

# ПЛАСТИЧНИ ДЕФОРМАЦИИ НА ФЛЕКСИБИЛНИТЕ КОЛОВОЗНИ КОНСТРУКЦИИ НА ПОВРШНИ СО ПОСЕБЕН РЕЖИМ НА СООБРАЌАЈ ВО СКОПЈЕ



В. Проф. д-р **Горан Мијоски**  
Универзитет  
„Св. Кирил и Методиј“ -  
Градежен факултет, Скопје



м-р **Б. Кчев**  
Друштво за  
архитектонски дејности,  
надзор и инженеринг  
“МБМ Архитекти” Доел  
Скопје

## Резиме

За учесниците во патниот сообраќај рамноста на патот е од посебен интерес и една од првите карактеристики – особености на патот кои ги забележуваат. Рамноста на коловозната површина претставува еден од главните индикатори за оценување на состојбата на коловозите со кои се определуваат нивните возни својства. Разликуваме надолжна и попречна рамност на возните површини. Деформациите кои се појавуваат на коловозната површина, најчесто се предизвикани поради големото сообраќајно оптоварување, движењето на тешки товарни возила, неадекватно избрана и димензионирана структура на коловозната конструкција, од квалитетот на материјалите од кои е изградена, како и од квалитетот на изведување на градежните работи.

## Клучни зборови

Коловозна конструкција, возна површина, надолжна и попречна рамност, ИРИ, длабочина на колотраг

# PLASTIC DEFORMATION OF THE FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURES ON PAVEMENT SURFACES WITH SPECIAL TRAFFIC MODE

## G. Mijoski, B. Kchev

### Summary

For road users unevenness of the pavement surfaces is of special interest and is one of the first features of the road we perceive. Roughness of the pavement surface is one of the main indicators for evaluation of the pavement condition and its driving characteristics. There are two kinds of roughness – transversal and longitudinal. Heavy traffic load, poor dimensional pavement structure, quality of the used materials and quality of the construction work are main reasons for pavement surface deformation.

### Key words

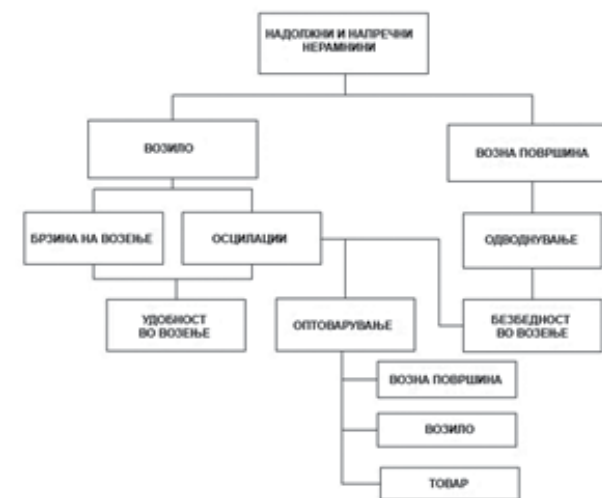
Pavement structure, pavement surface, longitudinal and transversal roughness, IRI, rut depth

## 1. ВОВЕД

### 1.1. Ојшшо за нерамниниџе на коловозниџе џовршини

За учесниците во патниот сообраќај рамноста на патот е од посебен интерес и една од првите карактеристики – особености на патот кои ги забележуваат, затоа што рамноста зависно од брзината и карактеристиките на возилото, значително дејствува на осцилациите на возилото (ги возбужува осцилациите), кои предизвикуваат дополнително зголемено динамичко оптоварување на коловозната површина и возилата (со што влијае врз економичноста на транспортот), а воедно предизвикува намалена удобност и конфор во возењето, како и најзначајното, се намалува безбедноста во сообраќајот [1].

Влијанието на надолжните и напречни нерамнини врз возилото и возната површина, шематски е прикажано на сл. 1 [2].



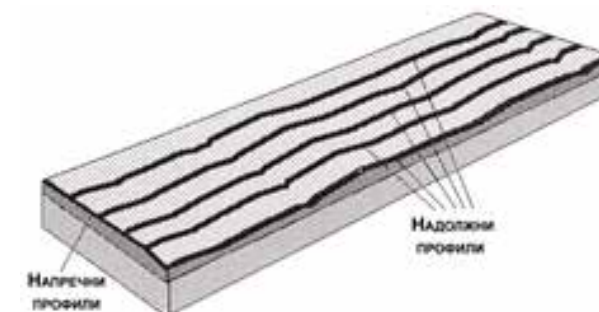
Слика. 1

Шема на влијание на нерамниниџе, нивно значење и зависноџи

Нерамноста на возната површина има големо влијание, а воедно ги менува условите на контакт помеѓутркалата од возилото и коловозната површина, во толкава мерка, да поголеми неправилности може да предизвикаат променети услови на потпирање на тркалата. Тоа може да доведе до значително

намалување на искористеноста на постојната способност на триење на коловозот, што дури и при сув коловоз, може да резултира со последици поради намалената безбедност.

Значајно е да се истакне дека рамноста, односно нерамноста на возната површина може да биде во надолжен и напречен профил на возната површина [3].



Слика. 2

Два вида на нерамнини (надолжни и џопречни)

Деформациите кои се појавуваат на коловозната површина, најчесто се предизвикани поради големото сообраќајно оптоварување, движењето на тешки товарни возила, неадекватно избрана и димензионирана структура на коловозната конструкција, од квалитетот на материјалите од кои е изградена, како и од квалитетот на изведување на градежните работи. Од тука може да се констатира дека влијанието на нерамнините се рефлектира на:

- промена – пораст на оптоварувањето;
- влијание на безбедноста на возењето – сообраќајот и
- влијание на конфорот – удобноста на возење.

### 1.2. Надолжна рамноџи на возниџе џовршини

Во праксата, идеална површина на патниот коловоз како по проект, практично не може да биде постигната. Коловозните површини обично се градат со поголеми или помали дискрепанци од проектираните вредности за висината, што резултира со нерамност на коловозите. За оценување на состојбата на возната површина во однос на нерамнините, меродавно за нивното влијание на возилата и патниците, освен обликот и големината на нерамнини (висина, длабочина и должина), влијаат

уште и редоследот (број и распоред) и насоката на нерамнините (во однос на оската на патот).

Причините кои условуваат брановиден профил на возната површина се многубројни и разновидни и тоа: нерамномерна збиеност на постелката, односно долниот строј на патиштата; недоволна и нерамномерна збиеност на слоевите на коловозната конструкција; недоволна носивост на долниот строј на трупот на патот; нехомогена структура на материјалите на долниот строј; неправилно валирање (компресирање); пречекорување на меродавното сообраќајно оптоварување од фактичкото оптоварување и др.

Нерамноста на возните површини и динамичките оптоварувања се наоѓаат во правопрпорционална зависност. Со зголемување на надолжната нерамноност на возните површини се зголемуваат и динамичките оптоварувања на коловозната конструкција, со што доаѓа до зголемување на нејзините оштетувања (слегнувања, замор и др.), при што стареењето и ослабувањето на коловозната конструкција е побрзо, а како краен резултат имаме покус животен век на коловозните конструкции. Влијанието на нерамноста на возната површина на возилата пак се огледа во зголемување на оптоварувањата на возилата, зголемување на нивните оштетувања и секако покус век на експлоатација.

На остварување на потребната надолжна рамност влијаат следниве чинители:

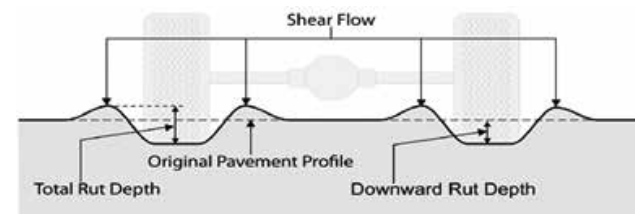
- Подлогата (долните носиви слоеви од коловозната конструкција);
- Избраното проектно решение за коловозната конструкција (тип на асфалтни слоеви, прекини во коловозната површина, градби на патната инфраструктура);
- Услови на изведба на асфалтниот слој
- Пречекорувањето на меродавното сообраќајно оптоварување и др.

Мерењето на надолжната рамност се врши со најразлини апарати, почнувајќи од наједноставниот – мерна летва со должина од 4 метри, до најсовремените – инерцијални високобрзински профилери. Оценувањето на надолжната рамност на возната површина е преку Меѓународниот индекс на рамност IRI (International Roughness Index), а се изразува во [m/Km].

### 1.3. Попречна рамноста на возниите површини

Попречната рамност на коловозните површини претставува еден од индикаторите за оценување на состојбата на коловозите, со кои се определуваат нивните возни својства. За современата технологија на следење на состојбата на патиштата и соодветното организирање на службата за одржување, во рамките на Системот за управување со патишта, од особено значење за моменталната состојба и употребливоста на коловозите е начинот на реално и објективно утврдување и вреднување на состојбата на коловозната површина [4]. За да се елиминираат нерамнините, треба да се знае местото – локацијата, каде истите се појавуваат, нивните геометриски параметри и нивната несоодветност на важечките норми.

Карактеристично оштетување кое се детектира со мерењата за попречна рамност кај асфалтните коловозните конструкции е пластичната деформација т.н. бразда - „колотраг“[5].



Слика 3

Приказ на модална длабочина на бразда (колотраг) и неговата длабочина

Попречната рамност може да манифестира последици кои можат да бидат исти, а во некои случаи дури и поголеми од надолжната рамност. Карактеристични последици поради недоволната попречна рамност се [6]:

- водење на возилата во движење по иста трага;
- собирање на вода во колотрагот;
- нерамномерно потпирање на тркалата од возилото на коловозната површина.

Од исклучителна важност за безбедноста и удобноста на возење, како и за оцена на состојбата на коловозните површини е и попречната рамност - длабочината на бразда - колотраг, поради тоа што во колотрагот се собира и задржува водата (наместо да се одводнува), а длабочината односно висината на

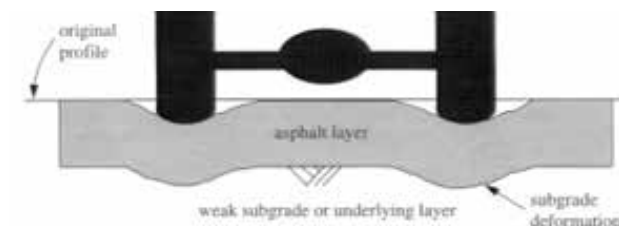
задржаната вода на возната површина има пресудно влијание за создавање на аквапланинг и нарушување на безбедноста на сообраќајот [7].

Како главни фактори за појава на бразди на коловозната површина се:

- сообраќајното оптоварување,
- температурата на коловозната површина,
- квалитетот и типот на употребените материјали и
- квалитетот на изградба на коловозната конструкција [8].

Возависност од тоа каде се јавува деформацијата во коловозната конструкција и што е причината за појава на бразди, разликуваме [9]:

- Деформација во долниот строј – недоволна носивост на коловозната конструкција (се јавува поради недоволната носивост на подлогата или постелката; недоволната дебелина и/или носивост на слоевите и лошото одводнување и др. Појавата на колотрази во долните слоеви, потоа се рефлектира на површината од коловозот) сл. 4.



Слика 4

Колотрази во подлогата или долниот строј

- Деформација во асфалтните слоеви (се јавува поради лошиот гранулометриски состав, премногу врзно средство – битумен или филер, погрешен тип на битумен, оштетувања од вода, тежок сообраќај и високи температури на коловозот) сл. 5.



Слика 5

Колотрази во асфалтните слоеви

## 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

Во 2007 год. изработена е рехабилитација на површинската крстосница „Момин поток“, која ја формираат булеварите „Никола Карев“ и „8ми Септември“. Извршено е и проширување на ул. „8ми Септември“ до 12 m, како и изградена е коловозна конструкција на проширувањето. Според проектот, решението за коловозната конструкција се состои во два дела:

- Стругање на слој од асфалт бетонот со дебелина од 6 cm, а доколку има потреба ќе се спроведе и дополнително стругање
  - Се врши асфалтирање со следниве димензии во два слоја и тоа:
    - БНС 32СА со полимер битумен ..... 7 cm
    - асфалт бетон АБ 16С со полимер битумен .... 5 cm.
- Регулацијата на оваа крстосница е со семафори, со голем интензитет на сообраќај, со ПГДС над 30.000 воз./ден, од кој околу 30% претставува тежок сообраќај [10].

Извршени се мерења на попречната рамност - длабочина на колотрази, со мерна летва од 4 m со следниве цели:

- да се оцени моменталната состојбата на коловозната површина
- да се констатираат промените на коловозната конструкција
- да се следи состојбата на коловозната конструкција
- да се донесат заклучоци и дадат препораки кои ќе придонесат за подобрување на решенијата во градот Скопје и др.

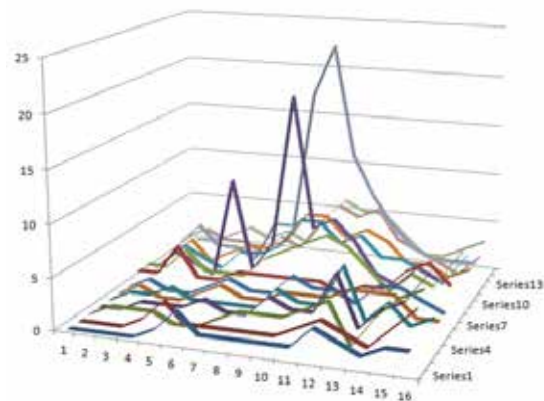
Реализацијата на претходно наведените работи, ќе има за цел да го подобри управувањето со градската патна мрежа, односно да го продолжи животниот век на коловозната конструкција, што ќе резултира со заштеда на буџетските средства.

Извршени се мерења на улиците „Никола Карев“ (на две секции) и „8ми Септември“, при што се собрани 660 податоци за состојбата на коловозната површина [11].

Табела 1

Резултати од извршеније мерења на ул. „Никола Карев“ секција 1 (џрофил 0 - 15)

Minimum	Average	Maximum	St. Dev.	80%	95%	Br.na pod.
0,00	2,43	23,00	2,74	3,20	5,00	240



Слика. 6 Длабочина на бразди

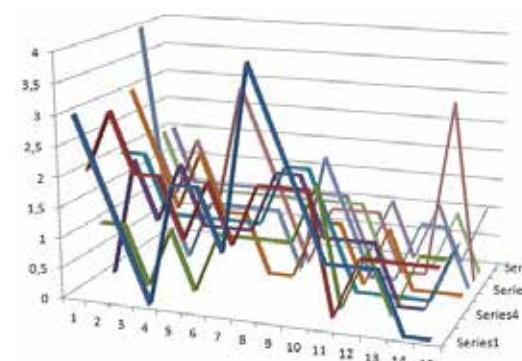


Слика. 7 Оцена на состојбања

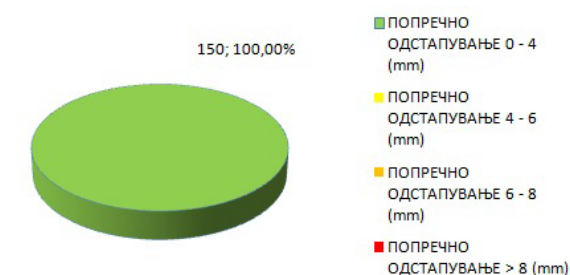
Табела 3

Резултати од извршеније мерења на ул. „8ми Септември“ секција 1 (џрофил 0 - 16)

Minimum	Average	Maximum	St. Dev.	80%	95%	Br.na pod.
0,00	1,06	4,00	0,85	2,00	2,55	150



Слика. 10 Длабочина на бразди

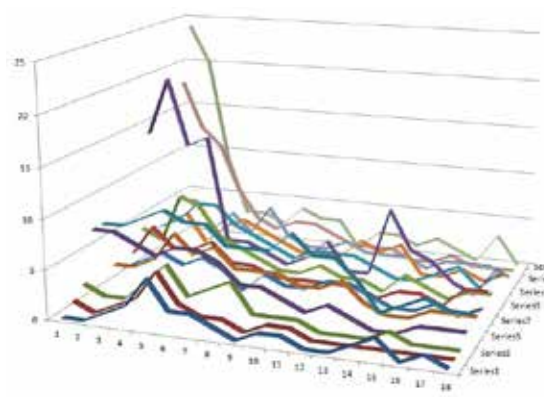


Слика. 11 Оцена на состојбања

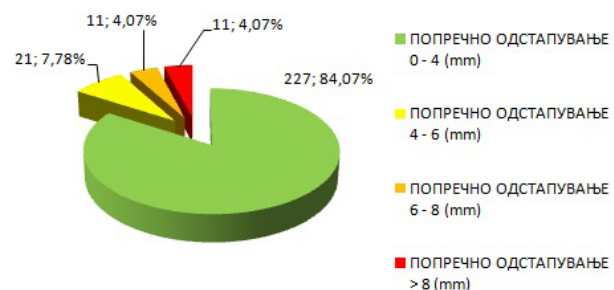
Табела. 2

Резултати од извршеније мерења на ул. „Никола Карев“ секција 2 (џрофил 16 - 33)

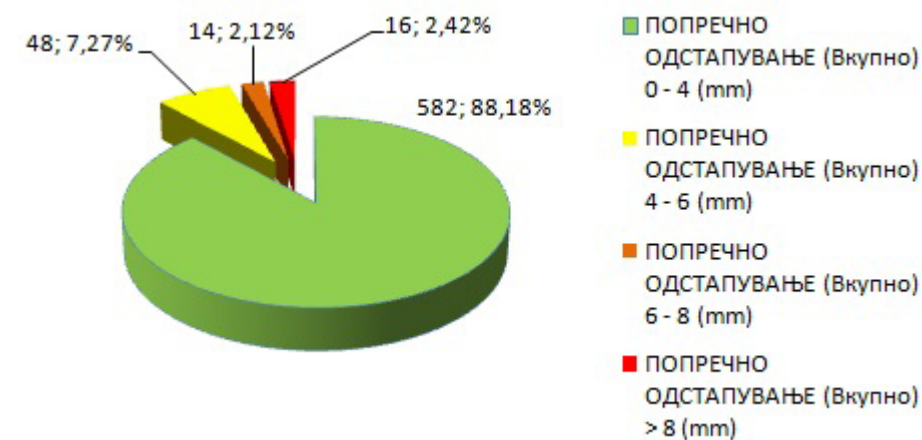
Minimum	Average	Maximum	St. Dev.	80%	95%	Br.na pod.
0,00	2,63	24,00	3,33	4,00	8,00	270



Слика. 8 Длабочина на бразди



Слика. 9 Оцена на состојбања



Слика. 12 Оцена на вкупната состојба на крстосницата

### 3. ФОТОГРАФИИ ОД МЕРЕНАТА ДЕЛНИЦА

Направени се повеќе фотографии на карактеристичните места од крстосницата „Момин поток“, од кои некои што се покарактеристични, подолу се презентирани. Видливи се деформациите – појава на бразди (колотрази), со различна големина, на сите секции од улиците [12].



Слика. 13 Крстосница „Момин поток“



Слика. 14 Мерење на колотрази



Слика. 15 Без колотрази на брзата лента



Слика. 16 Изразени колотрази пред семафор

### 4. ЗАКЛУЧОЦИ

Од измерените вредности, како и од направената евалуација на состојбата на коловозната површина, може да се забележи дека пластичните деформации – бразди (колотрази), појавени се на сите секции, но дека состојбата е прилично стабилна. Длабочината на браздите се движи од 0,00 mm до 24,00 mm (измерено на ул. „Никола Карев“ секција 2, на 16 профил). Истотака, може да се забележи дека појавата на бразди е поизразена пред семафорот

поради кочење и запирање на возилата, на возните ленти со поголеми наклони по кои се движи тешкиот сообраќај и во зоната на крстосницата, додека во останатите делови коловозната конструкција се однесува сосема стабилно и без поголеми пластични деформации.

Може да се заклучи дека фактори кои битно влијаат на појавата на попречна нерамност – длабочина на колотрази се: сообраќајното оптоварување, климатските услови, квалитетот на изведената коловозна конструкција и квалитетот

на употребените материјали. Со додавањето на адитиви (како што се на пр. полимерите) во составот на асфалтната мешавина – модифицирани асфалт бетони, се придонесува за подобрување на издржливоста, односно овие асфалтни мешавини имаат поголема отпорност на создавање бразди на определени температури, отколку конвенционалните асфалтни мешавини [13].

На продолжување на животниот век на коловозната конструкција, односно зголемување на отпорноста на создавање на бразди, освен додадените адитиви во битуменот, влијание има и големината на минералниот агрегат. Асфалтните мешавини со поголеми агрегатни зрна, имаат поголема отпорност на создавање пластични деформации – бразди (колотрази) [14].

Истотака, може да се констатира дека браздите и можноста за создавањето на аквапланинг се наоѓаат во право пропорционална зависност, бидејќи колку е поголема длабочината на браздите, толку е поголема и висината на вода која се задржува во нив, а висината на вода на возната површина е предуслов за создавање на аквапланинг. За опасноста од појава на аквапланинг е значајно да се истакне дека, доколку аквапланинг еднаш настане тој не престанува, иако на возната површина дојде и до значително намалување на дебелината на воден слој. [1]

Како препораки кои ќе придонесат за подобрување на состојбата на патната мрежа во Градот Скопје во рамките на Системот за управување со патиштата, може да се наведат следниве мерки: Усвојувањето на критериуми за одредување на длабочината на браздите, редовни мерења на рамноста – длабочина на бразди, евалуација на состојбата на напречната рамност, како и преземање на мерки за нивно санирање, употреба на модифицирани асфалт бетони, потоа подобрување на дренажната способност на возните површини, како фактори кои битно влијаат на создавањето на пластични деформации на коловозната површина – бразди (колотрази), што најнакрај ќе резултира со намалување на можноста за појава на аквапланинг и зголемување на безбедноста на сообраќајниците.

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- [1] Мижоски Г.: „Интегрален пристап кон оценката на атрибутите и индикаторите на возната површина“, Докторска дисертација, Градежен факултет – Скопје, Скопје 2010, 328 стр.
- [2] Radojković Z.: „Sistemi upravljanja kolovozima“ (Građevinska knjiga - Beograd, 1990)
- [3] Sayers W.M. and Karamihas M.S.: „The Little Book of Profiling“ (Basic information about measuring and interpreting road profiles, University of Michigan – USA, 1998)
- [4] Krakutovski, Z. Todorovski, Lj. Mijoski, G. Study and published book Recommendations for the development of road and rail infrastructure in the Republic of Macedonia („OHRID“ Institute for Economic Strategies and International Affairs, Skopje, June 2009, ISBN 978-9989-2812-9-7, COBISS.MK – ID 78378762)
- [5] Cvetanovic, A. and Banic, B. Popravke kolovoznih konstrukcija (Akademska misao, Beograd 2011, ISBN 978-86-7466-395-0)
- [6] Mijoski, G. and Palosi, V. Rutting and aquaplaning as factors which reduce road safety (Ministry of Internal Affairs of The Republic of Macedonia and Republic Council on Road Traffic Safety: International specialized workshop for road traffic safety, Skopje June 2010)
- [7] Rabbira, G. (2002). Permanent deformation properties of asphalt concrete mixtures (doctoral thesis, Chapter 2, Department of road and railway engineering – Norwegian University of science and technology NTNU, August 2002).
- [8] Lenfant, M. (2012). High rutting resistant asphalt pavement (Tipco asphalt PCL, Department of highways, Seminar 2012)
- [9] Santucci, L. Rut resistant asphalt pavement (The Pavement Research Center, Institute of Transportation Studies - University of California, Berkeley, 2004)
- [10] Главен проект за реконструкција на Крстосница „Момин поток“ (Балкан Консалтинг, Бр. 1174/ Скопје 2007)
- [11] Резултати од извршените мерења на длабочината на колотрази
- [12] Сопствени фотографии од извршеното мерење на состојбата на коловозната површина
- [13] Jun, Y. Haibin, Z. Jun, C. Guochao, Q. Weiyu, P. and Yiewen, Y. Study of The Rutting Resistance of Asphalt Surfacing Mixtures (Proceedings of the 24th Southern Transport African Transport Conference, Pretoria, July 2005, ISBN Number 1-920-01712-7)
- [14] Moghaddam, T.B. Karim, M.R. and Abdelaziz, M. A. Review on fatigue and rutting performance of asphalt mixes (Scientific Research and Essays Vol. 6(4), Academic Journals, ISSN 1992-2248 © 2011)