



18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

DANGOS KONSTRUKCIJŲ DEGRADACIJOS TYRIMAS TAIKANT GREITKELIŲ PLĖTROS IR PRIEŽIŪROS VALDYMO METODĄ HDM-4

Paulius Paplauskas¹, Rita Kleizienė²

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Kelių katedra

²Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Kelių tyrimo institutas

El. paštas: ¹p.paplauskas@ktti.lt; ²rita.kleiziene@vgtu.lt

Santrauka. Eksploatuojamos kelio dangos konstrukcijos būklės kitimas arba degradacija įtakota visos eilės veiksnių ir kintamųjų: aplinkos poveikio (kritulių, temperatūros ir t. t.), apkrovų poveikio (transporto priemonių tipo, svorio, važiavimo greičio, intensyvumo ir t. t.), dangos konstrukcijos (tipo, sluoksnių storių, medžiagų charakteristikų ir pan.), įrengimo kokybės (sutankinimo, klojimo temperatūros ir pan.) ir kitų. Kiekvienas veiksnys daugiau ar mažiau sąlygoja dangos eksploatacijos trukmę bei pažaidų susidarymą ir propagavimą. Teoriniai dangos konstrukcijos būklės kitimo metodai įvertina skirtingus dangos irimo modelius, tokius kaip: provėžų, nuovargio ir temperatūrinių plyšių, dangos nelygumo. Dažniausiai dangos konstrukcijos degradacijos metodai taikomi naudos ir kaštų analizei bei planuojant kelių priežiūros lėšas. Šio tyrimo tikslas įsisavinti greitkelių plėtros ir valdymo metodiką HDM-4 (toliau HDM-4) nustatant eksploatuojamų kelių dangos konstrukcijos būklę bei numatant tolimesnius dangos degradacijos procesus. Eksploatuojamų kelių dangos degradacija įvertinta per provėžos gylio ir dangos nelygumo modelius, kurių vertės palygintos su išmatuotais duomenimis.

Reikšminiai žodžiai: Degradacijos modeliai, dangų valdymo sistema, dangos nelygumas, provėžos, dangos struktūrinis skaičius.

Įvadas

Kelias – inžinerinis statinys, skirtas transporto priemonių ir pėsčiųjų eismui. Kelio dangos konstrukcija – tai dangos ir pagrindo sluoksniai įrengti ant žemės sankasos. Pagal panaudotas medžiagas išskiriamos standžios, pusiau standžios ir nestandžios dangos konstrukcijos. Nepriklausomai nuo automobilių kelių dangos konstrukcijos tipo, danga turi būti saugi, lygi, atspari slydimui, standi, atspari aplinkos ir mechaniniam poveikiams ir ekonomiškai. Tačiau eksploatacijos metu kelio dangos konstrukcijos būklė prastėja, t. y. degraduoja, o tai tiesiogiai įtakoja kelio naudojimo saugumą, patogumą ir ekonomiškumą.

Degradacijos procesai kelio dangos konstrukcijoje priklauso nuo visos eilės veiksnių ir kintamųjų: aplinkos poveikio (kritulių, temperatūros ir t. t.), apkrovų poveikio (transporto priemonių tipo, svorio, važiavimo greičio, intensyvumo ir t. t.), dangos konstrukcijos (tipo, sluoksnių storių, medžiagų charakteristikų ir pan.), įrengimo kokybės (sutankinimo, klojimo temperatūros ir pan.) ir kitų. Kelio dangose konstrukcijos degradacija bendrai suprantama kaip – provėžų, skersinių ir išilginių plyšių bei plyšių tinklų, duobių, bangų, bitumo išplaukimo ir kitų pažaidų visu- ma įtakojusi bendrą važiavimo būklės prastėjimą.

Norint užtikrinti sėkmingą kelių plėtros procesą renjami kelių priežiūros ir plėtros planai. Šiam tikslui taikomos dangų valdymo sistemos (ang. *Pavement Management System*, toliau – DVS). DVS, priklausomai nuo įdiegtų funkcijų, leidžia įvertinti kelių būklę, racionaliai paskirstyti lėšas bei remonto darbus, parinkti remonto tipus, įsivertinti, kokią ekonominę naudą suteiks dabar išleidžiamos lėšos ateityje ir pan. Prognozavimas atliekamas taikant teorinius degradacijos modelius – tai sudėtinės matematinės funkcijos, kurių kintamieji – kelio dangos konstrukcijos, kokybinių dangos rodiklių parametrai, dangos amžius, keliuose taikomi priežiūros ir remontų standartai, eismo intensyvumo (toliau – EI), automobilių apkrovos į dangą, kelio geometriniai parametrai, klimatinės sąlygos ir kita – išreikštos fizikiniais dydžiais arba koeficientais. Degradacijos modeliuose vienas kintamųjų yra laikas (Ferreira *et al.* 2011; Braga, 2005).

Degradacijos modeliai yra dviejų tipų – absoliutūs arba padidėjimo (pokyčio) modeliai. Absoliutūs – prognozuoja kelio dangos būseną (ar nuovargį) tam tikru laiko momentu ir yra nepriklausomų kintamųjų funkcija. Tuo tarpu padidėjimo modeliai – kiek padidės tam tikro parametro reikšmė per tiriamą laikotarpį (Skar *et al.* 2014; Morosiuk *et al.* 2004).

DVS galima atlikti prognozinis skaičiavimus ir vertinimus tiek projekto (kelio) lygyje, tiek apskrities, šalies ar regiono mastu – visa tai priklauso nuo sukauptų duomenų tikslumo ir kiekio, bei nuo įdirbio pritaikant ne tik degradacijos bet ir kitus modelius vietos sąlygoms. Kitos šalys pritaikė DVS vietinėms aplinkos, ekonomikos, ir transporto srautų sąlygoms, pavyzdžiui: Danijoje sukurta BELMAN ir naujoji *Vejman.dk PM*, Norvegijoje – The Norwegian PM-system, Švedijoje – PMS Objekt). Tačiau šias DVS galima laikyti tik kaip skirtingas platformas, kuriose įdiegti pritaikant pirminius Greitkelių plėtros ir valdymo nurodymai (ang. *Highway Development and Management*, toliau – HDM-4) ar Mechanistinis Empirinis dangų projektavimo gidas (ang. *Mechanistic- Empirical Pavement Design Guide*, toliau – MEPDG) sistemų degradacijos modeliai (Skar *et al.* 2014; Huvstig 2010).

Viena žinomiausių DVS yra HDM-4, kurio paskutinioji versija išleista 2004 metais Pasaulio banko, nuodugniai tyrinėta bei lengvai pritaikoma tiek šiaurės, tiek pietų šalims (Saji *et al.* 2013; Romanowska 2012). HDM-4 yra harmonizuota kelių infrastruktūros planavimo sistema ir jos kompiuterinė įranga, kuri leidžia įvertinti ne tik ekonominę investicijų į kelius poveikį, bet ir techninį ar socialinį (TKTI 2009). Pagrindiniai sistemos panaudojimo principai: projektų įvertinimas, daugiamečių kelių tinklo plėtros programų sudarymas ir strateginis planavimas.

HDM koncepcija – kelio poveikį aplinkai ir visuomenei galima įvertinti pinigine naudos išraiška.

Bendrus, kelių dangos būklės valdymo ir kelių plėtros planavimo skaičiavimo sistemos modelius, sudaro keletas mažesnių modelių, analizuojančių skirtingus aspektus: transporto priemonių eksploatacinių išlaidų modelis, poveikio kelio naudotojams modelis, kelio dangos degradacijos modelis, kelio dangos priežiūros ir remontų modelis (TKTI 2009).

HDM-4 modeliuose daromos prielaidos: dangos modifikuotas struktūrinis skaičius gali būti nustatomas dviem būdais (naudojantis dangos charakteristikomis ir jėga arba naudojantis krintančio svorio deflektometru (toliau – FWD) įlinkių ir sluoksnių storių duomenimis); analizės metu nevykdomi jokie priežiūros darbai; nėra duobių kelio dangoje; yra tik vienas automobilių tipas kelyje (Romanowska 2012).

Kiekviena šalis, kuri naudoja HDM-4 metodą, privalo jį pritaikyti savo šalies sąlygoms (klimatinėms, technologinėms, ekonominėms ir socialinėms). Tačiau atliekami tyrimai ir jų rezultatai yra retai skelbiami. Lietuvoje yra publikuoti du moksliniai darbai – V. Puodžiuko (apie HDM III) 1999 m. ir A. Bragos (HDM-4 pritaikymas Lietuvos sąlygoms) 2005 m. disertacijos, o užsienio autorių – NordFoU 2014 m. studija apie HDM-4 pritaikymą šiaurės šalims.

Eksperimentinio tyrimo tikslas – nustatyti dangos konstrukcijos degradacijos kitimą pagal esamos būklės kokybinius rodiklius.

Eksperimentinis tyrimas

Tiriamajame darbe numatyta įvertinti kelio dangos degradacijos modelius, atsižvelgiant į susidarančias pažeidas keliuose. Eksperimentinio tyrimo rezultatai leis

įvertinti degradacijos modelių pritaikomumą Lietuvos automobilių kelių būklės prognozavimui.

Eksperimentinių tyrimų metodologija:

- eksperimentinių kelių ir tyrimų ruožų atranka;
- informacijos apie tiriamuose ruožuose atliktus darbus surinkimas;
- kelio dangos konstrukcijų eksploatacijos rodiklių istorinių duomenų surinkimas;
- kelio dangos konstrukcijų kokybinių rodiklių nustatymas;
- kelio dangos konstrukcijų struktūrinio skaičiaus SNP nustatymas;
- kelio dangos konstrukcijų degradacijos kitimo nustatymas per nelygumo ir provėžos gylio rodiklius;
- prognozuojamų ir nustatytų rodiklių palyginimas.

Eksperimentiniam tyrimui parinkti kelių ruožai, atsižvelgiant į: kelio kategoriją; rekonstrukcijos ar kapitalinio remonto laiką; kokybinių rodiklių matavimo duomenis. Eksperimentui atrinkti 6 kelių ruožai, kuriuose kokybiniai dangos rodiklių matavimai atlikti bent 2 kartus po atliktos kelio rekonstrukcijos. Atrinkti 2 rajoninės, 1 krašto ir 3 magistralinės reikšmės vieno kilometro ilgio kelių ruožai. Informacija apie tiriamus ruožus pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Informacija apie tiriamus ruožus

Kelio Nr.	Ruožas, nuo/iki km	KK	DKK	AC S storis, cm	SPS storis, cm	AŠAS storis, cm
A5	16,9/17,9	I	I	12	41	40
A6 (A6-1)	45,7/46,7	AII	I	10	35	40
A6 (A6-2)	108,8/109,8	AIII	III	10	18	40
182	1,5/2,5	III	IV	10	22	40
1907	17,1/18,1	V	VI	6	16	40
3807	17,0/18,0	V	VI	6	16	10

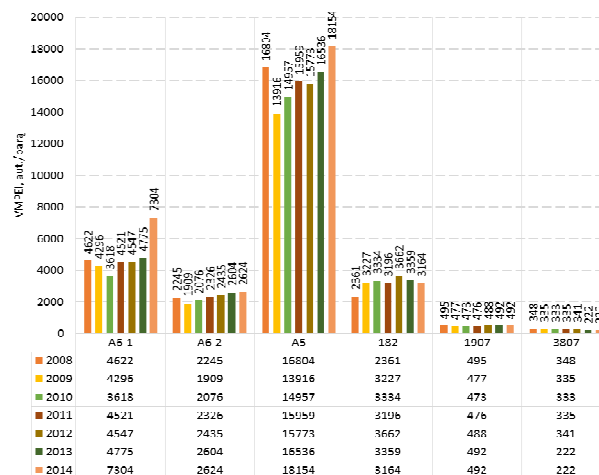
KK – kelio kategorija

DKK – dangos konstrukcijos klasė

AC S – bendras asfalto sluoksnis

SPS – skaldos pagrindo sluoksnis

AŠAS – apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis



1 pav. VMPEI kitimas 2008–2014 m. tiriamuose keliuose

Dangos konstrukcijos eksploatacijos rodiklių istoriniai duomenys susideda iš dviejų dalių: eismo intensy-

vumo duomenys (1 pav.) ir kokybinių rodiklių matavimai, atlikti ankstesniais metais iki šio tyrimo pradžios, rezultatai paimti iš LAKIS (žiūrėta: 2015-02-05).

Kelio dangos kokybinių rodiklių nustatymas atliktas su mobiliąja kelių tyrimų laboratorija RST28 2013 ir 2014 metais. Nelygumas, vėžės bei pažaidos buvo matuojami visose tiriamų ruožų eismo juostose. RST28 gautus dangos nelygumo, vėžių gylio ir pažaidų kiekio rezultatus pateikia 20 metrų žingsniu, iš kurių buvo suskaičiuotas atskirų eismo juostų vidurkis ir galiausiai viso tiriamo ruožo vidurkis.

SNP skaičiavimas ir rezultatų vertinimas

HDM-4 degradacijos modeliuose dangos stiprumas yra įvertinamas pritaikytu dangos stiprumo rodikliu SNP. HDM-4 metodikoje pateikiami du būdai apskaičiuoti dangos stiprumą, apibūdinamą pritaikytu struktūriniu skaičiumi SNP (Morosiuk *et al.* 2004):

– pirmas būdas – pritaikytas struktūrinis skaičius apskaičiuojamas iš duomenų apie dangos konstrukcijos sluoksnius ir stiprumą;

– antrasis būdas – pritaikytas struktūrinis skaičius apskaičiuojamas iš Benkelmano sija arba FWD atliktų matavimų rezultatų.

Tiriamų ruožų dangos konstrukcijų SNP apskaičiuotas antruoju būdu pagal 2014 metų spalio mėnesį atliktus matavimus su FWD, esant teigiamai oro temperatūrai. Tiriami kelių ruožai su FWD buvo matuojami abejomis eismo judėjimo kryptimis, vienoje eismo juostoje sukliant apkrovą į kelio dangą tris kartus kas šimtą metrų, o kitoje – matavimų pradžia paslenkama 50 metrų, t. y. šachmatine tvarka.

Skaičiavimams buvo naudojami FWD trečiojo bandymo rezultatai. Centrinio įlinkio vertės buvo perskaičiuotos standartinei 20 °C temperatūrai (1 formulė).

$$D_s = \frac{D_r \cdot F_s \cdot k_T}{F_r}, \quad (1)$$

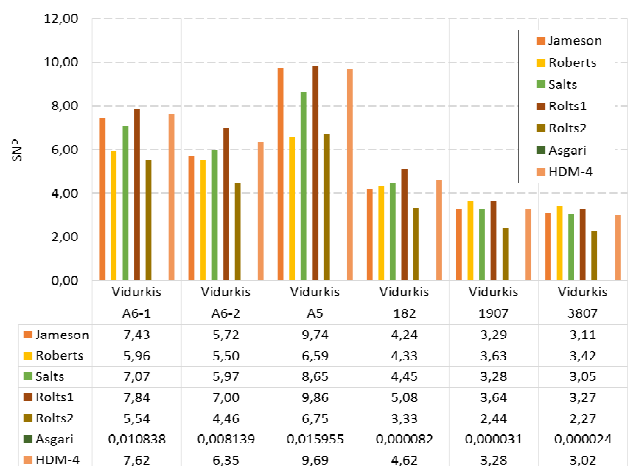
čia: D_s – redukuotas įlinkis; D_r – išmatuotas įlinkis, μm ; F_s – standartinė apkrova į kelio dangą, kN; k_T – temp pataisos koeficientas; F_r – kelio dangos apkrova įlinkių matavimo metu, kN.

Iš gautų rezultatų buvo išvesti ruožų vidurkiai, kuriems papildomai buvo atliktas temperatūrinis ir sezoninių pataisų įvertinimas.

Tiriamų ruožų dangos konstrukcijos skaičius SNP vertintas pagal FWD duomenų interpretaciją, tačiau HDM-4 pateikta 11 skirtingų metodų SNP skaičiavimui taikant FWD duomenis. Tyrimo metu SNP skaičiavimai atlikti taikant Jameson, Asgari, Salt, Roberts, HDM-4, Rolt1 ir Rolt 2 metodais pagal 2014 metais atliktus FWD dangos įlinkių matavimų rezultatus ir mokslininkų pateiktus Mr, SN, SNSG ir SNC kritinio metų laikotarpio faktorius (Braga 2005). SNP skaičiavimo rezultatai pateikti 2 lentelėje.

Rezultatai kinta priklausomai nuo kelio kategorijos. Labai išsiskiria Asgari metodas, kuriuo gautų rezultatų vertės yra labai mažos. 3 lentelėje pateikta koreliacinė

analizė tarp skirtingų metodų kelio Nr. A6 ruože nuo 45,65 iki 46,65 km.



2 pav. SNP skaičiavimo rezultatai

2 lentelė. Vidutinės SNP vertės ruožams

Kelio Nr.	Jameson	Roberts	Salts	Rolts1	Rolts2	Asgari	HDM-4
182	4,2	4,3	4,5	5,1	3,3	0,00008	4,6
A5	9,7	6,6	8,7	9,9	6,8	0,01596	9,7
A6-1	7,4	6	7,1	7,8	5,5	0,01084	7,6
A6-2	5,7	5,5	6	7	4,5	0,00814	6,4
1907	3,3	3,6	3,3	3,6	2,4	0,00003	3,3
3807	3,1	3,4	3,1	3,3	2,3	0,00002	3

3 lentelė. SNP skaičiavimo koreliacijos koeficientai tarp skirtingų metodų kelio Nr. A6 pirmame tiriamame ruože (A6-1)

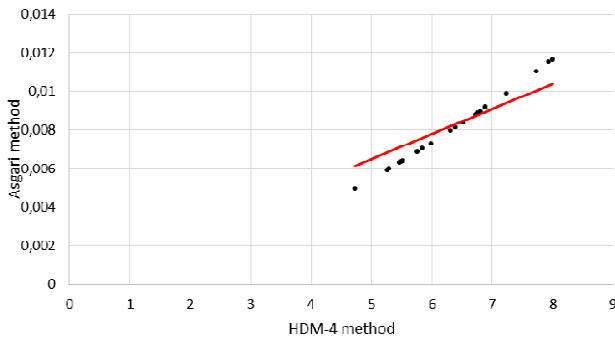
r	Jameson	Roberts	Salts	Rolts1	Rolts2	Asgari	Hdm-4
Jameson	–						
Roberts	0,94	–					
Salts	0,98	0,98	–				
Rolts1	0,88	0,98	0,95	–			
Rolts2	0,92	0,96	0,93	0,90	–		
Asgari	0,96	0,99	0,99	0,97	0,96	–	
HDM-4	0,96	0,99	0,99	0,97	0,96	1	–

Remiantis atlikto tyrimo rezultatais nustatyta, kad A6-1 tiriamame ruože, mažiausias koreliacijos koeficientas – tarp Rolts1 ir Jameson metodų ir yra lygus 0,8753. Didžiausias – tarp Asgari ir HDM-4 metodų ir yra lygus 1,0.

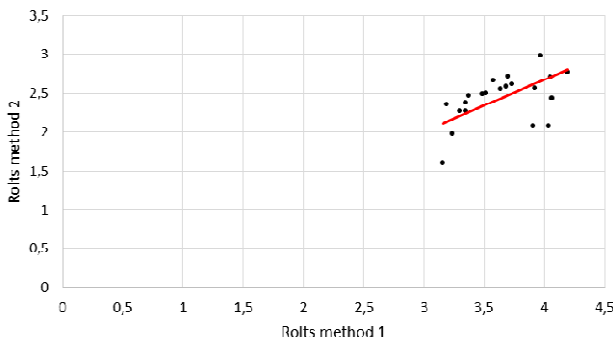
Remiantis atlikto tyrimo rezultatais A6 kelio antrame tiriamame ruože nustatytas mažiausias koreliacijos koeficientas – tarp Rolts1 ir Jameson metodų ir yra lygus 0,962. Didžiausias – tarp Asgari ir HDM-4 metodų ir yra lygi 0,999 (3 pav.).

Tiriamame kelio A5 ruože nustatytas mažiausias koreliacijos koeficientas – tarp Rolts1 ir Jameson metodų ir yra lygus 0,833. Didžiausias – tarp Asgari ir HDM-4 metodų – 0,999. 182 kelio tiriamame ruože mažiausias koreliacijos koeficientas gautas tarp Rolts1 ir Rolts2 metodų ir yra lygus 0,965. Didžiausias koeficientas nustatytas tarp Salts ir HDM-4 metodų ir yra lygus 0,998.

1907 kelio tiriamame ruože mažiausias koreliacijos koeficientas – tarp Rolts1 ir Rolts2 metodų (4 pav.) ir yra lygus 0,514. Didžiausias – tarp Jameson ir HDM-4 – 0,998. 3807 kelio tiriamame ruože mažiausias koreliacijos koeficientas – tarp Rolts1 ir Rolts2 metodų ir yra lygus 0,561. Didžiausias – tarp Asgari ir HDM-4 metodų – 0,999.



3 pav. Ruožo A6-2 koreliacija tarp HDM-4 ir Asgari metodų

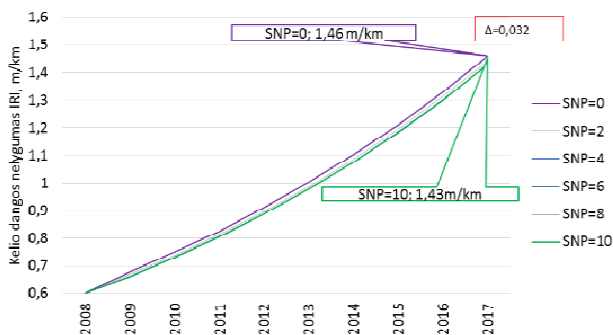


4 pav. Koreliacija kelyje Nr. 1907 tarp Rolts 1 ir 2 metodų

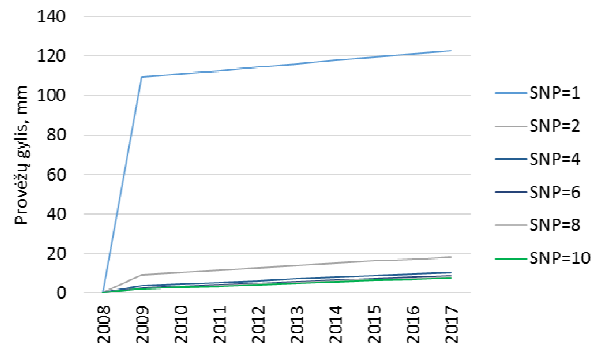
Nustatyta SNP dydžio įtaka kelio dangos nelygumo kreivei atliekant skaičiavimus su statistiniais kintamaisiais visą 10 metų analizuojamą laikotarpį. SNP vertė buvo keičiama intervale nuo 0 iki 10 žingsniu 2.

Iš gautų rezultatų nustatyta, kad SNP kelio dangos nelygumo degradacijos kreivei daro nedidelę įtaką (5 pav.).

Analogiškai ištirta ir SNP įtaka provėžų degradacijos modelyje. Čia, priešingai nei kelio dangos nelygumo modelyje, SNP turi labai didelę įtaką provėžų modeliui (6 pav.). Modeliuojant SNP vertės buvo keičiamos nuo 1 iki 10 žingsniu $\Delta = 2$. Gautas labai didelės provėžų gylio vertės esant silpnai dangos konstrukcijai, t. y. SNP = 1.



5 pav. Nelygumo kreivės priklausomybė nuo SNP dydžio

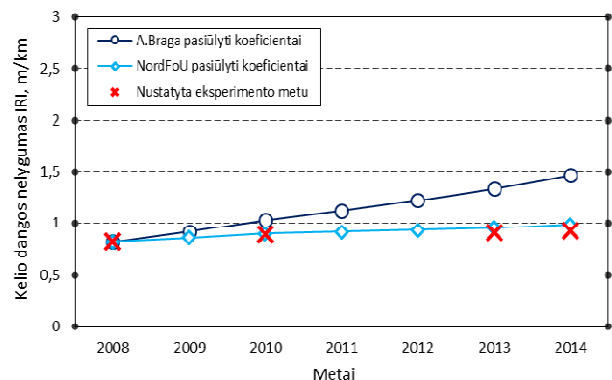


6 pav. Provėžų kreivės priklausomybė nuo SNP

Skaičiuojant SNP HDM-4 metodu užtenka atlikti matavimus tik su FWD. Skaičiuojant SNP Asgari metodu būtina parinkti koeficientus atitinkamai pagal sankasos gruntų tipą. Tolimesniam degradacijos modelių tyrimui buvo pasirinktas SNP skaičiavimas HDM-4 metodu dėl jam reikalingų minimalių pradinių įvesties duomenų. Taip pat šis metodas gali būti taikomas vietoje FWD naudojant TSD (Traffic Speed Deflectometer), nes šiam metodui užtenka tik centrinio įlinkio reikšmės (Baltzer *et al.* 2012).

Kelio dangos degradacijos skaičiavimai ir rezultatų vertinimas

Magistralinio kelio A6 ruože nuo 45,65 iki 46,65 km kelio dangos nelygumas paskutinio kokybinių dangos rodiklių matavimo metu, atlikto 2014 metais, buvo lygus 0,93 m/km. Per visą dangos tarnavimo laikotarpį (6 metai) IRI padidėjo 0,11 m/km nuo 0,82 m/km.



7 pav. Kelio dangos nelygumo degradacijos kreivės A6-1 ruože

Atlikus HDM-4 kelio dangos nelygumo degradacijos kreivės skaičiavimus gauti rezultatai – kelių A6-1, A5, 182, 1907 ir 3807 ruožuose pasiekti tikslesni rezultatai taikant skaičiavimams NordFoU siūlomus kalibravimo koeficientus, o kelio A6 antrame ruože (A6-2) tikslesni rezultatai pasiekti taikant A.Brago pasiūlytus koeficientus.

7 paveiksle pateiktos A6-1 kelio dangos nelygumo sumodeliuotos kreivės. Kitų tiriamų kelių gauti rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Magistralinio kelio Nr. A6 ruože nuo 108,79 iki 109,79 km vidutinis provėžų gylis kelio dangoje paskutinio kokybinių dangos rodiklių matavimo metu buvo 1,38 mm. Apskaičiuoti prognoziniai provėžų gyliai pa-

teikti grafiškai 8 paveiksle, o kitų kelių rezultatai pateikti 5 lentelėje. Gauti rezultatai labai skirtingi tiek su A. Braga koeficientais, tiek ir su NordFoU.

4 lentelė. Kelio dangos nelygumo degradacijos kreivių skaičiavimo rezultatai

Kelio Nr.	Naudoti koeficientai	* Nelygumas IRI, m/km	
		Modeliuotas	Išmatuotas
A6-1	A. Braga	1,465	0,93
	NordFoU	0,987	
A6-2	A. Braga	1,3	1,38
	NordFoU	0,904	
A5	A. Braga	1,501	0,88
	NordFoU	0,94	
182	A. Braga	1,401	0,83
	NordFoU	0,941	
1907	A. Braga	2,615	1,34
	NordFoU	1,845	
3807	A. Braga	1,959	1,34
	NordFoU	1,412	

*Nelygumas šeštais dangos tarnavimo metais (2014 m.)

5 lentelė. Kelio dangos provėžų degradacijos kreivių skaičiavimo rezultatai

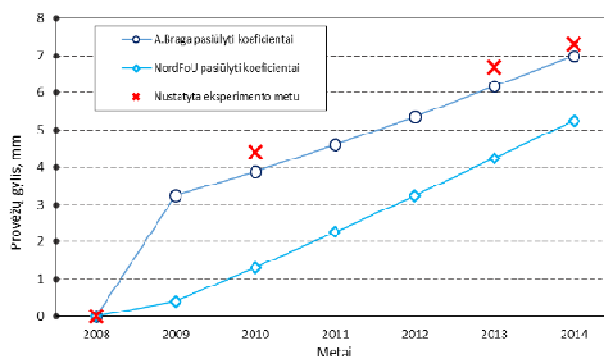
Kelio Nr.	Naudoti koeficientai	* Vėžių gylis, mm	
		Modeliuotas	Išmatuotas
A6-1	A. Braga	9,57	3,15
	NordFoU	6,45	
A6-2	A. Braga	6,98	7,31
	NordFoU	5,25	
A5	A. Braga	22,08	2,58
	NordFoU	12,17	
182	A. Braga	7	3,43
	NordFoU	6,24	
1907	A. Braga	6,34	6,29
	NordFoU	5,21	
3807	A. Braga	5,48	4,45
	NordFoU	4,82	

*Vėžių gylis šeštais dangos tarnavimo metais (2014 m.)

Atlikus tyrimą nustatyta, kad penkiuose ruožuose iš šešių (83,3 %) kelio dangos nelygumo degradacijos kreivės buvo tikslesnės su NordFoU siūlomais kalibravimo koeficientais.

Kaip ir kelio dangos nelygumo rezultatai, taip ir provėžų degradacijos skaičiavimuose keturiais atvejais iš

šešių (66,67 %) tikslesni rezultatai buvo su NordFoU kalibravimo koeficientais.



8 pav. Provėžų degradacijos kreivės 3807 kelio ruože

Išvados

Ekspertinio tyrimo metu nustatytas dangos konstrukcijos būklės kitimas šešiuose valstybinės reikšmės keliuose atsižvelgiant į prognozuojamus ir esamus būklės kokybinius rodiklius. Remiantis tyrimo ir analizės rezultatais galima teigti:

1. Tiriamuose kelių ruožuose išmatuoti kokybiniai rodikliai: dangos nelygumas ir provėžų gylis tenkina Kelių priežiūros vadove (LAKD, 2014) keliamus reikalavimus.

2. Tiriamų kelių dangos konstrukcijų stiprumą apibrėžiantis dangos struktūrinis skaičius SNP apskaičiuotas pagal krintančio svorio deflektometro FWD duomenis 7-iais skirtingais metodais. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad tinkamiausias ir tolimesnei analizei priimtas HDM-4 metodas dangos konstrukcijų SNP įvertinimui.

3. SNP kitimas labai ženkliai įtakoja provėžų formavimąsi, tačiau nežymiai – dangos nelygumą.

4. Dangos konstrukcijos būklės degradacijos prognozavimas yra sudėtinis skaičiavimo algoritmas, kurio rezultatus labai įtakoja įvesties duomenų nustatymo paklaidos, taikomi metodai bei kalibracijos koeficientai.

5. Atsižvelgiant į besikeičiančias aplinkos, transporto priemonių apkrovų sąlygas bei kylantį įrengimo darbų kokybei tikslingai atnaujinti ir patikslinti Lietuvoje taikomų degradacijos modelių kalibracijos koeficientų vertes.

Literatūra

- Baltzer, S.; Hildebrand, G.; Holst, M. L.; Christiansen, S.; Hudecz A. 2012. New nordic performance model for better maintenance planning. *4th European Pavement and Asset Management Conference*. 10 p.
- Braga, A. 2005. Dangų degradacijos modeliai ir jų taikymas Lietuvos automobilių keliams. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija-02T. Vilnius. 156 p.
- Ferreira, A.; Picado-Santosb, A; Wuc, Z; Flintsch, G. 2011. Selection of pavement performance models for use in the Portuguese PMS, *International Journal of Pavement Engineering* 12(1): 87–97.
- Huvstig, A. 2010. Pavement Performance Models for Flexible Pavements. NordFoU. 50 p.
- Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. 2005. Kelių priežiūros vadovas. 1 dalis. KPV PN – 05. Automobilių kelių priežiūros normatyvai. Vilnius. 56 p.
- Morosiuk, G.; Riley, M. J.; Odoki, J. B. 2004. HDM-4 Volume 6. Modelling Road Deterioration and Works Effects. Version 2. PIARC. 297 p.

- Romanowska, D. K. 2012. Calculating condition of pavement structure. Master's thesis. Norwegian University of Science and Technology. 68 p.
- Saji, G.; Sreelatha, T.; Sreedevi, B. G. 2013. A case study on overlay design using HDM-4, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2(1): 240–246.
- Skar, A.; Holst, M. L.; Larsen, J.; Baltzer, S.; Mollerup, M. 2014. Pavement performance models 2. Validation of performance models. NordFoU. 147 p.
- TKTI. 2009. Kelio dangų valdymo sistemų analizė, tinkamos Lietuvai dangų valdymo sistemos charakteristikų nustatymas, pasiūlymų įdiegimui parengimas. Kaunas.126 p.