

Primljen / Received: 6.11.2013.

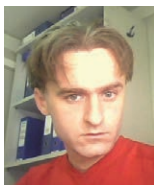
Ispravljen / Corrected: 4.1.2014.

Prihvaćen / Accepted: 17.1.2014.

Dostupno online / Available online: 10.3.2014.

Utjecaj granulometrijskog sastava na svojstva tankoslojnih asfaltbetona

Autori:



Dr.sc. **Ivica Androjić**, mag.ing.aedif.
Osijek-Koteks d.d.
ivica.androjić@osijek-koteks.hr



Gordana Kaluđer, mag.ing.aedif.
Kombel d.o.o.
gordana.kaludjer@kombel.hr



Filip Kaluđer, mag.ing.aedif.
Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva
Belišće
kaludjer_filip@hotmail.com

Stručni rad

Ivica Androjić, Gordana Kaluđer, Filip Kaluđer

Utjecaj granulometrijskog sastava na svojstva tankoslojnih asfaltbetona

U radu su prikazani rezultati laboratorijskih ispitivanja uzoraka mješavina za izradu tankoslojnih asfaltnih zastora BBTM (Beton Bitumineux Tres Mince) oznake BBTM 11B PmB 45/80-65. Ispitivanjima se nastojala odrediti zavisnost varijabilnog granulometrijskog sastava asfaltne mješavine na ostvarivanje fizikalno-mehaničkih svojstava uzoraka: stabilitet, krutost, gustoća, udio šupljina te ispunjenost šupljina bitumenom. Dobiveni rezultati ispitivanja pokazuju da i minimalna odstupanja u granulometrijskom sastavu mineralne mješavine imaju značajan utjecaj na svako ispitano svojstvo asfaltne mješavine.

Ključne riječi:

granulometrijski sastav, fizikalno - mehanička svojstva, tankoslojni asfaltbeton BBTM

Professional paper

Ivica Androjić, Gordana Kaluđer, Filip Kaluđer

Influence of grading on the thin-layer asphalt concrete properties

Results obtained by laboratory testing of samples for preparation of the thin-layer asphalt surfacing BBTM (béton bitumineux très mince), labelled BBTM 11B PmB 45/80-65, are presented in the paper. The testing was conducted to determine dependence of variable asphalt mix grading on the realisation of physical and mechanical properties of samples - stability, stiffness, density, voids content, and percent voids filled with asphalt. Test results obtained show that even minimum variations in the mineral mix grading have a significant impact on each tested property of the asphalt mix.

Key words:

grading, physicomechanical properties, thin-layer asphalt concrete BBTM

Fachbericht

Ivica Androjić, Gordana Kaluđer, Filip Kaluđer

Einfluss der Kornzusammensetzung auf die Eigenschaften von dünn-schichtigem Asphaltbeton

In dieser Arbeit werden die Resultate von Laborversuchen an Proben von Asphaltmischungen für dünn-schichtige Beläge der Bezeichnung BBTM - Concrete Bitumineux tres mince BBTM 11B PmB 45/80-65 dargestellt. Durch die Prüfungen sollte die Einwirkung der variablen granulometrischen Zusammensetzung auf die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Proben (Stabilität, Steifigkeit, Hohlraumdicke und Hohlraumdicke mit Bitumen gefüllter Hohlräume) bestimmt werden. Die Resultate haben gezeigt, dass sogar kleine Variationen in der Kornzusammensetzung der Mineralmischung die geprüften Eigenschaften der Asphaltmischung bedeutend beeinflussen.

Schlüsselwörter:

Kornzusammensetzung, physikalische und mechanische Eigenschaften, dünn-schichtiger Asphaltbeton BBTM

1. Uvod

Vrlo tanki asfaltni zastor, spravljan kao asfaltna mješavina po vrućem postupku, bitumenski je sloj koji poboljšava postojeća svojstva kolničke konstrukcije u pogledu nosivosti i deformabilnosti, a istovremeno mu je debljina manja od 50 mm [1]. Prema francuskom je standardu vrlo tanki asfaltni zastor (oznaka za asfaltnu mješavinu BBTM – Beton Bitumineux Tres Mince) sloj debljine 20 – 25 mm sa apsolutnim minimumom od 15 mm u svakoj točki sloja [2]. U postupcima održavanja koristi se kao sloj kolničke konstrukcije, a u postupcima rehabilitiranja kao sloj za presvlačenje postojećeg zastora radi postizanja boljih karakteristika nove vozne površine.

Tanki asfaltni zastor produžava uporabni vijek kolnika oštećenih kolotrazima, mrežastim i termičkim pukotinama, kao i oštećenjima nastalim uslijed zamora materijala od prometnog opterećenja i temperaturnih promjena [3]. Doprinosi estetskom izgledu završnog sloja kolničke konstrukcije, a iako nije strukturni sloj, doprinosi čvrstoći i vodonepropusnosti, udobnosti vožnje i smanjenju buke [3, 4]. Mnogobrojna pozitivna svjetska iskustva primjene ovih asfaltnih zastora za habajuće slojeve rehabilitiranih ili održavanih kolnika svjedoče o njihovoj primjenjivosti neovisno o klimatskom ili geografskom položaju [5-12]. Međutim, postoje određeni zahtjevi koji se moraju zadovoljiti da bi ovi slojevi mogli biti habajući. Temeljna struktura kolničke konstrukcije mora osigurati dovoljnu nosivost i imati odgovarajuću ravnost i uzdužne i poprečne profile. Tankim asfaltnim slojem nije moguće postići ravnost, a da se ne ugrozi trajnost sloja. Na asfaltni zastor kolničke konstrukcije koji se presvlači tankim asfaltnim slojem nužno je nanijeti bitumensko vezivo radi ostvarivanja bolje povezanosti slojeva. Postojeći postupci za dimenzioniranje vrlo tankih asfaltnih zastora odnose se na određivanje gornjeg i donjeg nosivog sloja kolničke konstrukcije čiji je zastor od dobro granularanog agregata i na koju se postavlja tanak sloj asfalta. Točna debljina ovog sloja asfalta ovisit će i o prometnom opterećenju kojem je cesta izložena, o upotrijebljenom vezivu vruće asfaltnje mješavine, njezinoj ukočenosti i čvrstoći [13]. Dvije su klase vrlo tankih asfalta – tip 1 i tip 2, i definirane su francuskim standardom [2]. Mješavine tipa 1 proizvode se u dvije granulacije – granulacije od 0/10 mm s nedostajućim frakcijama od 2/6 mm te granulacije od 0/6 mm s diskontinuitetom frakcije od 2/4 mm. Ove mješavine sadrže šupljine do 17 %. Mješavine tipa 2 otvorene su teksture kojom se ostvaruje bolji otpor klizanja i trenje te su prihvatljive za vlažna klimatska područja [14]. Te se mješavine proizvode jedino s polimernim vezivima i sadrže šupljine od 18 do 25 %.

Kako su vrlo tanki asfaltni zastori nestrukturni, ne postoje posebni projekti za izradu vrućih asfaltnih mješavina od kojih se spravlja. Karakteristično za ove mješavine je varijabilna granulometrija. Asfaltna se mješavina sastoji od mineralne mješavine nejednolike veličine zrna te bitumenskog veziva koje taj agregat povezuje u homogenu smjesu. Mineralna

mješavina čini 95 % težine asfaltnje mješavine i vrlo je važno odrediti pravilan granulometrijski sastav, ali i oblik i teksturu zrna. Istraživanja [15-17] su pokazala da veličina, oblik i tekstura zrna imaju utjecaj na svojstva vruće asfaltnje mješavine. Plosnata i izdužena zrna prilikom miješanja, zbijanja i prometnog opterećenja utječu na pojavu kolotruga – manji udio drobljenog zrna u mineralnoj mješavini asfaltnje mješavine utječe na deformabilna svojstva [18, 19]. Upotrebom dobro graduirane mineralne mješavine poboljšava se obradivost asfaltnje mješavine, a to utječe na svojstva vodonepropusnosti, uključujući i trajnost ovog sloja. Mješavine s manjim NMAS (nominal maximum aggregate size; nominalna maksimalna veličina zrna agregata definirana kao desetpostotna prolaznost od ukupne) manje su propusne od onih sa većim [3, 20, 21]. Zahtjevi za agregat kojim se pripremaju vruće asfaltnje mješavine za vrlo tanke slojeve su sljedeći: minimalno 50 % zrna mora biti drobljeno, minimalni kutni indeks od 2,5, maksimalni LA 40, indeks zrna manji od 18, minimalna polirnost 50 i maksimalno upijanje vode 1,5 %. Zahtjevi za bitumensko vezivo su razredi 40/50 i 60/70 koji vrijedi u Južnoj Africi i Europi, mogućnosti dodavanja poboljšavača 0,3 – 1,5 % i mogućnost korištenja polimernih bitumenskih veziva [22, 23].

U Republici Hrvatskoj je primjena vrlo tankih asfaltnih zastora tek u začetcima, iako postoje norme za spravljanje vrućih asfaltnih mješavina za te slojeve.

U ovom radu je prikazano istraživanje utjecaja varijabilnog granulometrijskog sastava na fizikalno - mehanička svojstva bitumenske mješavine namijenjene ugradnji u tankoslojne habajuće slojeve. Bitumenske mješavine BBTM izrađene su sukladno usvojenoj hrvatskoj normi HRN EN 13108-2 [24].

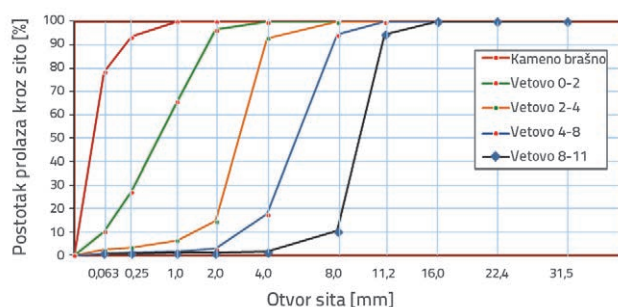
2. Program ispitivanja

Program laboratorijskog ispitivanja obuhvatio je izradu pet grupa asfaltnih mješavina oznake BBTM 11B PmB 45/80-65, nepromjenjivog udjela polimernog bitumena i varijabilnog granulometrijskog sastava maksimalnog zrna 11 mm. Projektirane asfaltnje mješavine namijenjene su za habajuće kolničke zastore za aerodromske radne površine te zastore izložene djelovanju planinskoj klimi. Radi smanjivanja broja nepoznatih varijabli prilikom projektiranja sastava mješavina, usvojen je nepromjenjivi udio polimernog bitumena u iznosu od 5,1 % (Bmin = 5 %, Tablica A 16) [25] za sve grupe asfaltnih mješavina. Unaprijed su definirani i granulometrijski sastavi za svaku grupu asfaltnih mješavina. Kako su projektirane asfaltnje mješavine namijenjene za primjenu u planinskim klimatskim uvjetima i za aerodromske operativne površine, tehničkim propisima definirani su rubni uvjeti udjela šupljina u iznosu od 7 do 10 % v/v (tablica A 17.) [25]. U cestograđevnom laboratoriju ispitana su fizikalno-mehanička svojstva uzoraka asfaltnih mješavina za izradu tankoslojnog habajućeg sloja BBTM 11B PmB 45/80-65 prema usvojenoj hrvatskoj normi [24] spravljenih od kamene sitneži frakcija 0/2, 2/4, 4/8 i 8/11

mm eruptivnog porijekla iz kamenoloma Vetovo, kamenog brašna kategorije oznake KB-I iz kamenoloma Veličanka i polimerom modificiranog bitumena 45/80-65, proizvođač MOL, Republika Mađarska.

2.1. Sastavni elementi asfaltnih mješavina

Za izradu asfaltnih mješavina odabrane su dvije vrste kamenog materijala: kamena sitnež iz kamenoloma Vetovo (eruptivni materijal silikatnog sastava) te kameno brašno iz kamenoloma Veličanka (sediment karbonatnog sastava). Na slici 1. prikazan je granulometrijski sastav, a na tablici 1. gustoće kamenih frakcija i punila upotrijebljenih za izradu asfaltnih mješavina [26, 27].



Slika 1. Granulometrijski sastav kamenih frakcija i punila asfaltnih mješavina

Odabrano vezivo je polimerom modificirani bitumen tipa PmB 45/80-65, proizvođač MOL, Republika Mađarska. Standardna

svojstva gustoće polimernog bitumena $\rho_B = 1,021 \text{ g/cm}^3$, točka razmekšanja $PK = 91^\circ\text{C}$ i penetracija $PEN = 57,6 \text{ 1/10 mm}$ ispitana prema HRN EN 1425:2012 i HRN EN 1426:2008 [28, 29].

Tablica 1. Gustoće ispitanih podfrakcija sastavnih sirovina

Otvor sита [mm]	Kameno brašno [g/cm ³]	Kamena sitnež [g/cm ³]
0,000 - 0,063	2,848	2,925
0,063 - 0,25	2,849	2,896
0,25 - 1,00	-	2,852
1,00 - 2,00	-	2,850
2,00 - 4,00	-	2,865
4,00 - 8,00	-	2,860
8,00 - 11,00	-	2,982
11,00 - 16,00	-	2,900

2.2. Projektiranje sastava asfaltnih mješavina

Za potrebe planiranog ispitivanja projektirano je pet grupa asfaltnih mješavina varijabilnog granulometrijskog sastava (tablica 2.) i jednake temperature zbijanja od 163°C . Granulometrijski sastav mineralne mješavine određen je prema hrvatskoj normi HRN EN 12697-2 [30], a topivi udio polimernog bitumena prema hrvatskoj normi HRN EN 12697-1 [31].

U tablicama 2. i 3. prikazane su vrijednosti udjela pojedinih frakcija i kumulativne granulometrijske krivulje projektiranih

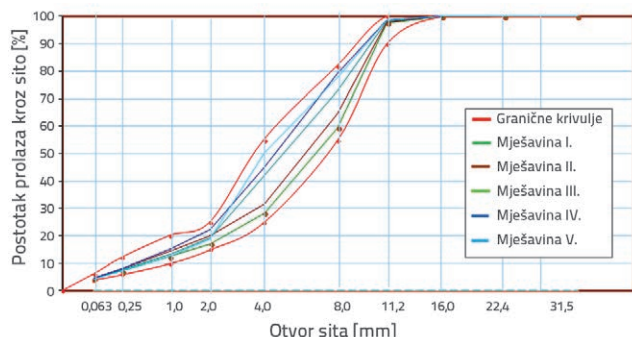
Tablica 2. Udio sastavnih komponenti u projektiranim asfaltnim mješavinama

Gradiva Mješavina	Kameno brašno [%]	Polimerni bitumen [%]	0/2 mm [%]	2/4 mm [%]	4/8 mm [%]	8/11 mm [%]
Mješavina I.	3,0	5,1	12,0	7,0	35,0	43,0
Mješavina II.	3,0	5,1	15,0	7,0	38,0	37,0
Mješavina III.	3,0	5,1	12,0	22,0	35,0	28,0
Mješavina IV.	2,3	5,1	16,0	21,0	40,0	20,7
Mješavina V.	3,0	5,1	10,0	34,0	30,0	23,0

Tablica 3. Kumulativni granulometrijski sastav kamenog skeleta i punila određen prema HRN EN 12697-2

Otvor sита [mm]	0,063	0,25	1,00	2,00	4,00	8,00	11,2	16,0
Mješavina								
Mješavina I. [%]	4,5	7,2	12,4	17,1	28,3	59,5	97,6	100,0
Mješavina II. [%]	4,8	8,0	14,4	20,1	31,7	64,7	97,9	100,0
Mješavina III. [%]	4,7	7,6	13,2	19,2	42,0	72,9	98,4	100,0
Mješavina IV. [%]	4,5	8,0	15,1	22,3	45,1	79,2	98,8	100,0
Mješavina V. [%]	4,4	7,4	12,5	18,9	50,2	77,7	98,7	100,0

mineralnih mješavina. Na slici 2. grafički je prikazan granulometrijski sastav projektiranih asfaltnih mješavina s graničnim krivuljama definiranim hrvatskom normom HRN EN 13108-2 [24].



Slika 2. Granulometrijski sastav projektiranih asfaltnih mješavina

2.3. Izrada uzoraka asfaltnih mješavina

Za svaku pojedinu grupu asfaltnih mješavina (I. – V.) izrađena su po tri uzorka prema standardnom postupku zbijanjem na Marshallovu nabijaču s padajućim batom. Uzorci se prema dodatku C norme HRN EN 13108-20 [32] spravljuju zbijanjem dva puta po 50 udaraca. Početno ispitivanje asfaltnih uzoraka obuhvaća ispitivanje s nepromjenjivim udjelom polimernog bitumena (5,1 %) s ciljem određivanja optimalnog granulometrijskog sastava asfaltne mješavine. Poslije određivanja optimalnog granulometrijskog sastava slijedi ispitivanje asfaltnih uzoraka s varijabilnim udjelom polimernog bitumena. Nakon hlađenja asfaltnih uzoraka na sobnoj temperaturi, svakome od njih određena su sljedeća fizikalno - mehanička svojstva:

- gustoća asfaltnog uzorka prema normi HRN EN 12697-6 [33],
- gustoća asfaltne mješavine prema normi HRN EN 12697-5 [34],
- udio šupljina prema normi HRN EN 12697-8 [35],
- šupljine u kamenoj smjesi prema normi HRN EN 12697-8 [35],

- ispunja šupljina bitumenom prema normi HRN EN 12697-8 [35],
- stabilitet/deformacija/ukočenost prema normi HRN EN 12697-34 [36].
- Izgled asfaltnog uzorka nakon provedenog ispitivanja stabilnosti prikazan je slikom 3.



Slika 3. Asfaltni uzorci

3. Rezultati ispitivanja

Za ispitani skup uzoraka asfaltnih mješavina, pri kojem svaka grupa mješavine sadrži tri uzorka, određeni su traženi parametri, odnosno fizikalno-mehanička svojstva te su definirani rubni uvjeti udjela šupljina u rasponu od 7,0 do 10,0 % [25]. Rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani su u tablici 4.

Dobiveni rezultati fizikalno - mehaničkih svojstava asfaltnih uzoraka pokazuju da mješavina II. ima optimalni granulometrijski sastav. Ostvaren je udio šupljina od 9 % (granične vrijednosti 7 – 10 % [25]) i gustoća asfaltnih uzoraka u iznosu od 2.408 kg/m³.

Tablicom 5. prikazana su ostvarena fizikalno-mehanička svojstva asfaltnih uzoraka mješavine II. ako je udio polimernog bitumena u mješavini varijabilan, odnosno u rasponu od 4,5 % do 5,7 %.

Iz tablice 5. vidljivo je da asfaltni uzorci mješavine II. s udjelom bitumena u rasponu od 4,8 do 5,4 % zadovoljavaju granične vrijednosti šupljina propisane [25]. Istim uvjetima propisan

Tablica 4. Fizikalno-mehanička svojstva ispitanih asfaltnih uzoraka

Svojstva Mješavina	Stabilitet	Deformacija	Ukočenost	Gustoća	Gustoća	Udio šupljina	Šupljine u	Ispuna šupljina
	[kN]	[mm]	[kN/mm]	asfaltnog uzorka [kg/m ³] HRN EN 12697-5	asfaltne mješavine [kg/m ³] HRN EN 12697-6	[% (v/v)] HRN EN 12697-8	kamenoj smjesi [% (v/v)] HRN EN 12697-8	bitumenom [% (v/v)] HRN EN 12697-8
Mješavina I.	11,5	3,71	3,1	2.428	2.649	8,3	20,5	59,3
Mješavina II.	11,9	3,84	3,1	2.408	2.646	9,0	21,0	57,2
Mješavina III.	10,7	4,12	2,6	2.367	2.648	10,6	22,45	52,7
Mješavina IV.	10,8	3,48	3,1	2.406	2.644	9,0	21,0	57,3
Mješavina V.	10,5	2,92	3,6	2.393	2.646	9,6	21,5	55,6

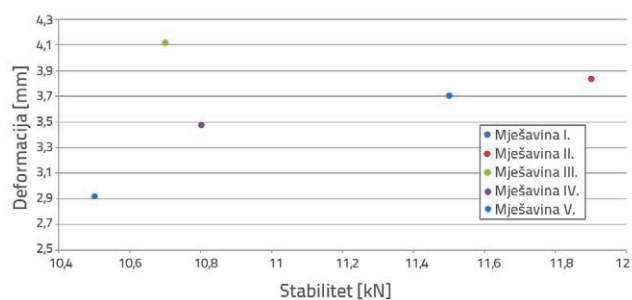
Tablica 5. Fizikalno-mehanička svojstva asfaltnih uzoraka mješavine II.

Svojstva	Stabilitet [kN]	Deformacija [mm]	Ukočenost [kN/mm]	Gustoća asfaltnog uzorka [kg/m ³] HRN EN 12697-5	Gustoća asfaltne mješavine [kg/m ³] HRN EN 12697-6	Udio šupljina [% (v/v)] HRN EN 12697-8	Šupljine u kamenj smjesi [% (v/v)] HRN EN 12697-8	Ispuna šupljina bitumenom [% (v/v)] HRN EN 12697-8
Udio bitumena								
4,5 %	12,2	2,4	5,1	2.396	2.675	10,4	21,0	50,4
4,8 %	11,1	2,3	4,8	2.402	2.663	9,8	21,0	53,3
5,1 %	11,9	3,8	3,1	2.408	2.646	9,0	21,0	57,2
5,4 %	12,4	2,8	4,4	2.426	2.637	8,0	20,7	61,5
5,7 %	11,2	2,6	4,3	2.432	2.621	7,2	20,8	65,4

je i minimalni udio bitumena od 5,0 % za tankoslojne asfaltne mješavine BBTM 11B, čime asfaltni uzorci sa 4,5 i 4,8 % udjela veziva ne zadovoljavaju. Dobiveni rezultati laboratorijskih ispitivanja jasno pokazuju da povećanje udjela bitumena u asfaltnim uzorcima uzrokuje rast gustoće asfaltnih uzoraka, smanjenje gustoće asfaltne mješavine, smanjenje udjela šupljina u asfaltnim uzorcima, manji udio šupljina u kamenj smjesi te bolju ispunjenost šupljina bitumenom.

3.1. Komentar rezultata

Za analizu ovisnosti granulometrijskog sastava asfaltnih mješavina i ostvarenih fizikalno - mehaničkih svojstava asfaltnih uzoraka na slikama 4. – 6. dan je grafički prikaz, a analizom rezultata ispitivanja uspostavljena je korelacija pojedinih svojstava i utvrđen oblik te čvrstoća tih veza. Na slici 4. prikazan je odnos stabiliteta i deformacija za promatrane grupe asfaltnih uzoraka.

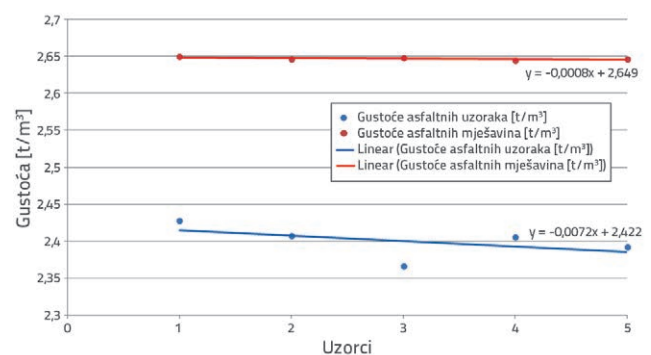


Slika 4. Odnos stabiliteta i deformacije

Iz slike 4. vidljivo je da asfaltni uzorci mješavina krupnijega granulometrijskog sastava (mješavine I. i II.) imaju veći stabilitet u odnosu na ostale mješavine. Ono što omogućuje tim mješavinama preuzimanje većih sila jest veći udio kamene frakcije 8/11 mm (u mješavini I. udio je 43 %, a u mješavini II. udio je 37 %).

Na slici 5. prikazane su gustoće ispitanih asfaltnih uzoraka i asfaltnih mješavina. Gustoća asfaltnog uzorka definirana je kao omjer mase i volumena asfaltnog uzorka pripremljenog u asfaltnom nabijaču.

Za određivanje funkcijske ovisnosti ostvarenih gustoća izvršena je linearna interpolacija dobivenih rezultata polinomom prvog stupnja.



Slika 5. Gustoće asfaltnih uzoraka i mješavina

Dobiveni rezultati prikazani na slici 5. izraženi su sljedećim matematičkim funkcijama:

$y = -0,0008x + 2,649$ (varijabla y je očekivana vrijednost gustoće asfaltne mješavine na ordinati, a varijabla x apscise predstavlja upotrijebljeni granulometrijski sastav asfaltnih mješavina I. – V.);

$y = -0,0072x + 2,422$ (varijabla y je očekivana vrijednost gustoće asfaltnog uzorka na ordinati, a varijabla x apscise predstavlja upotrijebljeni granulometrijski sastav asfaltnih mješavina I. – V.).

Dobivene funkcije (slika 5.) pokazuju da promjena granulometrijskog sastava asfaltne mješavine ima znatno veći utjecaj na gustoću asfaltnih uzoraka nego na gustoću asfaltnih mješavina. Granulometrijski sastav sitnije granulacije (mješavine III. – V.) omogućuje ostvarivanje nižih gustoća zbijenih asfaltnih uzoraka i mješavina.

Na slici 6. prikazani su ostvareni udjeli šupljina u asfaltnim uzorcima i mineralnoj mješavini te njihova ispunjenost polimernim bitumenom. Udio šupljina u asfaltnim uzorcima definiran je kao odnos gustoća asfaltnih uzoraka i asfaltne mješavine.

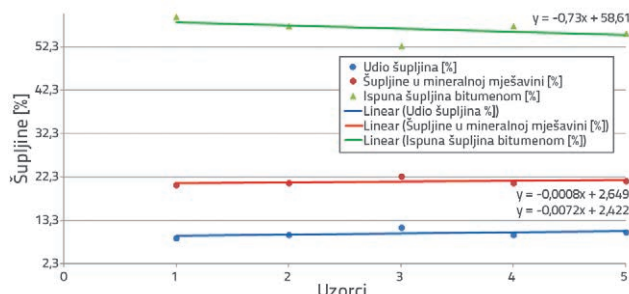
Dobiveni rezultati prikazani na slici 6. matematički su izraženi sljedećim funkcijama:

$y = -0,0072x + 2,422$ (varijabla y je očekivana vrijednost šupljina asfaltnih uzoraka na ordinati, a varijabla x apscise predstavlja upotrijebljeni granulometrijski sastav asfaltnih mješavina I. – V.);

$y = -0,0008x + 2,649$ (varijabla y je očekivana vrijednost šupljina mineralne mješavine, a varijabla x apscise predstavlja upotrijebljeni granulometrijski sastav asfaltnih mješavina I. – V.);

$y = -0,73x + 58,61$ (varijabla y je očekivana vrijednost ispunjena šupljina mineralne mješavine bitumenom, a varijabla x apscise predstavlja upotrijebljeni granulometrijski sastav asfaltnih mješavina I. – V.).

Iz prikazanih matematičkih funkcija vidljivo je da upotreba mineralne mješavine sitnijega granulometrijskog sastava (mješavine III. – V.) uzrokuje porast udjela šupljina u asfaltnim uzorcima i mineralnoj mješavini. Uslijed toga vidljivo je da se kao konačan ishod pojavljuje smanjenje ispunjenosti šupljina bitumenom. Analizom granulometrijskog sastava mješavina I. i II. može se zaključiti da ostvaruju veći diskontinuitet u svom sastavu u odnosu na mješavine III. – V. Diskontinuitet u sastavu ostvaruje se upotrebom većeg udjela kamene frakcije 8/11 mm te smanjenim udjelom srednjih frakcija (kamene frakcije 2/4 i 4/8 mm).



Slika 6. Šupljine u asfaltnim uzorcima

Iz dobivenih rezultata laboratorijskih ispitivanja može se zaključiti da je utjecaj granulometrijskog sastava na fizikalno - mehanička svojstva izrađenih uzoraka evidentan.

4. Zaključak

Tankoslojne asfaltnje mješavine BBTM zbog malih debljina u ugrađenom sloju te diskontinuiteta u granulometrijskom sastavu upućuju na veću osjetljivost pri varijabilnosti sastavnih komponenti u mješavini. Varijabilnost sastavnih komponenti direktno utječe na ostvarivanje traženih fizikalno - mehaničkih svojstava izvedenog sloja.

Laboratorijskim ispitivanjima u ovom radu nastojao se odrediti utjecaj granulometrijskog sastava na svojstva tankoslojnih asfaltnih mješavina. U tu svrhu izvedena su ispitivanja pet grupa asfaltnih mješavina varijabilnog granulometrijskog sastava. Razlike u granulometrijskom sastavu asfaltnih mješavina ostvarene su osciliranjem udjela srednjih kamenih frakcija (2/4 mm i 4/8 mm) i krupnije kamene frakcije (8/11 mm). Laboratorijske asfaltnje mješavine projektirane su i izrađene s nepromjenjivim udjelom polimernog bitumena. Fizikalno-mehanička svojstva asfaltnih uzoraka krupnijega granulometrijskog sastava upućuju na povećanje stabiliteta, ostvarene su veće gustoće asfaltnih uzoraka i asfaltnih mješavina te je ostvaren manji udio šupljina u mineralnoj mješavini. Uslijed toga, kao konačan rezultat, dolazi do bolje ispunjenosti šupljina bitumenom.

U daljnjim se istraživanjima preporučuje proširiti ispitivanja s drugim granulometrijskim sastavima kao i njihova proizvodnja na postrojenju te kontrola ugrađenih bitumenskih mješavina na gradilištu.

LITERATURA

- [1] Nicholls, C., Carswell, I., Gibb, M., Williams, J.: Service Lives of Thin Surfacing Systems in the UK. Paper at the conference Transport Research Arena Europe 2006, Gothenburg, Sweden, 12-15 June 2006.
- [2] AFNOR STANDARD NF P 98-137, 1992.
- [3] Gilbert, T.M., Olivier, P.A., Gale, N.E.: Ultra Thin Friction Course: Five years on in South America. Proceedings of the 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'04), Sun City, South Africa, 12 - 16 September 2004.
- [4] Cooley (Jr), L.A., James, R.S., Buchanan, M.S.: Development of mix design criteria for 4,75 mm mixes. NCAT Report 02-04 National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Alabama, 2002.
- [5] Rasmussen, R.O., Rozycki, D.K.: Thin and ultra thin whitetopping. NCHRP Synthesis of Highway Practice 338, National Cooperative Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C., 2004.
- [6] Silfwerbrand, J., Petersson, O.: Thin concrete inlays on old concrete roads. Proceedings Fifth International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Vol.2., Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, pp. 255-260, 20-22 April 1993.
- [7] Cho, Y.H., Koo, H.M.: A behavior analysis of concrete overlay based on the characteristics of asphalt pavements. 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, 12-16 January 2003.
- [8] Nishizawa, T., Murata, Y., Kokubo, K.: Mechanical behaviour of ultra-thin whitetopping structure under stationary and moving loads. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 102-109., 12 January 2003
- [9] Rosenberg, J.: Thin pavements with syntetic binder used in Denmark. Nordic Road and Transport Research Journal, No. 2, 2000.

- [10] Nicholls, J.C., Carswell, I., Williams, J.T.: Typical properties of proprietary thin asphalt surfacing systems. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Transport, Vol. 3, pp. 183-190, 2002.
- [11] Watters, J.C.: PAVetex TH – Ultra thin asphalt a coast effective treatment with texture – some case studies. NZIHT 2006 Conference Recycled asphalt and porous pavements – Enviromental, Social and Cost Advantages. Auckland, New Zealand, 5-7 March 2006.
- [12] Yeo, R.: Bituminous and concrete surfacing trial: Report on Performance Monitoring. Proceedings of 10th AAPA International Flexible Pavements Conference, Vol. 1, Paper 25, Perth, 1997.
- [13] Roesler, J., Bordelon, A., Ioannides, A., Beyer, M., Wang, D.: Design and concrete material requirements for ultra-thin whitetopping. Research Report FHWA-ICT-08-016, Illinois Center for Transportation, 2008.
- [14] Sandberg, U., Kragh, J., Goubert, L., Bendtsen, H., Bergiers, A., Biligiri, K.P., Karlsson, R., Nielsen, E., Olesen, E., Vansteenkiste, S.: Optimization of thin asphalt layers. ERA-NET ROAD Project, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), Danish Road Institute (DRI) and Belgian Road Research Centre (BRRC), 30 April 2011.
- [15] Brown, E.R., McRae, J.L., Crawley, A.B.: Effect of aggregate on performance of bituminous concrete. ASTM STP 1016, Philadelphia, pp. 34-63, 1989.
- [16] Kandhal, P.S., Khatri, M.A., Motter, J.B.: Evaluation of particle shape and texture of mineral aggregates and their blends. Journal of Association of Asphalt Paving Technologists, 61, pp. 217-240., 1992.
- [17] Kim, Y.R., Yim, N., Khosla, N.P.: Effect of aggregate type and gradation on fatigue and permanent deformation of asphalt concrete. ASTM STP 1147, Philadelphia, pp. 310- 328., 1992.
- [18] Krutz, N.C., Sebaaly, P.E.: Effect of aggregate gradation on permanent deformation of asphaltic concrete. Proceedings of Association of Asphalt Paving Technologists, 62, pp. 450-473, 1993.
- [19] Oduroh, P.K., Mahboub, K.C., Anderson, R.M.: Flat and elongated aggregates in Superpave regime. Journal of Materials in Civil Engineering, 12, pp. 124-130., 2000.
- [29] Cooley (Jr), L.A., Brown, E.R.: Potetntial of using stone matrix asphalt (SMA) for thin overlays. NCAT Report 03-01, Alabama, 2003.
- [21] Guide specification for HMA ultra-thin, MDOT – Michigan Department of Transportation, 2005.
- [22] Pretorius, F.J., Wise, J.C., Henderson, M.: Development of application differentiated ultra-thin asphalt friction courses for southern African application. Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'04), Sun City, South Africa, 12 - 16 September 2004
- [23] Xie, H., Cooley (Jr), L.A., Huner, M.H.: 4.75 mm NMAS stone matrix asphalt (SMA) mixtures, NCAT Report 03-05, Alabama, 2005.
- [24] HRN EN 13108-2:2007/Ispr.1:2008 Bitumenske mješavine - Specifikacije materijala - 2. dio: Asfaltbeton za vrlo tanke slojeve (EN 13108-2:2006/AC:2008)
- [25] Razrada tehničkih svojstava i zahtjeva za građevne proizvode za proizvodnju asfaltnih mješavina i za asfaltne slojeve kolnika, Hrvatske Ceste d.o.o., Zagreb, ožujak 2012.
- [26] HRN EN 1097-7:1999 Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - 7.dio: Određivanje gustoće punila - piknometarska metoda (EN 1097-7:1999)
- [27] HRN EN 1097-6:2000 Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - 7.dio: Određivanje gustoće i upijanje vode (EN 1097-6:2000+AC:2002)
- [28] HRN EN 1425:2012 Bitumen i bitumenska veziva - Karakterizacija vidljivih svojstava (EN 1425:2012)
- [29] HRN EN 1426:2008 Bitumen i bitumenska veziva - Određivanje penetracije iglom (EN 1426:2007)
- [30] HRN EN 12697-2:2003 Bitumenske mješavine - Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom - 2. dio: Određivanje granulometrijskog sastava
- [31] HRN EN 12697-1:2003 Bitumenske mješavine - Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom - 1. dio: Topljivi udio veziva
- [32] HRN EN 13108-20:2007/Ispr.1 Bituminous mixtures - Material specifications - Part 20: Type Testing (EN 13108-20:2006/AC:2008)
- [33] HRN EN 12697-6:2003 Bitumenske mješavine - Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom - 6. dio: Određivanje gustoće asfaltnih uzoraka
- [34] HRN EN 12697-5:2003 Bitumenske mješavine - Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom - 5. dio: Određivanje gustoće asfaltnih mješavina
- [35] HRN EN 12697-8:2003 Bitumenske mješavine - Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom - 8. dio: Određivanje šupljina u asfaltnim uzorcima
- [36] HRN EN 12697-34:2004 Bitumenske mješavine - Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom - 34 - Marshallovo ispitivanje