitosťou 0/0,5 mm, 0/0,7 mm, 0/1 mm, 0/1,4 mm, prípadne 0,5/1 mm. Doporučené medzné zrnitosti zodpovedajú čiarom zrnitosti uvedeným v tabuľke 5.

V prípade povrchovo upravovaného gumového granulátu je možné zrnitosť stanoviť orientačne preosievaním, pri ktorom sa prepád spojených zŕn zabezpečuje pohybom nádoby s plochým dnom po site.

Gumový granulát musí mať stálu zrnitosť v tolerancii nadsitných zŕn do 15 %, objemovú hmotnosť ($\pm 60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), vlhkosť nižšiu než 0,75 %, obsah oceľových čiastočiek nižší než 0,01 %, obsah vlákien menej než 0,5 % a iné znečisťujúce látky (piesok, sklo, drevo a pod.) najviac 0,25 %. Na zabránenie zlepovania gumového granulátu sa pripúšťa použiť mastenec v množstve najviac 4 % z hmotnosti gumového granulátu.

Tabuľka 5: Doporučené medzné čiary zrnitosti gumového granulátu

Veľkosť otvorov síta, mm	2	1	0,5	0,25	0,063
Horná medza, %	100	100	100	32	4
Dolná medza, %	100	52	10	0	0

Kamenivo

Pre kamenivo platia všetky požiadavky podľa príslušnej ČSN EN 13108 a ČSN EN 13043 [4] vo všetkých druhoch a typoch asfaltových zmesí. Do obrusných vrstiev sa odporúča použiť druhy kamenív s odolnosťou proti vyhladzovaniu, najmenej PSV₅₃.

4.2 Výroba asfaltu modifikovaného gumovým granulátom

V Českej republike sa na modifikáciu asfaltu gumovým granulátom technológiami "continuous blend" a "batch blend" používa špeciálne miešacie zariadenie, označované skráteno ako blender. Zariadenie môže byť stacionárne (obrázok 8 a 9), alebo mobilné (obrázok 10 a 11).



Obrázok 8: Stacionárne miešacie zariadenie (blender) určené pre výrobu CRmB



Obrázok 9: Stacionárne miešacie zariadenie (blender) určené pre výrobu CRmB



Obrázok 10: Mobilné miešacie zariadenie (blender) určené pre výrobu CRmB



Obrázok 11: Miešacie zariadenie blender na výrobu asfaltového spojiva modifikovaného gumovým granulátom

Mobilný blender zostáva na bežnom návесе s dĺžkou 13,6 m. Miešacie zariadenie určené na výrobu CRmB sa skladá z dávkovacej násypky gumového granulátu, z miešacej nádrže určenej pre miešanie cestného asfaltu s gumovým granulátom a z nádrže, v ktorej prebieha reakcia gumového granulátu s asfaltom (označovaná ako reakčná nádrž). Z dôvodu čiastočného "rozpustenia" granulátu a modifikácie cestného asfaltu je nutné dodržať dobu miešania minimálne 45 minút a kontrolovať viskozitu spojiva rotačným viskozimetrom. Miešacie zariadenie je schopné vyrobiť CRmB podľa požiadaviek, nízkoviskózný CRmB s obsahom gumového granulátu v rozmedzí 5% až 15%, aj vysokoviskózný CRmB s obsahom gumového granulátu v rozmedzí 15% až 25%.

Zjednodušene možno výrobu asfaltu modifikovaného gumovým granulátom pomocou blenderu popísať nasledovne:

Po prevoze blenderu na dané miesto napojenia na asfaltové hospodárstvo obal'ovne sa zariadenie usadí do vodorovnej polohy, rozloží do prevádzkového stavu, pripojí sa k zdroju elektrickej energie, vyhrievané hadice sa napoja k potrubiu dávkovania asfaltu. Jedna hadica umožňuje vstup cestného asfaltu do miešacieho zariadenia a druhá odber asfaltu modifikovaného gumovým granulátom do dávkovacieho zariadenia obal'ovne. Následne sa spustí riadiaci velín, a kotolňa a zariadenie sa zahreje na minimálnu prevádzkovú teplotu (cca 170°C).

Existujú dve možnosti výroby CRmB:

- Kontinuálna výroba - spustí sa čerpanie asfaltu z asfaltového hospodárstva obal'ovne a zároveň sa do miešacej nádrže dávkuje gumový granulát, čím dochádza ku kontinuálnemu miešaniu asfaltu s gumovým granulátom, pričom v reakčnej nádrži prebieha reakcia asfaltu s gumovým granulátom za stáleho miešania dvoma procedúrami:
 - šnekovým miešadlom na spodku reakčnej nádrže,
 - čerpadlom saním z dna reakčnej nádrže s výstupom na výstup namiešaného spojiva z miešacieho zariadenia.
- Šaržová výroba - do reakčnej nádrže sa načerpá potrebné množstvo asfaltu, potom sa prestavia vnútorné cesty spojiva blenderu na uzavretý okruh, keď do miešacej nádrže postupne miesto čistého cestného asfaltu z asfaltového hospodárstva obal'ovne prichádza spojivo čerpané z reakčnej nádrže so stále väčším podielom gumového granulátu až do dosiahnutia požadovaného pomeru gumového granulátu k asfaltu.

V oboch variantoch výroby prebieha v reakčnej nádrži stály ohrev spojiva a jeho miešanie pomocou miešacieho šneku. Po namiešaní daného množstva CRmB a vyhriatí na teplotu okolo 175°C môžu nastať tri procesy:

- a) otvorí sa cesta (trojcestným ventilom) z reakčnej nádrže do asfaltového hospodárstva obalovne a obalovňa si potom sama určuje dávkovanie CRmB do zmesi, pričom v blenderi stále prebieha premiešavanie spojiva a ohrev pre udržanie teploty spojiva do doby jeho spotrebovania obalovňou (batch blend),
- b) v prípade, že objem požadovanej výroby prevyšuje kapacitu nádrže blenderu, ktorá je približne 17,5 ton, umožní sa rovnako ako v predchádzajúcom bode (a) odoberať obalovňou vyrobený CRmB a súčasne sa kontinuálne domiešava CRmB (continuous blend) na pokrytie dennej spotreby spojiva obalovňou pre namiešanie zmesi s CRmB,
- c) vyhrievanou transportnou hadicou sa prečerpá CRmB z reakčnej nádrže blenderu do pristavenej cisterny ADR, ktorá následne vykoná transport na krátku vzdialenosť a prečerpá CRmB do zásobníka asfaltu na inej obalovni (batch blend - obrázok 12).



Obrázok 12: Prečerpávanie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom do zásobníka asfaltu obalovne

4.3 Preprava a skladovanie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom

Doba vystavenia CRmB zvýšeným teplotám je limitovaná nasledovne:

- pod 120°C je doba skladovania bez obmedzení;
- 120°C až 160°C: 10 dní;
- 160°C až 175°C: 30 hodín;
- 175°C až 190°C: 8 hodín.

Prepravu (skladovanie) CRmB v prepravníku (zásobníku), ktorý nie je vybavený domiešavacím zariadením a vyhrievaním, je možné použiť len v prípade povrchovo upraveného gumového granulátu alebo sa celý objem CRmB musí prečerpať a premiešať, pričom sa musí dodržať doba vystavenia CRmB zvýšeným teplotám. Ak počas skladovania CRmB dôjde k jeho vychladnutiu pod 165°C, je potrebné ho pred odberom na obalovňu dostatočne ohriať a premiešať v celom objeme. Tento proces sa

môže vykonať len raz. CRmB sa nesmie nechať vychladnúť pod 165°C v nádobe, ktorá nie je vybavená vyhrievacím a domiešavacím zariadením – mohlo by dôjsť k poškodeniu nádoby. Teplota zmesi vyrobenej v obalovni nesmie prekročiť 180°C.

4.4 Kontrola kvality asfaltu modifikovaného gumovým granulátom

Výroba, prípadne transport a skladovanie CRmB vyžaduje kontrolu jeho kvality. Podľa technologického predpisu dodávateľa asfaltu modifikovaného gumovým granulátom je každá dodávka CRmB charakterizovaná:

- druhom a výrobcom použitého cestného asfaltu
- druhom a výrobcom použitého gumového granulátu,
- pomerom gumového granulátu v CRmB
- teplotou asfaltu pri jeho zmiešaní s gumovým granulátom [5].

Najcitlivejším ukazovateľom kvality CRmB je dynamická viskozita, ktorá je závislá na vlastnostiach cestného asfaltu a gumového granulátu a jeho obsahu v spojive. Viskozita sa mení s teplotou a dobou skladovania pri vysokej teplote. Na jej kontrolu sa používa analógový rotačný vretenový viskozimeter typu RION, meria sa pri teplote 175°C.



Obrázok 13: Meranie dynamickej viskozity rotačným vretenovým viskozimetrom

V laboratórnych podmienkach sa ďalej na odobratých vzorkách CRmB robia nasledujúce skúšky:

- penetrácia ihlou podľa ČSN EN 1426,
- bod mäknutia podľa ČSN EN 1427,
- resiliencia podľa ČSN EN 13880-3 s upresnením v TP 148 [32].

Výsledný asfalt modifikovaný gumovým granulátom CRmB má podľa technologického predpisu dodávateľa asfaltu modifikovaného gumeným granulátom [5] dosahovať hodnoty uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka 6: Požiadavky na vlastnosti CRmB podľa TP 148 (2012)

Spojivo	CRmB	
	A- nízkoviskózný	B- vysokoviskózný
Označenie	CRmB 45/80-55	CRmB 25/55-60
Obvyklé dávkovanie gumového granulátu, % z hmotnosti spojiva	5-15	15-25
Dynamická viskozita, ČSN EN 13302 [Pa. s]	0,3 až 1,5 pri 175°C	1,5 až 4,0 pri 175°C
Penetrácia ihlou 25 °C, ČSN EN 1426 [p.j.]	45 až 80	20 až 45
Bod mäknutia, ČSN EN 1427 [%]	min. 55	min. 60
Resiliencia pri 25°C, ČSN EN 13880-3 [%]	min. 15	min. 20
Hustota spojiva, ČSN EN 15326 [Mg/m ³]	1,04	

Kontrolné skúšky sa musia vykonávať podľa plánu kvality (Tabuľka 7).

Tabuľka 7: Kontrolné skúšky

Materiál	Skúška	Skúšobná norma	Počet skúšok
CRmB	Viskozita ¹⁾	ČSN EN 13302	1krát na 300 t
	Penetrácia pri 25 °C ¹⁾	ČSN EN 1426	1krát na 300 t
	Bod mäknutia ¹⁾	ČSN EN 1427	1krát na 300 t
	Resiliencia pri 25 °C ¹⁾	ČSN EN 13880-3	1krát na 300 t
Zmes s CRmB	Zrinitosť, obsah CRmB, mezerovitosť, odber na obalovni	ČSN EN 12697-1 ČSN EN 12697-2 ČSN EN 12697-8 ČSN EN 12697-39	1 000 t, najmenej však raz denne; povolené odchýlky zloženia podľa tabuľky 12, ČSN 73 6121 a mezerovitosť podľa tabuľky A1 prílohy A
¹⁾ Ako kontrolné skúšky je možné prevziať výsledky výstupnej kontroly dodávateľa CRmB popr. výsledky kontrol stavebného dozora			

4.5 Asfaltové zmesi s CRmB

Asfalt modifikovaný gumovým granulátom CRmB je možné použiť vo všetkých bežne vyrábaných asfaltových zmesiach (najmä asfaltový betón AC, asfaltový koberec mastixový SMA, asfaltový koberec drenážny PA, asfaltový betón pre veľmi tenké vrstvy BBTM). S výhodou sa však uplatňujú do vrstiev so zvýšenými nárokmi na odolnosť voči vzniku únavových, mrazových a reflexných trhlin a do drenážnych vrstiev pre zvýšenie ich životnosti. Podmienkou je úprava návrhu asfaltovej zmesi tak, aby bolo možné začlenenie častíc gummy do kostry asfaltovej zmesi. Prakticky to znamená zvýšiť mezerovitosť zmesi kameniva vypustením časti fileru a drobného

kameniva, prípadne navrhnuť asfaltovú zmes s prerušenou zrnitosťou kameniva (v USA nazývanú "gap graded"). Z dôvodu vyššej viskozity spojiva a prítomnosti častíc gummy je nutné zvýšiť obsah spojiva v asfaltovej zmesi. Zvýšením obsahu spojiva a vypustením časti fileru sa silne zvýši hrúbka filmu spojiva na povrchu kameniva (zvýši sa koeficient sýtosti), čo je výhodné z hľadiska obmedzenia oxidatívneho starnutia spojiva, zvýšenia pružnosti a zvýšenia trvanlivosti vrstvy. Vysoká viskozita spojiva s "napučanými" časticami gummy zaručí, že spojivo z povrchu kameniva nebude stekať. Pri návrhu drenážnych kobercov s protihlukovými účinkami sa rieši kompromis medzi trvanlivosťou asfaltovej zmesi (čo najvyšší obsah spojiva) a zlepšovaním protihlukových účinkov vrstvy zvyšovaním medzerovitosti asfaltovej zmesi (čo najnižší obsah spojiva).

4.5.1 Výroba zmesí s CRmB

Výroba zmesí s CRmB sa vykonáva podľa požiadaviek ČSN EN 13108-21 [7]; na výrobu je použitá automatizovaná obal'ovňa s požadovanou technickou úrovňou s potrebným hodinovým výkonom najmenej 120 t a doplnená dávkovaním sypkých a tekutých prísad. Výkon čerpadla dávkovacieho systému asfaltu spĺňa podmienky plynulej výroby a správneho dávkovania spojiva.

Maximálna pracovná teplota pre obal'ovanie zmesí s CRmB nesmie v žiadnom mieste obal'ovne prekročiť teplotu 180°C. Odporúča sa, aby CRmB a zmesi s CRmB boli vystavené teplote 180°C najviac 8 h.

4.5.2 Doprava zmesí s CRmB

Pri doprave asfaltovej zmesi z obal'ovne na miesto spracovania musí byť zmes chránená proti ochladzovaniu a znečisťovaniu.

Proti nalepovaniu zmesi s CRmB na steny a dno zavážacieho vozíka a na úložný priestor dopravných prostriedkov sa používajú bežné separačné prostriedky. Petrolej, nafta, benzín a iné rozpúšťadlá nie je dovolené používať.

4.5.3 Úprava vozovky pred pokládkou vrstiev zmesí s CRmB

Pred pokládkou zmesí s CRmB sa na vozovku nastrieka spojovací postrek z modifikovanej katiónaktívnej emulzie v množstve 0,15kg/m² až 0,40kg/m² zvyškového asfaltu (v závislosti na textúre a medzerovitosti podkladu). V prípade použitia zmesí pre obrusné vrstvy s návrhovou medzerovitosťou 7% až 10% je potrebné zvýšiť množstvo zvyškového asfaltu na 0,45 kg/m² až 0,60 kg/m².

Zmesi s CRmB pre obrusné vrstvy s návrhovou medzerovitosťou vyššou ako 10 % vyžadujú zníženie medzerovitosti ložnej vrstvy na najviac 5%. Pri vyššej medzerovitosti ložnej vrstvy je potrebné vykonať postrek podľa TP 147 [31] (SAMI vrstva).

4.5.4 Pokládka vrstiev zmesí s CRmB

Minimálna teplota vzduchu pre pokládku vrstiev zmesí s CRmB v súlade s ČSN 73 6121 [2] je uvedená v tabuľke 8. Pri minimálnych teplotách nesmie byť rýchlosť vetra vyššia ako 7,5 m/s (36 km/h).

Tabuľka 8: Minimálne teploty vzduchu

Vrstva	Pri pokládke [°C]	Za posledných 24 h [°C]
AC, SMA, BBTM, PA, SAL, AKO	+10	+6
Pri hrúbke väčšej ako 50 mm	+5	+3

Zmesi s CRmB sa plynule rozprestierajú finišermi. Pre kryty vozoviek diaľnic, rýchlostných ciest a rýchlostných miestnych komunikácií musia byť použité finišery s automatickým nivelačným zariadením. Ručné rozmiestnenie zmesi je nutné obmedziť na minimum, pretože plocha musí byť rovnomerne upravená hrabľami. Pri plnení násypiek finišeru treba postupovať opatrne, aby nedošlo k vysypaniu väčšieho množstva zmesi s CRmB, než je objem násypky. Príliš ochladené a zatvrdnuté kusy zmesi (rohové klíny pod.) musia byť z násypky finišera odstránené. Minimálne teploty pri rozprestieraní zmesí s CRmB v súlade s ČSN 73 6121 [2] sú uvedené v tabuľke 9.

Tabuľka 9: Minimálne teploty pri rozprestieraní zmesí s CRmB

Najnižšia prípustná teplota zmesi podľa hrúbky vrstvy v mm	
do 40 mm	viac ako 40 mm
160 °C	150 °C

Pozdĺžne a priečne pracovné spoje vo vrstvách ležiacich nad sebou sa musia vystriedať s presahom najmenej 200 mm. Potrebné je voliť takú šírku pokládky, aby sa pracovný pozdĺžny spoj vo vrstvách nenachádzal v stope kolies vozidiel v jazdnom pruhu.

V prípade pokládky obrusnej vrstvy ACO a SMA na polovičnú šírku vozovky sa musí okraj položenej vrstvy zhutniť valcom s prítlačnou bočnou oporou, alebo sa časť ťažko zhutniteľného okraja vrstvy prvej pokládky pred položením druhej polovice odstráni a zvislá plocha sa ošetrí spojovacím postrekom alebo sa použije samolepiaca tesniaca páska.

Pokládku BBTM a PA je vhodné vykonávať v celej šírke pokladanej úpravy. Pri pokládke dvoma finišerami idúcimi za sebou musí byť ich vzájomná vzdialenosť čo najmenšia. Pri vykonávaní vrstiev po poloviciach vozovky je nutné zaistiť spojenie vrstiev bez použitia tesnenia do pozdĺžnej škáry. Vhodné pracovné škáry možno dosiahnuť prekrytím hotovej vrstvy novou zmesou na výšku zodpovedajúcu nadvýšeniu

vrstvy pred dohutnením a šírku 30 mm až 50 mm. Zhutnením sa tenká nová vrstva zmesi zatlačí do skôr položenej vrstvy.

Zmesi s CRmB sa hutnia zvyčajne statickými valcami. Použitie vhodných vibračných valcov je možné pri hrúbkach vrstvy ≥ 35 mm v prvej fáze zhutňovania (maximálne 3 pojazdy) s výnimkou vrstiev BBTM B a PA. Dohutňovanie zmesi sa odporúča vykonávať až do teploty povrchu 60°C. Riadne zhutnenie vrstvy zmesi s CRmB je podmienkou správnej trvanlivosti vrstvy. Pred pokládkou zmesi s CRmB podľa nových počiatkových skúšok typu (ITT) pre triedu dopravného zaťaženia II a vyššie sa pod dozorom laboratória, ktoré ITT vykonala, musí vykonať zhutňujúci pokus.

4.5.5 Kontrolné skúšky zmesi s CRmB

Kontrolné skúšky zmesi s CRmB preukazujú zhodu vlastností s požiadavkami počiatkových skúšok typu (ITT). Výrobca zmesi s CRmB má na obalovni spracovaný a zavedený plán kvality podľa ČSN EN 13108-21 [7], v ktorom je uvedená frekvencia kontroly a rozsahu skúšania vstupných materiálov pre systém riadenia výroby. Kontrolné skúšky sa vykonávajú podľa plánu kvality uvedeného v Tabuľke 7.

5 POROVNANIE TECHNOLOGIE ASFALTU MODIFIKOVANÉHO GUMOVÝM GRANULÁTOM NA POKUSNÝCH ÚSEKOK V ČR A SR

5.1 Pokusné úseky zmesi s CRmB v ČR

Na základe stanovenia vlastností asfaltových zmesi s CRmB pomocou laboratórnych skúšok boli vypracované počiatkové skúšky typu (ITT - Initial Type Testing) pre jednotlivé asfaltové zmesi podľa ČSN EN 13108-20 [6]. Na základe týchto ITT boli niekoľkými zhotoviteľmi zrealizované pokusné úseky s cieľom overiť vlastnosti asfaltových vrstiev vytvorených z asfaltových zmesi s CRmB v reálnych prevádzkových podmienkach. Realizáciu vrstiev s CRmB vykonávali spoločnosti Reimo a.s., Skanska a.s., Alpine Bau CZ, s.r.o., Strabag, a.s., ISB Brno, spol. s r.o., Swietelsky Stavební s.r.o., Porr a.s. a M-Silnice, a.s..

Asfalt modifikovaný gumovým granulátom dodali spoločnosti Reimo a.s., Asphalt Rubber Italia S.r.l., Bisek a G-Asfalt s.r.o.

V rokoch 2007 až 2015 sa uskutočnilo celkovo 65 pokusných úsekov obsahujúcich asfaltovú zmes s CRmB, pričom bolo vyrobených takmer 58 400 ton asfaltovej zmesi s CRmB. Tieto asfaltové zmesi obsahovali 5159 ton asfaltu modifikovaného gumovým granulátom, pričom bolo spotrebovaných 800 ton gumového granulátu (príloha B).

Realizácia jednotlivých pokusných úsekov bola zdokumentovaná, boli vykonané kontrolné skúšky asfaltových spojív a asfaltových zmesi, pričom ďalej boli vykonané jadrové odbery pre zistenie volumetrických charakteristík položených asfaltových

vrstiev. V pravidelných intervaloch je sledovaný stav pokusných úsekov s ohľadom na trvanlivosť asfaltových vrstiev a v priebehu času sú sledované protišmykové vlastnosti a pozdĺžne nerovnosti povrchov vozoviek vybraných pokusných úsekov a ďalej sa vykonáva meranie hladiny hluku metódou malej vzdialenosti (CPX - Close Proximity Method) vybraných úsekov a meranie hladiny hydraulikkej priepustnosti vrstiev asfaltových kobercov drenážnych.

5.1.1 Pokusný úsek 23- Dobrovského- Žabovřeská, Brno

Pokládka obrusnej vrstvy asfaltového koberca mastixového SMA s CRmB hrúbky 30 mm prebehla v máji 2012 na novovybudovanom zjazde z ulice Hradecká (v smere od mosta nad ulicou Královopolská) na R42. Vrstva obsahuje 8,5% spojiva CRmB (spojivo CRmB obsahuje 16,8 % gumového granulátu) a vykazuje medzerovitosť 5,0 %.

KARTA ÚSEKU		Číslo:	23
Názov úseku:	Dobrovského - Žabovřeská, Brno		
Dopravné zaťaženie:	SV: 16 609; TV: 2557		
Asfaltová zmes:	SMA 8 S	Dátum pokládky:	9.5. - 10.5.2012
Dĺžka úseku:	1000 m	Číslo cesty:	I/42
Hrúbka vrstvy:	30 mm	Obsah granulátu:	16,8%
Plocha:	8000 m ²	Miešacie zariadenie:	G-Asfalt
Hmotnosť zmesi:	424 ton	Gumový granulát:	Montstav 0/1 mm
Zhotoviteľ:	Strabag	Cestný asfalt:	OMV 50/70

Mapa:



Foto:

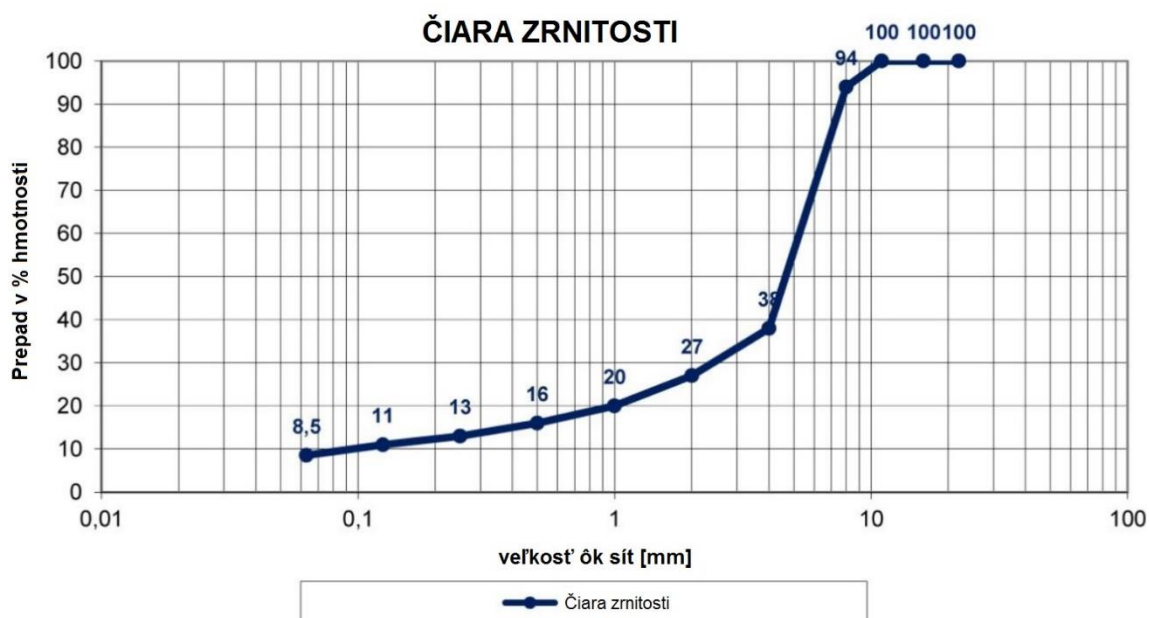


Návrh asfaltovej zmesi:

Kamenivo:	Vápencová múčka, Luleč 0/4, Luleč 4/8
Obsah CRmB:	8,5 %
Prísady:	-
Medzerovitosť:	5,8 %

Tabuľka 10: Čiara zrnitosti zmesi

Veľkosť ôk sita [mm]	22	16	11	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
Prepad [% hmotnosti]	100	100	100	94	38	27	20	16	13	11	8,5



Obrázok 14: Čiara zrnitosti zmesi SMA s CRmB

Vlastnosti použitého cestného asfaltu OMV 50/70 stanovené v laboratóriu sú uvedené v tabuľke 11.

Tabuľka 11: Vlastnosti cestného asfaltu OMV 50/70 stanovené v laboratóriu

Asfaltové spojivo	OMV 50/70
Penetrácia ihlou, ČSN EN 1426, 25°C [0,1 mm]	60
Bod mäknutia, ČSN EN 1427 [°C]	47,7

Laboratórne vlastnosti asfaltu modifikovaného gumovým granulátom odobraného pri výrobe v miešacom zariadení v porovnaní s požiadavkami na vlastnosti CRmB podľa TP 148 [32] sú uvedené v tabuľke 12.

Tabuľka 12: Vlastnosti CRmB odobraného pri výrobe a porovnané podľa TP 148

Vlastnosti asfaltu modifikovaného gumovým granulátom odobratného pri výrobe	OMV 50/70 +16,8 % gumového granulátu	Požiadavka
Penetrácia ihlou, ČSN EN 1426, 25°C [0,1 mm]	39	20 až 45
Bod mäknutia, ČSN EN 1427 [°C]	63,4	min. 60
Viskozita pri 175°C, ČSN 13302 [Pa.s]	4,5	1,5 až 4,0 pri 175°C
Resiliencia, ČSN EN 13880-3 [%]	32	min. 20

Pre výrobu asfaltovej zmesi bolo potrebné vytvoriť počiatočné skúšky typu ITT pre jednotlivé obalovne. Pri vykonávaní pokusných pokládok zmesi SMA s CRmB boli odoberané vzorky tejto zmesi. Na týchto vzorkách boli vykonané kontrolné skúšky. Výsledky vykonaných skúšok typu ITT a kontrolných skúšok asfaltovej zmesi SMA 8 S sú skrátené uvedené v Tabuľke 13.

Tabuľka 13: Počiatočné skúšky typu ITT a kontrolné skúšky zmesi SMA 8 S

Parameter asfaltovej zmesi SMA 8 S	označenie	jednotka	ITT SMA 8 S	Kontrolné skúšky
Obsah spojiva	B _{min}	% hmotnosti	8,5	8,5
Obsah rozpusteného spojiva	B _{min}	% hmotnosti	7,1	7
max. objemová hmotnosť zmesi	ρ_{mv}	Mg/m ³	2,39	2,375
objemová hmotnosť MT	ρ_{bssd}	Mg/m ³	2,251	2,257
max. objemová hmotnosť kameniva	ρ_d	Mg/m ³	2,653	2 627
medzerovitosť	V	% objemu	5,8	5
medzerovitosť kameniva	VMA	% objemu	21,2	20,1
stupeň vyplnenia medzier	VFB	%	73	75
objem spojiva	B _{vol}	% objemu	15,4	15,1
teplota zhutnenia MT	T	°C	155	155
< 16	-	% hmotnosti	100	100
< 11,2	-	% hmotnosti	100	100
< 8	-	% hmotnosti	94	94
< 5,6	-	% hmotnosti	57	59
< 4	-	% hmotnosti	38	34
< 2	-	% hmotnosti	27	21
< 1	-	% hmotnosti	20	15
< 0,5	-	% hmotnosti	16	11
< 0,25	-	% hmotnosti	13	10
< 0,125	-	% hmotnosti	11	9
< 0,063	-	% hmotnosti	8,5	8,3

Porovnaním fyzikálno-mechanických parametrov asfaltovej zmesi SMA 8 S vyrobenej použitím asfaltu modifikovaného gumovým granulátom CRmB B s obsahom gumového granulátu 16,8 % hmotnosti asfaltu, s parametrami Katalógových listov asfaltových zmesí (KLAZ) [11] používaných na Slovensku pre asfaltovú zmes SMA 8, dostupných na Slovenskej Správe Ciest (SSC), možno konštatovať, že vyrobená asfaltová zmes SMA s CRmB spĺňa všetky požadované parametre podľa KLAZ (viď. zvýraznené, červenou). Požadované parametre pre asfaltovú zmes SMA 8 podľa KLAZ sú uvedené v Tabuľke 14.

Tabuľka 14: Požadované parametre podľa KLAZ pre asfaltovú zmes SMA 8

Požadované parametre asfaltovej zmesi SMA 8 S podľa KLAZ	označenie	jednotka	SMA 8 O; I	Skúšobná norma
Minimálny obsah spojiva	B_{min}	% hmotnosti	6,9	STN EN 12697-1
Minimálna medzerovitosť	V_{min}	% objemu	2,5	STN EN 12697-8
Maximálna medzerovitosť	V_{max}	% objemu	4,5	
Minimálne percento medzier v kamenive vyplnených asfaltom	VFB_{min}	% objemu	74	STN EN 12697-8
Minimálne percento medzier v kamenive vyplnených asfaltom	VFB_{max}	% objemu	86	
< 11,2	-	% hmotnosti	100	STN EN 933-1
< 8	-	% hmotnosti	90-100	
< 4	-	% hmotnosti	35-60	
< 2	-	% hmotnosti	25-35	
< 0,5	-	% hmotnosti	14-26	
< 0,063	-	% hmotnosti	6-12	

5.2 Asfaltová zmes SMA 11 vyrobená použitím modifikovaného asfaltu PmB 45/80-55 (Apollobit R) na Slovensku, pokusný úsek

V rámci výskumného projektu s názvom *“Využitie polymérov z recyklovaných pneumatík v cestnom staviteľstve“*, ktorý sa realizoval na SR v rokoch 2008-2010 pod vedením zodpovedného riešiteľa VUIS-CESTY, s.r.o., Ing. Lubomír Polakovič, CSc, bolo jedným z cieľov projektu stanovenie pevnostných a deformačných parametrov asfaltovej zmesi **asfaltového koberca mastixového SMA 11** vyrobeného použitím modifikovaného asfaltu PmB 45/80-55 (obchodné označenie Apollobit R) podľa STN EN 13108-5 [23].

Ďalším výsledkom projektu bolo stanovenie:

- vlastností modifikovaného asfaltu PmB 45/80-55 odobratého zo skladovacej nádrže obalovacej súpravy (Kečka – Rakytovce),
- porovnanie parametrov modifikovaného asfaltu pri jeho expedícii (od výrobcu Slovnaft, a.s.) až po jeho aplikáciu v mieste obalovacej súpravy bezprostredne počas výroby zmesi SMA 11.

5.2.1 Vlastnosti gumového granulátu

Gumový granulát Granubit 1000 bol vyrobený mechanickým drvením opotrebovaných pneumatík prevažne z osobných automobilov v závode V.O.D.S. Kechnec. Základné vlastnosti gumového granulátu sú uvedené v Tabuľke 15.

Tabuľka 15: Základné vlastnosti gumového granulátu Granubit 1000

GRANUBIT 1000	Testovacia metóda	Odporúčaná kvalita	Dosiahnuté hodnoty
Vzhľad	vizuálne	čierna	čierna
Zrnitosť [mm]	ASTMD-297	max.2% > 1,0	0,9
Obsah popola [% hm.]	ASTMD-297	max. 8,0	5,5 – 8,0
Vlhkosť, prchavé látky [% hm.]	ASTMD-297	max. 0,95	0,65
Acetónový extrakt [% hm.]	ASTMD-297	max. 10,0	-
Poznámka: Producent musí dodať certifikát o nulovom obsahu železa v produkte			

5.2.2 Zapracovanie gumového granulátu do asfaltu

Modifikovaný asfalt PmB bol vyrobený tzv. mokrou cestou, kedy sa gumový granulát v množstve 8 % z hmotnosti pôvodného asfaltu pridal do asfaltu a roztok sa za stáleho miešania a teploty 180°C-200°C homogenizoval 1 hodinu. Následne sa do roztoku pridali vulkanizačné činidlá a intenzívne sa miešal 30 minút. Potom sa nechal modifikovaný asfalt dobehnúť v sušiarňi 4 hodiny pri teplote 160°C.

Vzhľadom na to, že hlavným cieľom riešenia bola aplikácia gumou modifikovaného asfaltu v asfaltových zmesiach, bolo potrebné venovať pozornosť výsledným vlastnostiam asfaltových zmesí. Na overenie vlastností sa zvolil typ asfaltového koberca mastixového, ktorý sa používa ako obrusná vrstva pre vozovky s najvyššou triedou dopravného zaťaženia. Pre analýzu dosiahnutých parametrov sledovaného modifikovaného asfaltu sa použili dve vzorky asfaltu – laboratórne pripravený asfalt vo výrobní Slovnaft (956/Pa) a asfalt odobratý na obalovacej súprave Doprastavu a.s. (1033/Pa). Parametre týchto asfaltov sú uvedené v Tabuľke 16.

Tabuľka 16: Analýza spojiva PmB 45/80-55

Odber modifikovaného asfaltu vzorky č. 956/PA v Slovnafte, a.s. a vzorky č. 1033/Pa			
na obalovacej súprave Kečka – Rakytovce			
Interné číslo vzorky	956/Pa	1033/Pa	Požiadavka
Vlastnosti pôvodného asfaltu			
Bod mäknutia [°C]	57,4	57,9; 55,2 58,2	min. 55
Penetrácia/25°C [0,1 mm]	63	79	45-80
Bod lámavosti [°C]	-17,5	-19,5	max. -18
Elastická návratnosť/25°C [%]	70,5	77,5	min. 50
Kohézná energia/5°C [J/cm ²]	7,35	7,05	min. 2
Dynamická viskozita/135°C [mPa.s]	-	-	-

Dynamická viskozita/180°C [mPa.s]	882	502	-
Bod vzplanutia [°C]	328	323	min. 250
Vlastnosti po starnutí RTFOT 5 h/163 °C			
Strata hmotnosti [% wt.]	-0,134	-0,0857	max. 0,5
Zvyšková penetrácia/25°C	93,2	81	min. 50
Zvýšenie bodu mäknutia [°C]	0,8	0	max. 12
Skladovacia stabilita/180°C, rozdiel bodu mäknutia [°C]	11	6,4	max. 5

Pri analyzovaní dosiahnutých parametrov sledovaného modifikovaného asfaltu odobratého u výrobcu Slovnaft, a.s. a na obalovacej súprave Doprastavu, a.s. je možné vyjadriť nasledovné poznatky:

- modifikovaný asfalt spĺňa všetky požiadavky vyplývajúce z STN EN 14023 [26], ako aj z Katalógových listov asfaltov (KLA) [10] stanovených pre spojivo PMB 45/80-55, okrem skladovacej stability;
- na vzorke č. 956/Pa tohto sledovaného spojiva nie je splnená požiadavka na skladovaciu stabilitu (180°C, rozdiel bodu mäknutia °C), ktorá požiadavka bola prekročená o 6°C (vzorka odobratá vo výrobní Slovnaft);
- na vzorke č. 1033/Pa je skladovacia stabilita zanedbateľne prekročená, t. j. o 1,4°C;
- z porovnania vzoriek č. 956/Pa a č. 1033/Pa modifikovaného asfaltu vyplýva, že vzorka tohto spojiva, odobratého priamo v mieste obalovacej súpravy, je kvalitatívne vyššia;
- vyššie kvalitatívne vlastnosti spojiva a predovšetkým „skladovacia stabilita“ boli pri výrobe zmesi zaistené premiešavaním spojiva v skladovacej nádrži vertikálnym miešacím zariadením po dobu, ktorá uplynula odo dňa dodávky do jeho spracovania na OS (viac ako 50 h). Spojivo vystavené teplote pri jeho transporte na OS a pri skladovaní, bolo pozitívne touto teplotou ovplyvnené, znížila sa penetrácia, poklesla strata hmotnosti a znížil sa rozdiel bodu mäknutia pri skladovacej stabilite o 4,6°C. Ako modifikačná prísada bol použitý gumový granulát.

5.2.3 Laboratórny návrh asfaltovej zmesi SMA 11 – ITT

Asfaltová zmes asfaltového koberca mastixového SMA bola realizovaná na obalovacej súprave Teltomat V, vybavenej strojovým zariadením pre horúce triedenie kameniva. Pre návrh zloženia asfaltovej zmesi boli použité stavebné materiály uvedené v tabuľke 17.

Tabuľka 17: Použité komponenty na výrobu asfaltovej zmesi SMA 11

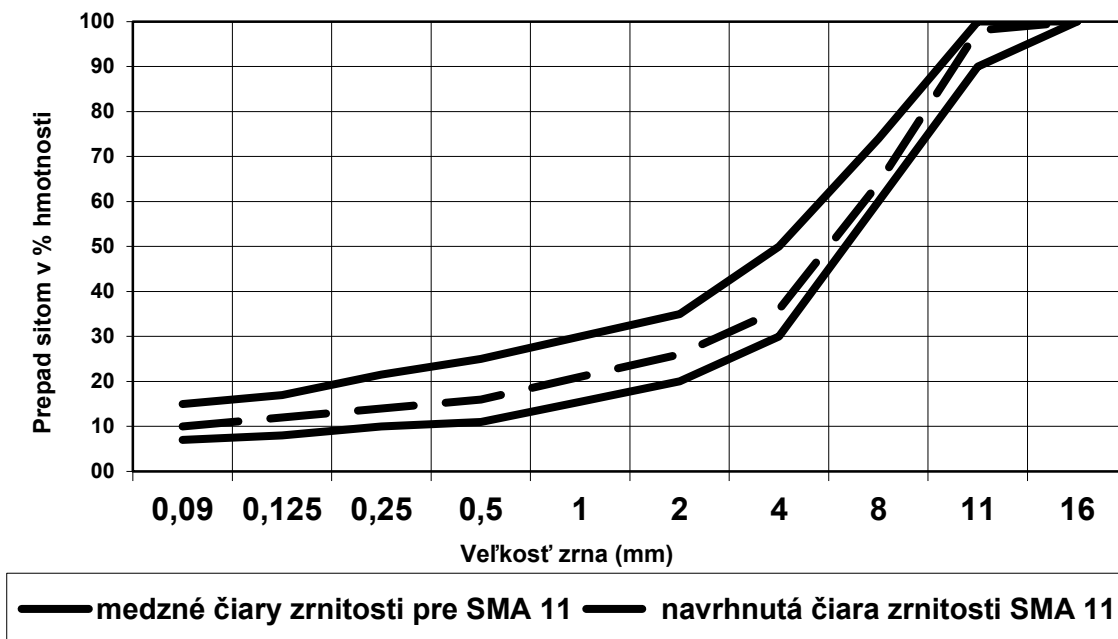
Komponenty asfaltovej zmesi SMA ¹⁾	Výrobňa	Výrobca
hrubé kamenivo 8-11 mm	Hanišberg	EUROVIA – Kameňolomy ,s r.o.
hrubé kamenivo 4-8 mm	Stožok	PK Doprastav, a.s., Žilina
hrubé kamenivo 2-5 mm	Hanišberg	EUROVIA – Kameňolomy, s.r.o.
drobné kamenivo 0-2 mm	Biely Potok	PK Doprastav, a.s., Žilina
kamenná múčka	Lietavská Lúčka	BAUMIT, s.r.o.
modif. asfalt PMB 45/80-55	Rafinéria Bratislava	Slovnaft, a.s.

¹⁾ Na výrobu asfaltovej zmesi bola použitá stabilizačná prísada Topcel v množstve 0,5 % na 100 % zmesi

Zastúpenie komponentov v zmesi:

kamenivo 8-11 mm	40,0 % hmot.
kamenivo 4-8 mm	17,0 % hmot.
kamenivo 2-5 mm	11,0 % hmot.
kamenivo 0-2 mm	16,4 % hmot.
kamenná múčka (filer)	9,0 % hmot.
modifikovaný asfalt PmB 45/80-55	6,6 % hmot.

Priebeh čiary zrnitosti zobrazený na obrázku 15 zodpovedá návrhu tejto zmesi, čiara sa nachádza takmer v strede medzných čiar pre zmes SMA 11.



Obrázok 15: Čiara zrnitosti asfaltovej zmesi SMA 11 vyrobenej na obalovacej súprave Kečka-Rakytovce

Referenčná teplota na výrobu asfaltovej zmesi v laboratóriu je stanovená na 155°C, maximálna teplota zmesi SMA 11 pre výrobu na obalovacej súprave je stanovená na 175°C. Parametre asfaltovej zmesi stanovené výrobcom počiatočnou skúškou typu ITT sú uvedené v tabuľke 18.

Tabuľka 18: Parametre asfaltovej zmesi SMA 11 podľa ITT

Parameter sme SMA 11	Hodnoty podľa ITT	Požadované kategórie podľa KLAZ III/1
Maximálna objemová hmotnosť ρ_{mv} [kg/m ³]	2 397	-
Objemová hmotnosť [kg/m ³]	2 327	-
Medzerovitosť V [%]	2,9	2,5 až 4,5
Citlivosť na vodu – min. pomer pevnosti v priečnom ťahu ITSR [%]	92,8	min. 80,0
Max. pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje PRD _{AIR} [%]	4,6	max. 5,0
Max. sklon vyjazdenej koľaje WTS _{AIR} [mm/10 ³ cyklov]	0,04	max. 0,10
Max. percento stečeného spojiva D [%]	0,14	max. 0,3

5.2.4 Výroba a pokládka zmesi SMA 11

Výroba zmesi asfaltového koberca mastixového SMA 11 bola realizovaná dňa 29. 08. 2008 na obalovacej súprave Teltomat V Kečka – Rakytovce s hodinovým výkonom 120 t/hod. Teplota modifikovaného asfaltu dosahovala maximálne 180°C, teplota asfaltovej zmesi sa pohybovala v intervale 163 až 168 °C. Jedna zámes asfaltovej zmesi bola 2 000 kg.

Modifikovaný asfalt PmB 45/80-55 bol uskladnený vo vertikálnych nádržiach po dobu dvoch dní pri účinnom premiešavaní asfaltového spojiva lopatkami uchytenými na vertikálne postavenej oceľovej tyči miešacieho zariadenia.



Obrázok 16: Výroba asfaltovej zmesi SMA 11 modifikovanej asfaltom PmB 45/80-55

Pokládka zmesi SMA 11 sa realizovala na rýchlostnej ceste R1 v úseku Stráža – Kováčová – B. Bystrica, a to obnovou obrusnej vrstvy vozovky na mostnom objekte nad príjazdovou cestou do Kováčovej a na príľahlých úsekoch k mostnému objektu.

Zhutňovanie asphaltovej vrstvy SMA 11 zabezpečovali dva valce Bomag, hmotnosti 4 tony a 12 ton. Výroba, ako aj pokládka zmesi SMA 11 bola vykonaná bez akýchkoľvek problémov.

Počas výroby asphaltovej zmesi bol zo zásobníka asphaltového spojiva odobratý modifikovaný asphalt, a to z jeho spodnej úrovne.

Asfaltová zmes bola odobratá priamo z miesta pokládky v množstvách potrebných pre vykonanie kontrolných skúšok.



Obrázok 17: Pokládka zmesi SMA 11 modifikovaná asfaltom PmB 45/80-55



Obrázok 18: Pokládka zmesi SMA 11 modifikovaná asfaltom PmB 45/80-55

5.2.5 Parametre asfaltovej zmesi SMA 11 odobratej z miesta pokládky

Fyzikálno-mechanické parametre asfaltovej zmesi SMA 11 uvedené v tabuľke 19 vyplývajú z laboratórnych skúšok vykonaných na zmesi SMA 11 odobratej v mieste jej pokládky dňa 25. 9. 2008.

Tabuľka 19: Fyzikálno-mechanické parametre zmesi SMA 11

Parametre asfaltovej zmesi SMA 11	Namerané hodnoty	Požadované parametre podľa KLAZ
Maximálna objemová hmotnosť ρ_{mv} [kg/m ³]	2 446,00	-
Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi ρ_{bssd} [kg/m ³]	2 376,00	-
Medzerovitosť, V_m [%]	2,8	2,5 – 4,5
Percento medzier v kamenive vyplnených asfaltom VFB [%]	82	74 - 83
Max. pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje PRD_{AIR} [%]	4,3	max. 5,0
Max. sklon vyjazdenej koľaje WTS_{AIR} [mm/10 ³ zaťaž. cyklov]	0,021	max. 0,1
Citlivosť na vodu, min. pomer pevností v priečnom ťahu ITSR [%]	92,2	min. 80,0
Stekavosť spojiva [%]	0,05	max. 0,3
Obsah asfaltu [%]	6,6	deklarované 6,6

Na základe posúdenia fyzikálno-mechanických parametrov asfaltovej zmesi SMA 11 vyrobenej použitím PmB 45/80-55 je možné konštatovať, že sú splnené všetky požadované parametre podľa Katalógových listov asfaltových zmesí pre asfaltovú zmes SMA 11. Tieto parametre sú vyššie ako požadované, a to v parametre citlivosti na vodu, v odolnosti proti trvalým deformáciám (kategória PRD_{AIR} a WTS_{AIR}), v stekavosti spojiva.

Dosiahnuté parametre laboratórnymi skúškami potvrdzujú, že spojivo je možné aplikovať na zhotovenie obrusných vrstiev diaľnic, rýchlostných ciest a ciest I. triedy, t. j. na vozovkách s najvyššou triedou dopravného zaťaženia (STN 73 6114) [21].

V tabuľke 20 sú porovnané fyzikálno-mechanické parametre zmesi SMA 11 podľa Počiatočnej skúšky typu ITT s parametrami uvedenými v tabuľke 19, ktoré je možné považovať za kontrolné skúšky. Laboratórne vzorky pre vykonanie skúšok v zmysle Počiatočnej skúšky typu ITT boli zhotovené aplikáciou modifikovaného spojiva PmB 65/105-65 (Apollobit S), laboratórne skúšky (kontrolné) sú vykonané s modifikovaným asfaltom PmB 45/80-55.

Tabuľka 20: Porovnanie parametrov zmesi podľa ITT a na odobratej zmesi SMA 11

Parametre asfaltovej zmesi SMA 11	Namerané hodnoty (kontrolné skúšky)	Parametre podľa Počiatočnej skúšky typu ITT
Maximálna objemová hmotnosť ρ_{mv} [kg/m ³]	2 446,00	2,397,0
Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi ρ_{bssd} [kg/m ³]	2 376,00	2 327,00
Medzerovitosť, V_m [%]	2,8	2,9
Percento medzier v kamenive vyplnených asfaltom VFB [%]	82	84,2
Max. pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje PRD_{AIR} [%]	4,3	4,6
Max. sklon vyjazdenej koľaje WTS_{AIR} [mm/10 ³ zaťaž. cyklov]	0,021	0,04
Citlivosť na vodu, min. pomer pevností v priečnom ťahu ITSR [%]	92,2	92,8
Stekavosť spojiva [%]	0,05	
Obsah asfaltu [%]	6,6	6,6

5.2.6 Zhrnutie poznatkov asfaltového koberca mastixového SMA 11 vyrobeného použitím modifikovaného asfaltu PmB 45/80-55 (Apollobit R)

Vykonané laboratórne skúšky a stanovenie kvalitatívnych vlastností modifikovaného asfaltu PmB 45/80-55, ako aj stanovenie fyzikálno-mechanických parametrov asfaltovej zmesi SMA 11 preukázali:

- asfaltové spojivo PmB 45/80-55 spĺňa stanovené požiadavky v zmysle Katalógových listov KLA 10/2006, ako aj na vybratej triedy pre technické požiadavky na asfalty modifikované polymérom;
- prekročenie technickej požiadavky na stálosť spojiva pri skladovaní, a to zmenou bodu mäknutia. Došlo k zanedbateľnému prekročeniu tejto technickej požiadavky o 1,4 °C;
- použitá zmes SMA 11 spĺňa všetky fyzikálno-mechanické parametre pre jej aplikáciu na vozovkách najvyššej triedy dopravného zaťaženia I (diaľnice), a to v zmysle KLAZ [11], ako aj STN EN 13108-5 [23];
- výroba a pokládka asfaltovej zmesi SMA bola vykonaná bez akýchkoľvek technických problémov, realizácia sa uskutočnila na obalovacej súprave Doprastavu, a.s. v lokalite Kečka – Rakytovce. Súprava je vybavená skladovacími nádržami, ktoré umožňujú skladované asfaltové spojivo premiešavať. Jednoznačne bola preukázaná vhodnosť vertikálneho miešacieho zariadenia, nakoľko spojivo modifikované polymérom sa stáva homogénnym, čo preukázala skúška stálosti pri skladovaní charakterizovaná zmenou bodu mäknutia. Hodnota stálosti pri skladovaní na odobratej vzorke asfaltu (STN EN 13399 [25], STN EN 1427 [27]) sa rovná

6,4 °C, oproti požiadavke triedy 2 rovnajúcej sa 5°C. Premiešavaním bola dosiahnutá kvalitatívne vyššia hodnota, ako pri vlastnej výrobe v rafinérii;

- pri pridávaní prísady na báze gummy do miešačky OS bolo potrebné predĺžiť čas miešania o 15 až 30 sekúnd a zvýšiť teplotu na 175°C až 180°C;
- pri pokládke zmesí bolo potrebné venovať zvýšenú pozornosť okamžitému zhutňovaniu valcami po predhutnení zmesi finišerom.

6 VLASTNÉ ZHRNUTIE POZNATKOV

Asfaltové zmesi modifikované gumovým granulátom CRmB majú vďaka obsahu gumového granulátu:

- zvýšenú viskozitu a pružnosť modifikovaného asfaltového spojiva, čo umožňuje vyššie dávkovanie spojiva bez jeho stekania,
- spojivo umožňuje vytvoriť asfaltové zmesi s vysokou medzerovitosťou, čo zabezpečuje zníženie hlukových emisií na životné prostredie,
- pri správne zvolených komponentoch, optimálnom množstve gumového granulátu, vhodného spôsobu výroby a vhodného tvaru a zrnitosti gumového granulátu je možné zvýšiť odolnosť proti starnutiu asfaltovej zmesi vplyvom teplôt, zlepšiť ich pevnostné a deformačné charakteristiky, predĺžiť životnosť vozovky a oddialiť vznik trhlín a výtlkov.

Počas spracovávania bakalárskej práce som osobne navštívila rôznych slovenských a českých realizátorov „gumoasfaltu“, ako sú Cesty Nitra a.s. (obaľovačka pri Nitre), Doprastav Asfalt, a.s., Zvolen, VUIS – CESTY spol.s.r.o., Fakulta stavební VUT v Brně, CONSULTEST s.r.o. Brno, pričom som získala rozdielne odborné hodnotenie predmetnej technológie, v závislosti na spôsobe spracovania gummy a výroby asfaltového spojiva modifikovaného gumovým granulátom.

U slovenských zhotoviteľov prevláda zdržanlivosť v ďalšom postupe aplikácie „gumoasfaltov“, kvôli niektorým doterajším problémom počas výroby a aplikácie zmesi, týkajúcich sa hlavne:

- spôsobe a presnosti dávkovania gumového granulátu do asfaltu:
 - pri ručnom dávkovaní gumového granulátu do asfaltu sa neúmerne predlžoval čas potrebný na výrobu modifikovaného spojiva,
 - pri mechanickom dávkovaní modifikované asfaltové spojivo bolo nehomogénne,
- skladovateľnosti modifikovaného asfaltového spojiva, ktoré bolo počas výroby zmesi potrebné skladovať pri teplote 170°C až 180°C, čo je pre zhotoviteľa stavby ekonomicky náročnejšie, ako pri použití tradičných cestných asfaltov alebo asfaltov modifikovaných polymérom,
- prečerpávania asfaltového spojiva kvôli zabráneniu sedimentovania gumového granulátu na dno zásobníkov, čo znižovalo výkon zariadenia na výrobu modifikovaného asfaltu a tým aj obaľovacej súpravy,
- gumový granulát zanášal filtre a čerpadlá zariadenia, vykurovacie hady na dne nádrže po aplikácii gumového granulátu ostali trvalo plastické,
- modifikované asfaltové spojivo na obaľovacej súprave Doprastavu a.s. pri výrobe zmesi svojou tuhosťou, plasticnosťou a lepivosťou spálilo motor zariadenia,

- bolo cítiť výpary zo síry,
- pri pokládke asfaltovej zmesi sa nevyskytli žiadne značné problémy,
- pri zhutňovaní asfaltovej zmesi valcami bolo potrebné na valce nanášať oleje, aby sa zabránilo lepeniu asfaltovej zmesi,
- aplikácia gumového granulátu mala pozitívny vplyv na životnosť vozovky, pokusné úseky boli aj po 15 rokoch odolnejšie na vytváranie koľají, asfaltová zmes sa nerozpadávala ako pri použití tradičných cestných asfaltov.

Naproti tomu v ČR bolo od roku 2003 do konca 2015 zrealizovaných 90 000 ton rôznych asfaltových zmesí s asfaltom modifikovaným gumovým granulátom na rôznych kategóriách ciest.

Dňa 18.-19. mája 2016 som sa osobne zúčastnila výroby asfaltového spojiva modifikovaného gumovým granulátom CRmB v Jihomoravskej obalovni Rajhradice, ktorá prebehla bez komplikácií a nepotvrdila vyššie uvedené problémy.

ZÁVER

Pri návrhu konštrukcie vozovky je potrebné zvoliť také druhy materiálov, ktoré odolávajú jednotlivým vplyvom, ktoré na vozovku pôsobia. Ide o klimatické faktory (striedanie teplôt, pôsobenie vody a mrazu) a o pôsobiace dopravné zaťaženie. Počet dopravných prostriedkov sa neustále zvyšuje, z čoho vyplýva zvyšujúce sa zaťaženie vyvíjané na konštrukciu vozovky. Jednotlivé vrstvy vozovky musia spĺňať požadované pevnostné a deformačné charakteristiky. Z tohto dôvodu sa hľadajú aj nové alternatívne technológie, ktoré dokážu dané požiadavky splniť, s dôrazom na ekonomické úspory, a pozitívny vplyv na životné prostredie.

Na Slovensku v súčasnosti neexistuje norma či technický predpis upravujúci podmienky použitia environmentálne akceptovateľných technológií, jedinou výnimkou je norma STN EN 13108-8 [24] upravujúca aplikáciu R-materiálu do asfaltových zmesí a tri technické predpisy TP 04/2011 Recyklácia asfaltových zmesí za horúca v obalovacích súpravách [28], TP 05/2011 Recyklácia asfaltových zmesí na mieste za horúca pre vozovky s dopravným zaťažením triedy I. až IV. [29] a TP 07/2011 Opätovné spracovanie vrstiev netuhých vozoviek za studena na mieste [30].

Výsledky výskumov, aplikácií a schválenej metodiky pre použitie asfaltových zmesí s asfaltom modifikovaným gumovým granulátom v Českej republike (Ministerstvom Dopravy ČR v januári 2016), môžu byť jedným z podkladov pre vypracovanie technického predpisu upravujúceho aplikáciu gumového granulátu do asfaltových zmesí na Slovensku.

Tak ako technológie výroby a spracovania cestných stavebných zmesí, prechádzajú postupným vývojom, aj asfaltové zmesi modifikované gumovým granulátom prešli svojím procesom zdokonaľovania. Celkové svetové smerovanie v oblasti posudzovania pôsobenia rôznych činností na životné prostredie, členstvo našich krajín v EÚ a potreba plnenia záväzkov voči nej si žiada, že aj naše krajiny postupne využívajú nové technológie, ktoré sú napr. energeticky menej náročné a produkujú menej emisií. Dôraz sa kladie aj na ekonomické úspory. Odhodením predsudkov z minulosti je možné pomôcť „svetu nielen lepšie dýchať“, ale aj dlhšie jazdiť po nových a kvalitnejších cestách.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] ASTM D6114-97 Standard Specification for Asphalt Rubber Binder. 2002.
- [2] ČSN 73 6121 Stavba vozovek - Hutněné asfaltové vrstvy - Provádění a kontrola shody
- [3] ČSN EN 12591 Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfalty. Praha. 2009. 28 s.
- [4] ČSN EN 13043 (721501) Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
- [5] ČSN EN 13108-2 Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 2: Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy, 2008
- [6] ČSN EN 13108-20 Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 20: Zkoušky typu. Praha. 2009. 30 s.
- [7] ČSN EN 13108-21 Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 21- Řízení výroby u výrobce
- [8] Ing. Ondřej Dašek, Výzkum a realizace dodávky asfaltu modifikovaným pryžovým granulátem systémem “just in time“ a komplexní servis při výrobě asfaltových směsí, Příloha 2, Česká republika, 49 strán, 2013
- [9] KIRK, J. V.; HOLLERAN, G, Reduced thickness asphalt rubber concrete leads to cost effective pavement rehabilitation. 1. international conference World of pavements. Sydney. Australia. 2000, 12 strán
- [10] KLA 1/2014, Katalógové listy asfaltov, 2014
- [11] KLAZ 1/2010 Katalógové listy asfaltových zmesí, 2010
- [12] KUDRNA, J. Laboratory tests and on field experiences in Czech Republic. RE-Book Recycled Tyre Materials in Roads and Civil Engineering. 2007
- [13] KUDRNA, J. Využití ojetých pneumatik ve stavbě pozemních komunikací. Seminář Recyklace a využití Druhotných surovin při stavbě a opravě pozemních komunikací. VUT v Brně, FAST. Česká republika, ISBN 80-214-3178-4. s. 81-92. 2006
- [14] Phoenix Industries, Waste Tire Recycling Plants, dostupné na: http://www.phoenixindustries.com/tire_recycling_plants.html
- [15] POTGIETER, C. J. Bitumen rubber asphalt: Year 2003 design and construction procedures in South Africa. 8th Conference on asphalt pavements for Southern Africa (CAPSA'04). Sun City. South Africa. 2004
- [16] Předpis č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- [17] Rubber Pavement Association: Asphalt-Rubber Hot Mix-Gap Graded Thickness Determination Guide. [online]. Dostupný na:
< http://www.rubberpavements.org/RPA_News/sum2003/pg7.html >

- [18] Section 336. Asphalt Rubber Binder. [online]. Dostupný na: <http://www.asphaltrubber.org/ari/Specifications/Florida_AR_Binder_Spec.pdf>
- [19] SHATNAWI, S. Comparisons of Rubberized Asphalt Binders. Asphalt-Rubber and Terminal Blend. White Paper. Kalifornia, USA, 16 strán, 2011
- [20] SOUSA, J. What is asphalt rubber? Where is it used? Usage around the world. Asphalt Rubber Seminar in Sweden. Sweden. 2010, 84 strán
- [21] STN 73 6114, Asfalty a asfaltové spojivá. Súbor požiadaviek na asfalty modifikované polymérom
- [22] STN 73 6121 Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové zmesi, 2009
- [23] STN EN 13108-5, Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály Časť 5 Asfaltový koberec mastixový
- [24] STN EN 13108-8, Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály Časť 8 R-materiál
- [25] STN EN 13399, Asfalty a asfaltové spojivá. Stanovenie stálosti modifikovaných asfaltov pri skladovaní
- [26] STN EN 14023, Asfalty a asfaltové spojivá. Súbor požiadaviek na asfalty modifikované polymérom
- [27] STN EN 1427, Asfalty a asfaltové spojivá- Stanovenie bodu mäknutia- Metóda krúžkom a guľôčkou
- [28] TP 04/2011, Recyklácia asfaltových zmesí na mieste za horúca v obalovacích súpravách, 2011
- [29] TP 05/2011, Recyklácia asfaltových zmesí za horúca pre vozovky s dopravným zaťažením triedy I. až IV., 2011
- [30] TP 07/2011, Opätovné spracovanie vrstiev netuhých vozoviek za studena na mieste, 2011
- [31] TP 147. Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky. Technické podmínky Ministerstva dopravy. 2010.
- [32] TP 148, Hutnené asfaltové vrstvy s asfaltom modifikovaným pryžovým granulátom, Technické podmínky, předáno MD 2012.
- [33] Zákon č. 79/2015 Z. z., Zákon o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1:Základné časti pneumatiky.....	4
Obrázok 2:Recyklačné zariadenie na výrobu gumového granulátu.....	6
Obrázok 3:Proces fyzikálnej reakcie cestného asfaltu s gumovým granulátom	7
Obrázok 4:Schéma výroby zmesi CRmB	8
Obrázok 5:CRmB vyrobený metódou kontinuálneho miešania (vľavo) a terminálovou výrobou (vpravo).....	9
Obrázok 6:Schéma rozdelenia najvyužívanejších technológií spracovávajúcich gumový granulát v asfaltových zmesiach	10
Obrázok 7:Asfaltové zmesi podľa čiary zrnitosti	11
Obrázok 8:Stacionárne miešacie zariadenie (blender) určené pre výrobu CRmB.....	20
Obrázok 9:Stacionárne miešacie zariadenie (blender) určené pre výrobu CRmB.....	20
Obrázok 10:Mobilné miešacie zariadenie (blender) určené pre výrobu CRmB	21
Obrázok 11:Miešacie zariadenie blender na výrobu asfaltového spojiva modifikovaného gumovým granulátom CRmB	21
Obrázok 12:Prečerpávanie asfaltu modifikovaného gumovým granulátom do zásobníka asfaltu obal'ovne	23
Obrázok 13:Meranie dynamickej viskozity rotačným vretenovým viskozimetrom	24
Obrázok 14:Čiara zrnitosti zmesi SMA s CRmB	30
Obrázok 15:Čiara zrnitosti asfaltovej zmesi SMA 11 vyrobenej na obal'ovacej súprave Kečka-Rakytovce	35
Obrázok 16:Výroba asfaltovej zmesi SMA 11 modifikovanej asfaltom PmB 45/80-55	36
Obrázok 17:Pokládka zmesi SMA 11 modifikovaná asfaltom PmB 45/80-55.....	37
Obrázok 18:Pokládka zmesi SMA 11 modifikovaná asfaltom PmB 45/80-55.....	37

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Priemerné zloženie pneumatík na našom trhu.....	5
Tabuľka 2: Číselné vyjadrenie medzných čiar zrnitosti a obsah CRmB zmesi typu open graded a gap graded v Taliansku.....	13
Tabuľka 3: Medzné čiary zrnitosti asfaltových zmesí s otvorenou zrnitosťou v Portugalsku.....	14
Tabuľka 4: Zloženie asfaltových zmesí s CRmB používaných v JAR.....	15
Tabuľka 5: Doporučené medzné čiary zrnitosti gumového granulátu.....	19
Tabuľka 6: Požiadavky na vlastnosti CRmB z TP 148 (2012).....	25
Tabuľka 7: Kontrolné skúšky.....	25
Tabuľka 8: Minimálne teploty vzduchu.....	27
Tabuľka 9: Minimálne teploty pri rozprestieraní zmesí s CRmB.....	27
Tabuľka 10: Čiara zrnitosti zmesi.....	30
Tabuľka 11: Vlastnosti cestného asfaltu OMV 50/70 stanovené v laboratóriu.....	30
Tabuľka 12: Vlastnosti CRmB odobraného pri výrobe a porovnané podľa TP 148.....	30
Tabuľka 13: Počiatočné skúšky typu ITT a kontrolné skúšky zmesi SMA 8 S.....	31
Tabuľka 14: Požadované parametre podľa KLAZ pre asfaltovú zmes SMA 8.....	32
Tabuľka 15: Základné vlastnosti gumového granulátu Granubit 1000.....	33
Tabuľka 16: Analýza spojiva PmB 45/80-55.....	33
Tabuľka 17: Použité komponenty na výrobu asfaltovej zmesi SMA 11.....	35
Tabuľka 18: Parametre asfaltovej zmesi SMA 11 podľa ITT.....	36
Tabuľka 19: Fyzikálno-mechanické parametre zmesi SMA 11.....	38
Tabuľka 20: Porovnanie parametrov zmesi podľa ITT a na odobratej zmesi SMA 11...	39

Zoznam použitých skratiek a symbolov

AC	Asfaltový betón (Asphalt Concrete)
ACFC	Asfaltová zmes s otvorenou zrnitosťou (Asphalt Concrete Friction Course)
ACO	Asfaltový betón pre obrusné vrstvy
ADR	Európska dohoda o cestnej preprave nebezpečných vecí (Agreement of Dangerous goods by Road)
ARAC	Asfaltová zmes s CRmB s prerušenou zrnitosťou (Asphalt Rubber Asphalt Concrete)
ARHM-GG	Asfaltová zmes s prerušenou čiarou zrnitosti s asfaltom modifikovaným gumovým granulátom (Asphalt Rubber Hot Mix-Gap Graded)
ASTM	Americké združenie pre skúšanie a materiály (American Society for Testing and Materials)
BBTM	Asfaltový koberec veľmi tenký
BC	Zlepšené spojivo (improved binder)
BMAVC	Modifikované spojivo s vysokou viskozitou (modified binder with high viscosity)
BMC	Modifikované spojivo (modified binder)
B_{min}	Minimálny obsah spojiva [%]
CPX	Meranie hladiny hluku metódou malej vzdialenosti (Close Proximity Method)
CRmB	Asfaltové spojivo modifikované gumovým granulátom (Crumb Rubber modified bitumen)
ČR	Česká republika
ČVUT	České Vysoké učení technické v Praze
D	Maximálne percento stečeného spojiva [%]
EP	Európsky Parlament
ES	Európske Spoločenstvo
EÚ	Európska Únia
ITSR	Pomer pevností v priečnom ťahu skupiny mokrých a suchých telies
ITT	Počiatková skúška typu (Initial Type Testing)
JAR	Juhoafrická republika
KLA	Katalógové listy asfaltov
KLAZ	Katalógové listy asfaltových zmesí
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
OGAC	Asfaltová zmes s CRmB s otvorenou zrnitosťou (Open Graded Asphalt Concrete)

OGFC	Asfaltová zmes s CRmB s otvorenou zrnitosťou (Open Graded Friction Course)
OPKŽP	Operačný program Kvalita Životného Prostredia
OS	Obal'ovacia súprava
PA	Asfaltový koberec drenážny
PmB	Polymérom modifikovaný asfalt (Polymer modified Bitumen)
PRD _{AIR}	Maximálna pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje [%]
PSV ₅₃	Odolnosť proti vyhladzovaniu
RAC-G	Asfaltová zmes s CRmB s prerušenou zrnitosťou (Rubberized Asphalt Concrete – Gap Graded)
RAC-O	Asfaltová zmes s CRmB s otvorenou zrnitosťou (Rubberized Asphalt Concrete – Open Graded)
RHMA-G	Asfaltová zmes s CRmB s prerušenou zrnitosťou (Rubberized Hot Mix Asphalt – Gap Graded)
RHMA-O	Asfaltová zmes s CRmB s otvorenou zrnitosťou (Rubberized Hot Mix Asphalt – Open Graded)
RTFOT	Stanovenie odolnosti proti starnutiu vplyvom tepla a vzduchu (Rolling Thin Film Oven Test)
SAL	Vrstvy proti prekopírovaniu trhlín (Stress Absorbing Layer)
SAMI	Tesniaca membrána (Stress Absorbing Membrane Interlayer)
SBR	Styrene-butadiénová guma (styrene- butadiene rubber)
SMA	Asfaltový koberec mastixový
SR	Slovenská republika
SSC	Slovenská Správa Ciest
T	Teplota zhutnenia [°C]
TP	Technický predpis
USA	Spojené štáty americké
VFB	Stupeň vyplnenia medzier asfaltom (Voids filled with bitumen) [%]
VFB _{max}	Maximálny stupeň vyplnenia medzier asfaltom (Voids filled with bitumen) [%]
VFB _{min}	Minimálny stupeň vyplnenia medzier asfaltom (Voids filled with bitumen) [%]
V _m	Medzerovitost' [%]
V _{max}	Maximálna medzerovitost' [%]
V _{min}	Minimálna medzerovitost' [%]
WTS _{AIR}	Maximálny sklon vyjazdenej koľaje [mm/10 ³ zaťaž. cyklov]
ρ _d	Maximálna objemová hmotnosť kameniva [kg/m ³]
ρ _{bbsd}	Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi [kg/m ³]
ρ _{mV}	Maximálna objemová hmotnosť [kg/m ³]

ZOZNAM PRÍLOH

- PRÍLOHA A Skúšky a požadované hodnoty pre jednotlivé druhy zmesí s CRmB a vrstiev zo zmesí s CRmB
- Tabuľka A1
 - P1 Doporučené čary zrnitosti kameniva smesi s CRmB (Technologický předpis pro výrobu a pokládku asfaltových smesi, září 2015)
 - P2 Stanovení obsahu CRmB ve smesi s CRmB s oddělením pryžového granulátu ve zkoušce s rozpouštědlem (Technologický předpis pro výrobu a pokládku asfaltových smesi, září 2015)
- PRÍLOHA B Tabuľka pokusných úsekov asfaltových zmesí s CRmB
- PRÍLOHA C Fotodokumentácia z osobnej návštevy Jihomoravskej obal'ovne v Rajhradících zo dňa 18. mája 2016

PRÍLOHA A

Skúšky a požadované hodnoty pre jednotlivé druhy zmesí s CRmB a vrstiev zo zmesí s CRmB

Tabuľka A1: Skúšky a požadované hodnoty pre jednotlivé druhy zmesí s CRmB a vrstiev zo zmesí s CRmB

Vlastnosť	Asfaltová zmes podľa EN 13108-X							
	1		5		2		7	
	AC ^{a)}		SMA		BBTM, AKO ^{b)}		PA	
	ACO	ACL ₁ , ACP	SAL	SMA S	A	B	A	B
Počet úderov zhuťovača	2 ' 75 (50)		2 ' 50		2 ' 50			
Doporučený minimálny obsah ^{c)} ^{d)} CRmB 25/55-60, v % hmotnosti zmesi:	7	6,3	8,6	8	8	8	8	8
- po extrakcii, ČSN EN 12697-1 ^{e)}	5,5	4,8	6,7	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Zrornosť, ČSN EN 12697-2	viď P1 (Doporučené čary zrornosti kameniva smesi s CRmB)							
Mezerovitost' v % objemu: ^{f)}								
- zmesi, skúška typu, Ms	4 - 6	4 - 7	3 - 4	4 - 7	7 - 10	11 - 15	14-18 ^{g)}	18 -22 ^{g)}
- zmesi, kontrolná skúška, Ms	3 - 7	3 - 8	04.5	04.8	06.11	8.16	13 - 19	16 - 23
- zmesi kameniva, VMamin ^{h)}	19	18	18	21	24	27	29	32
- vrstvy, kontrolná skúška, Ms ⁱ⁾	3 - 8	03.9	03.5	04.9	05.12	8.18	11.20	15 - 24
ČSN EN 12697-8								
Odolnosť proti trvalej ČSN EN 12697-22, malé zariadenie, metóda B, na vzduchu pri teplote 50 °C ^{j)} :	5 / 0,07	3 / 0,05		5 / 0,07	- ^{k)}	- ^{k)}	- ^{k)}	- ^{k)}
PRDAIR [%] / WTSAIR [mm/10 ³]								
Priepustnosť: ^{g)}								Kh1,5/ Kv1,5
min. horizontálne Kh /								(S, I, II),
min. vertikálne Kv								Kh1,0/ Kv1,0
ČSN EN 12697-19								
Strata častíc:								PL15 (S, I),
ČSN EN 12697-17								PL20 (II, III)

Poznámky k tabuľke A1:

- Pokiaľ sa zmesi s CRmB typu AC použijú ako SAL, odporúča sa stanoviť nízkoteplotné vlastnosti podľa ČSN EN 12697-46, ktoré sa deklarujú.
- Asfaltový koberec otvorený (AKO) podľa prílohy B ČSN 73 6121 s CRmB sa môže použiť do obrusnej vrstvy vozoviek všetkých tried dopravného zaťaženia, pre túto vrstvu platia požadované hodnoty BBTM B.
- Doporučený obsah spojiva sa koriguje na objemovú hmotnosť kameniva ρ_d násobením faktorom:

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_d}$$

- d) Doporučené minimálne obsahy CRmB platia pre zrnitosť kameniva 8 mm. Pre nižšie alebo vyššie zrnitosti sa minimálne množstvo spojiva upravuje v závislosti na zrnitosti kameniva.
- e) V prípade stanovenia obsahu spojiva podľa P2 (Stanovení obsahu CRmB ve směsi s CRmB s oddělením pryžového granulátu ve zkoušce s rozpouštědlem) je zisťovaný obsah extrahovateľného CRmB. Pri stanovení obsahu spojiva podľa ČSN EN 12697-39 je zisťovaný celkový obsah CRmB.
- f) Stanovenie medzerovitosti zmesí AC a SMA s CRmB podľa ČSN EN 12697-8 vychádza zo stanovenej objemovej hmotnosti podľa ČSN EN 12697-6, článku 9.3 (postupom váženia vo vode) a pri BBTM, PA a AKO z článku 9.5 (meraním rozmerov skúšobného telesa). Z dôvodu vysokej lepidlosti spojiva sa maximálna objemová hmotnosť zmesi s CRmB stanovuje volumetrickým postupom podľa ČSN EN 12697-5 spôsobom v rozpúšťadle (týka sa ako ITT a kontrolných skúšok). Uvedené hodnoty medzerovitosti sú preto o 1 % až 2 % vyššie ako uvádzajú požiadavky ČSN EN 13108-1 až 7.
- g) Pokiaľ sa podľa ustanovenia v 5.13 ČSN EN 13108-7 použije kategória vertikálnej alebo horizontálnej priepustnosti, ustanovuje sa medzerovitosť len ako kontrolná skúška.
- h) Informatívna hodnota.
- i) Minimálne hodnoty medzerovitosti stanovené na vývrtoch zo zmesí BBTM, PA a AKO (stanovené meraním z rozmerov) bývajú nižšie zmenšením makrotextúry povrchov skúšobných telies vzniknutých vrtaním a rezaním.
- j) Pri skúšaní je potrebné vykonať opatrenia proti nalepovaniu zmesi na gumové zaťažovacie kolesá (použitím fólie, posyp fílerom apod.).
- k) Skúšky odolnosti proti trvalým deformáciám je vhodné doložiť výsledkami pri všetkých zmesiach s CRmB pre triedu dopravného zaťaženia vyššiu ako III, je možné pripraviť i dvojvrstvu ložnej a obrusnej vrstvy. Pre obrusné vrstvy sa odporúča vykonávať skúšky pri teplote 60°C, požadované charakteristika a potom deklarujú.

P1 DOPORUČENÉ ČÁRY ZRNITOSTI KAMENIVA SMĚSÍ S CRmB

P1.1 Výchozí předpoklady pro čáry zrnitosti kameniva při použití CRmB

P1.1.1 Čáry zrnitosti pro jednotlivé směsi s CRmB musí vytvořit větší mezerovitost směsi kameniva pro uložení pojiva s nabobtnalým pryžovým granulátem. Proto se doporučují čáry zrnitosti kameniva s nižším obsahem jemného kameniva.

P1.1.2 Čáry zrnitosti splňují požadavky příslušných ČSN EN 13108-1, 2, 5 a 7 obsažené v tabulkách 1 a v ČSN 73 6121 v tabulce B.4 (směs AKO).

P1.1.3 Čáry zrnitosti oproti národním přílohám příslušných ČSN EN 13108-1, 5 a 7 mají nižší přípustný propad na sítích od 2 mm do 0,063 mm.

P1.1.4 PA nesplňuje požadavky tabulky NA-5 ČSN EN 13108-7, protože tato nezavádí všechny kategorie mezerovitosti asfaltové směsi.

P1.2 Čáry zrnitosti kameniva při použití CRmB

P1.2.1 Čáry zrnitosti jednotlivých směsí s CRmB jsou uvedeny v tabulce P3.1.

P1.2.2 Z hlediska protihlukových vlastností se dává přednost zrnitosti do 8 mm nebo 5 mm.

P1.2.3 Tloušťky vrstev uvedené v tabulce P3.1 pokrývají přípustné tloušťky pro vyrovnání nerovností při údržbě a opravě vozovek.

Tabuľka P.1.1: Úprava čiar zmitosti kameniva pre jednotlivé typy zmesí s CRmB oproti Národným prílohám ČSN EN 13108-1, -2, -5 a -7, ČSN 73 6121 prílohy B a prípustnej hrúbky položených vrstiev

Zmitosť / sito [mm]	31,5	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2	0,5	0,125	0,063	Hrúbky vrstiev [mm]
ACO	8			100	90-100		45-70	25-45		4-11	3-8	25-45
	11		100	90-100	68-80		38-50	25-40		4-10	3-7	30-50
ACL, ACP	16	100	90-100		54-70		36-52	26-38		4-9	3-7	50-70
	22	100	72-82		50-60		34-46	24-34		4-9	3-7	60-100
SMA	5				100	90-100		24-38		9-15	6-11	15-30
	8			100	90-100		28-42	20-30		9-12	6-11	25-40
	11		100	90-100	45-60		26-38	20-28		9-12	6-11	30-50
BBTM A	5				100	90-100		25-40	10-20		3-9	20-30
	8			100	90-100		40-60	25-35	15-25		3-8	20-35
	11		100	90-100	40-60		30-45	25-35	7-17		3-8	25-35
BBTM B	5				100	90-100		15-30	8-18		3-7	20-35
	8			100	90-100		20-35	15-25	7-17		2-6	20-35
	11		100	90-100	30-50		20-30	15-25	6-15		2-6	20-40
PAA	8			100	87-100		20-30	8-20	5-12		2-4	20-35
	11		100	87-100	30-50		20-30	13-20	5-12		2-4	25-40
PAB	8			100	87-100		10-20	5-12	3-12		1-3	20-35
	11		100	87-100	12-32		10-20	5-12	3-12		1-3	25-40
AKO	8			100	85-100		25-35	8-18			2-4	20-30
	4				100		85-100	40-60		6-15	5-10	15-35
SAL	8			100	90-100		45-70	30-50		5-12	4-9	20-45
	16		100	90-100	50-75		35-65	20-45		4-10	3-8	50-80
	22	100	90-100	75-90	50-70		30-55	20-45		4-10	3-8	60-100

P2 STANOVENÍ OBSAHU CRmB VE SMĚSI S CRMB S ODDĚLENÍM PRYŽOVÉHO GRANULÁTU VE ZKOUŠCE S ROZPOUŠTĚDLEM

P2.1 Účel zkoušky

Postupem uvedeným v této příloze se přesněji stanoví obsah CRmB ve směsi s CRmB v souladu s ČSN EN 12697-1. Stanovuje se obsah pryžového granulátu o velikosti zrn větších než 0,063 mm a rozpuštěného asfaltu s obsahem pryžového granulátu v asfaltu se zrny menšími než 0,063 mm. Tímto způsobem se upravuje požadovaný obsah pojiva v kontrolní zkoušce uvedený v tabulce 4.

P2.2 Postup zkoušky

Zkouška je modifikací zkoušky podle ČSN EN 12697-1 Stanovení rozpustného obsahu pojiva extrakční průtokovou odstředivkou (za studena). Modifikace zkoušky má za cíl stanovit obsah pryžového granulátu se zrny většími než 0,063 mm a je založena na následujícím postupu oddělení pryžového granulátu v pojivu po rozpuštění směsi s CRmB v pyknometru:

1. Vzorek směsi s CRmB připravený podle ČSN EN 12697-28 se vsype do pyknometru s objemem 1000 cm³; zvaží se, zalije se čistým rozpouštědlem s hustotou vyšší než je objemová hmotnost pryžového granulátu (např. perchlorethylen).
2. Takto připravený vzorek se nechá dvě hodiny ustát při laboratorní teplotě.
3. Poté se obsah pyknometru míchá 3 minuty kovovou tyčinkou, aby se částice nerozpuštěného pryžového granulátu uvolnily z kameniva a vyplavaly k hladině rozpouštědla.
4. Směs asfaltu, rozpouštědla a částic pryžového granulátu se scedí přes zkušební síto 0,063 mm; částice pryžového granulátu zůstanou zachyceny na síti a rozpuštěný asfalt s částicemi pryžového granulátu menšími než 0,063 mm se zachytí do nádoby. Aby se s rozpouštědlem a pojivem neodplavilo i kamenivo, provádí se slévání asfaltu, rozpouštědla a pryžového granulátu z pyknometru do té doby, než se nad hladinu začnou vynořovat zrna kameniva.
5. Pyknometr se znovu doplní rozpouštědlem a promíchává se 3 minuty kovovou tyčinkou, aby se zajistilo promíchání usazeného materiálu.
6. Směs asfaltu, rozpouštědla a částic pryžového granulátu se opět scedí přes zkušební síto 0,063 mm jako v bodě 4.
7. Síto s pryžovým granulátem se proplachuje rozpouštědlem nad nádobou s rozpouštědlem a asfaltem do té doby, dokud do nádoby neteče čisté rozpouštědlo.
8. Síto s pryžovým granulátem se vysuší při teplotě 105 °C do dosažení konstantní hmotnosti.
9. Po ochlazení se pryžový granulát na síti zvaží. Hmotnost odpovídá hmotnosti zachyceného pryžového granulátu.

10. Obsah pyknometru a v nádobě zachycená směs asfaltu a rozpouštědla se vloží do extraktoru a provede se běžná extrakce pojiiva extrakční odstředivkou.
11. Z rozdílu hmotnosti asfaltové směsi s CRmB a hmotnosti kameniva včetně fileru po extrakci se stanoví obsah CRmB bez nerozpustného podílu původního asfaltu použitého k výrobě CRmB. Nerozpustný podíl asfaltu lze vypočítat ze vztahu: $0,014 \cdot f + 0,05$, kde f je obsah částic kameniva prošlých při extrakci sítím 0,063 mm v % hmotnosti celkového kameniva.

P2.3 Přesnost stanovení obsahu CRmB

Použitím upřesněného postupu přesto zůstane část pryžového granulátu zachycena ve směsi kameniva a částečně ovlivňuje stanovení zrnitosti kameniva na jednotlivých sítích. Je tudíž nutné, aby bylo dodrženo znění poznámek 2 a 3 v 8.2.3.2.

PRÍLOHA C

Fotodokumentácia z osobnej návštevy Jihomoravskej obal'ovne v Rajhradicih z o dňa 18. mája 2016



Obrázok D1: Skladovanie Big-bagov s gumovým granulátom



Obrázok D2: Detail Big-bagu pripraveného na použitie do dávkovača blenderu



Obrázok D3: Zaistenie mobilného miešacieho zariadenia-blender



Obrázok D4: Dávkovanie zmesi s CRmB do korby nákladného vozidla