

АНАЛИЗА НА РАЗЛИЧНИ ТИПОВИ НА САНАЦИЈА НА ПУКНАТИНИ ПРИ РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА



Мартин Цеков¹, Горан Мијоски², Дарко Пешевски³

¹ М-р, Раководител на одд. за инвестиции и градба на патишта со средства од РС Македонија,
Јавно претпријатие за државни патишта, m.cekov@roads.org.mk

² Проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет „Св.Кирил и Методиј“ – Скопје, mijoski@gf.ukim.edu.mk

³ Советник во одд. за инвестиции и градба на патишта со средства од РС Македонија,
Јавно претпријатие за државни патишта, d.peshevski@roads.org.mk

Апстракт

При изградбата на автопатот А4, делница „Миладиновци – Свети Николе – Штип“, со техничкото решение беше предвидено едниот коловоз – десниот да биде новоградба, а другиот коловоз – левиот, беше добиен со рехабилитација и проширување на постојниот магистрален пат. На левиот коловоз на коловозната конструкција која беше во експлоатација, констатирани беа оштетувања од типот на пукнатини и потребно беше нивно санирање. По извршената санација направено е контролно мерење во 2017 год., а потоа после 4 години од експлоатација на автопатот во 2021 год. се изврши визуелна проспекција и контролно мерење на дефлексиите на истите стационажи.

Клучни зборови

автопат, коловозна конструкција, пукнатини и санации.

Abstract

During the construction of the A4 motorway, section “Miladinovci - Sveti Nikole - Shtip”, the technical solution provided that one roadway - the right would be a new construction, and the other roadway - the left, was obtained by rehabilitating and widening the existing national road. On the left roadway of the pavement construction that was in operation, damage such as cracks was found and it was necessary to repair them. After the rehabilitation, a control measurement was made in 2017, and then after 4 years of exploitation of the motorway in 2021 a visual inspection and control measurement of the deflections at the same chainages was performed.

Key words

motorway, pavement construction, cracks and repairs.

1. ВОВЕД

На автопатот А4, делница „Миладиновци – Свети Николе – Штип“, едниот коловоз – десниот, е новоградба, а другиот коловоз – левиот, е добиен со рехабилитација и проширување на постојниот магистрален пат [1].

Во овој труд се евалуираат и анализаат различните типови на санација на коловозната конструкција кои се применети за санирање на пукнатините на автопатската делница А4 „Свети Николе – Штип“ на делот од постојниот пат кој се рехабилитира и проширува до ниво на автопатско решение во должина 4,80 km (од km 30+075 до 34+350).

2. САНАЦИЈА ПРИ РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА КОЛОВОЗНАТА КОНСТРУКЦИЈА

За потребите за санација на појавените оштетувања, од типот на пукнатини на коловозната конструкција, преземен е сет на мерки, со цел да се дијагностицираат причините за појавените оштетувања, и тоа:

- извршена е визуелна проспекција на состојбата на коловозната конструкција
- извадени се пробни тела – јадра од постојната коловозна конструкција
- ископани се истражни бунари и
- извршено е т.н. „нулто“ мерење на дефлексии.

Спроведените истражувања и евалуацијата на добиените резултати послужија за дефинирање на мерките за санација на постојната состојба на коловозот, со цел санираната коловозна конструкција да може да ги прими и издржи новите и зголемени оптоварувања во предвидениот експлоатационен период од 20 год.

Со цел да се санираат пукнатините и спречи нивното брзо појавување (рефлектирање) на надградената коловозна конструкција, се предлага техничко решение со 3 (три) типа на са-

нација, во зависност од големината – нивото на пукнатината (односно нејзината широчина), дадено во следната табела [1]:

Табела 1. Типови на санација во зависност од широчината – нивото на пукнатината

Реден број	Ниво на пукнатините (mm)	Тип на санација
1	Мало (<6)	Заливање на пукнатини
2	Средно (6-19)	Полимерна мрежа (100 kN)
3	Големо (>19)	„Радикална“

3. МЕРЕЊЕ НА ДЕФЛЕКСИИ НА ЛЕВИОТ КОЛОВОЗ НА ДЕЛНИЦАТА „СВЕТИ НИКОЛЕ – ШТИП“ ОД КМ 30+475 ДО КМ 30+575

За потребите на овој труд, извршени се мерења на дефлексии на левиот коловоз на идниот автопат:

- почетно – „нулто“ мерење во 2017 год. по извршената санација и
- контролно мерење во 2021 год.

Извршени се мерења на 5 стационажи (дадени во пресметките) и потоа извршени се пресметки за 2 типа на сообраќајно оптоварување:

- почетно – „нулто“ и
- предикционо сообраќајно оптоварување – многу тешко, со 10,5 милиони еквивалентни оски.



Слика 1. Мерења со дефлектометар

По извршеното мерење на температурата на воздухот и ширината на пукнатините, пристапено е кон теренско мерење. Потоа, направена е пресметка на дефлексиите. Најпрво, со нормализирање на дефлексиите, земени се предвид дебелината и структурата на коловозната конструкција, пресметано е температурното влијание, дефиниран е дефлексионен базен, повратниот модул на постелка, и финално, определени се структурните броеви за SN_{eff} , SN_{potr} и ΔSN , каде:

- SN_{eff} е ефективна носивост на КК;
- SN_{potr} е потребна носивост; и
- $\Delta SN = SN_{\text{eff}} - SN_{\text{potr}}$, којшто го дефинира резидуалниот носив капацитет на коловозната конструкција и евентуално, потребата од нејзино зајакнување.

3.1 „Нулто“ мерење во 2017 година на стационажа од km 30+475 до km 30+575

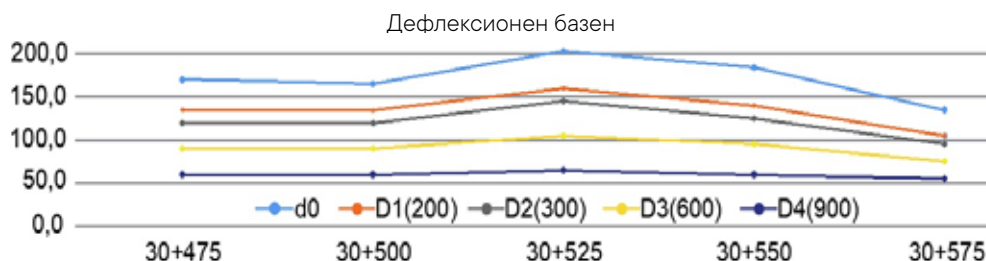
Излезните податоци од извршеното „нулто“ мерење во 2017 год. на дефлексиите на секцијата, по реконструкција на левиот коловоз од автопатот А4, се дадени подолу.

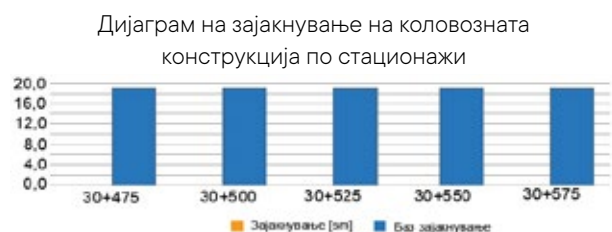
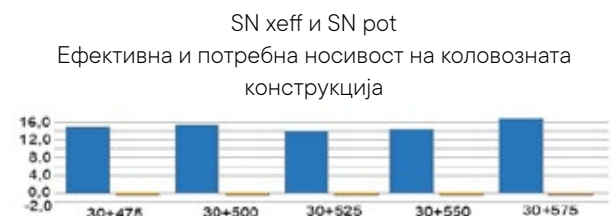
НОРМАЛИЗИРАНИ ДЕФЛЕКСИИ со 50 kN						по реконструкција на левиот коловоз од автопата тот А4, се дадени подолу.										
	0	200	300	600	900							ПРЕСМЕТКОВЕН ДЕФЛЕКСИОНЕН БАЗЕН				
50/F	D0	D1	D2	D3	D4	t на КК	t5cp	t:	Деб. на асфалт	Деб.на тампон	Деб.на КК	D0 x Fc	D1 200	D2 300	D3 600	D4 900
kN	µm	µm	µm	µm	µm	°C	°C	°C	mm	mm	mm	Корег. Мах. дефлексија	µm	µm	µm	µm
0.952	143	135	121	89	64	8	7.2	15.2	190	350	540	169.3	135.2	121.0	88.6	63.8
0.949	138	130	117	89	65	8	7.2	15.2	190	350	540	163.0	130.0	116.7	89.2	65.5
0.952	171	162	144	105	74	8	7.2	15.2	190	350	540	203.1	161.9	143.8	104.8	74.3
0.951	155	139	124	95	69	8	7.2	15.2	190	350	540	183.6	138.8	123.6	95.1	69.4
0.951	112	106	96	75	59	8	7.2	15.2	190	350	540	132.9	105.5	96.0	75.1	58.9

SCI 300	Mrmin	MRc	D0 x Fc
µm	Mpa	Mpa	Корег. Мах. деф.
48.3	243.1	80.2	0.1693
46.3	236.9	78.2	0.1630
59.3	208.8	68.9	0.2031
60.0	223.5	73.8	0.1836
36.9	263.2	86.8	0.1329

AVERAGE d0
0.1704

Distance	Chainage	Sn _{eff}	Sn _{potr}	ΔSN
m	km	cm	cm	cm
0	30+475.00	14.94	-0.30	-15.24
25	30+500.00	15.32	-0.28	-15.60
50	30+525.00	13.98	-0.21	-14.19
75	30+550.00	14.55	-0.25	-14.80
101	30+575.00	16.73	-0.34	-17.07





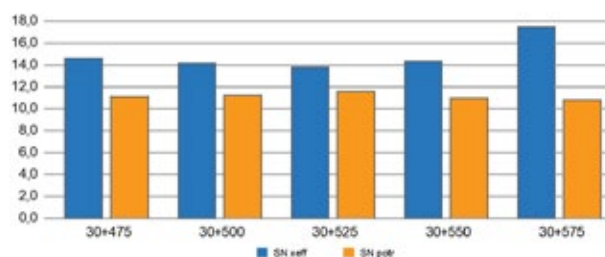
3.2 Предикционо сообраќајно оптоварување – многу тешко, со 10,5 милиони еквивалентни оски на стацијажа од km 30+475 до km 30+575

Извршена е пресметка со предикционо многу тешко сообраќајно оптоварување од 10,5 милиони еквивалентни оски и врз основа на тие пресметки констатирано е дека во периодот на експлоатација (20 год.), нема да има потреба од зајакнување на коловозната конструкција.

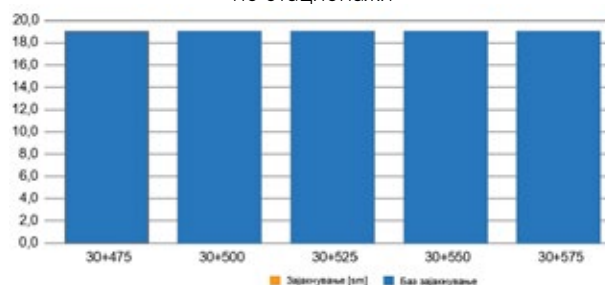
ESO	10,500,000.00	st.osov.	
R	95.00	%	1.6449
So	0.40		1.6449
po	4.20		
pt	2.50		

Distance	Chainage	SNxeff	SNpotr	Δ SN
m	km	cm	cm	cm
0	30+475	14.94	11.22	-3.72
25	30+500	15.32	11.33	-4.00
50	30+525	13.98	11.83	-2.14
75	30+550	14.55	11.56	-2.99
101	30+575.00	16.73	10.91	-5.82

SN xeff и SN pot
Ефективна и потребна носивост на коловозната конструкција



Дијаграм на зајакнување на коловозната конструкција по стацијажи



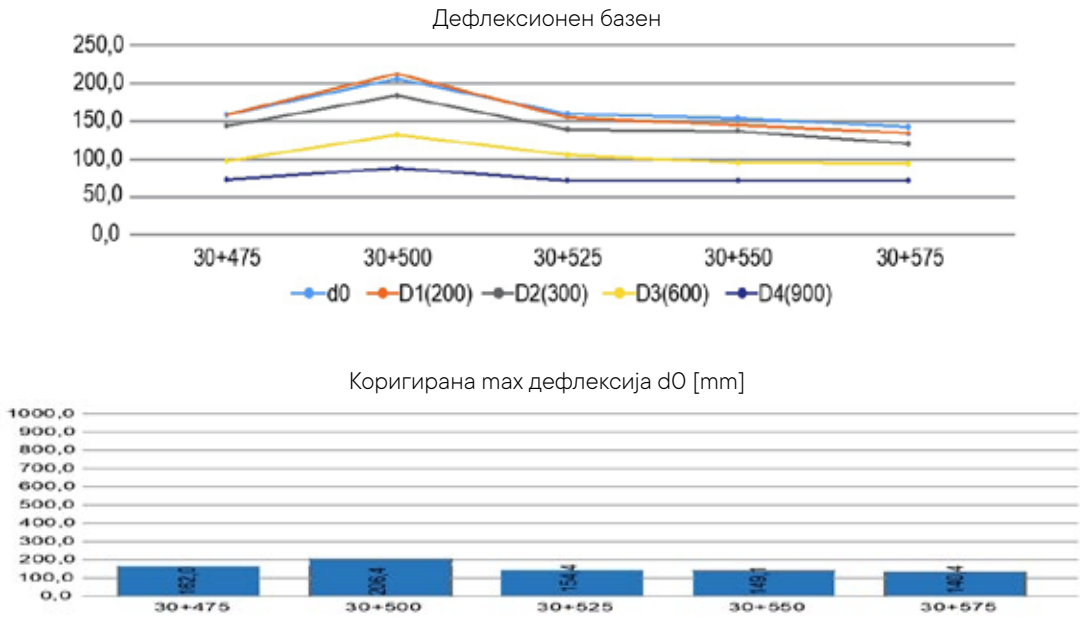
3.3 Контролно мерење во 2021 год на стацијажа од km 30+475 до km 30+575

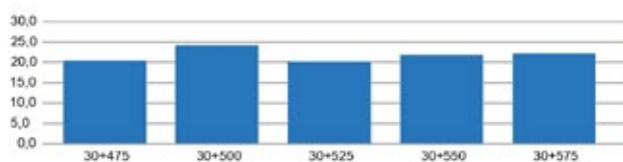
Излезните податоци од извршеното контролно мерење во 2021 год. на дефлексии на секцијата, по реконструкција на левиот коловоз од автопатот A4, се дадени подолу.

НОРМАЛИЗИРАНИ ДЕФЛЕКСИИ со 50 kN																		
	0	200	300	600	900	ПРЕСМЕТКОВЕН ДЕФЛЕКСИОНЕН БАЗЕН												
50/F	D0	D1	D2	D3	D4	t на КК	t5cp	t:	Деб. на асфалт	Деб. на тампон	Деб. на КК	D0 x Fc	D1 200	D2 300	D3 600	D4 900		
kN	µm	µm	µm	µm	µm	°C	°C	°C	mm	mm	mm	Корег. max. деф.	µm	µm	µm	µm		
0.907	175	162	142	99	69	25	19.2	44.2	190	350	540	162.0	161.5	141.6	98.9	69.0		
0.911	223	209	182	128	87	25	19.2	44.2	190	350	540	206.4	209.5	182.1	128.4	86.5		
0.907	167	152	134	101	73	25	19.2	44.2	190	350	540	154.4	152.5	134.3	100.7	72.6		
0.909	155	140	127	96	72	24	19.2	44.2	190	350	540	149.1	140.0	127.3	96.4	71.8		
0.909	145	132	118	93	70	24	19.2	44.2	190	350	540	140.4	131.8	118.2	92.7	70.0		

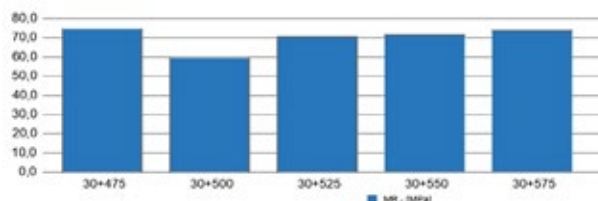
SCI 300	MRmin	MRc	D0 x Fc	Distance	Chainage	SNxeff	SNpotr	ΔSN
µm	MPa	MPa	Корег. max. дефлексија	m	km	cm	cm	cm
20.4	224.9	74.2	0.1620	0	30+475.00	15.54	10.45	-5.09
24.2	179.3	59.2	0.2064	25	30+500.00	14.29	11.33	-2.96
20.1	213.6	70.5	0.1544	50	30+525.00	16.19	10.64	-5.55
21.9	216.0	71.3	0.1491	75	30+550.00	16.48	10.60	-5.88
22.2	221.6	73.1	0.1404	101	30+575.00	16.96	10.51	-6.45

AVERAGE d0
0.1625



SCI 300 [μm] Површински модул


Mr [MPa] Повратен модул на постелка



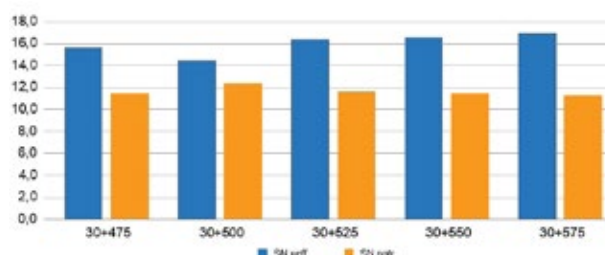
3.4 Предикционо сообраќајно оптоварување – тешко, со 10,5 милиони еквивалентни оски на стационожа од km 30+475 до km 30+575

И во 2021 год. извршена е пресметка со предикционо многу тешко сообраќајно оптоварување од 10,5 милиони еквивалентни оски и врз основа на тие пресметки констатирано е дека во периодот на експлоатација, нема да има потреба од зајакнување на коловозната конструкција.

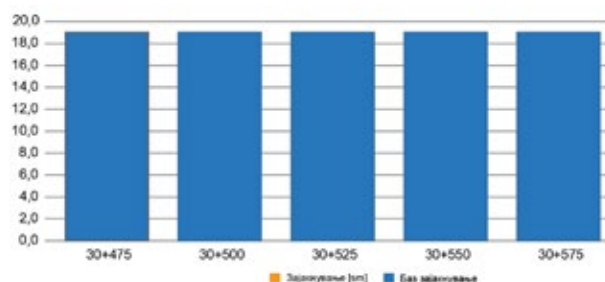
ESO	10,500,000.00	st.osov.	
R	95.00	%	1.645
So	0.40		1.645
po	4.20		
pt	2.50		

Distance	Chainage	SNxeff	SNpotr	ΔSN
m	km	cm	cm	cm
0	30+475.00	15.54	11.53	-4.00
25	30+500.00	14.29	12.46	-1.83
50	30+525.00	16.19	11.74	-4.45
75	30+550.00	16.48	11.70	-4.78
101	30+575.00	16.96	11.59	-5.37

SN xeff и SN pot Ефективна и потребна носивост на коловозната конструкција



Дијаграм на зајакнување на коловозната конструкција по стационожи



4. ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на спроведените истражувања и евалуација на добиените резултати, генерално може да се заклучат следниве работи:

- Пресметките на измерените дефлексии после преземените санации и изградба на новата коловозна конструкција покажуваат дека димензионираната коловозна конструкција (19 cm асфалтни слоеви кај новата коловозна конструкција и 12 cm кај рехабилитираната, плус постојните асфалтни слоеви) е добро димензионирана и способна да го прими предвиденото сообраќајно оптоварување во предвидениот период од 20 год. на експлоатација на двете секции;
- Пресметките за ΔSN за различна големина на сообраќајното оптоварување покажуваат дека големината на сообраќајното оптоварување има големо влијание врз носивоста на коловозната конструкција, како и можноста за појавата на оштетувања од типот на пукнатини. Со зголемување на сообраќајното оптоварување на 10,5 милиони еквивалентни оски, се намалуваат сите вредности на резидуалната носивост;
- Мерењата и пресметките извршени во 2021 год. покажуваат дека иако коловозната конструкција примила определено сообраќајно оптоварување во изминатите 4 години на експлоатација, сепак таа може да

го прими и издржи предикционото сообраќајно оптоварување од 10,5 милиони еквивалентни оски од 82 KN за период од 20 год. експлоатација;

- На сите мерни места – стационажи, врз основа на измерените дефлексии и пресметаната носивост, констатиран е поголем капацитет на носивост на коловозната конструкција, што финално ќе резултира со намалена можност или појава на пукнатини во подоцнежната фаза од експлоатацијата на коловозната конструкција;
- Врз основа на научните сознанија за комбинираното влијание на појавата на пукнатини (сообраќајно оптоварување, околина и слегнувања), на појавата на пукнатини, секако дека влијание ќе има и околината (температурата), но со оглед на тоа што на рехабилитираниот и проширен коловоз на автопатот, термичките пукнатини беа веќе појавени и соодветно санирани (со 3 типа на санација), за очекување е дека и влијанието на тој фактор ќе биде намалено. Како критичен фактор кој ќе има влијание на појавата на пукнатини останува можноста од слегнување на проширениот дел од автопатот, но со оглед на техниката на изведба (степенесто засекување), поставувањето на мрежа по должина на спојот на новата и старата

коловозна конструкција, влијанието и на овој фактор ќе биде ставено под контрола. Како пресуден фактор за појавата на пукнатини останува квалитетот на употребените материјали и квалитетот на изградба.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Балкан Консалтинг (2017). „Основен проект за рехабилитација на магистралниот пат А4 и нивелетско усогласување на постојниот асфалтен коловоз со новата автопатска делница од: Свети Николе (км 26+840,00) до Клучка Три Чешми (км 47+149,10)“ Книга 1 - Геотехнички истражувања и коловозна конструкција и Книга 2 – Патен дел ;
- [2] „Стручно мислење во однос на техничко решение“, од 4.10.2017 година од Градежен факултет, Скопје.
- [3] ЈПДП (2017 и 2021). Мерења на дефлексии на автопатот А4.
- [4] A. Vanelstraete, L. Francken (2005). Prevention of reflective cracking in pavements (Rilem report 18, Taylor & Francis).



ADFORS GlasGrid® has been successfully fighting against reflective cracks in asphalt layers for **more than 30 years.**

Save up to **50 %** of future road's life cycle costs with our grids and prolong lifetime of the road **3 times.**



Get it on Google play | GET IT ON the App Store