

## MODERNIZUOTOS BITUMO DOZAVIMO SISTEMOS ĮTAKOS KARŠTOJO MAIŠYMO ASFALTO MIŠINIO SUDĖČIAI TYRIMAS

Justas Bražiūnas<sup>1</sup>, Henrikas Sivilevičius<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>justasbraziunas@tti.vgtu.lt; <sup>2</sup>henrikas@vgtu.lt*

**Santrauka.** Asfaltbetonio maišytuvo (ABMA) bitumo dozavimo sistema (BDS) priskiriama sudėtingam vamzdinių transportui. Ji privalo ne tik laikyti reikiamos temperatūros bitumą, jį tiekti iš talpyklų į maišyklę, bet ir tiksliai dozuoti rišiklį leidžiant minimaliai pakisti jo savybėms. Periodinio veikimo asfaltbetonio maišytuve bitumo dozatoriaus bakelyje atsverto rišiklio masė turi būti tokia, kad jo procentinis kiekis karštojo maišymo asfalto (KMA) mišinio partijos visuose maišiniuose atitiktų projektinį kiekį, nustatytą darbinėje mišinio formulėje (DMF). Ne visada bitumo dozatorius tiksliai ir glaudžiai atsveria bitumo dozes, o tai blogina KMA mišinio sudėtį ir savybes. Pateikti Lietuvos „LL“ įmonės (pavadinimas pakeistas) BDS patobulinti statistinio vertinimo duomenys. Išanalizuoti nepatobulintos ir patobulintos BDS konstrukcijų skirtumai ir pateikta modernizavimo efektyvumo nustatymo metodika. BDS kokybė tirta per du KMA mišinio gamybos sezonus (prieš ir po modernizavimo). Kiekvieną dieną imtų ir ekstrahuotų tūrinių ėminių bitumo kiekių nuokrypių nuo DMF vertės lygintos su tolerancijų vertėmis.

**Reikšminiai žodžiai:** karštojo maišymo asfalto (KMA) mišinys, asfaltbetonio maišytuvas (ABMA), bitumas, bitumo siurblys, svėrimo bakas, vamzdis, vamzdinių transporto sistema, bitumo dozavimo sistema (BDS), tikslumas, glaudumas, nuokrypiai, darbinė mišinio formulė (DMF).

### Įvadas

Gaminant karštojo maišymo asfalto (KMA) mišinį labai svarbu tiksliai ir glaudžiai sudozuoti karštąsias mineralines medžiagas ir organinį rišiklį – bitumą. Kiekvienos markės KMA sudėtis ir savybės yra standartizuoti techninių reikalavimų apraše TRA ASFALTAS 08. Gaminamos markės KMA sudarančių medžiagų kiekiai yra nurodyti jo projektinėje sudėtyje ir darbinėje mišinio formulėje (DMF). Tačiau, norint laiduoti pramoniniu būdu gaminamo KMA mišinio projektinę sudėtį, asfaltbetonio maišytuvuose (ABMA) naudojami mineralinių medžiagų ir bitumo dozavimo įrenginiai – dozatoriai. Dozatoriumi vadinamas įrenginys, atmatuojantis reikiamą medžiagos kiekį.

Mokslo tyrimais, atliktais Lietuvoje (Sivilevičius ir Vislavičius 2008) ir kitose šalyse (Witczak ir Fonseca 1996; Hunter 1997; Masad *et al.* 2008), įrodyta, kad nuo komponentų kiekio KMA mišinyje priklauso jo struktūra ir savybės, o tai lemia nutiestos kelio asfalto dangos stiprumą ir ilgaamžiškumą (Mučinis *et al.* 2009; The asphalt handbook 1997). Per didelis ir per mažas laisvojo bitumo kiekis blogina KMA struktūrą, iš jo sudarytas asfaltbetonio dangos fizinės ir mechaninės savybės (Lee *et al.* 2009). Dėl jo pertekliaus didėja dangos plastiškumas, sumažėja asfaltbetonio atsparumas provėžų atsiradimui, ypač esant aukštai vasaros temperatūrai, sumažėja stipris. Nepakankamas bitumo kiekis didina asfaltbetonio

liekamąjį akytumą, mažina jo atsparumą šalčiui ir paviršiaus lukštenimuisi (Said 2005; Bhasin, Little 2009; Radziszewski 2007).

Kuo labiau bitumo, mineralinių miltelių, skaldos ir smėlio procentinis kiekis pagamintame KMA mišinyje skiriasi nuo optimalaus (projektinio) kiekio, tuo blogesnė būna jo struktūra ir savybės. Pagaminto KMA mišinio kokybę galima pagerinti tiksliau ir glaudžiau dozuoiant bitumą ir mineralines medžiagas.

ABMA kokybės kompleksinio rodiklio vertė labiausiai priklauso nuo komponentų kiekio nuokrypių pagamintame KMA mišinyje, nulemtų medžiagų dozavimo paklaidų (Sivilevičius *et al.* 2008). KMA gamybos įmonėse tobulinami medžiagų dozatoriai, leidžiantys sumažinti ne tik komponentų kiekio jame nuokrypius nuo DMF, bet ir bitumo oksidaciją bei padidinti įrenginių patikimumą ir ilgaamžiškumą.

KMA mišinys gaminamas skirtingos sandaros, našumo, įvairių technologijos schemų ABMA, iš kurių Lietuvoje populiariausiais tapo periodinio veikimo įrenginiai (Sivilevičius, Šukevičius 2009). Griežtinant reikalavimus KMA kokybei, senesnių modelių ABMA tobulinami arba keičiami naujais įrenginiais.

Darbo tikslas – ištirti ABMA bitumo dozavimo sistemos (BDS) elementų modernizavimo įtaką KMA sudėčiai, taikant pagaminto mišinio sudėties statistinius tyrimus.

## BDS konstrukcijos tobulinimas ir jo įtaka KMA savybėms

Tirti pasirinktas Lietuvoje UAB „LL“ veikiančio ABMA bitumo diskretinis svorinis dozatorius. 2007 metais „Amomatic VS 180 S“ ABMA BDS buvo modernizuotas: įmontuotas bitumo siurblio elektros variklio srovės dažnio keitiklis, įdiegtos šiuolaikinės kontrolės ir valdymo sistemos, bitumo dozės masės nustatymo elementai. Tikėtasi padaryti tikslesnį, glaudesnį ir paprasčiau valdomą KMA mišinio gamybos procesą, gauti kokybiškesnį KMA, sumažinti energijos sąnaudas.

Didžiausi iki 2007 metų veikusios BDS konstrukcijos trūkumai, turėję įtakos KMA kokybei, pateikti 1 lentelėje.

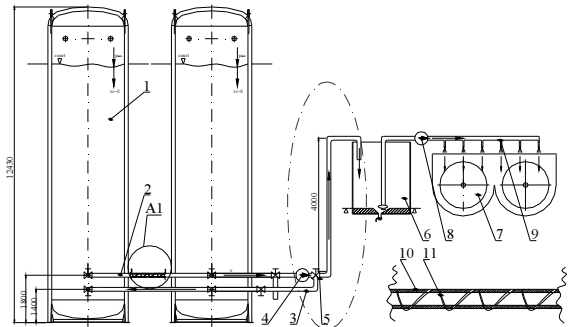
**1 lentelė.** BDS konstrukcijos trūkumų įtaka KMA mišinio gamybos technologiniams parametrams ir kokybei

**Table 1.** The influence of BBS construction deficiencies on technological parameters and the quality of HMA mixture

Konstrukcijos trūkumai	Įtaka KMA gamybos procesui (technologiniams parametrams)	Įtaka KMA
Nereguliuojami bitumo siurblio sūkiai	Didesnės energijos sąnaudos Didesni bitumo dozių masės nuokrypiai nuo projekto	Brangesnis KMA Mažesnis atsparumas šlyčiai, stipris, atsparumas temperatūros pokyčiams bei korozijai, padidėjęs plastiškumas, vandens sugertis
Trijų padėčių vožtuvas uždaromas per lėtai	Didesni bitumo dozių masės nuokrypiai nuo projekto	
Bitumo talpyklų nepakankamas skaičius	Sudėtingesnis valdymas ir darbų organizavimas	Nėra galimybės gaminti visų markių mišinių
Bitumo talpyklų įtekėjimo ir ištekėjimo čiaupai valdomi tik rankiniu būdu	Sudėtingesnis rankų darbo reikalaujantis valdymas	–
Susidėvėjusi vamzdžio termoizoliacija ir šildymo elementai	Nestabili bitumo temperatūra ir klampa	Sumažėjęs mišinio komponentinis ir temperatūrinis homogeniškumas

Modernizavimo metu buvo sumontuota papildoma ketvirtoji talpykla, o tai leidžia laikyti visų 4 pagrindinių markių bitumą. Sumontuoti pneumatiniai talpyklų įtekėjimo ir ištekėjimo vožtuvai. Schemoje (1 pav.) pažymėti pagrindiniai modernizuotos BDS konstrukciniai elementai: bitumo talpykla (1), siurbimo vamzdynas (2), grįžtamasis vamzdynas (3), bitumo siurblys (4), trijų padėčių vožtuvas (5), svėrimo bakas (6), maišyklė (7), siurblys atmatuotam bitumui siurbti į maišyklę (8), bitumo įpurškimo į maišyklę sistema (9), vamzdžio

termoizoliacija (10), vamzdžio šildymo elementas (11). Punktyrine linija pažymėtas svarbiausias tobulinamas mazgas. Atnaujintus vamzdžių transporto sistemą, galima paprastai perpumpuoti bitumą iš vienos talpyklos į kitą. Pakeisti šildymo elementai ir įrenginių termoizoliacinės medžiagos užtikrina, kad bitumo temperatūra visoje sistemoje išliktų pastovi. Svarbiausias pakeistas mazgas – bitumo siurblys ir jį varantis elektros variklis pavaizduotas 2 pav.



**1 pav.** Svorinio diskretinio bitumo dozatoriaus pagrindinių konstrukcinių elementų schema po BDS įrenginių patobulinimo 2007 metais

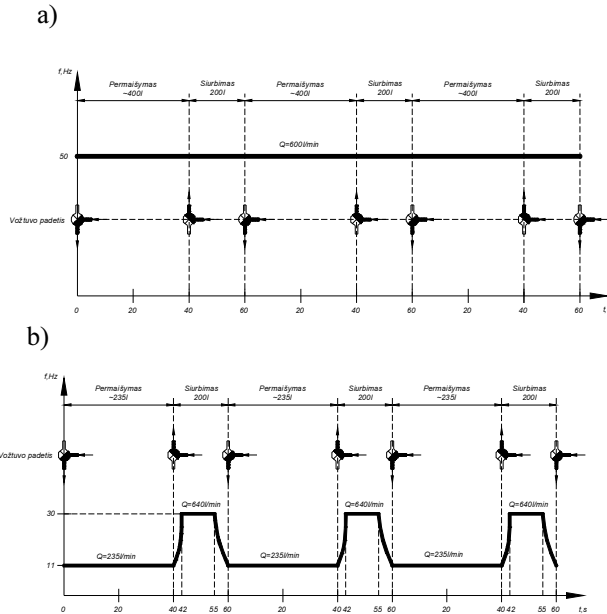
**Fig. 1.** A schematic view of the major structural elements of BBS after the reconstruction of bitumen system equipment in 2007



**2 pav.** Nuo 2007 metų veikiančios modernizuotos BDS siurblio mazgas

**Fig. 2.** A pump unit after the reconstruction of the bitumen batching system in 2007

Prieš modernizavimą 2006 m. buvusio ir po patobulinimo 2007 m. esančio siurblio darbo ciklogramos skiriasi (3 pav.). 2006 metais veikė 600 l/min našumo krumpļiaratinis siurblys, kurį suko asinchroninis trifazis elektros variklis. Bitumo dozė būdavo siurbama apie 20 s, o perjungus trijų padėčių vožtuvą, į talpyklą būdavo pumpuojama atgal tuo pačiu našumu, t. y. 600 l/min.



3 pav. Periodinio veikimo ABMA BDS siurblio ciklogramos: veikusio 2006 metais (a); veikiančio patobulinto nuo 2007 metų (b)

Fig. 3. Cyclograms of the pipelines transport system of batch-type AMP BBS were used: in 2006 (a); since 2007 (b)

2007 metais į siurblių sukantį variklį buvo įmontuotas dažnio keitiklis, kuris leido keisti variklio sukimosi dažnį. Pumpuojant bitumą į svėrimo baką, variklis sukasi 30 Hz dažniu ( $Q = 640$  l/min). Į svėrimo baką pripumpavus apie 85 % reikiamos bitumo dozės masės, variklio sukimosi dažnis laipsniškai mažėja ir, esant bake 100 % reikiamo bitumo kiekio bei persijungus trijų padėčių vožtuvui, variklio sukimosi greitis nusistovi ties 11 Hz dažniu. Dažnių pasikeitimas po perjungimo į dozavimo režimą trunka 2 s ir 3 s, sukimosi dažnis lėtėja baigiant dozavimo ciklą. Toks variklio parametru pakeitimas leidžia tiksliau dozuoti bitumą į svėrimo baką ir sumažina energijos sąnaudas bitumui tekant laisvąja eiga.

### BDS modernizavimo efektyvumo tyrimas pagal KMA mišinyje esančio bitumo kiekio statistinius duomenis

Pagal norminių dokumentų IT ASFALTAS 08 ir TRA ASFALTAS 08 reikalavimus iš atskiro ėminio po ekstrahavimo nustatytas tirpiojo bitumo kiekis KMA negali skirtis nuo jo DMF daugiau kaip  $\Delta x_{Bi} = \pm 0,5\%$ . Kuo faktiškas bitumo kiekis  $x_B$ , % atskiruose KMA mišiniuose artimesnis projektiniam kiekiui  $x_{Bp}$ , tuo tiksliau dozuojamas bitumas (Deshpande, Cebon 2004; Li *et al.* 2009; Wu, Romero 2005; Sivilevičius *et al.* 2011). Organinio rišiklio faktiškas procentinis kiekis

$x_B$  pagal atitinkamus LST EN standartus paimtame ir ištirtame KMA mišinio ėminyje labiausiai priklauso nuo dozatoriuje atsvertos bitumo dozės masės  $q_B$ . Bitumo kiekis  $x_B$  taip pat priklauso nuo KMA mišinio mineralinės dalies masės  $Q_{md}$ . Padidinus  $Q_{md}$ ,  $x_B$  sumažėja. Nevisiškas komponentų sumaišymas maišyklėje gali nulemti bitumo kiekio nuokrypius ėminyje nuo DMF. Paėmus ėminį, į kurį įeina smulkesni grūdėliai, apgaubti didesnio ploto bitumo plėvelėmis,  $x_B$  padidėja.

Bitumo dozatoriaus patobulinimo efektyvumą vertinome pagal po KMA mišinio ekstrahavimo atskiruose ėminiuose nustatyto bitumo kiekio  $x_{Bi}$  nuokrypių nuo projekcinio jo kiekio  $x_{Bp}$  vertes  $\Delta x_{Bi}$ . Skaičiavome padėties (darbų sezono visų ėminių aritmetinį vidurkį  $\overline{\Delta x_B}$ ) ir sklaidos (atskirų ėminių  $\Delta x_{Bi}$  standartinį nuokrypį  $s_{\Delta x_B}$ ) parametrus:

$$\overline{\Delta x_B} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{Bi}}{n}, \quad (1)$$

$$s_{\Delta x_B} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_{Bi} - \overline{\Delta x_B})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

čia  $n$  – per darbų sezoną paimtų ir ištirtų KMA mišinio ėminių skaičius.

Iš 2006 ir 2007 metais pagaminto KMA mišinio atliktos statistinės analizės nustatėme, kad dozatoriaus darbo kokybę rodantys parametrai  $\overline{\Delta x_B}$  ir  $s_{\Delta x_B}$  pasikeitė nedaug. 2006 metais iš 209 ištirtų ėminių tik 1 ėminio bitumo kiekio nuokrypis  $\Delta x_B$  buvo didesnis už leistinąjį  $\Delta x_{Bi} = \pm 0,5\%$  ir sudarė 0,48 % visų ištirtų ėminių skaičiaus. 2007 metais neatitiko reikalavimų 6 KMA mišinio ėminiai iš 232 tirtų ėminių, t. y. 2,5 %.

Palyginus dviejų laikotarpių padėties ir sklaidos statistinius parametrus matyti, kad dozuoto bitumo kiekio nuokrypių nuo projekto aritmetinio vidurkio  $\overline{\Delta x_B}$  ir standartinio nuokrypio  $s_{\Delta x_B}$  vertės beveik nesikeitė: 2006 metais  $\overline{\Delta x_B} = 0,023\%$  ir  $s_{\Delta x_B} = 0,205\%$ , o 2007 metais –  $\overline{\Delta x_B} = 0,056\%$  ir  $s_{\Delta x_B} = 0,208\%$ .

Apskaičiuotosios bitumo kiekio KMA mišinio imčių dispersijos prieš modernizavimą  $s_{\Delta x_{B1}}^2$  ir po modernizavimo  $s_{\Delta x_{B2}}^2$  skyrėsi. Ar bitumo kiekio generalinės

dispersijos, kurias būtų galima gauti ištyrus visus KMA maišinius, skiriasi, nustatėme taikydami Fišerio ir Snedekoro (*Fisher-Snedecor*) kriterijų. Tam lyginome didesnę dispersiją su mažesne skaičiuodami atsitiktinį dydį:

$$F = \frac{s_d^2}{s_m^2} = \frac{s_{\Delta x B1}^2}{s_{\Delta x B2}^2}, \quad (3)$$

čia  $s_d^2$  – didesnė imties dispersija,  $s_m^2$  – mažesnė imties dispersija. Į (3) formulę įrašę empirines imčių dispersijų vertes gavome santykį:

$$F = \frac{s_{\Delta x B1}^2}{s_{\Delta x B2}^2} = \frac{0,208^2}{0,205^2} = 1,024.$$

Kadangi apskaičiuotoji statistika  $F_{apsk.} = 1,024$  yra mažesnė už  $F_{kr.}(0,05; 209; 232) = 1,25$  (Кремep 2003), tai nėra pagrindo atmesti hipotezę apie generalinių dispersijų vienodumą.

Ar skirtingais metais tirtų KMA maišinių generaliniai vidurkiai  $\Delta x_B$  tarpusavyje lygūs ar skiriasi, tikrinome pagal Stjudento (*Student*) kriterijų. Kadangi 2006 ir 2007 metais gautų bitumo kiekio nuokrypių KMA maišiniuose generaliniai vidurkiai  $\Delta x_B$  ir dispersijos  $s_{\Delta x B}^2$  yra žinomi, o dispersijos  $s_{\Delta x B}^2$  imamos lygios (šią prielaidą patvirtinome), tai hipotezę, kad visi  $\Delta x_B$  lygūs, tikrinome apskaičiuodami statistiką  $T$ :

$$T = \frac{\overline{\Delta x_{B1}} - \overline{\Delta x_{B2}}}{\sqrt{(n_1 - 1)s_{\Delta x B1}^2 + (n_2 - 1)s_{\Delta x B2}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}. \quad (4)$$

Į (4) formulę įrašius iš eksperimento gautas empirines vertes, statistika  $T$  buvo apskaičiuota taip:

$$T = \frac{0,056 - 0,023}{\sqrt{(209 - 1)0,205^2 + (232 - 1)0,208^2}} \cdot \sqrt{\frac{209 \cdot 232(209 + 232 - 2)}{209 + 232}} = 1,67.$$

Skaičiavimais nustatyta, kad pagal 0,05 reikšmingumo lygį abiejų lyginamų grupių statistika  $T_{1-2} = 1,67$  (Кремep 2003) yra mažesnė už kritinį tašką  $t_{kr.}(0,05; 339) = 1,97$ . Tai leidžia daryti išvadą, kad statistiškai 2006 ir 2007 metais tirtuose ėminiuose rasti bitumo kiekio nuokrypių nuo projekto vidurkiai iš esmės nesiskiria. Tačiau pagal bitumo kiekio nuokrypių  $\Delta x_{Bi}$  pasiskirstymą intervaluose (2 lentelė) matyti, kad KMA mišinio ėminiuose po modernizavimo šiek tiek sumažėjo didesnių ir labai sumažėjo vidutinių bitumo trūkumo verčių.

**2 lentelė.** Pagamintame KMA mišinyje bitumo kiekio nuokrypių nuo DMF pasiskirstymo intervalai

**Table 2.** The rate of deviation of from bitumen content in the produced HMA mixture from the JMF at distributional intervals

Bitumo kiekio nuokrypių nuo projekto KMA intervalai, %	2006 metais (prieš modernizavimą)	2007 metais (po modernizavimo)
	Į ribas patenkančių nuokrypių dalis, %	
≤(-0,50)	0,48	0,43
(-0,50-(-0,30))	5,26	4,74
(-0,30-(-0,10))	24,40	18,53
(-0,10-0)	16,75	16,38
(0-0,10)	21,05	16,81
(0,10-0,30)	22,49	32,32
(0,30-0,50)	9,57	8,62
≥0,50	0	2,15
Iš viso	100	100

2006 metais esant bitumo trūkumui buvo pagaminta 46,9 % visų maišinių, iš kurių 5,7 % buvo didesnis nei 0,30 % rišiklio trūkumas. 2007 metais pagaminti maišiniai, kuriuose buvo bitumo trūkumas, sudarė 40,1 %, iš kurių didesnis nei 0,30 % nuokrypis buvo 5,2 %. Dozatoriaus modernizavimas padidino maišinių su bitumo pertekliumi santykinį dažnį, tačiau maišinių su didžiausiu leistinu rišiklio pertekliumi sumažėjo nuo 9,6 % iki 8,6 %. Gaminant 0/16-A markės mišinį 2007 metais liepos mėn. 2–3 dienomis pastebėti dideli leistini ir net neleistini bitumo pertekliai, kuriuos reikėtų laikyti ne dozatoriaus, bet ABMA operatoriaus klaida.

## Išvados

1. Įdiegus naujus, modernius įrenginius pagerėjo BDS valdymas ir monitoringas. Atnaujinti automatiniai vožtuvai, siurblio mazgas ir vamzdynas leidžia efektyviai valdyti bitumo judėjimo, perpumpavimo procesus. Atnaujinti bitumo šildymo įrenginiai leidžia programiniu būdu stebėti ir valdyti temperatūrą visoje sistemoje, racionaliai naudoti elektros energiją, sumažinti bitumo perkaitinimą ir temperatūros kritimo atvejų tikimybę.

2. Naudojant Fišerio ir Snedekoro bei Stjudento kriterijus nustatyta, kad bitumo kiekio, nulemta jo dozių masės svyravimų, standartiniai nuokrypiai ir dispersijos populiacijose statistiškai nesiskyrė. Prieš modernizavimą ir po modernizavimo rišiklis buvo dozuojamas esant vienodai atsitiktinei paklaidai (vienodu duomenų glaudumu).

3. Tirtų KMA mišinio ėminių tyrimo rezultatai parodė, kad tirpaus bitumo kiekio juose standartinis nuokrypis ir dozių nuokrypių nuo projekto aritmetinis vidurkis liko panašūs. Visus tirtus nuokrypius suskirsčius į nuokrypių intervalus nustatyta, kad 2006 metais esant bitumo trūkumui buvo gaminama 46,9 % visų maišinių, iš kurių 5,7 % esant didesniai nei 0,30 % rišiklio trūkumui, o 2007 m.

pagaminti maišiniai, kuriuose bitumo trūkumas sudarė 40,1 %, iš kurių didesnis nei 0,30 % nuokrypis buvo 5,2 %.

4. Modernizuotas dozatorius užtikrino, kad bitumo kiekiai maišiniuose buvo artimesni optimaliems (DMF), o tai yra viena iš svarbiausių sąlygų gaminant kokybišką KMA mišinį. Optimalus bitumo kiekis mišinyje rodo, kad paklotą asfalto dangą bus galima ilgiau naudoti, ji taps stipresnė ir atsparesnė temperatūros svyravimams, provėžų susidarymui ir korozijai.

## Literatūra

- Bhasin, A.; Little, D. N. 2009. Application of microcalorimeter to characterize adhesion between asphalt binders and aggregates, *Journal of Materials in Civil Engineering* 21(6): 235–243. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:6(235)
- Deshpande, V. S.; Cebon, D. 2004. Micromechanical modelling of steady-state deformation in asphalt, *Journal of Materials in Civil Engineering* 16(2): 100–106. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2004)16:2(100)
- Hunter, R. N. 1997. *Bituminous mixtures in road construction*. London: Thomas Telford. 441 p.
- IT ASFALTAS 08. *Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės*. 2008. Prieiga per internetą: <[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok\\_priedasp\\_id=31158](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedasp_id=31158)>.
- Lee, S. J.; Amirkhanian, S. N.; Kim, K.W. 2009a. Laboratory evaluation of the effects of short-term oven aging on asphalt binders in asphalt mixtures using HP-GPS, *Construction and Building Materials* 23(9): 3087–3093. doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.03.012
- Li, X.; Williams, R. C.; Marasteanu, M. O.; Clyne, T. R.; Johnson, E. 2009. Investigation of in-place asphalt film thickness and performance of hot-mix asphalt mixtures, *Journal of Materials in Civil Engineering* 21(6): 262–270. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:6(262)
- Masad, E.; Huang, C. W.; Airey, G.; Muliana, A. 2008. Nonlinear viscoelastic analysis of unaged and aged asphalt binders, *Construction and Building Materials* 22(11): 2170–2179. doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.08.012
- Mučinis, D.; Sivilevičius, H.; Oginskas, R. 2009. Factors determining the inhomogeneity of reclaimed asphalt pavement and estimation of its components content variation parameters, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 4(2): 69–79. doi:10.3846/1822-427X.2009.4.69-79
- Radziszewski, P. 2007. Modified asphalt mixtures resistance to permanent deformations, *Journal of Civil Engineering and Management* 13(4): 307–315.
- Said, S. F. 2005. Aging effect on mechanical characteristics of bituminous mixtures, *Transportation Research Record* 1901: 1–9. doi:10.3141/1901-01
- Sivilevičius, H.; Vislavičius, K. 2008. Stochastic simulation of the influence of variation of mineral material grading and dose weight on the homogeneity of hot-mix asphalt, *Construction and Building Materials* 22(9): 2007–2014. doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.07.001
- Sivilevičius, H.; Šukevičius, Š. 2009. Manufacturing technologies and dynamics of hot-mix asphalt mixture production, *Journal of Civil Engineering and Management* 15(2): 169–179. doi:10.3846/1392-3730.2009.15.169-179
- Sivilevičius, H.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2008. Quality attributes and complex assessment methodology of asphalt mixing plant, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 3(3): 161–166. doi:10.3846/1822-427X.2008.3.161-166
- Sivilevičius, H.; Podvezko, V.; Vakrinienė, S. 2011. The use of constrained and unconstrained optimization models in gradation design of hot mix asphalt mixture, *Construction and Building Materials* 25(2011): 115–122. doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.06.050
- The asphalt handbook*. 1997. Manual series No4 (MS-4), Lexington: Asphalt Institute. 778 p.
- TRA ASFALTAS 08. *Automobilių kelių asfalto mišinių techninių reikalavimų aprašas*. 2008. Prieiga per internetą: <[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok\\_priedas?p\\_id=31136](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedas?p_id=31136)>.
- Witczak, M. W.; Fonseca, O. A. 1996. Revised predictive model for dynamic (complex) modulus of asphalt mixtures, *Transport Research Record* 1540: 15–23.
- Wu, J.; Romero, P. 2005. Performance testing of segregated hot-mix asphalt samples to evaluate segregation models, *Transportation Research Record* 1907: 118–127. doi:10.3141/1907-14
- Кремер, Н. Ш. 2003. *Теория вероятностей и математическая статистика*. Москва: ЮНИТИ. 363 с.

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE MODERNIZED BITUMEN BATCHING SYSTEM ON THE COMPOSITION OF THE HOT MIX ASPHALT MIXTURE

J. Bražiūnas, H. Sivilevičius

Abstract

The weighted mass of a binder in the bucket of the bitumen batcher of a batch-type asphalt plant should be such that its percentage of hot mix asphalt (HMA) mixture lot would comply with the design amount of the job-mix formula in all mix batches. A bitumen batcher does not always weigh bitumen portions precisely. Their mass deviations from the amount determined by the project and its variation impair HMA composition and performance. The paper provides data on a statistical evaluation of bitumen batcher modernization performed at Lithuanian enterprise „LL“. The article analyzes differences in the structures of reconstructed and not reconstructed bitumen batching systems and presents methods for determining modernization effectiveness. The paper also focuses on the effectiveness of the batching system, determining deviations from bitumen content in subsamples taken and extracted everyday during two seasons (before and after batcher's modernization) of producing HMA from the value of job-mix formula and comparing them to the values of tolerances.

**Keywords:** hot mix asphalt (HMA) mixture, asphalt mixing plant (AMP), bitumen, bitumen pump, container, pipe, pipeline transport system, bitumen batching system (BBS), accuracy, precision, tolerances, job-mix formula (JMF).