



Пут и саобраћај

Бр. 2. 1998. • АПРИЛ–ЈУНИ • Год. XLIV





ИНСТИТУТ ЗА ПУТЕВЕ Д.Д.

11000 Београд • П. факс 452 • Кумодрашка 257 • Тел.
011/466-522 • Саве Текелије 10 • Тел. 011/458-555
• Телекс: 11036 YUINSPUT • Факс: 011/466-866

Институт за путеве, д.д.

БАВИ СЕ НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКОМ ДЕЛАТНОШЋУ, СТРУЧНИМ АКТИВНОСТИМА
И КОНСУЛТАНТСКИМ УСЛУГАМА У ОБЛАСТИ ПУТЕВА.

СА СВОЈИМ НАУЧНИМ И СТРУЧНИМ КАДРОМ, МОДЕРНОМ ОПРЕМОМ И
ИСКУСТВОМ ПРЕКО 45 ГОДИНА, ОСПОСОБЉЕН ЈЕ ДА РЕШАВА НАЈСЛОЖЕНИЈЕ
ЗАДАТКЕ ИЗ ДЕЛАТНОСТИ: САОБРАЋАЈА, ТРАНСПОРТА, СИСТЕМА УПРАВЉАЊА
ПУТЕВИМА, ИНЖЕЊЕРСКИХ КОНСТРУКЦИЈА, ГРАЂЕВИНСКИХ МАТЕРИЈАЛА,
ГЕОТЕХНИКЕ, ПРОЈЕКТОВАЊА И ТЕХНОЛОГИЈЕ ГРАЂЕЊА.

**За све услуге обратите се пословодству или организационим деловима
Института за путеве, д.д.:**

- | | | |
|---|---|------------|
| ■ | Директор Института за путеве | ☎ 466-133 |
| ■ | Директор научних истраживања | ☎ 466-299 |
| ■ | Технички директор Института за путеве | ☎ 3970-949 |
| ■ | Директор економско-финансијских послова | ☎ 3974-238 |

У саставу ИНСТИТУТА ЗА ПУТЕВЕ су следећи организациони делови и сектори:

- ☐ НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКА БИБЛИОТЕКА И НАУЧНИ САВЕТНИЦИ,
Београд, ул. Кумодрашка 257, Библиотека: ☎ 466-522/26, Саветници и преводиоци: ☎ 466-299/30
- ☐ ЗАВОД ЗА САОБРАЋАЈ И ЕКОНОМИЈУ, Београд, Кумодрашка 257, Директор ☎ 493-791 / 465-138
- ☐ ЗАВОД ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУТЕВА "ТРАСА", Београд, Саве Текелије 10 Директор ☎ 458-547
- ☐ ЗАВОД ЗА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ, 11000 Београд, Кумодрашка 257 Директор ☎ 463-332
- ☐ ЗАВОД ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ МОСТОВА И КОНСТРУКЦИЈА, С. Текелије 10 Директор ☎ 458-549
- ☐ ЗАВОД ЗА ГЕОТЕХНИКУ, Београд 11000, п.п. 452, ул. Кумодрашка 257 Директор ☎ 465-321
- ☐ ЗАВОД ЗА ГРАЂЕВИНСКЕ МАТЕРИЈАЛЕ, Београд, ул. Кумодрашка 257 Директор ☎ 464-563
- ☐ ЗАВОД ЗА ТЕХНОЛОГИЈУ ГРАЂЕЊА, 11000 Београд, Кумодрашка 257 Директор ☎ 462-976
- ☐ ЗАЈЕДНИЧКЕ СЛУЖБЕ ИНСТИТУТА ЗА ПУТЕВЕ, Београд, Кумодрашка 257, Директор ☎ 466-299

Пут и саобраћај

ЧАСОПИС
ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ ЈУГОСЛАВИЈЕ
ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ СРБИЈЕ
ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ ЦРНЕ ГОРЕ

Број 2

Април-јун 1998 • Година XLIV

Number 2

April-june 1998 • Year XLIV

САДРЖАЈ

Срђен Јовановић, дипл. инж. грађ. ИЗГРАДЊА АУТОПУТА Е-75 ОД ДРЖАВНЕ ГРАНИЦЕ ДО ФЕКЕТИЋА	3
Проф. др Тоша Нинков, дипл. инж. Александар Гајић, дипл. инж. ПРИМЕНА ТЕХНОЛОГИЈЕ КОМПЈУТЕРСКЕ ОБРАДЕ САТЕЛИТСКИХ И АВИО СНИМАКА У ПОСТУПКУ ИНЖЕЊЕРСКОГ ПРОЈЕКТОВАЊА И ОДЛУЧИВАЊА	8
Проф. др Љубиша КУЗОВИЋ, дипл. инж. ПОСТУПАК ПРОРАЧУНА РАЗЛИКЕ У ПРАКТИЧНОМ КАПАЦИТЕТУ САОБРАЋАЈНЕ ТРАКЕ ОСНОВНОГ ОДСЕКА ДВОТРАЧНОГ ПУТА И ПРИЛАЗА НЕСЕМАФОРИСАНОГ КРСТАСТОГ РАСКРСНИЦИ	13
Проф. др Тихомир Ђорђевић, дипл. инж. саобр. НОВИ ПОГЛЕДИ НА КАПАЦИТЕТ И НИВО УСЛУГЕ ПУТЕВА И РАСКРСНИЦА Прилог дефинисању нивоа услуге раскрсница ...	19
Проф. др Александар Цветановић, дипл. инж. СТАЊЕ ПУТЕВА И ДРУМСКОГ САОБРАЋАЈА У СРБИЈИ И ПРЕДЛОГ МЕРА ЗА ЊИХОВО ПОБОЉШАЊЕ	25
Небојша Радовић, дипл. инж. грађ. Др Ђорђе Узелац, дипл. инж. грађ. ФОРМИРАЊЕ МОДЕЛА ЗА ПРЕДВИЃАЊЕ ПРОМЕНЕ СТАЊА КОЛОВОЗА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ	33
Др Милорад Смиљанић, дипл. инж. Др Имре Пап, дипл. инж. Михајло Делари, дипл. инж. ПРИМЕНА ПОЛИМЕР-МОДИФИКОВАНИХ БИТУМЕНА ЗА ИЗРАДУ АСФАЛТНИХ МЕШАВИНА У ЈУГОСЛАВИЈИ	41
Др Милован Миливојевић, дипл. инж. грађ. ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ГРАЂЕЊЕ ВАЗДУХОП- ЛОВНИХ ПРИСТАНИШТА, ВОЈНИХ АЕРОДРОМА И ВОЈНИХ ВАЗДУХОПЛОВНИХ БАЗА У ЈУГОСЛАВИЈИ И ИНОСТРАНСТВУ (1948-1997. ГОДИНЕ)	47
НОВЕ КЊИГЕ	58
IN MEMORIAM	59

CONTENTS

Srdjen Jovanović, B.Sc., C.E. THE CONSTRUCTION OF MOTORWAY E-75 FROM THE STATE BORDER TO FEKETIĆ	3
Prof. Toša Ninkov, Ph.D., B.Sc., C.E. Aleksandar Gajić, B.Sc., C.E. THE APPLICATION OF COMPUTER PROCESSING TECHNIQUES REGARDING SATELLITE & AERIAL SURVEYUNG IN THE ENGINEERING DESIGN AND DECISION-MAKING PROCEDURES	8
Prof. Ljubiša Kuzović, Ph.D., B.Sc. COMPUTATION OF THE DIFFERENCE IN PRACTICAL CAPACITY OF BASIC SECTION TRAFFIC LANE WITHIN CARRIAGEWAY AND APPROACH TO THE CROSS ROADS WITHOUT TRAFFIC LIGHTS	13
Prof. Tihomir Djordjević, Ph.D., B.Sc., Transp. Eng. NEW INSIGHT ON CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE OF ROADS AND INTERSECTIONS Contribution to the definition of intersections level of service	19
Prof. dr Aleksandar Cvetanović, Ph.D., B.Sc., C.E. ROAD AND ROAD TRANSPORTATION CONDITIONS IN THE REPUBLIC OF SERBIA AND THE PROPOSAL OF MEASURES FOR THEIR IMPROVEMENT	25
Nebojša Radović, B.Sc., C.E. Djordje Uzelac, Ph.D., B.Sc., C.E. MODEL SETTING - UP FOR PREDICTION OF PAVEMENT CONDITIONS ALTERATIONS ON THE ROAD NETWORK IN THE REPUBLIC OF SERBIA	33
Milorad Smiljanić, B.Sc. Ph.D. Imre Pap, B.Sc. Ph.D. Mihajlo Delari, B.Sc. APPLICATION OF POLYMER-MODIFIED BITUMEN FOR ASPHALT MIXES IN YUGOSLAVIA	41
Milan Milivojević, Ph.D., B.Sc., C.E. THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF AIRPORTS, MILITARY AIRPORTS AND MILITARY AIR-BASES IN YUGOSLAVIA AND ABROAD (1948-1997)	47
NEW BOOKS	58
IN MEMORIAM	59

Издавачки савет:

Вићентије Капларевић, Миленко Остојић, Предраг Кркић, Миленко Гвозденчевић, Војислав Вајда, Звудија Аскалић, Божидар Ђукић, Радојко Лукић, Драгослав Петровић, Милорад Терзић, Љубиша Станојевић, Слободан Цмиљанић, Јован Липовац, Рајко Вуксановић, Драган Чубрило, Бранка Јаковљевић, Дамњан Јаковљевић

Уређиваштво и редакција:

Др Војо Анђус, др Љубиша Кузовић, др Вера Мијушковић, др Милан Миливојевић, др Петар Митровић, др Зоран Радојковић, др Александар Цветановић, Славко Ковачевић, др Ђорђе Узелац, Александар Форџан

Главни и одговорни уредник:

Др Ђорђе Узелац, дипл. инж. грађ.
Тел. 011/651-193, факс: 011/653-060

Технички уредник:

Мирјана Рапајић

Издавачи:

Друштво за путеве Југославије,
Друштво за путеве Србије и
Друштво за путеве Црне Горе

Преплата за часопис:

Преплату за часопис слати на жиро рачун Друштва за путеве Србије 40816-678-9-4223, а огласе и остало на Друштво за путеве Србије, Београд, поштански факс 452, Кумодрашка 257, тел. 493-134

Годишња преплата за 1997. годину:

за радне организације 1000 динара; за остале преплатнике 90 динара; за иностранство 1500 динара. Преплата се плаћа унапред на жиро рачун Друштва за путеве Србије.

Појединачни примерци:

за радне организације 120 динара
за појединце у продаји 40 динара

Цене огласа:

по тројброју на корицама 1000-2000 динара (спољашња и унутрашња страна); унутрашње стране у текстуалном делу 1/1 600 динара; 1/2 стране 400 динара; 1/4 стране 200 динара

За иностранство по тројброју: 1/1 страна 150 САД долара; 1/2 стране 100 САД долара; 1/4 стране 50 САД долара.

Колективна чланарина одређује се сразмерно величини и значају радне организације – колективног члана и не може бити нижа од 700 динара. Колективни чланови, уплатом чланарине добијају одређени број примерака часописа бесплатно.

Ослобођено плаћања општег пореза на промет на основу мишљења Министарства за науку и технологију Републике Србије, бр. 413-00-353/96-01 од 12.7.1996. године.

Штампа: CICERO, Београд, тел. 682-659

Пут и саобраћај

ЧАСОПИС ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ ЈУГОСЛАВИЈЕ
ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ СРБИЈЕ И ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ ЦРНЕ ГОРЕ

Број 2 • Април-јун 1998 • Година XLIV

КАТЕГОРИЗАЦИЈА ЧЛАНКА која се примењује за часопис "Пут и саобраћај"

ОРИГИНАЛНОСТ И МОГУЋНОСТ ПРОВЕРЕ ОПИСАНИХ
РЕЗУЛТАТА ИЛИ ПОСТАВКИ ЧИНЕ РАДОВЕ НАУЧНИМ!

А) НАУЧНИ ЧЛАНЦИ:

• Изворни научни чланак Original scientific paper

Изворни научни чланак је прво објављивање оригиналних резултата научних истраживања (опажања). Рад мора бити написан тако да се истраживања могу поновити и закључци проверити. Чланак мора бити логичан, јасан и тачан.

• Прегледни (научни) чланак Review (scientific) paper

Прегледни научни чланак не мора садржавати оригиналне (нове) резултате већ се може заснивати на већ објављеним резултатима, али су тада у њему оригиналне анализе или синтезе, нови односи, или нове хипотезе с предлозима за даља истраживања. У овом чланку може бити и нових, необјављених ауторових резултата, но ти резултати, обично, не чине битан део чланка. Овакав чланак је уједно ауторов став о датом стању науке – истраживања у одговарајућој области.

• Конференцијско саопштење са научних скупова (наручено предавање) Conference paper (invited lecture)

Наручено конференцијско саопштење са научних скупова спада у категорију научних чланака и представља, углавном, рад који одговара Прегледном научном раду у нешто краћем облику. Избор аутора за наручено предавање је у ингеренцији научног одбора скупа.

Б) ОСТАЛИ ЧЛАНЦИ

• Претходно саопштење Preliminary communication

Претходно саопштење није научни чланак. Оно је у ствари прво кратко саопштење о резултату, који обично не садржи све појединости потребне ради понављања истраживања. Уобичајено је да оно претходи изворном научном чланку.

• Стручни чланак Professional paper

За разлику од научног, стручни чланак не садржи оригиналне ставове и резултате; у њему се обрађује познато, већ описано. Тежиште у стручном чланку је на примени познатог, на ширењу знања, а не на откривању нових сазнања.

• Конференцијско саопштење Conference paper

Излагања са скупова су посебна врста чланака. Неки од ових радова се могу убројити и у научне радове, мада ређе – обично су то Претходна саопштења. Наравно, у том случају ови чланци морају проћи уобичајени систем рецензије!

• Прегледни (стручни) рад Review (professional) paper

У прегледном стручном чланку аутор сабира и систематизује већ објављене податке, те је у том случају битније да је систематичан и методичан него креативан.

• Остали чланци

У категорију осталих чланака спадају сви они чланци који се објављују у часопису а који не подлежу рецензији!

ОЦЕНА НАУЧНОГ И СТРУЧНОГ ЧЛАНКА – РЕЦЕНЗИЈА
Рецензија анализира садржај и аргументује сваку тврдњу и резултат је пажљиве анализе текста. Она даје развијену документовану анализу чланка и представља његову критичку анализу у писаној форми. Оцена рецензије једног чланка је релевантна за разврставање у једну од категорија научних или

Изградња аутопута Е-75 од државне границе до Фекетића

СРЂЕН ЈОВАНОВИЋ, дипл. инж. грађ.

Завод за путеве, мостове и саобраћај Војводине

ПРЕГЛЕДНИ (СТРУЧНИ) РАД

УДК 625.711.3

РЕЗИМЕ

Маја 1991. године према уговору закљученом између СПП "Војводинапут" и Друштвеног фонда за магистралне и регионалне путеве Војводине, започели су радови на изградњи пута Е-75 кроз Војводину. Највећи део земљаних радова је био изведен у току 1991. и 1992. године (укупно 43.5% физичког обима посла), а до 1995. године радови су били извођени у симболичном обиму и дошло је практично до њихове обуздаве.

После вишегодишњег прекида, 5. маја 1997. године наставља се изградња аутопута Е-75 од државне границе до Фекетића, на четири деонице укупне дужине 71 km.

The Construction of Motorway E-75 from the State Border to Feketić

SRDJEN JOVANOVIĆ, B.Sc., C.E.

Institute of Roads, Bridges and Traffic of Vojvodina Province

REVIEW (PROFESSIONAL) PAPER

UDC 625.711.3

SUMMARY

In accordance with the contract stipulated between the contractor "Vojvodinaput" and Social Fund for Main and Regional Roads of Vojvodina Province, the works on the construction of motorway E-75 through Vojvodina Province started in May of 1991 and 1992 (43.5% of overall physical volume of works), whereas until 1995 the works were carried out in exiguous manner and were practically stopped.

After the stoppage lasting several years, on May 5, 1997 the construction of motorway E-75 the resumed from the state border to Feketić, on four sections in the total length of 71 km.

ПРЕТХОДНО СТАЊЕ

Постојећи магистрални пут М-22 од мађарске границе до Фекетића, дужине 83.5 km, изграђен је у периоду од 1933. до 1938. године, са елементима ситуационог и нивелационог плана као и рачунском брзином који су одговарали условима саобраћаја у то време. Већи део трасе (88%) има асфалтну коловозну конструкцију, а на преосталих 12% је бетонски коловоз. Оба типа завршних слојева су у веома лошем стању. Укупна ширина возних трака је 6 m са банкима од 1 до 1.5 m.

Пут М-22 пролази кроз многа насељена места (Фекетић, Мали Иђош, Бачка Топола, Жедник ...) са изразитим локалним и пешачким саобраћајем. Постоји око 20 семафорских раскрсница које знатно смањују брзину у слободном току. Стварна експлоатациона брзина износи око 45 km/h.

Везе са свим магистралним, регионалним и локалним путевима остварене су укрштањем у нивоу, што знатно смањује безбедност саобраћаја и пропусну моћ. Сеоски и пољопривредни путеви прикључују се у просеку на сваких 400 до 600 m, тако да магистрални пут М-22 у постојећем стању није пружао задовољавајуће услове за одвијање безбедног и економичног саобраћаја.

НОВОПРОЈЕКТОВАНИ ПУТ – ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Коридор аутопута Е-75 од мађарске границе до Фекетића је положен на равничарском терену што је омогућило слободно вођење трасе са применом радијуса хоризонталних и вертикалних кривина далеко већих од услова датих у техничким нормативима. Радијуси хоризонталних кривина су од 4000 до 9000 m са применом прелазних кривина, а радијуси вертикалних кривина се крећу и до 500.000 m.

Подужни нагиб нивелете је врло мали осим на рампи за прелаз преко железничке пруге Суботица – Хоргош где износи 1.2%.

Укупна ширина планума аутопута Е-75 је 28 m и састоји се из:

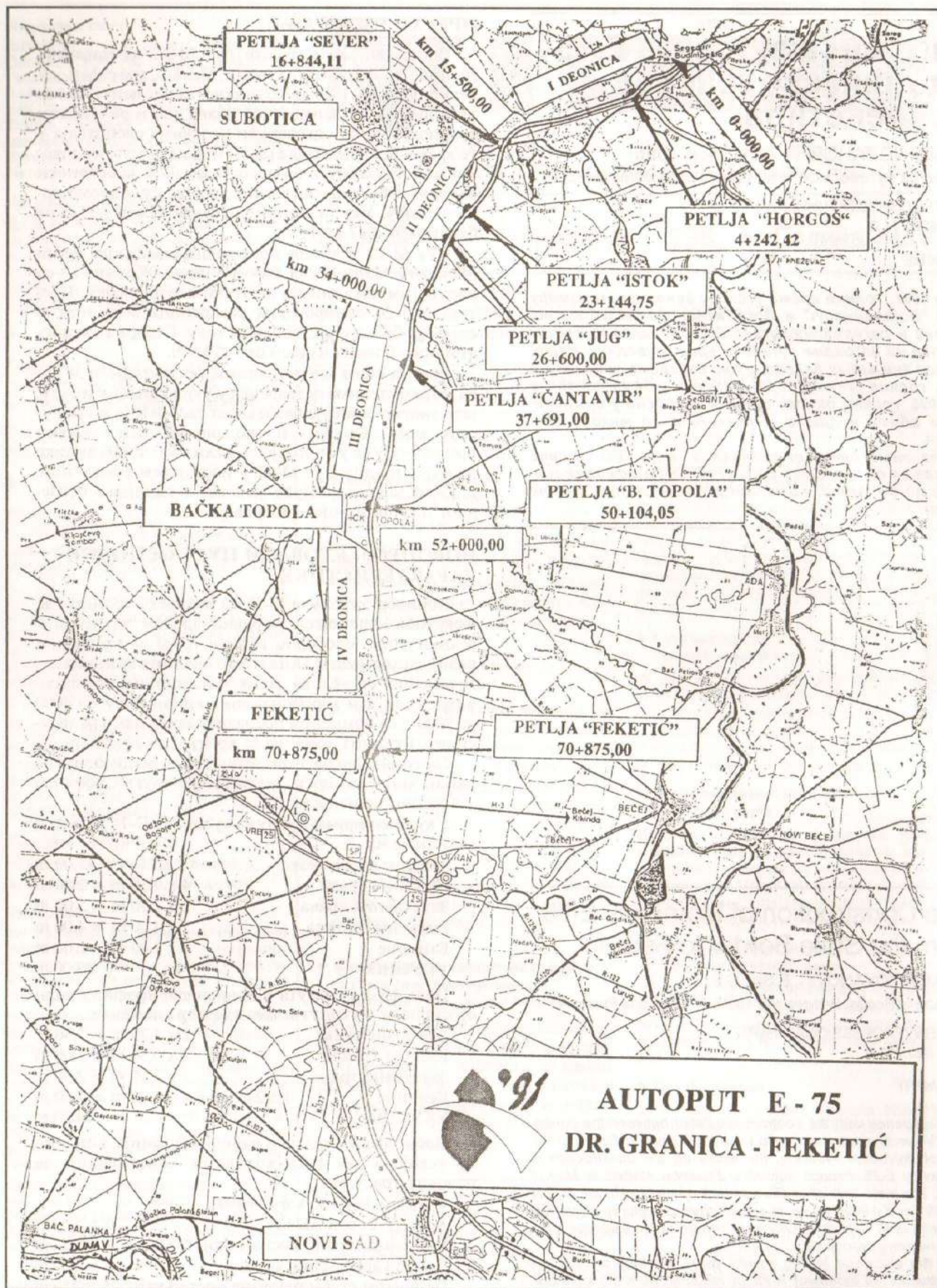
Четири возне траке	4 x 3.75 m = 15.00 m
Ивичних трака	4 x 0.50 m = 2.00 m
Зауставних трака	2 x 2.50 m = 5.00 m
Разделног појаса	1 x 4.00 m = 4.00 m
Банкине	2 x 1.00 m = 2.00 m
УКУПНО	28.00 m

Прва фаза аутопута у попречном профилу ради се као полу-аутопут и има следеће елементе:

Две возне траке	2 x 3.75 m = 7.50 m
Ивичне траке	2 x 0.50 m = 1.00 m
Зауставне траке	1 x 2.50 m = 2.50 m
Банкине	1 x 2.00 m + 1 x 1.00 m = 3.00 m
УКУПНО	14.00 m

После више измена и рационализација, коначно су усвојена два типа коловозне конструкције за основну трасу, и то:

● Од km 0+00 до km 22+490	
Асфалт-бетон АБ 11с	d = 6 cm
Битуминизирани носиви слој BNS 32sA	d = 12 cm
Слој од дробљеног камена	d = 30 cm
Цементом стабилована постељица	d = 15 cm
УКУПНО	d = 63 cm



Слика 1. Траса аутопута Е-75 од Државне границе до Фекетића

- Од km 22+490 до km 71+00

Асфалт-бетон АВ 16s	d = 6 cm
Битуминизирани носиви слој BNS 22sA	d = 12 cm
Камена ситнеж	d = 20 cm
Шљунак "Мораван"	d = 35 cm
УКУПНО	d = 73 cm

Сва укрштања са магистралним, регионалним, локалним и некатегорисаним путевима су ван нивоа и обављају се преко седам петљи и двадесет путних прелаза:

Петља "Хоргош"	km 4+241
Петља "Суботица-Север"	km 16+844
Петља "Суботица-Исток"	km 23+145
Петља "Суботица-Југ"	km 26+600
Петља "Чантавир"	km 37+691
Петља "Бачка Топола"	km 50+104
Петља "Фекетић"	km 70+875

Објекти у трупу пута (мостови и надвожњаци) грађени су за I фазу аутопута, а надпутњаци (укрштање са магистралним, регионалним, локалним путевима) грађени су за пун профил аутопута (d = 28 m).

ИНВЕСТИТОР, ИЗВОЂАЧ И НАДЗОР НА ИЗВОЂЕЊУ РАДОВА

Инвеститор радова на изградњи аутопута Е-75 државна граница-Фекетић у дужини од 71 km, (који су изведени у 1997. години) је Министарство за саобраћај и везе Републике Србије – Дирекција за путеве, а извођач радова је ДД "Војводинапут", Нови Сад са својим кооперантима.

Стручно-технички надзор на изградњи аутопута Е-75 врши ДД "Завод за путеве, мостове и саобраћај Војводине" из Новог Сада.

Од укупне дужине (171 km) међународног аутопута Е-75, до 1991. године је на територији Војводине изграђен, као прва фаза, полуаутопут дужине 100 km од Фекетића до подручја града Београда.

Преостали део аутопута, од Државне границе до Фекетића, подељен је на четири грађевинске деонице и то:

Деоница	астојање	Дужина
I	од државне границе до петље "Суботица Север"	15.5 km
II	од петље "Суботица Север" до петље "Чантавир"	18.5 km
III	од петље "Чантавир" до петље "Бачка Топола"	18.0 km
IV	од петље "Бачка Топола" до петље "Фекетић"	19.0 km

Кооператни ДД "Војводинапут" по деоницама су:

- ДД "Бачкапут" Нови Сад – део I деонице, део III деонице и IV деоница (основна траса, петља "Бачка Топола", петља "Фекетић" и путни прелази)

- АД "Војводинапут" Суботица – део I деонице део III деонице и цела друга деоница (основна траса и петља "Хоргош")

- ДД "Војводинапут" Зрењанин – путни прелази на III и IV деоници

- ДД "Војводинапут" Панчево – путни прелази на I и II деоници и петља "Суботица Север"

- ДД "Сремпут" ума путни прелази на II и III деоници и петље "Суботица Исток" и "Суботица Југ" и петља "Чантавир"

За извођење објеката кооперанти су:

- До 1997. године за све објекте: "ДТД Канал" из Новог Сада, а у 1997. години за објекте до 10 m: ДД "Хидросрем" Сремска Митровица и за објекте преко 10 m ДД "Мостоградња" Београд.

Пројектну документацију је основне трасе, путних прелаза и шест петљи израдила је пројектна организација "Аероинжињеринг" из Београда, пројекат дела основне трасе (875 метара) "Урбис" из Новог Сада, пројекте објеката "Преднапрегнути бетон" Београд, пројекте електроинсталација "Електровојводина" Нови Сад, а за пројекте за које се јавила потреба у току извођења радова, документацију је израдио Д. Д. "Завод за путеве и мостове Војводине" Нови Сад.

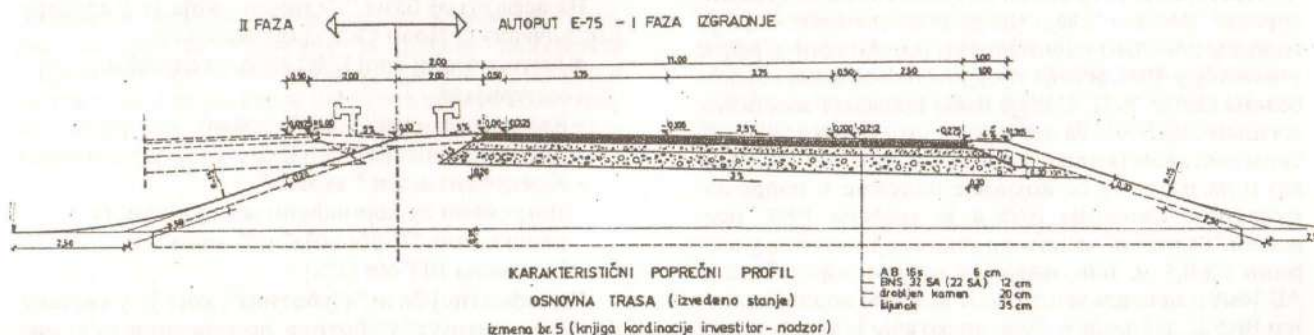
ИЗМЕНЕ И ДОПУНЕ ПРОЈЕКТА

У току извођења радова од 1991. године па до краја 1997. године, надзорна служба Завода за путеве, мостове и саобраћај Војводине је према условима на терену и ради рационализације, предложила низ измена основног пројекта аутопута са којима се Инвеститор сагласио и по којима је објекат изведен.

Основне измене су следеће:

- Коловозна конструкција на зауставној траци је идентична конструкцији на тракама за текући саобраћај. Изградњом I фазе аутопута (полу-аутопут) са три саобраћајне траке, зауставна трака нема предвиђену намену – заустављања и привременог стационирања возила, већ се по њој крећу возила и то најчешће тешка теретна возила, тако да је ова измена потпуно оправдана.

- Измене коловозне конструкције на основној траси као и на свим путним прелазима и петљама. Оне су последица прецизнијих података о саобраћајном оптерећењу, као и података о материјалима од



Слика 2. Карактеристични попречни профил на деоници од km 22+490 до km 71+000

којих се изводи постељица насипа. Коловозна конструкција основне трасе је дата у поглављу о карактеристикама аутопута, а коловозна конструкција на петљама је:

Изведено стање:

Асфалт-бетон АВ 11s $d = 5 \text{ cm}$

Битуминизирани носиви слој
BNS 22sA $d = 10 \text{ cm}$

Слој од дробљеног камена $d = 20 \text{ cm}$

Шљунак "Моравац" $d = 25 \text{ cm}$

УКУПНО $d = 60 \text{ cm}$

Коловозна конструкција на једном броју летњих и некатегорисаних путева је

Изведено стање (до 1997):

Асфалт-бетон АВ 11s $d = 4 \text{ cm}$

Битуминизирани носиви слој
BNS 22sA $d = 6 \text{ cm}$

Слој од дробљеног камена $d = 10 \text{ cm}$

Шљунак "Моравац" $d = 25 \text{ cm}$

УКУПНО $d = 48 \text{ cm}$

Измене коловозне конструкције које су урађене у 1997. години односе се на путне прелазе на некатегорисаним, земљаним путевима, где је изостављен слој асфалт-бетона и изведена је конструкција:

Изведено стање (у 1997)

Битуминизирани носиви хабајући
слој BNHS 16s $d = 8 \text{ cm}$

Слој од дробљеног камена $d = 10 \text{ cm}$

Шљунак "Моравац" $d = 25 \text{ cm}$

УКУПНО $d = 43 \text{ cm}$

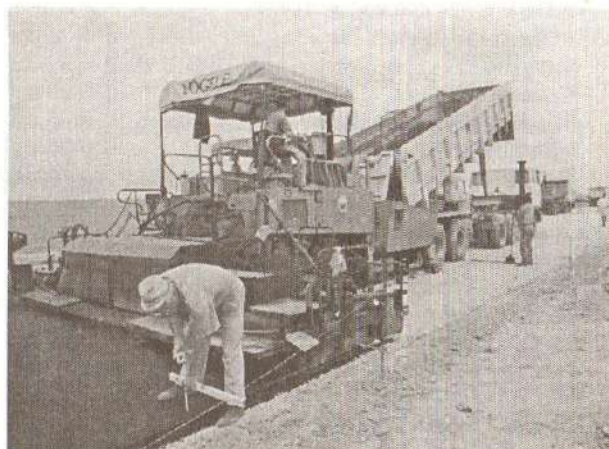
– Извршене су и промене нагиба косина на основној траси, путним прелазима и петљама на високим насипима. Нагиби косина су повећани, најчешће од 1:3 до 1:1.5 јер се геомеханичким испитивањима показало да неће бити угрожена стабилност насипа, а тиме је знатно смањена количина материјала у језгру насипа.

Ефекти уштеде су значајни, на пример, на IV деоници је кубатура изведеног насипа мања за 48.000 m^3 од пројектоване количине.

– Следећа измена односи се на израду II фазе у зонама петљи (израда пуног профила аутопута $d = 28 \text{ m}$) чиме је омогућено безбедно искључивање и укључивање на трасу аутопута, а прелазне рампе су у потпуности изведене по основном пројекту.

– Измењена су паркиралишта повећањем броја паркинг места и то са 3 места за паркирање тешких теретних возила на 10–12 места, а за путничка возила је уместо 10 предвиђено 20 места за паркирање.

Постојао је и проблем са квалитетом битуменизираног носећег слоја на делу III деонице који је изведен 1991. Битуменизирани носећи слој је рађен у новембру 1991. и није прекривен слојевима асфалт-бетона све до 1997. Слој је имао пропенат заосталих шупљина од 8–9% са неуједначеним гранулометријским саставом (вишак филера код појединих узорака) и на њему су се појавиле подужне и попречне пукотине. Санација BNS-а је урађена 1997. исецањем "Виртген" машином зона око пукотина у ширини од 0,5 м, попуњавањем слојем асфалтбетона АВ 16sA и пресвлачењем целе ширине коловоза слојем BNS 22 дебљине 6–7 cm, преко које је уграђен слој асфалтбетона АВ 16sA у дебљини 6 cm.



Слика 3. Израда слоја BNS 22sA на основној траси (извођач радова ДД "Бачкапут", Нови Сад)

МАТЕРИЈАЛИ ЗА ИЗРАДУ НАСИПА, ТАМПОНСКИХ СЛОЈЕВА И АСФАЛТНЕ МАСЕ

Деоница аутопута Е-75 од Државне границе до Фекетића, већим делом је положена по терену који чине прашинасте иловаче и прашинасти лес, осим терена око Суботице где преовлађују прашинасти пескови, тако да су од свих тих материјала рађени насипи и постељица пута.

Тампонски слојеви су рађени од дробљеног камена гранулације од 0 до 30 mm из мајдана "ако-вац", "Голубац" као и из каменолома "Сурдук", од шљунка "Моравац" који се превозио са депонија у Србобрану, Сенти и Новом Бечеју. Транспортне даљине за превоз шљунка биле су од 15 до 40 km, а за дробљени камен од 70 до 110 km (осим за материјале из мајдана "Сурдук" за које је транспортна даљина била 200 km).

Асфалтна маса се производила на три асфалтне базе: "Суботица", "Србобран" и "Лединци". Маса је уграђивана финишерима у пуној ширини профила и превожена камионима киперима.

На асфалтној бази "Србобран", која је у саставу ДД "Бачкапут" Нови Сад, производио се:

- Асфалт бетон АВ 16s од следећих материјала:
- Камено брашно "Пешчар-Риг",
- Дробљени песак "Гранит", Рубовија
- Камена ситнеж у фракцијама "Гранит", Рубовија и
- Битумен BIT 60s (6%)

На асфалтној бази "Лединци", која је у саставу ДД "Бачкапут" Нови Сад, производио се:

- Бито-носећи слој BNS 22sA од следећих материјала:
- Каменог брашна "Аранђеловац",
- Дробљеног песка "авнаја",
- Камене ситнежи "аковац"
- (повремено су коришћени материјали из каменолома "Рубовија" и "ашка") и
- Битумена BIT 60s (4%)

На асфалтној бази "Суботица", која је у саставу ДД "Војводинапут" Суботица, производио се две врсте асфалтних мешавина и то:



Слика 4. Израда слоја асфалтбетона АБ11с на крају петље "Фекетић (извођач радова ДД "Бачкапут", Нови Сад)

- Асфалт бетон АВ 16с од следећих материјала:
 - Каменог брашна "Аранђеловац" (и "Пешчар" Р иг),
 - Дробљеног песка "Јелен До",
 - Камене ситнежи "Јаковац" (и "Шумник" ашка)
 - Битумена ВПГ 60с (5,3%)
- Битуминизирани носиви слој BNS 32sA који је рађен од:
 - Каменог брашна "Аранђеловац" (и "Пешчар" Р иг),
 - Дробљеног песка "Јелен До",
 - Камене ситнежи "Јелен До" и
 - Битумена ВПГ 60с (3,7%)

ИЗВОЂЕЊЕ РАДОВА

На највећем делу трасе, на трећој, четвртој и делу друге деонице, насипи су рађени од лесних материјала. Проблем на IV деоници је био израда насипа и постељице у условима изразито кишовитог лета (у VII месецу је било само 6 радних дана без кише). Лес је познат као материјал код кога се битно мењају особине са повећањем влажности (отежано уграђивање, пад носивости...). Део трасе где су поменути проблеми са лесом били посебно наглашени је усек у зони петље "Фекетић", где је и поред примењених мера за ефикасно одводњавање, односно израде слојева са повећаним попречним падом, ископа канала и "риперовања" ради исушивања, већи део постељице саниран заменом материјала, уграђивањем мајданског песка.

Гранулометријски састав шљунка "Моравца" није одговарао прописаним условима квалитета због повећаног садржаја песка, тако да се врло често морао мешати са шљунком са другог налазишта ("Црна бара") или са дробљеним каменом. Проблем са тампоном се јављао и због тога што се због високог водостаја једно време није могла вршити експлоатација шљунка, а догодила се и хаварија у

каменолому "Голубац", па је било отежано снабдевање и дробљеним каменом.

Ма колико отежавали и успоравали извођење радова на другој, трећој и четвртој деоници, временски услови су погодвали радовима на првој деоници где су насипи рађени искључиво од песка, тако да је повећана влажност олакшала уграђивање и збијање материјала. Проблем који је био карактеристичан за прву деоницу је недостатак хумуса, јер је траса на песковитом терену, са минималним количинама хумуса у веома танком слоју или у потпуности без њега. За облагање банкина и косина насипа и заштите од ерозије, хумус је скидан са других деоница, са дела експроприсаног земљишта намењеног за израду II фазе аутопута или при ископу одводних јаркова на основној траси. Транспорт овако ископаног материјала се одвијао на растојању до 20 километара.

ОДНОС ТРАСЕ ПУТА ПРЕМА НАСЕЉЕНИМ МЕСТИМА

Аутопут Е-75, највећим делом своје дужине обилази сва насељена места, осим на делу везе између прве и друге деонице. Траса аутопута на поменутом делу је у непосредној близини насељених места Хајдуково, Бачки Виногради, и насеља Шупљак. Вођарство, одн. виноградарство су примарне делатности у овим крајевима и аутопут пресеца многобројне локалне, некатегорисане путеве који воде до воћњака и физички раздваја један део кућа од осталог насеља. У току извођења радова, ови проблеми су решавани изградњом пролаза од монтажно-бетонских елемената кроз труп пута, за пролаз људи и дивљачи, изградњом приступних земљаних путева до путних прелаза, као и поправком сеоских путева који су оштећени учесталим проласком тешких теретних возила.

Изграђен је и приступни пут са тврдом подлогом у зони експроприсаног земљишта који је једном делом насеља Шупљак омогућио везу са истоименим путним прелазом. Посебан проблем је било обезбеђење прилазних путева за куће у близини високих насипа које су ван зоне експропријације. Приступ је обезбеђен изградњом прилаза од дробљеног камена и повезивањем са постојећим локалним путевима (петља "Суботица-Исток"), док се неки прилази морају урадити у 1998. години.

ЗАКЉУЧАК

После вишегодишњег застоја на изради значајних објеката, застарелости већег дела опреме, изградња једног капиталног објекта као што је 71 километар аутопута, била је изазов за све поменуте извођаче, па завршетак и пуштање у саобраћај три деонице аутопута у септембру 1997. представља велики успех.

Примена технологије компјутерске обраде сателитских и авио снимака у поступку инжењерског пројектовања и одлучивања

Проф. др ТОША НИНКОВ, дипл. инж.
АЛЕКСАНДАР ГАЈИЋ, дипл. инж.
Енергопроект, Хидроинжењеринг, Београд

ПРЕТХОДНО САОПШТЕЊЕ
УДК 528.715:629.735:681.32.06

РЕЗИМЕ

У раду се даје кратак приказ могућности технологије компјутерске обраде и интерпретације сателитских и авио снимака. Ова технологија се може ефикасно искористити за обезбеђење квалитетних подлога за различите врсте пројектовања. Компјутерском обрадом вишеканалних мултиспектралних сателитских снимака могу се обезбедити дигиталне вишекориснички оријентисане подлоге (картографија, геологија, шумарство, хидрологија, итд.) размере $P = 1 : 10000$, $P = 1 : 25000$ и ситније, као основе за добијање одговора на различита питања о разматраном подручју. Компјутерском обрадом авио снимака се могу обезбедити дигитални ортофото планови са висинском представом терена у крупнијој размери.

The application of Computer Processing Techniques regarding Satellite & Aerial Surveying in the Engineering Design and Decision-Making Procedures

Prof. TOŠA NINKOV, Ph.D., B.Sc., C.E.
ALEKSANDAR GAJIĆ, B.Sc., C.E.

Energoprojekt, Hydroengineering Dept., Belgrade

PRELIMINARY COMMUNICATION
UDK 528.715:629.735:681.32.06

SUMMARY

The paper is revealing a brief presentation of possibilities of computer processing techniques and interpretation of satellite and aerial surveying. The techniques thereof can be used efficiently in order to provide reliable and qualitative basic data for various types of design. Through complete processing of multi-channel and multi-spectral satellite photographs one is in a position to provide digital multi-use basic data (cartography, plotting, geology, forestry, hydrology, etc.) at scale $S=1:10000$, $S=1:25000$, and smaller, meant for attaining responses to various questions in the area under study. By computer processing of aerial survey shots, there is a possibility of obtaining digital orthophoto layouts with leveled terrain presentation within larger scale.

УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Сателитски снимци високе резолуције појављују се у тренутку када цена хардвера и софтвера неопходних за њихову обраду драстично пада, чинећи сателитске податке све привлачнијим за коришћење у техничким апликацијама. Респектујући све до сада познате методе прикупљања и коришћења просторних података, поставља се питање у којим доменима техничке примене даљинска детекција може показати значајне предности.

Живимо у времену када потребе за real-time информацијама постају императив. Ове информације треба да буду актуелне, тачне, да имају ниску цену и могућност повезивања са постојећим подацима. Узимајући у обзир ситноразмерне карте, даљинска детекција показује бројне предности у поређењу са фотограметријом и класичним терестричким снимањем:

- Цена производње карата је много мања у поређењу са поменутим методама.

- Са мултиспектралних снимака може се, поред конвенционалних картографских, прикупити и широк спектар различитих тематских информација, које могу послужити за надгледање усева, анализу надземних вода, биофизичку анализу, геолошку, хидролошку и геофизичку интерпретацију, генерисање тематских карата начина коришћења земљишта итд.

- Могу се генерисати векторске информације (путеви, реке, потоци) у скоро потпуно аутоматском процесу.

- Радови на терену се свODE на минимум, што резултира у повећаној продуктивности и знатно смањеном особљу.

- Брзина прикупљања и обрада података коју пружа даљинска детекција омогућава често надгледање и ажурирање података.

На основу горе наведеног може се рећи да је даљинска детекција ефикасан и ефективан начин прикупљања актуелних, поузданих и прецизних информација на било којем подручју од интереса.

На тржишту сателитских снимака постоји више произвођача који нуде своје производе за различите потребе. Сигурно најпознатији међу њима су компаније SPOT и LANDSAT. Они нуде снимке са резолуцијом која се, у зависности од врсте снимања, креће од 10–30 m. Њихова предност у односу на друге произвођаче је што постоје дуги низ година, имају више сателита, покривају велики део земљине површи (SPOT испоручује снимке до 84° северне и јужне географске ширине) и то са снимцима у различитим временским периодима. Међутим, постоје сателити чији снимци дају далеко већу резолуцију, што помера границе размере карата које се из њих могу добити. Поменимо Indian IRS-IC сателите са резолуцијом 5 m (B/W), затим EOSAT IKONOS 1 satellite са резолуцијом од 1 m (B/W), односно 4 m (COLOR) и тако даље. За 1998. годину најављени су снимци са резолуцијом испод 1 метар (0.7 m).

Висока резолуција и извршни геометријски квалитет снимака омогућавају генерисање карата размере 1 : 10000, 1 : 25000 (и ситније) различитог тематског садржаја и са таквим квалитетом да може да задовољи најстроже светске захтеве и стандарде конвенционалне картографије.

За топографске подлоге размере од 1 : 1000 до 1 : 10000 коришћење дигиталне ортофотограметрије пружа значајне предности и то из два разлога: дигитални ортофотопланови дају кориснику позициону тачност компатибилну са захтевима и стандардима топографских карата. Такође, због обиља информација које садрже фотографија, орто карта је крајње користан и интуитиван алат не само за картирање већ нарочито за планирање и инжењерски процес одлучивања.

САТЕЛИТСКИ СНИМЦИ И ЊИХОВЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Сателити намењени даљинској детекцији крећу се по кружној орбити, на просечној висини од 700 до 900 km, у зависности од врсте сателита. Орбите су блиске поларним и тако одабране да дају савршену синхронизацију са Сунцем, што обезбеђује циклично снимање истих територија у исто доба дана. Резултат тога је да се прикупљање података обавља у идентичним светлосним условима. LANDSAT има орбиталан период од око 103 минута, тј. прелази дневно приближно 14 целих орбита. Преко исте тачке на земљиној површи прелази сваких 18 дана и то у исто доба дана као и у претходном циклусу. SPOT-ови сателити прелазе преко исте тачке на земљиној површини сваких 26 дана.

Сателити су опремљени прецизним електро-оптичким системом за прикупљање података. CCD (Coupled Charged Device) детектори, који се налазе у сваком инструменту, мере ниво зрачења који се емитује или рефлектује са површине снимања. Један ред садржи, у зависности од система, више хиљада детектора. Подаци се прикупљају континуално дуж целе орбиталне путање и трансмитују ка земаљским станицама, где се врши њихово складиштење и даља обрада. Сам поступак сателитског снимања веома подсећа на поступак који се примењује код скенирања савременим скенерима.

Као резултат снимања и додатне обраде података појављују се дигитални сателитски снимци. Они су представљени у форми матрице пиксела, званој растерски датасет. Вредност сваког пиксела у сателитском растерском датасету представља интензитет зрачења које се емитује или рефлектује са земљине површине. Сателитски снимци садрже један или више канала са информацијама о земљиној површини у којима се налазе различити сегменти видљивог и инфрацрвеног дела спектра, или радиометријски подаци. Док скениране или дигиталне фотографије садрже само један податак за сваки пиксел, дотле сателитски снимци, коришћењем различитих канала, дају скуп података о једном пикселу. Снимци са више канала зову се мултиспектрални снимци, а комбинације различитих опсега фреквенција користе се за различите врсте интерпретација и анализа. Једноканални (панхроматски) снимци садрже само један опсег фреквенција који кореспондира видљивом делу спектра и представљен је нијансама сиве боје (grayscale слика).

Над сателитским снимцима могу се изводити различите врсте операција:

- Израда дигиталних ортофото планова у размери $R = 1 : 25000$ и ситније.

- Ажурирање постојећих карата у размери $R = 1 : 25000$ и ситније.

- Генерисање дигиталног модела терена.

- Преклапањем растерских снимка преко елевационог модела, односно дигиталног модела терена, може се добити 3-D представа терена.

- Геолошка, хидролошка и геофизичка интерпретација земљине површине помоћу које се може прикупити мноштво информација о саставу тла, сизмици, магнетном пољу и сл.

- Приказивање и едитовање векторских података, укључујући ту и ГИС податке.

- Интеграција растерских, векторских и табуларних алфанумеричких података.

- Коришћење различитих врста филтера: за отклањање шума, за геофизичке операције, искључивање/укључивање различитих делова спектра који садрже специфичне информације, повећање оштрине слике и сл.

- Data mosaicking, односно повезивање више сателитских снимка, са различитим величинама пиксела и типовима података, у једну слику.

- Креирање квалитетних картографских композиција са одговарајућом картографском пројекцијом, картографском мрежом, анотацијом итд.

- Извођење различитих врста класификација, стварајући на скоро потпуно аутоматизован начин тематске карте различитих намена.

- Аутоматска векторизација класификованих растерских датасетова.

ИНТЕРПРЕТАЦИЈА И КЛАСИФИКАЦИЈА

Интерпретација мултиспектралних сателитских снимка један је од најважнијих и најтежих задатака у домену даљинске детекције који захтева мултидисциплинаран приступ. Интерпретација сателитских снимка је дедуктиван процес који захтева препознавање елемената слике и њихову класификацију. Свака физичка величина и појава на земљиној површини има свој спектрални одраз који омогућава да тај елемент буде препознат и издвојен од осталог садржаја на снимку. Електро-оптички системи који се користе у даљинској детекцији региструју светлосни одраз различитих таласних дужина, које обично не укључују само подручје видљивог дела спектра, већ понекад и блиска и средња подручја инфрацрвеног дела спектра. Интензитети осветљености се, за сваки од канала, смештају у одвојене "grayscale" растере (што практично значи да се сваком пикселу додељује нијанса сиве боје у зависности од интензитета осветљености који је сензор регистровао. Сваки канал је посебна "grayscale" слика). Ово важи и за канале који покривају инфрацрвене делове спектра, чиме је концепт боја проширен укључивањем канала који се налазе изван видљивог дела спектра.

Процес аутоматске класификације користи спектралне узорке са тест подручја да аутоматски категоризује све хелије у одређен број спектралних класа. Односи између спектралних класа и различитих типова објеката на површини земље могу се знати унапред, или утврдити након урађене класификације анализом спектралних особина сваке класе. Процес аутоматске класификације нуди мноштво различитих метода и алата као помоћ при анализи и интерпретацији резултата класификације.

Међутим, то није тако једноставно као што на први поглед изгледа. У условима комплексног окружења, нпр. вегетације, извори варијација за једну појединачну класу објеката могу бити различити: услови осветљености, стање околине у близини посматране тачке, рефлективност и емисивност објекта, карактеристике биљног покривача, атмосферски услови, угао снимања, параметри мултиканалних сензора итд. За појединачну класу објекта, спектрални одраз мора да се утврђује (или коригује) за сваки снимак посебно. Интерпретација већине података даљинске детекције у многоме зависи од помоћних података и знања о посматраном географском подручју. То просто значи да што више корисник-интерпретатор зна о подручју анализе, то ће боља бити интерпретација. Из тог разлога, прикупљају се помоћни подаци о разматраном подручју и то на типичним, малим површинама, које ће служити као основа даље анализе. Ове мале површине, које ће служити као основа даље анализе, називају се "тест подручја" или "тренинг региони". На "тест подручјима" утврђује се све особености спектралног одраза за посматране класе објеката и на основу њих врши се анализа целог снимка.

Када је класификација успешно извршена, генерисање векторских полигона који репрезентују генерисане класе изводи се потпуно аутоматизованим поступком, заједно са лабелирањем класификованих подручја.

Као најбољи пример за коришћење вишеканалних снимака могу послужити LANDSAT TM сателитски снимци. LANDSAT TM су најзаступљенији вишеканални мултиспектрални снимци који се данас користе за различите врсте интерпретација и анализе. Таласне дужине које детектује LANDSAT TM распоређене су на следећи начин:

0.45 – 0.52 μm	канал 1 (плаво-зелени део спектра)
0.52 – 0.60 μm	канал 2 (зелени део спектра)
0.63 – 0.69 μm	канал 3 (црвени део спектра)
0.76 – 0.90 μm	канал 4 (блиски инфрацрвени [IR – infrared] део спектра)
1.55 – 1.75 μm	канал 5 (средњи инфрацрвени [IR – infrared] део спектра)
2.08 – 2.35 μm	канал 7 (средњи инфрацрвени [IR – infrared] део спектра)
10.4 – 12.5 μm	канал 6 (термални инфрацрвени [IR – infrared] део спектра)

Геометријски, LANDSAT TM подаци се прикупљају користећи 30 m резолуцију хелија. Канали и распони таласних дужина Т сензора су специјално одабрани да омогуће спектралну диференцијабилност главних класа објеката на земљиној површини:

Канал 1: Наменен за пенетрацију водених објеката и користи се за картирање приобалних вода. Такође користан за дискриминацију вегетације и тла, креирање тематске мапе типова шума итд.

Канал 2: Наменен за мерење зеленог одраза вегетације, за класификацију вегетације итд.

Канал 3: Осетљив у делу спектра хлорофилне апсорпције, помаже у диференцијацији биљних врста.

Канал 4: Користан за одређивање типова вегетације, количине енергије и биомасе, уочавање водених тела и дискриминацију влажности тла.

Канал 5: Указује на количину влаге у вегетацији и тлу. Користан за разликовање снега од облака.

Канал 6: Користи се за анализу вегетације, дискриминацију влажности тла и примену у области термалне анализе.

Канал 7: Наменен за дискриминацију минерала и типова стена. Такође осетљив на количину влаге у вегетацији.

Даљинска детекција пружа значајне могућности за процесирање података у поступку инжењерског одлучивања. Предуслов за коришћење ове технологије је добар хардвер и софтвер. На тржишту софтвера постоји мноштво одличних програма који су намењени за обраду сателитских снимака: ER Mapper, ERDAS Imagine, TNTmips, EASI/PACE, ENVI и др. Комплексност обраде сателитских снимака и захтев за мултидисциплинарним приступом њиховом коришћењу траже образован и добро обучен кадар за рад у овој области.

ДИГИТАЛНА ОРТОФОТОГРАМЕТРИЈА

За топографске подлоге размере од 1 : 1000 до 1 : 10000 коришћење дигиталне ортофотограметрије пружа значајне предности. Ортофото слика је реконструисан и ректификован скенирани аерофото снимак тако да се елиминишу све постојеће деформације; другим речима ортофотографија је дигитална слика над којом је извршена корекција систематских деформација насталих услед перспективног снимања и елевације терена, у поступку званом орторектификација. Деформације настају као комбинација више узрока:

- Камера ствара перспективну слику што узрокује деформацију терена. Деформације су највеће на ивицама фотографије.

- Деформације такође настају зато што терен никад није потпуно раван.

- У току процеса аеротриангулације оријентација камере је благо померена, тако да се мора успоставити тачна оријентација камере у односу на земљу у тренутку снимања.

- Деформације настају и при скенирању фотографије. За корекцију ових деформација користи се Хелмертова трансформација.

Користећи контролне тачке, модел снимка се доводи у такво стање које дозвољава аутоматско генерисање дигиталног модела терена и орторектификације са тачношћу реда величине пиксела. Ортофото слика се генерише у одговарајућој размери, картографској пројекцији и оријентацији, које су дефинисане пројектним задатком, и спремна је за даљу обраду.

Сви аерофотограметријски снимци садрже систематске дисторзије проузроковане перспективним снимањем и елевацијом терена. Као резултат тога, интерна геометрија снимка одступа од идеалне геометрије карте, која је у својој основи ортографска пројекција. Услед тога, аерофотографија има ограничену употребу у професионалним анализама простора. У неким случајевима, "пеглање" слике коришћењем већег броја контролних тачака, познато као warping process, може послужити као "довољно добро" решење. Ипак, строго решење проблема се може постићи само коришћењем дигиталне фотограметријске технике, познате као орторектификација. Резултат овог процеса је ортофотографија (ортофото план), која поседује геометрију карте.

Ортофо план обезбеђује квалитетну подлогу за многе пројекте из области анализе простора.

Стерео фотограметријски снимци садрже информације од којих се, дигиталним процесом, могу добити висински подаци. Дигитални висински модел терена користи се даље у поступку орторектификације за отклањање систематских дисторзија насталих услед перспективне пројекције и елевације терена. У сировим, необрађеним, аерофото снимцима, високи објекти (зграде, делови терена на већој надморској висини), који су ближе камери, су већи и изгледају као да су нагнути у правцу од центра слике ("ка споља"). Деформације перспективне пројекције се простиру радијално и повећавају са растојањем од центра слике. Дигитална ортофото технологија коригује ове деформације тако што помера позицију елемената слике ка центру и смањује њихову величину, на основу њихове висине на терену и растојања од центра фотографије.

Специјална техника у оквиру технологије израде дигиталних ортофото планова односи се на аутоматско генерисање дигиталног модела терена (DEM – Digital Elevation Model). DEM је растерски објекат који садржи висинске податке о терену за одређено подручје. Ова техника се заснива на идентификацији већег броја заједничких тачака (тзв. везне тачке) на оба снимка у стерео пару, на основу које се одређују њихове стерео паралаксе, а из њих *z*-вредности везних тачака. Модел се даље пројектује потпуно аутоматским процесом (процес се заснива на упоређивању вредности корелације тачака, која показује колико се добро непосредна околина неке тачке статистички слаже на оба снимка. На тај начин одређују се заједничке тачке и њихове висине у делу модела између везних тачака).

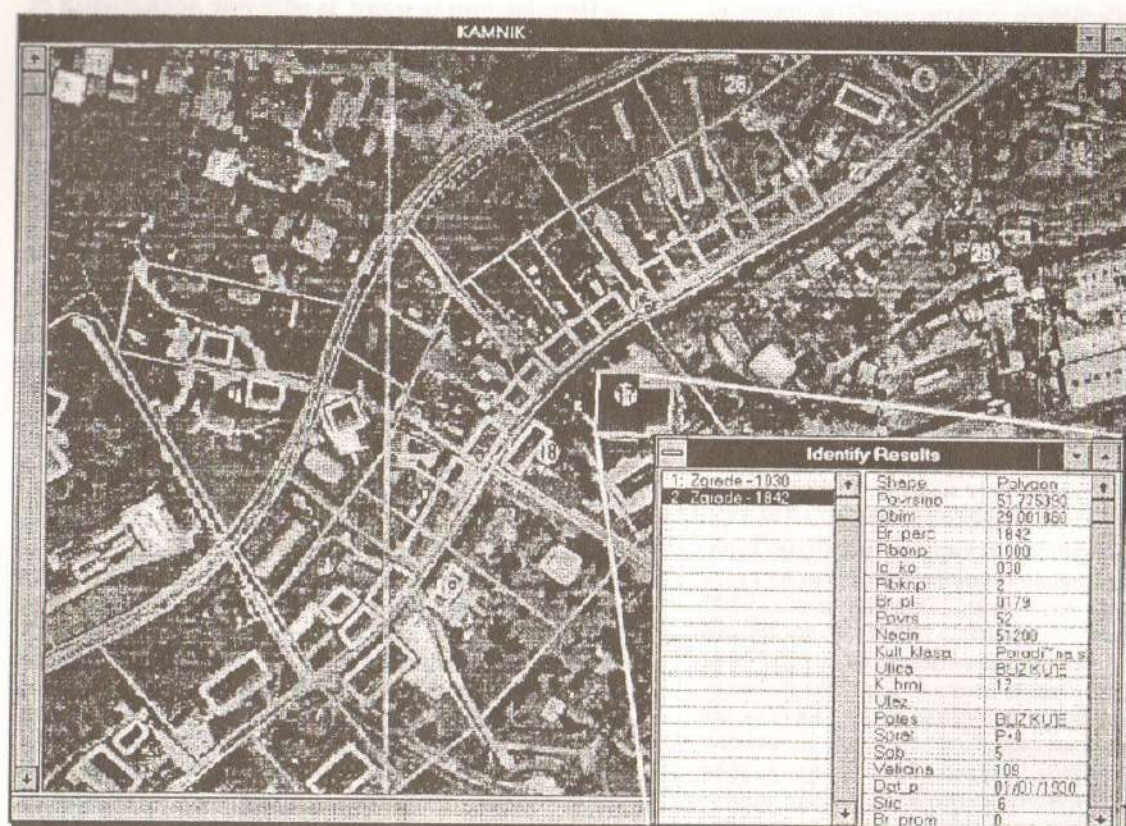
На тај начин се може, за подручје преклапања са стереопара, креирати дигитални модел терена и ортофотографија. Ортофото план се може направити и од појединачног фотограметријског снимка (без коришћења стереопара), уколико већ постоји дигитални модел терена на који се односи тај снимак. И на крају, ако је DEM све што желимо да добијемо, он се може креирати из једног пара стерео фотографија без даљег орторектификационог поступка. Може се закључити да је стерео модел неопходан једино у процесу креирања DEM-а, а да је у даљем поступку орторектификације довољан само један снимак (свеједно који). Процес добијања ортофото плана и DEM-а представљен је шемом (слика 1).

Велика предност ортофото планова је што њихова дигитална природа омогућава вишенаменско коришћење и приказивање. Дигитални ортофото план се може приказати у комбинацији са различитим векторским подацима као што су AutoCAD-ови цртежи, карте добијене у ArcINFO-у, Microstation-у и другим системима за прављење карата. Дигитални ортофото план се може директно учитати у GIS пројекат (слика 2). У комбинацији са DEM-ом ("навлачењем" дигиталног модела терена преко ортофото плана) може се добити тродимензионална представа терена (3D perspective view – може се описати као "релефна фотографија"). 3D perspective view пружа нове могућности, као што су: испитивање догледања тачака, могућност аутоматског генерисања профила линијских објеката (што је свакако од великог значаја код пројектовања) итд.

Ортофото план омогућава даљу обраду снимка, различите врсте интерпретације и друге сервисе који укључују штампање карата, као и интеграцију ортофото производа у GIS пројекте.



Слика 1. Процес добијања ортофото плана и DEM-а



Слика 2. Камник – Ортофото план као подлога за GIS пројекат

ЗАКЉУЧАК

Примена технологије компјутерске обраде и интерпретације сателитских и авио снимака пружа значајне могућности за инжењерско пројектовање. Узимајући у обзир ситноразмерне карте, даљинска детекција показује бројне предности у поређењу са фотограметријом и класичним терестричким снимањем. Предности ове технологије пре свега се огледају у следећем: ниска цена добијања ажурних подлога за пројектовање, обиље информација које садржи фотографија, заједничка интерпретација различитих врста података, могућност различитих врста анализа итд. За подлоге размере испод 1 : 10000 допуну дигиталним растерским сателитским снимцима могу представљати ортофото планови, чија дигитална природа такође омогућава вишенаменско коришћење и приказивање. Чини се да све наведене предности ове технологије заслужују озбиљно

разматрање и њено укључивање у разне делове процеса инжењерског пројектовања и одлучивања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Graham Lodwick & Steven Paine, REMOTE SENSING AND IMAGE INTERPRETATION, The University of Calgary, Canada; 1987.
- [2] Graham Lodwick & Martin Feuchtwanger, LAND RELATED INFORMATION SYSTEMS, The University of Calgary, Canada; 1987.
- [3] SPOT MAGAZINE; SPOT Image Corporation, France; January, February, March 1998.
- [4] SPOT CATALOG; SPOT Image Corporation, France; 1996.
- [5] EOSAT PRODUCTS CATALOG; EOSAT, USA; 1998.
- [6] Mladen Stojić, ACCURACY ASSESSMENT OF AUTOMATICALLY DERIVED DEMs USING OrthoMAX; ERDAS International, USA; 1997.
- [7] TNTMips BOOKS – GETTING STARTED; MicroImages Inc., USA; 1998.

Поступак прорачуна разлике у практичном капацитету саобраћајне траке основног одсека двотрачног пута и прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници

Проф. др ЉУБИША КУЗОВИЋ, дипл. инж.
Саобраћајни факултет, Београд

ПРЕГЛЕДНИ НАУЧНИ ЧЛАНАК
УДК 656.11.052.45:625.746.1

РЕЗИМЕ

У чланку су дефинисани поступци за анализу разлика у величини капацитета основног одсека двотрачног пута и капацитета прилаза крстастој несемафорисаној раскрсници. Основни одсек двотрачног пута третиран је у идеалним условима, а прилаз раскрсници је третиран у случају главног и споредног правца.

Computation of the Difference in Practical Capacity of Basic Section Traffic Lane within Carriageway and Approach to the Cross Roads without Traffic Lights

Prof. LJUBIŠA KUZOVIĆ, Ph.D., B.Sc.
Faculty of Transport, Belgrade

REVIEW SCIENTIFIC PAPER
UDC 656.11.052.45:625.746.1

SUMMARY

This paper is defining the procedures meant for the analysis of differences within capacity volume of basic section of the carriageway and capacity of approach to the cross roads without traffic lights. Basic section of the carriageway is taken into consideration under ideal conditions, while approach to the cross roads encompassed the case of primary and subsidiary direction.

УВОД

Предмет посматрања овог чланка је анализа разлика у величини практичног капацитета траке основног одсека двотрачног пута и прилаза крстастој, несемафорисаној раскрсници на преседишту два двотрачна пута (правци АВ и CD) приближно истих техничко експлоатационих карактеристика.

Путни правац АВ је главни, а правац CD је споредан. Пролаз споредног правца кроз раскрсницу регулисан је знаком STOP. У овом раду се сви прилази раскрсници (са главног и споредног правца) разматрају у више варијанти са аспекта броја трака на прилазима и функције ових трака. Конкретно се разматрају следеће варијанте прилаза раскрсници:

Прилази раскрсници	Без проширења прилаза раскрсници	Са проширењем прилаза раскрсници	
	1 трака на прилазу	2 траке на прилазу	2 траке на прилазу
	1	2	3
1. на главном правцу			
– Из смера АВ	Сва скретања (право, десно и лево) обављају се на заједничкој траци	1. трака заједничка за право и десно	1. трака заједничка за право и лево
– Из смера ВА		1. трака само за лево	1. трака само за десно
2. на споредном правцу			
– Из смера CD	Сва скретања (право, десно и лево) обављају се на заједничкој траци	1. трака заједничка за право и десно	1. трака заједничка за право и лево
– Из смера DC		1. трака само за лево	1. трака само за десно

Полазећи од дефинисаног предмета посматрања, а у случају симетричних токова по смеровима посматраних путних правца, за анализу разлика практичног капацитета траке на основном одсеку двотрачног пута и прилаза раскрсници у три варијанте, намеће се шест типичних случајева третирања разлика у величини практичног капацитета (ΔC_i). Ти случајеви су:

ΔC_{11} = Разлика у капацитету у случају да нема проширења пута на прилазу из главног правца. Једна заједничка трака на прилазу за сва кретања (право, десно и лево).

ΔC_{12} = Разлика у капацитету у случају проширења пута на прилазу из главног правца, тако да прилаз има две траке. Једна заједничка за право и десно и једна трака за лево.

ΔC_{13} = Разлика у капацитету у случају проширења пута на прилазу из главног правца, тако да прилаз има две траке. Једна заједничка за право и лево и једна трака за десно.

ΔC_{21} = Разлика у капацитету у случају да нема проширења пута на прилазу из споредног правца. Једна заједничка трака на прилазу за сва кретања (право, десно и лево).

ΔC_{22} = Разлика у капацитету у случају проширења пута на прилазу из споредног правца, тако да прилаз има две траке. Једна заједничка за право и десно и једна трака за лево.

ΔC_{23} = Разлика у капацитету у случају проширења пута на прилазу из споредног правца, тако да прилаз има две траке. Једна заједничка за право и лево и једна трака за десно.

Циљ овог рада је стварање аналитичког инструментаријума помоћу кога се могу објективно анализирати осцилације практичног капацитета дуж путних правца које изазивају несемафорисане раскрснице у нивоу. На бази утврђеног осцилирања капацитета дуж путних правца (постојећих или пројектованих), изазваних несемафорисаним раскрсницама у нивоу, која могу представљати уска грла за саобраћајне токове, утврђују се адекватне мере за побољшање (реконструкцију) постојећег пута или пак за унапређење пројектног решења при пројектовању новог пута. Најзад, третирали показатељи о осцилирању (смањењу) практичних капацитета изазваног несемафорисаном раскрсницом у нивоу, представљају улазне податке неопходне при прорачуну меродавних показатеља (временских губитака) за дефинисање нивоа услуга, као и за анализу трошкова експлоатације возила.

ПОСТУПЦИ ПРОРАЧУНА РАЗЛИКА У ПРАКТИЧНОМ КАПАЦИТЕТУ ТРАКЕ ОСНОВНОГ ОДСЕКА ДВОТРАЧНОГ ПУТА И ПРИЛАЗА ОВИХ ПУТЕВА НЕСЕМАФОРИСАНОЈ КРСТАСТОЈ РАСКРСНИЦИ

Општи облик обрасца за прорачун третиралих разлика у практичном капацитету (ΔC_i) гласи:

$$\Delta C = C_{otr} - C_{pr} \text{ (voz/h)} \quad (1)$$

где је:

$\Delta C \text{ (voz/h)}$ – разлика капацитета између једне траке основног одсека и прилаза раскрсници;

$C_{otr} \text{ (voz/h)}$ – капацитет једне траке двотрачног пута;

$C_{pr} \text{ (voz/h)}$ – капацитет прилаза раскрсници.

Поступак за утврђивање капацитета једне саобраћајне траке основног одсека двотрачног пута

• За равномерне токове по смеровима капацитет једне траке основног одсека двотрачног пута (C_{otr}) гласи:

$$C_{otr} = 1/2 C_{o2tr} \text{ (PA/h у једном смеру)}$$

где је:

C_{o2tr} = капацитет основног одсека двотрачног пута у оба смера;

• За идеалне путне и саобраћајне услове капацитет основног одсека двотрачног пута C_{o2tr} износи:

$$C_{o2tr} = 2800 \text{ (PA/h у оба смера)}$$

• Значи, за идеалне путне и саобраћајне услове величина практичног капацитета једне траке основног одсека двотрачног пута износи:

$$C_{otr} = 1400 \text{ (PA/h)}$$

• За путне и саобраћајне услове лошије од идеалних, капацитет основног одсека двотрачног пута утврђује се по одговарајућим обрасцима.

Поступци за утврђивање капацитета прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници

С обзиром да несемафорисане крстасте раскрснице у нивоу чине пресецишта два путна правца од којих је један главни (правац АВ) и други споредни (правац CD), то се и поступци прорачуна практичног капацитета по прилазима разликују за главни и споредни правац.

Поступци прорачуна капацитета прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници са ГЛАВНОГ ПРАВЦА

1) ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ ПРИЛАЗА у случају непроширења главног пута на прилазу раскрсници, тј. практични капацитет заједничке траке за: ПРАВО, ДЕСНО и ЛЕВО.

Основни образац гласи:

$$C_{PR11} = C_{SH3}; C_{PR11} = \frac{[V_i + V_j + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j} + \frac{V_k}{C_k}\right]} \text{ (PA/h)} \quad (2)$$

где је:

$C_{PR11} = C_{SH3}$ – капацитет заједничке траке на прилазу раскрсници са главног правца (PA/h)

V_i – величина тока за кретања право (PA/h)

V_j – величина тока за кретања десно (PA/h)

V_k – величина тока за кретања лево (PA/h)

C_i – капацитет прилаза за кретања право (PA/h) у идеалним путним и саобраћајним условима:

$$C_i = 1/2 C_{o2tr}, \quad C_i = 1400 \text{ (PA/h)}$$

C_j – капацитет прилаза за кретања десно (PA/h)

$$C_j = (C_i \cdot S_R) / S_{PR},$$

где је:

S_R = брзина возила у скретању десно зависно од радијуса (r)

S_{PR} = брзина на прилазу раскрсници

C_k – капацитет прилаза за кретања лево (PA/h)

Капацитет за скретање лево утврђује се према следећем обрасцу:

$$C_k = \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \text{ (PA/h)} \quad (3)$$

С обзиром на образац (3) коначни облик обрасца (2) гласи

$$C_{PR11} = \frac{[V_i + V_j + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j} + \frac{V_k}{\frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k \frac{t_{ok}}{3600}}}\right]} \text{ (PA/h)} \quad (4)$$

где је:

$t_{fk}(s)$ – временски интервал (кашњења) при стартовању

$\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k$ – конфликтни ток за маневар скретања лево са главног правца (PA/h)

$$t_{ok} = t_{gk} - t_{gk}/2 \text{ (sec)}$$

t_{gk} (sec) – критични интервал за маневар скретања лево са главног правца

2) ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ ПРИЛАЗА у случају проширења главног пута на прилазу раскрсници, тако да прилаз има две траке од којих једна заједничка за ПРАВО и ДЕСНО, а једна само за ЛЕВО

Основни образац гласи:

$$C_{PR12} = C_{SH2} + C_k \text{ (PA/h)} \quad (5)$$

$$C_{SH2} = \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j}\right]} \text{ (PA/h)} \quad (6)$$

где је:

C_k = види образац (3)

Коначни облик обрасца за C_{PR12} гласи:

$$C_{PR12} = \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j}\right]} + \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \quad (7)$$

где је:

C_{SH2} – капацитет заједничке траке за право и десно

3) ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ ПРИЛАЗА у случају проширења главног пута на прилазу раскрсници, тако да прилаз има две траке од којих једна заједничка за ПРАВО и ЛЕВО, а једна само за ДЕСНО

Основни образац гласи:

$$C_{PR13} = C_{SH2} + C_j \text{ (PA/h)} \quad (8)$$

$$C_{SH2} = \frac{[V_i + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_k}{C_k}\right]} \text{ (PA/h)} \quad (9)$$

Коначни облик обрасца за C_{PR13} гласи:

$$C_{PR13} = \frac{[V_i + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_k}{C_k}\right]} + C_j \text{ (PA/h)} \quad (10)$$

где је:

C_{PR13} – капацитет заједничке траке за право и лево

Поступци прорачуна капацитета прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници са СПОРЕДНОГ ПУТА

1) ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ ПРИЛАЗА у случају непроширења споредног пута на прилазу раскрсници, тј. практични капацитет заједничке траке за ПРАВО, ДЕСНО и ЛЕВО.

Основни образац гласи:

$$C_{PR21} = C_{SH3}$$

$$C_{PR21} = \frac{[V_i + V_j + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j} + \frac{V_k}{C_k}\right]} \text{ (PA/h)} \quad (11)$$

$$C_i = f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_i \frac{t_{oi}}{3600}} \quad (12)$$

$$C_j = f_j \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_j \frac{t_{oj}}{3600}} \quad (13)$$

$$C_k = f_k \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \quad (14)$$

Заменом вредности C_i , C_j и C_k из образаца (12–14) у образац (11) добија се коначни облик обрасца за C_{PR21} :

$$C_{PR21} =$$

$$= \frac{[V_i + V_j + V_k]}{\left[\frac{V_i}{f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_i \frac{t_{oi}}{3600}}} + \frac{V_j}{f_j \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_j \frac{t_{oj}}{3600}}} + \frac{V_k}{f_k \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k \frac{t_{ok}}{3600}}} \right]} \text{ (PA/h)} \quad (15)$$

где је:

$\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_i$ – конфликтни ток за кретања право са споредног правца

$\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_j$ – конфликтни ток за скретања десно са споредног правца

$\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k$ – конфликтни ток за скретања лево са споредног правца

f_i – фактор утицаја сметњи за кретања право са споредног пута на капацитет кретања право

f_k – фактор утицаја сметњи за скретања лево са споредног пута на капацитет левих скретања

2) ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ ПРИЛАЗА у случају проширења споредног пута на прилазу раскрсници, тако да прилаз има две траке од којих једна заједничка за ПРАВО и ДЕСНО, а једна само за ЛЕВО

Основни образац гласи:

$$C_{PR22} = C_{SH2} + C_k \text{ (PA/h)}$$

$$C_{SH2} = \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j}\right]} \quad (16)$$

$$C_{PR22} = \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_i \frac{t_{oi}}{3600}}} + \frac{V_j}{f_j \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_j \frac{t_{oj}}{3600}}} \right]} + f_k \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\sum V_{cy}}{y}\right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \text{ (PA/h)} \quad (17)$$

3) ПРАКТИЧНИ КАПАЦИТЕТ ПРИЛАЗА у случају проширења главног пута на прилазу раскрсници, тако да прилаз има две траке од којих једна ЗАЈЕДНИЧКА за ПРАВО и ЛЕВО, а једна само за ДЕСНО

Основни образац гласи:

$$C_{PR23} = C_{SH2} + C_j \text{ (PA/h)}$$

$$C_{SH2} = \frac{[V_i + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_k}{C_k}\right]} \quad (18)$$

Коначни облик обрасца за C_{PR23} гласи:

$$C_{PR23} = \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_i \frac{t_{oi}}{3600}} + \frac{V_k}{f_k \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}}} \right]} + \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_j \frac{t_{oj}}{3600}} \quad (19)$$

Основни обрасци за прорачун разлика у капацитету 1. траке основног одсека двотрачног пута и прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници

Полазећи од општег облика обрасца за прорачун третираних разлика и обрасца за прорачун капацитета 1. траке основног одсека двотрачног пута, као и обрасца за прорачун капацитета прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници добијени су основни обрасци за прорачун третираних разлика у капацитету.

Разлика у капацитету основног одсека и прилаза несемафорисаној крстастој раскрсници из главног правца (ΔC)

1) Разлика у капацитету (ΔC_{11}) у случају НЕПРОШИРЕЊА ГЛАВНОГ ПУТА на прилазу раскрсници

$$\Delta C_{11} = \frac{1}{2} C_{o2tr} - \frac{[V_i + V_j + V_k]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j} + \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \right]} \quad (PA/h) \quad (20)$$

2) Разлика у капацитету (ΔC_{12}) у случају ПРОШИРЕЊА ГЛАВНОГ ПУТА на прилазу раскрсници, тако да прилаз има две траке од којих једну ЗАЈЕДНИЧКУ за ПРАВО и ДЕСНО, а једну само за ЛЕВО

$$\Delta C_{12} = \frac{1}{2} C_{o2tr} - \left\{ \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{C_i} + \frac{V_j}{C_j} \right]} + \left[\frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \right] \right\} \quad (21)$$

(PA/h)

3) Разлика у капацитету (ΔC_{13}) у случају ПРОШИРЕЊА ГЛАВНОГ ПУТА на прилазу раскрсници, тако да прилаз има две траке од којих једну ЗАЈЕДНИЧКУ за ПРАВО и ЛЕВО, а једну само за ДЕСНО

$$\Delta C_{13} = \frac{1}{2} C_{o2tr} - \left\{ \left[\frac{V_i}{C_i} \right] + \left[\frac{V_k}{\frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}}} \right] + C_j \right\} \quad (22)$$

Разлика у капацитету основног одсека и прилаза несемафорисаној раскрсници из споредног правца (ΔC)

1) Разлика у капацитету у случају непроширења споредног пута на прилазу раскрсници

$$\Delta C_{21} = \frac{1}{2} C_{o2tr} -$$

$$\frac{[V_i + V_j + V_k]}{\left[\frac{V_i}{f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_i \frac{t_{oi}}{3600}}} + \frac{V_j}{f_j \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_j \frac{t_{oj}}{3600}}} + \frac{V_k}{f_k \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}}} \right]} + \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \quad (PA/h) \quad (23)$$

2) Разлика у капацитету (ΔC_{22}) у случају проширења споредног пута на прилазу раскрсници

$$\Delta C_{22} = \frac{1}{2} C_{o2tr} -$$

$$\left\{ \frac{[V_i + V_j]}{\left[\frac{V_i}{f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_i \frac{t_{oi}}{3600}}} + \frac{V_j}{f_j \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_j \frac{t_{oj}}{3600}}} \right]} + \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}} \right\} \quad (PA/h) \quad (24)$$

3) Разлика у капацитету (ΔC_{23}) у случају проширења споредног пута на прилазу раскрсници

$$\Delta C_{23} = \frac{1}{2} C_{o2tr} -$$

$$\left\{ \frac{[V_i + V_k]}{\left[\frac{V_i}{f_i \frac{3600}{t_{fi}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_i \frac{t_{oi}}{3600}}} + \frac{V_k}{f_k \frac{3600}{t_{fk}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_k \frac{t_{ok}}{3600}}} \right]} + \frac{3600}{t_{fj}} e^{-\left[\frac{\Sigma V_{cy}}{y} \right]_j \frac{t_{oj}}{3600}} \right\} \quad (PA/h) \quad (25)$$

НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИНТЕРВАЛА СЛЕЂЕЊА ($t_{fi,j,k}$, $t_{oi,j,k}$, $t_{li,j,k}$)

$$t_o = t_g - t_f/2 \text{ (sec)}$$

где је:

t_g (sec) – критички временски интервал кога могу прихватити кретања са споредног правца

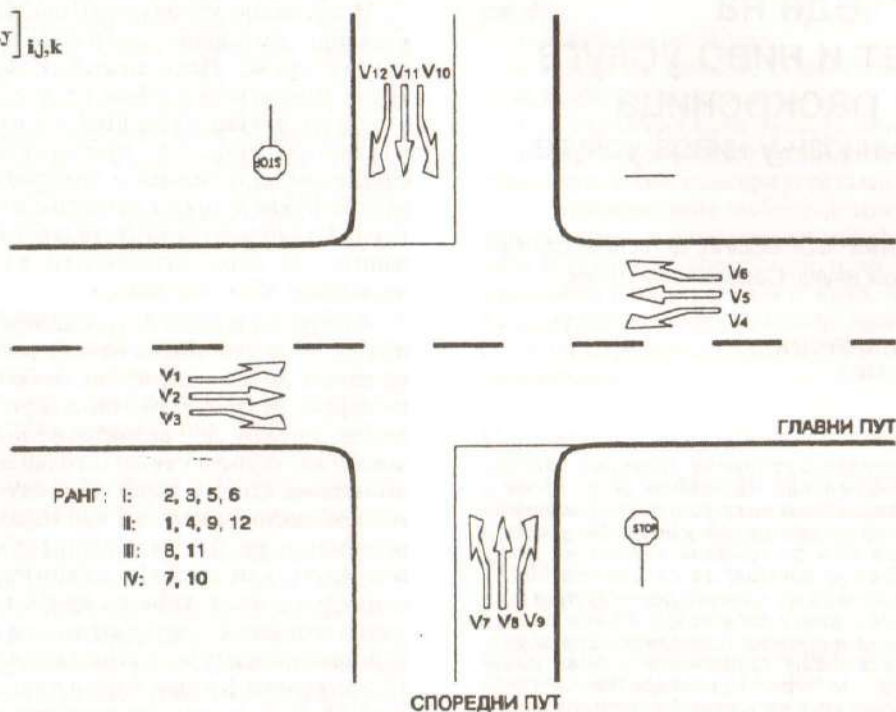
t_f (s) – временски интервал (кашњења) возила при стартовању из реда на споредном правцу

Величина критичних интервала t_g и временских интервала (кашњења) при старту t_f за крстасту несемафорисану раскрсницу

Маневар возила	Критички интервал t_g (sec)		Временски интервал (кашњења) при старту t_f (sec)
	2-трачни главни пут	4-трачни главни пут	
Лево са главног пута	5.0	5.5	2.1
Десно са споредног пута	5.5	5.5	2.6
Право са споредног пута	6.0	6.5	3.3
Лево са споредног пута	6.5	7.0	3.4

НАЧИН УТВРЂИВАЊА КОНФЛИКТНИХ

ТОКОВА $\sum_y [V_{c,y}]_{i,j,k}$



1) Конфликтни токови за скретања десно са споредног пута

За скретања десно са споредног пута	 V_9	 V_{12}
Конфликтни ток: V_C	$V_{C,9} = \frac{1}{2} V_3 + V_2$ (voz/h)	$V_{C,12} = \frac{1}{2} V_6 + V_5$ (voz/h)

2) Конфликтни токови за скретања лево са главног пута

За скретања лево са главног пута	 V_4	 V_1
Конфликтни ток: V_C	$V_{C,4} = V_2 + V_3$ (voz/h)	$V_{C,1} = V_5 + V_6$ (voz/h)

3) Конфликтни токови за скретања право са споредног пута

За кретања право са споредног пута	 V_8	 V_{11}
Конфликтни ток: V_C	$V_{C,8} = \frac{1}{2} V_3 + V_2 + V_1 + V_6 + V_5 + V_4$ (voz/h)	$V_{C,11} = \frac{1}{2} V_6 + V_5 + V_4 + V_3 + V_2 + V_1$ (voz/h)

4) Конфликтни токови за скретања лево са споредног пута

За скретања лево са споредног пута	 V_7	 V_{10}
Конфликтни ток: V_C	$V_{C,7} = \frac{1}{2} V_3 + V_2 + V_1 + \frac{1}{2} V_6 + V_5 + V_4 + V_{11} + \frac{1}{2} V_{12}$ (voz/h)	$V_{C,10} = \frac{1}{2} V_6 + V_5 + V_4 + \frac{1}{2} V_3 + V_2 + V_1 + V_8 + \frac{1}{2} V_9$ (voz/h)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] "Highway capacity manual", Special Report, Third Edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1994.
- [2] "Highway capacity manual", Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1985.
- [3] Др Љубиша Кузовић, "Методологија анализе услова саобраћаја и економских ефеката у функцији варирања услова саобраћаја на прилазу раскрсници у нивоу", Београд, 1996., (Институт за путеве – Студија).

Нови погледи на капацитет и ниво услуге путева и раскрсница

Прилог дефинисању нивоа услуге раскрсница

Проф. др ТИХОМИР ЂОРЂЕВИЋ, дипл.инж.саобр.
Факултет техничких наука, Саобраћајни одсек,
Нови Сад

ПРЕГЛЕДНИ НАУЧНИ ЧЛАНАК
УДК 656.11.021:625.746.1

РЕЗИМЕ

Овај напис је расправа о условима одвијања саобраћаја на раскрсницама као саставном делу путне и уличне мреже. Капацитет и ниво услуга (НУ) напојних деоница се обично разматра не узимајући у обзир утицај раскрсница чији се прилази налазе на крају сваке деонице. Ово је покушај да се докаже постојање утицаја раскрсница на напојну деоницу пута и да се утврди величина и снага тог утицаја. У овом раду је дефинисана дужина и ширина прилазног одсека раскрснице на коме владају промењени услови одвијања саобраћаја за три карактеристична типа прилаза раскрсница која се најчешће сусрећу на путној и уличној мрежи. У раду је предложен и поступак за утврђивање нових параметара НУ раскрсница који се лако упоређују са параметрима НУ вишетрачних и двотрачних путева и артерија.

New Insight on Capacity and Level of Service of Roads and Intersections

Contribution to the definition of intersections level of service

Prof. TIHOMIR DJORDJEVIĆ, Ph.D., B.Sc., Transp. Eng.
Faculty of Technical Sciences – Transport Dept., Novi Sad

REVIEW SCIENTIFIC PAPER
UDC 656.11.021:625.746.1

SUMMARY

This paper discusses the traffic conditions at the crossroads being the integral part of road and street network. The capacity and L.O.S. of feeder sections is usually discussed without taking into account the impact of crossroads whose approaches are located at the end of each section. This is an attempt to prove the existence of influence of crossroads onto feeder section of a road and to establish the size and power of such an influence. This paper is revealing also the definition of length and width of approaching stretch of the crossroad whereon the altered traffic conditions are governing for three characteristic types of crossroads' approaches which are met most frequently on road and street network. The proposal is made in this paper regarding the definition of L.O.S. of multi-lane and dual lane roads and arterial road facilities.

УВОД

Испитивање услова одвијања саобраћаја врши се у оквиру планирања саобраћаја и развоја путне и уличне мреже. Испитивање се заснива на разматрању капацитета и нивоа услуге елемената мреже – деонице путева и артерија, сигнализисаних и несигнализисаних или тзв. приоритетних раскрсница. Приликом одлучивања о потреби рехабилитације, реконструкције и/или изградње путева, ниво услуге служи као мера квалитета саобраћајног тока, а капацитет је мера способности пута да пропусти очекивани обим саобраћаја.

Капацитет и ниво услуге ванградских путева испитују се по деоницама између раскрсница на којима долази до промене обима саобраћаја. Раскрснице на којима долази до ометања и успоравања саобраћаја не узимају се у разматрање пошто се сматра да немају значајнији утицај на одвијање саобраћаја на деоницама. Само у изузетним случајевима, када се нека раскрсница испољи као изразито "уско грло", решавају се проблеми недостатка капацитета и нивоа услуге, али полазећи од критеријума који се разликују од оних који се примењују за путеве и путне деонице. Са друге стране, на градским саобраћајницама испитује се само капацитет и ниво услуге раскрсница јер оне одређују услове одвијања саобраћаја на деоницама релативно мале дужине.

Зашто је потребно редифинисање нивоа услуге раскрсница? Први је разлог што је проблематика услова одвијања саобраћаја на раскрсницама веома сложена и кад се посматра изоловано, а поготову као саставни део путних деоница. А други, што се услови одвијања саобраћаја на раскрсницама испитују за потребе оцене о оправданости њихове реконструкције у оквиру рехабилитације и/или реконструкције путева.

Имајући све досад речено у виду, у овом раду су дефинисани утицај раскрсница и прилазни одсеци (типови и димензије прилаза), а затим је спроведена сажета анализа поступака за утврђивање НУ путева и раскрсница. Полазећи од ове анализе предложени су нови параметри за дефинисање НУ раскрсница и поступак за њихово утврђивање.

ДЕФИНИСАЊЕ УТИЦАЈА РАСКРСНИЦА И ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПРИЛАЗА

Према Приручнику за капацитет путева (ХЦМ. 1994.) вишетрачни и двотрачни путеви разврстани су у категорију саобраћајница са непрекидним токовима. На овој категорији саобраћајница нема фиксних елемената који могу да прекидају саобраћајни ток. Услови одвијања саобраћаја су резултат интеракције међу возилима у саобраћајном току и између возила и геометријских карактеристика пута.

Градске и приградске артерије, као и сигнализисане и несигнализисане раскрснице, разврстане су у категорију саобраћајница са прекидним токовима. Ова врста саобраћајница има фиксне елементе који могу да прекидају саобраћајни ток. Ови елементи (сигнали, зауставни знаци и друге врсте, контроле саобраћаја) проузрокују повремено заустављање или значајно успоравање саобраћаја.

Вишестрачни и двотрачни путеви, међутим, како је објашњено у приручнику (ХЦМ. 1994.), могу да функционишу у условима непрекидних токова на дужим одсечима између тачака прекидања. Тамо где растојање између сигнала прелази две миле (око три километра) може да постоји непрекинути ток. Где је растојање мање, саобраћајница се разврстава у артерије, а сматра се да су токови прекидни. То значи, да утицај раскрсница постоји у свим случајевима, али може да се занемари ако размак сигнализисаних раскрсница прелази одређену величину (3 км).

У анализи капацитета и НУ артерија према методологији ХЦМ.1994. параметар од примарног значаја је средња брзина путовања на одсеку артерије. Ова брзина изводи се у зависности од средњег времена војње на одсеку и просечног трајања застоја на прилазу раскрснице. Очигледно је, према томе, да је утицај раскрсница укључен у поступак за одређивање средње брзине путовања на одсеку артерије.

Поступак за одређивање *средње брзине путовања* на одсечима артерија има значајну улогу у тражењу решења за проблеме које овде разматрамо. Овај поступак укључује прорачун *засићеног тока* и *задржавања* на прилазима раскрсница. На основу ових величина и очекиваног тока на прилазу је могуће квантификовати утицај раскрснице и одредити потребну дужину и ширину прилазног одсека сигнализисане раскрснице. Са друге стране, пошто се према ХЦМ.1994. може израчунати *потенцијални капацитет* и *задржавање* на прилазима несигналисаних (приоритетних) раскрсница, разумна је претпоставка да може такође да се квантификује и утицај приоритетних раскрсница. Према томе, на основу ове претпоставке може да се одреди и дужина прилаза приоритетне раскрснице где постоји утицај, ако је то потребно.

Дефинисање прилазног одсека и типова прилаза

Капацитет и НУ вишестрачних и двотрачних путева обично се разматра по деоницама између раскрсница. Ове деонице се састоје од одсека са различитим путним карактеристикама које утичу на услове одвијања саобраћаја на посматраној деоници. Обично се претпоставља да ови одсечи нису под утицајем раскрсница, али се на крају сваке путне деонице налази прилаз раскрснице. Прилаз раскрснице је одсек са специфичним путним и саобраћајним карактеристикама (проширење пута, ограничење брзине, знаци заустављања или сигнали) које зависе од типа раскрснице и контроле саобраћаја. Ове карактеристике проузрокују промену услова одвијања саобраћаја у односу на услове који владају на напојној деоници пута. И на овај начин може да се докаже утицај раскрснице на деоницу која је напаја. Међутим, анализа услова одвијања саобраћаја у близини раскрсница указује да и возила која пролазе средиштем раскрснице, као и возила која се крећу излазним краком раскрснице, морају да путују смањеном брзином, па утицајну зону раскрснице можемо да дефинишемо на следећи начин:

$$L = b + 2l \quad (1)$$

где су:

b = дужина средишта;

l = дужина прилаза, уз претпоставку да су прилази за оба смера једнаки; и

L = укупна дужина утицаја зоне.

Као што је познато, у средишту раскрснице се догађају критични маневри скретања који у зависности од типа контроле саобраћаја изазивају мање или веће ометање у прилазном саобраћајном току. Због тога је средиште раскрснице изходно повратног утицаја на напојну деоницу пута. На излазном краку раскрснице утицај је такође, присутан, али односи се на наредну деоницу пута и неће бити узет у разматрање.

Прилазни одсек пута

Прилазни одсек пута, који обично зовемо прилаз раскрснице, према горе изведеној анализи, може да се дефинише следећом једначином у општем облику:

$$l = F(SFF, SLM, u) \quad (2)$$

где су: SFF = брзина слободног тока на напојној деоници пута; SLM = ограничена брзина на прилазу раскрснице; u = учешће тока у скретању у односу на укупан ток на прилазу; и l = дужина прилаза, односно растојање од места ограничења брзине до уласка у средиште раскрснице. У поступку за утврђивање дужине прилаза вредности брзине слободног тока и ограничене брзине (обично износи 60 км/час) указује на локацију посматране раскрснице (на градском или ванградском путу). Учешће скретања у укупном току репрезентује утицај средишта раскрснице за дати тип контроле саобраћаја, а може да послужи и за одређивање природе и снаге тог утицаја.

Типови прилаза

За одређивање утицаја раскрсница на претходну деоницу пута одабрани су прилази раскрсница које се најчешће јављају на путној мрежи. То су обично четворокраке и трокраке раскрснице контролисане сигнализацијом или знацима приоритета. У ХЦМ (1994.) је приказан поступак за анализу два типа несигналисаних раскрсница: приоритетна и тзв. 4 x СТОП раскрсница која се врло ретко јавља на путној мрежи. У поступцима за димензионисање прилаза који следе, одабрани су као типични, сигнализисани и прилази приоритетне раскрснице, оба типа у две верзије (без и са проширењем пута који напаја прилаз). На сигнализисаним раскрсницама, зависно од сигналног плана, разматрају се једнофазни и двофазни прилази (Слика 1). Такође, зависно од типа контроле на прилазу, на приоритетним раскрсницама јављају се прилази главног и споредног пута (Слика 2).

Конечно, усвојени су следећи типови прилаза за димензионисање:

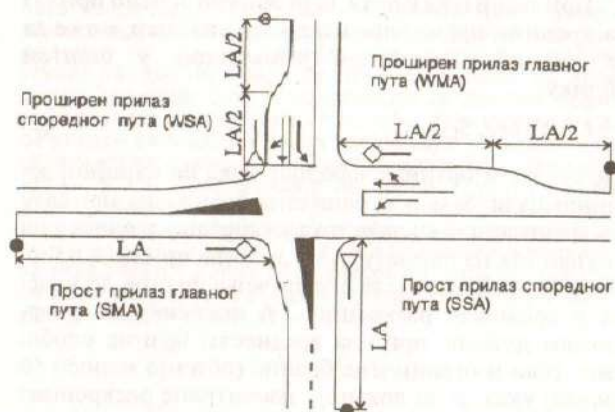
1. Сигнализисани прилаз (SA);

1.1 Прост једнофазни прилаз (SOA);

1.2 Проширен једнофазни прилаз (WOA);



Слика 1. Различити сигнализирани прилази



Слика 2. Различити приоритетни прилази

- 1.3 Проширен двофазни прилаз (WTA).
2. Прилаз главног пута (MRA):
 - 2.1 Прост прилаз главног пута (SMA);
 - 2.2 Проширен прилаз главног пута (WMA).
3. Прилаз споредног пута (SRA):
 - 3.1 Прост прилаз споредног пута (SSA);
 - 3.2. Проширен прилаз споредног пута (WSA).

Поступци за димензионисање прилаза

Поступци за димензионисање прилаза обухватају одређивање потребне дужине и ширине прилаза у зависности од локације раскрснице – градска или ванградска, и типа контроле – сигнализане и приоритетне раскрснице.

Сигнализирани прилази

Пошто сигнали на сваком прилазу дозвољавају пролазак возила само у току одређеног периода времена, потребно је да прилаз раскрснице буде шири од пута који напаја прилаз да би се омогућило да сва возила која долазе путем могу да прођу кроз раскрсницу. У градском подручју где су брзина слободног тока и ограничена брзина једнаке, дужина проширеног дела напојног пута се дефинише као дужина прилаза. На ванградским путевима дужина

прилаза укључује и део пута између закона ограничења брзине и почетка проширена на прилазу.

Сигнализирани прилаз градске раскрснице

Оптимални однос проширења (p) и дужине (l) на прилазу разматрали су Вебстер и Њуби из Истраживачке лабораторије за путеве (Велика Британија). Предложили су просто правило које гласи:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{l_1}{l_2} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \quad (3)$$

где су: Z_1 , Z_2 = зелено време, а q_1 , q_2 = обим саобраћаја на прилазу.

У примени овог правила проширење може да се врши само за цео број саобраћајних трака (једну, две или три и сл.), а прилаз не може бити ужи од напојног пута.

Сигнализирани прилаз ванградске раскрснице

На ванградским путевима брзина слободног тока је обично већа од ограничене брзине на прилазном одсеку ($S_{ff} > S_{lm} = 60 \text{ km/h}$). Због тога се дужина прилаза изражава као растојање од позиције знака ограничења брзине до зауставне линије на улазу у раскрсницу и укључује дужину проширења прилаза. На овој врсти сигнализираних прилаза ширина прилаза и дужина проширења одређују се по правилима за градске раскрснице, а дужина прилаза на начин као за приоритетне раскрснице.

Прилаз приоритетних раскрсница

На ванградским путевима у близини раскрсница брзина возила се по правилу ограничава на 60 км/час. Бројна опажања вршена на ванградским путевима указују да возачи обично почињу да успоравају тек од места где је знак ограничења постављен, па због тога растојање од овог знака до улаза у раскрсницу представља дужину прилаза приоритетне раскрснице. На овој врсти прилаза приоритетних раскрсница могуће је утврдити дужину прилаза полазећи од брзине слободног тока или пројектне брзине за деоницу напојног пута, а на основу упутства за регулисање саобраћаја на приоритетним раскрсницама које гласи:

Пројектна брзина у км/час	Дужина прилаза у метрима
100 – 120	500
80 – 100	250
60 – 80	150

На прилазима приоритетних раскрсница треба проширити прилаз за најмање једну траку, ако лево скретање прелази 10% од укупног тока на прилазу.

У градском подручју, где је брзина ограничена на 60 км/час на целој мрежи, дужина прилаза главног пута обично износи 75 метара, а за прилаз споредног пута узима се вредност од 50 метара.

ПАРАМЕТРИ НИВОА УСЛУГЕ ПУТЕВА И РАСКРСНИЦА

Приручник за капацитет путева (ХЦМ.1994) уводи тзв. *примарне мере ефективности за дефинисање НУ за сваки од типова саобраћајница*. За вишестрачне путеве НУ се дефинише појмовима густине и брзине слободног тока као меродавних параметара. За двотрачне путеве и саобраћајнице са прекидним токовима НУ је дефинисан појмовима задржавања. Ниво услуге двотрачних путева дефинише се са процентом времена задржавања, сигнализисане раскрснице са просечним трајањем застоја, а несигнализисане (приоритетне) раскрснице просечним укупним задржавањем на прилазу који се посматра. За артерије је параметар од примарног значаја средња брзина путовања. Према томе, примарни параметри за дефинисање НУ и поступци за утврђивање НУ путева и раскрсница значајно се разликују. Пошто ове разлике онемогућавају упоређивање деоница путева са прилазима раскрсница, треба анализирати поступке за утврђивање НУ разматраних врста саобраћајница. Циљ ове анализе је да се изаберу параметри НУ погодни за упоређивање путева са раскрсницама.

Сажета анализа параметара нивоа услуге путева и раскрсница према ХЦМ (1994)

Анализа нивоа услуге на деоницама вишестрачних и двотрачних путева и артерија почива на појмовима *брзине тока и односа ток-капацитет*. Иако се НУ вишестрачних путева дефинише *брзином слободног тока и густином*, значајну улогу у поступку за утврђивање НУ имају *средња брзина путовања и максимална стопа сервисног тока*, тј. однос максималног тока и капацитета за дати ниво услуге. За описивање квалитета тока двотрачних путева, поред просечног времена задржавања, користе се *средња брзина путовања и искоришћење капацитета*, које се дефинише као однос захтеваног тока и капацитета. Средња брзина путовања на деоницама градских и приградских артерија је под утицајем задржавања на прилазу раскрсница, односно просечног застоја. А просечан застој на прилазу сигнализисане раскрснице се израчунава у функцији од односа ток-капацитет или тзв. степена засићења (x) на прилазу.

Предмет анализе нивоа услуге на раскрсницама је просечно задржавање по возилу на прилазима, просечни застој на сигнализисаним раскрсницама и просечно укупно задржавање на приоритетним раскрсницама. О просечном застоју на прилазу сигнализисане раскрснице у зависности од степена засићења било је говора у претходном одељку, али треба споменути и да је лако израчунати капацитет сигнализисаног прилаза у зависности од *засићеног тока*. У поступак за прорачун просечног укупног задржавања на приоритетним раскрсницама укључен је однос ток-капацитет, али само за споредне токове. Поступак за одређивање НУ приоритетних раскрсница садржи само потенцијални капацитет споредних кретања и прилаза са споредног пута. Капацитет прилаза са главног пута за кретање право и

десно се не разматра, па сходно томе, не може да се утврди ни однос ток-капацитет.

Предлог нових параметара за дефинисање НУ раскрсница

Као што се види из анализе параметара НУ однос *ток/капацитет* је укључен, директно или индиректно, у све поступке за одређивање нивоа услуге саобраћајница које разматрамо. У поступцима за одређивање НУ путева, *брзина тока* има кључну улогу као параметар за оцену квалитета услова одвијања саобраћаја. Може се запазити да у анализи НУ раскрсница брзина нема своје место, вероватно због тога што је утицај раскрсница на претходну деоницу обично занемариван. У претходном поглављу, међутим, овај утицај је доказан, дужине и ширине прилаза раскрсница одређене, а услови одвијања саобраћаја за разматране типове прилаза и контроле саобраћаја дефинисани. Према томе, могуће је сада одредити брзину саобраћаја на сваком од разматраних прилаза за дати обим саобраћаја на прилазу.

У контексту ове расправе и на основу претходне изведене анализе параметара НУ, као параметри од примарног значаја за дефинисање НУ раскрсница предложени су *средња брзина путовања*, и *однос тока и капацитета на прилазу раскрснице*. Ови параметри могу лако да се упоређују са одговарајућим параметрима који се користе у анализи НУ путева и деоница артерија.

Средња брзина путовања за све разматране типове прилаза израчунава се на основу *дужине прилаза, времена вожње* (зависно од *брзине слободног тока на напојној деоници*) и *просечног задржавања по возилу* за дати тип контроле саобраћаја на прилазу. За одређивање односа *ток/капацитет* треба знати *обим саобраћаја на напојној деоници*, затим израчунати капацитет датог прилаза и формирати количник од ових величина (V/C). Однос тока и капацитета је важан параметар помоћу којег се упоређују услови одвијања саобраћаја на различитим врстама саобраћајница.

ПРОРАЧУН НОВИХ ПАРАМЕТАРА "НУ" РАСКРСНИЦА

Прорачун нових параметара НУ раскрсница – однос ток/капацитет (q/c) и средње брзине путовања (STR), односи се на три типична прилаза раскрсница (сигнализисани прилаз, прилаз са главног пута и прилаз са споредног пута) који су раније дефинисани.

Ако претпоставимо да су познати обим саобраћајног тока (V) напојне деонице, ограничење брзине на прилазу ($S_{im} = 60 \text{ km/h}$) и димензије прилаза – дужина прилаза (L_A) и дужина проширења (L_E), за разматрани тип прилаза, прорачун се спроводи у четири корака:

1. Утврђивање пројектне брзине, односно брзине слободног тока (S_{ff}) напојне деонице и одговарајуће дужине прилаза (L_A) и прорачун времена вожње (t_R) за прилаз.
2. Прорачун капацитета прилаза (C_A) и одређивање односа тока и капацитета (V/C_A).

3. Прорачун просечног задржавања – просечног застоја (d_A) на сигнализаном прилазу и просечног укупног задржавања (D_A) на прилазу приоритетних раскрсница.

4. Утврђивање укупног времена путовања (T) на прилазу – збир времена вожње и просечног задржавања, и прорачун средње брзине путовања (STR).

Прорачун времена вожње (t_R)

Прорачун времена вожње утврђује се по релацији:

$$t_R = \frac{3,6 (L_A - L_E)}{(S_{FF} + 60)/2} + 0,06 L_E \quad (4)$$

Узимајући у обзир карактеристике одабраних типова раскрсница добијамо:

А. Градске раскрснице

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Прилаз са споредног пута: | $t_R = 3 \text{ sec}$ |
| 2. Прилаз са главног пута: | $t_R = 4,5 \text{ sec}$ |
| 3. Сигнализани прилаз: | $t_R = 0,06 L_E$ |

Б. Ванградске раскрснице

1. Прилази са главног и споредног пута:

$$t_R = [3,6 L_A / (S_{FF} + 60)] + 0,03 L_A$$

2. Сигнализани прилаз:

$$t_R = [7,2 (L_A - L_E) / (S_{FF} + 60)] + 0,03 L_A$$

Прорачун капацитета (C_A) и однос ток/капацитет (V/C_A)

Прорачун капацитета, па и односа ток/капацитет, се заснива на методологији ХЦМ.1994. за сигнализане и несигнализане, односно приоритетне раскрснице које ће се разматрати посебно.

Капацитет и однос (V/C_A) сигнализаних прилаза

Капацитет сигнализаног прилаза на коме се сви токови одвијају у једној фази (типови прилаза SDA и WDA) утврђује се по релацији:

$$C_A = s_A (g_A / C) \quad (5)$$

где су: s_A = засићени ток прилаза (по релацији 9–12 из методологије ХЦМ.1994.); g_A = ефективно зелено време на прилазу, и C = трајање циклуса. Однос тока и капацитета изражава се тзв. степенем засићења (X_A) на прилазу:

$$X_A = V_A C / s_A g_A \quad (6)$$

ако се токови са прилаза одвијају у две фазе (прилаз WTA), право и десно као група трака у једној и лево скретање у другој фази, рачунају се засићени токови (STR и s_L) и капацитети (C_{TR} и C_L) по фазама по истом поступку као у претходном случају, а капацитет прилаза (C_A) се добија као прост збир: $C_A = C_{TR} + C_L$. Степен засићења (X_A) у овом случају износи:

$$X_A = X_{TR} + 0,01 u_L (X_L - X_{TR}) \quad (7)$$

где је: u_L = проценат левих скретања у укупном току на прилазу.

Капацитет и однос (V/C_A) приоритетних прилаза

На прилазима приоритетних раскрсница могуће је израчунати потенцијални капацитет (C_P) за сва кретања споредног ранга по релацији која је изведена у Немачкој (релација 10–1 у методологији ХЦМ.1994.) и то:

- за лево скретање са главног пута (C_{ml});
- за лево скретање са споредног пута (C_{ml});
- за право са споредног пута (C_{mt}); и
- за десно са споредног пута (C_{mr}).

Потенцијални капацитет прилаза (C_{PA}) са споредног пута и једном саобраћајном траком (тип SSA) се утврђује по релацији:

$$C_{SH} = V / [(V_l / C_{ml}) + (V_t / C_{mt}) + (V_r / C_{mr})] \quad (8)$$

где су: C_{SH} = капацитет прилаза из комбиноване саобраћајне траке за лево, право и десно; V = укупан обим саобраћаја на прилазу; а V_l , V_t и V_r = обим саобраћаја у левом скретању, право и десно. Однос ток/капацитет прилаза: (V/C_A) = V/C_{SH} . Потенцијални капацитет прилаза (C_{PA}) са споредног пута и две саобраћајне траке – једна за лево и једна комбинована за право и десно (тип прилаза WSA) може да се утврди на следећи начин:

$$C_{PA} = C_{ml} + (V_l + V_r) / [(V_l / C_{mt}) + (V_r / C_{mr})] \quad (9)$$

а однос ток/капацитет као количник V/C_m .

За одређивање капацитета прилаза главног пута са две саобраћајне траке (тип WMA), предлаже се:

$$C_{MA} = C_{MI} + C_{TRR} = C_{MI} + 1800 \quad (10)$$

где је: C_{TRR} = 1800 ПА/час капацитет кретања првог ранга приоритета (право и десно из једне траке на прилазу главног пута); усвојена величина са значењем основног засићеног тока (s_0 = 1900 ПА/час) који је умањен фактором ометања од десних скретања са главног пута t_R = 0,947. Користећи ову претпоставку за одређивање капацитета прилаза главног пута са једном комбинованом траком (тип SMA) усвојена је релација:

$$C_{MA} = \frac{V}{[V_l / C_{MI}] + [(V_l + V_r) / 1800]} \quad (11)$$

За одређивање односа ток/капацитет у оба случаја треба формирати количник: V/C_{MA} .

Прорачун просечног задржавања на прилазу

Просечно задржавање на прилазу за све типове прилаза које разматрамо – просечни застој на сигнализаним прилазима (d_A) и просечно укупно задржавање на приоритетним прилазима (D_A), може лако да се израчуна користећи методологију ХЦМ.1994.

Просечан застој на једнофазном прилазу сигнализане раскрснице (типови прилаза SOA и WOA) утврђује се за цео прилаз као једну групу трака по релацији 9–23 из ХЦМ.1994.:

$$d_A = d_{SOA} = d_{WOA} = d_1 DF + d_2 \quad (12)$$

где су: d_1 = униформни застој; d_2 = додатни застој и DF = поправни фактор за квалитет координације и тип контроле на прилазу, односно за групу трака.

За одређивање *просечног застоја на двофазном прилазу* сигнализисане раскрснице (тип WTA) потребно је израчунати просечан застој за обе фазе (I. фаза: право и десно, а II. фаза: лево скретање са прилаза) на начин као и у претходном случају, а затим формирати пондерисани просек застоја на прилазу (d_A):

$$d_A = d_{WTA} = (d_I \cdot V_I + d_{II} \cdot V_{II}) / (V_I + V_{II}) \quad (13)$$

где су: d_I и d_{II} = просечни застоји за I. и II. фазу; а V_I и V_{II} = обим саобраћаја по фазама.

За одређивање *просечног укупног задржавања на прилазу* приоритетне раскрснице потребно је израчунати просечно укупно задржавање за кретања на прилазу (D_I – за лево, D_I – за право и D_r – за десно скретање са прилаза) по релацији 10–12 из ХЦМ.1994.. За прилазе са споредног пута (типови прилаза SSA и WSA), у том случају, просечно укупно задржавање на прилазу (D_A) ће бити:

$$D_A = D_{SSA} = D_{WSA} = (D_I V_I + D_I V_I + D_r V_r) / V_A \quad (14)$$

где су: V_I , V_r и V_p = обим саобраћаја лево, право и десно са прилаза; а V_A = укупан обим саобраћаја на прилазу. А просечно укупно задржавање на прилазу са главног пута (типови SMA и WMA):

$$D_A = D_{SMA} = D_{WMA} = D_I V_I / V_A \quad (15)$$

јер се узима да је задржавање за токове првог ранга приоритета (право и десно са главног пута) једнако нули ($D_l = D_r = 0$).

Прорачун средње брзине путовања (STR)

Одређивање средње брзине путовања на прилазима раскрсница заснива се на већ срачунатим величинама у претходним корацима: L_A = укупној дужини прилаза у метрима; t_r = укупног времена вожње у сек.; d_A = просечног застоја и D_A = укупном просечног задржавању у сек./воз. на посматраном прилазу. Полазећи од ових величина лако се израчунава укупно време путовање (T) на посматраним прилазима као збир времена вожње и просечног задржавања на прилазу:

$$T = t_r + d_A - \text{за сигнализисане прилазе, и}$$

$$T = t_r + D_A - \text{за прилазе приоритетној раскрсници.}$$

Средња брзина путовања добија се као:

$$STR = 3,6 L_A / T$$

ЗАКЉУЧАК

У овој расправи су истакнута и разматрана три важна питања из теорије тока и капацитета која су посебно значајна за област планирања саобраћаја и развоја путне и уличне мреже. Прво, када услови прекидних токова могу да се појаве на вишестрачним и двотрачним путевима које важећа теорија и пракса сврстава у категорију саобраћајница са непрекинутим токовима? Затим, да ли постоји утицај раскрсница на претходну деоницу пута, као што је то случај на градским и приградским артеријама, у већој или мањој мери у свим случајевима? А потим, ако овај утицај постоји, који су параметри погодни за дефинисање нивоа услуге раскрсница и упоређивање са параметрима за путеве?

О појави прекидних токова на вишестрачним и двотрачним путевима у ХЦМ.1994. дата су одређена разумна објашњења. Такође, присуство утицаја на претходну деоницу пута може да се изведе из методологије ХЦМ.1994. и поступка за одређивање нивоа услуге артерије. Дедукијом је из ових поставки методологије ХЦМ изведен доказ о присуству утицаја раскрсница у свим случајевима где је раскрсница саставни део пута или улице, а у поступку димензионисања неколико типичних прилаза је овај утицај квантификован. Тако је централно питање и главни проблем ове расправе, предлог релевантних параметара за дефинисање нивоа услуге раскрсница, прихватљиво разрешен предлогом поступка за утврђивање нових параметара нивоа услуге за типичне сигнализисане и приоритетне прилазе који су упоредиви са параметрима за ниво услуге вишестрачних и двотрачних путева и артерија.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Др Тихомир Ђорђевић, Методологија за испитивање услова вожње на раскрсницама, Институт за путеве, Београд, 1996.
- [2] Проф. др Љубиша Кузовић, Методологија анализе услова саобраћаја и економских ефеката у функцији варирања услова саобраћаја на прилазу раскрсници у нивоу, Институт за путеве, Београд, 1966.
- [3] HCM Special Report 209; Third Edition. TRB. National Research Council, Washington, D.C. 1994.
- [4] Interim Materials on Unsignalized Intersection Capacity. TRB, National Research Council. Transportation Research Circular, Number 373, July, 1994.
- [5] Др Тихомир Ђорђевић, Регулација саобраћајних токова светлосном сигнализацијом, Монографија, Институт за путеве, Београд, 1997.

Стање путева и друмског саобраћаја у Србији и предлог мера за њихово побољшање

Проф. др АЛЕКСАНДАР ЦВЕТАНОВИЋ, дипл.инж.
Грађевински факултет Универзитета у Београду

ПРЕГЛЕДНИ РАД
УДК 625.76 + 656.11(497.11)

РЕЗИМЕ

Путну мрежу Републике Србије чине магистрални, регионални и локални путеви, укупне дужине 39 000 km. Примарну мрежу магистралних и регионалних путева, око 43% укупне дужине, одржава Дирекција за путеве Министарства саобраћаја и веза, а локалну, око 57%, локалне власти. Сврха овог чланка је, пре свега, да информише стручну јавност и стручњаке о садашњем стању путева и друмског саобраћаја, да упозори на алармантно стање у коме се они налазе и да укаже на могуће путеве изласка из ове кризе.

Road and Road Transportation Conditions in the Republic of Serbia and the Proposal of Measures for their Improvement

Prof. dr ALEKSANDAR CVETANOVIĆ, Ph.D., B.Sc., C.E.
Civil Engineering Faculty of Belgrade University

REVIEW PAPER
UDC 625.76 + 656.11(497.11)

SUMMARY

The road network of Serbia consists of main, regional and local roads and its length amounts to 39000 km. The primary network of main and regional roads, approximately 43% of the total length is maintained by the Road Directorate of the Ministry of Transportation & Communications of the Republic of Serbia, whereas the rest, i.e. 57% being local roads is maintained by local authorities. The purpose of this paper is to inform the competent public and experts regarding the present state of roads and road transportation, to warn them about the alarming conditions and to point out tentative solutions for overcoming the actual crisis.

УВОД

У свим развијеним земљама па и у нашој путевни представљају велику економску националну вредност, па стога влада изузетно интересовање за њихову заштиту и грађење, како инжењера, тако и економиста, пре свега са гледишта очувања вредности капитала. Такође, треба истаћи да друмски саобраћај код нас представља основни вид превоза (путнички 87% и робни 70% у односу на све остале видове превоза).

С обзиром на стање путева, који се налазе у фази убрзаног пропадања и друмских возила чија је просечна старост преко 9 година, треба имати у виду алармантну чињеницу да у следеће две до три године прети могућност распада нашег основног система превоза (друмског превоза), ако се хитно не предузму радикалне и одговарајуће мере.

Из наведеног следи да у наредном периоду, постојећа веома ограничена финансијска средства треба улагати искључиво у одржавање путева. Финансирање изградње (обилазница, петљи, аутопутеве итд.) на уштрб одржавања са стручне тачке гледишта представља велики промашај и домаћинско понашање.

АКТУЕЛНО СТАЊЕ ПУТЕВА И ДРУМСКОГ САОБРАЋАЈА

Стање путева

Актуелно стање путева је незадовољавајуће. Од рата до данас развој путне мреже је каснио за потребама и разлика у улагањима и квалитету путева у односу на чланице ЕЗ сваке године се повећавала. Садашње стање путева, објеката и пратећих садржаја је алармантно и захтева суштинско преиспитивање досадашњег приступа очувању највеће капиталне вредности наше земље.

Путну мрежу Републике Србије сачињавају магистрални, регионални и локални путеви, укупне дужине 39.000 km (у чему примарна мрежа коју одржава Дирекција за путеве Министарства саобраћаја и веза чини 43%, а локална 57%).

Убрзан процес пропадања довео је до деградације путне мреже и њеног погоршања које на значајном броју деоница омета нормално и безбедно одвијање саобраћаја. На око 40% магистралних и 60% регионалних путева носивост коловозних конструкција мања је од дозвољене и то је један од главних узрока убрзаног пропадања путева.

Густина путне мреже износи око 43.9 km/100 km², што одговара просеку средње развијених земаља Европе. Међутим, техничко експлоатационе карактеристике постојеће мреже путева, изражене кроз степен модернизованости (мањи од 60%), велике разлике у покривености појединих делова Републике путном мрежом у односу на просек (и до 50%), релативно мало учешће аутопутева у мрежи магистралних путева, велики број пролазака магистралних путева кроз градове (24%), велики број укрштаја са железницом у нивоу, лоше стање коловоза и скромни геометријски елементи траса, указују на изузетно незадовољавајуће стање.

Дужина магистралних и регионалних путева у Србији износи 16 839 km и њихова садашња вредност износи око 13.5 милијарди долара. То је највећа капитална вредност у нашој земљи која је због недостатка средстава, доведена у фазу убрзаног пропадања и губитка вредности. Потребна средства да би се постојећи путеви поправили су реда величине 5 милијарди долара, а да би се завршио постојећи програм изградње аутопутева 1.7 милијарди долара.

Висина улагања у путеве (тражење и одржавање) код развијених земаља износи 0,5–2% бруто националног дохотка.

Улагања у одржавање наше мреже магистралних и регионалних путева била су 1995. године око 60 милиона USA \$, у 1996. год. око 70 милиона USA \$, а у 1997. свега око 29 милиона USA \$, што је по 1 km пута само око 1800 USA \$, или за око 10 до 50 пута мање у односу на земље OECD-а.

Напомињемо, да су 1990. године улагања у нашу мрежу износила око 20.000 \$ по 1 km пута.

Разлог за овакво недовољно улагање у одржавање и развој су познати догађаји на подручју бивше Југославије, покидани устаљени извори финансирања настали увођењем санкција према нашој земљи, дужи застој и тешкоће у снабдевању тржишта течним горивима и пре свега укидање накнада за путеве у цени течних горива.

Остала мрежа (локални путеви) такође захтева интензивну бригу и стална улагања у одржавање и развој, ради задовољења саобраћајних потреба, односно пружања адекватне услуге. Поред тога што највећи проценат изграђене мреже има савремени коловоз (код магистралних и регионалних путева између 80% и 96,5%), чињеница је да се свега 15 до 25% ове мреже налази у осредњем и релативно добром стању, а да преостали део захтева озбиљне интервенције за њену обнову.

Од укупне дужине магистралних путева у централном делу Републике Србије 51% има оштећења застора од 20%, док је у Војводини то случај са 35% путева. Међутим, проблем је у чињеници да се већа

оштећеност застора од 15% не може санирати у оквиру редовног одржавања и да представља границу убрзаног пропадања коловоза и губитка његове вредности. Основна филозофија одржавања коловоза на путевима и очувања њихове вредности лежи у дијаграму приказаном на слици 1. Након пада индекса садашње употребљивости на "2", путеви практично губе своју вредност, а већина наших путева је близу и испод те границе.

Према подацима из базе података за мостове прикупљеним до краја 1994. године, укупни број мостова на магистралним и регионалним путевима достиже цифру од 3095.

На око 20% мостова постоје мања или већа оштећења конструкције (на 14% су потребне хитне интервенције), док су на око 50% мостова регистрована мање значајна оштећења.

Власничка трансформација је код већине предузећа за путеве обављена на нивоу процене капитала, изузев неколико приватних фирми чији потенцијали не угрожавају још увек доминирајући друштвени капитал.

Стање друмског саобраћаја

Јавни друмски саобраћај располаже са 11.190 возних јединица (2.544 аутобуса за међумесни саобраћај, 7.261 теретних и 1.385 прикључних возила). Аутобуси су у просеку стари 9, а теретна возила 11 година. Као последица старости, лошег одржавања и смањене тражње, од наведеног просечног броја возила у саобраћају је свега 59%, а камиона 37%. У друмском саобраћају за сопствене потребе, проценат возила у саобраћају је још нижи и износи код теретних превозних средстава 27%, а код путничких 37,3%. Постојећа возила у друмском јавном саобраћају (изузев недавно увезених возила) не задовољавају стандарде ЕЗ у погледу техничких карактеристика, потрошње горива и екологије.

У прошлој години је дошло до повећања саобраћајних незгода (повећан саобраћај и јефтино гориво) и оне се крећу око 64.000, од чега са тежим



Слика 1. Илустрација животног века коловозне конструкције у зависности од њеног стања, века трајања и уложених средстава за одржавање

последицама преко 14.000 (погинулих преко 1.200 и повређених око 18.000 лица).

Кадровска и материјална опремљеност Министарства саобраћаја и веза

У Министарству саобраћаја и веза (без Дирекције за путеве), запослено је 96 људи од чега је 43 у Београду, а остали широм Србије. Министарство чини министар, заменик, пет помоћника, инспектори и пратећа правна служба. Практично не постоји служба или орган који систематски креира стратегију одржавања и изградње путева.

У Дирекцији за путеве, која је у саставу Министарства саобраћаја и веза, запослено је 846 радника од чега у Одељењу наплате путарине 676.

Опремљеност Министарства превозним средствима је изузетно лоша (од укупно 26 саобраћајних и грађевинских инспектора више од половине нема возила). Опрема у Одељењу за наплату путарине одавно је превазиђена, а стуб путне привреде Србије, Дирекција за путеве осим рачунара, практично нема ништа од савремене опреме.

Евидентна су неслагања података о наплати у Одељењу наплате путарине (систем наплате је застарео и шупаљ са свих страна), али су евидентни и неодоварајући напори да се постојеће стање превазиђе.

Одговарајућом реорганизацијом Дирекције за путеве треба омогућити да она суштински управља одржавањем и изградњом путева. Један од могућих

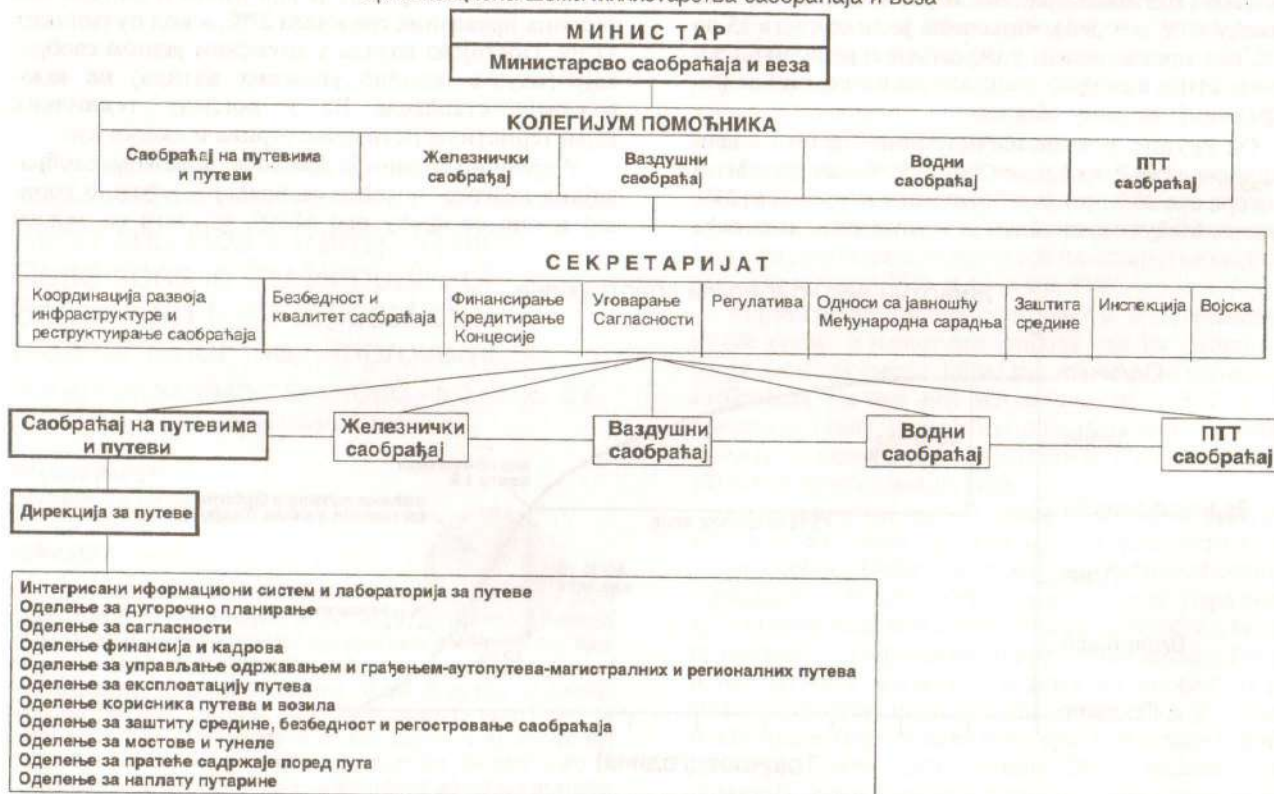
облика организовања Дирекције за путеве примењен стандардима ЕЗ и нашим потребама приказан је на слици 2. Од низа нових служби, Дирекција за путеве мора да има своју опрему за оцену стања путева и пројектанску групу за израду генералних пројеката и студија оправданости. Дирекција треба и даље послове извршења одржавања путева да путем лиценцијације уступа друштвеним и приватним фирмама. Пословној заједници "Србијапут" треба помоћи да се реорганизује и трансформише на начин који ће дати суштинске, а не формалне промене.

Саобраћај

Просечни годишњи дневни саобраћај-ПГДС 1988. године на аутопуту од Новог Сада до Ниша кретао се од 9.000 до 18.500; 1991. године око 13.000; 1993. године око 5.200; 1994. године око 6.900; 1995. године од 3.600 до 13.700. и 1997. године од 7.000 до 18.000. Величина ПГДС у 1994. години на укупној мрежи магистралних путева пала је на око 55% величине ПГДС из 1991. године, што значи да је просечна годишња стопа опадања саобраћаја износила око 18%. Са укидањем санкција долази до пораста саобраћаја на целој мрежи путева око 38%, од чега на аутопутевима око 22%.

Број иностраних возила на аутопуту од Београда до Ниша је 1994. године износио само око 17% у односу на број возила у 1991. години, што значи да је просечна стопа годишњег опадања за ова возила износила око 55,5%. Учешће возила иностране ре-

Организациона шема Министарства саобраћаја и веза



Слика 2. Предлог организационе шеме Министарства саобраћаја и веза



Кат 6 (путничка возила), Кат 7 (путничка возила са приколицом), Кат 8 (аутобуси и камиони), Кат 9 (тегљачи)

Слика 3. Упоредни графички приказ просечног месечног саобраћаја страних возила по категоријама у периоду од 1987. до 1996.

гистратије у укупном саобраћајном току на аутопуту од Београда до Ниша опало је у 1994. години на око 8% у односу на 1991. годину, када је износило преко 26%, слика 3.

Из анализе података о саобраћају произилази да је он мали и да системским мерама хитно морамо да повећамо број иностраних возила на нашим путевима. У суштини због свега што нас је снашло, а и због нашег понашања (визе, дуго задржавање на границама, путарина и разне таксе на границима) нас је саобраћај на дужи рок заобишао. Наиме, изграђен је систем трајектног превоза камиона из Турске и Грчке за Италију, који је јефтинији и по свим параметрима конкурентнији од проласка кроз нашу земљу. Да би се ово стање поправило, а збо то су потребне године стрпљивог рада, потребно је радикално променити наше понашање (ништа не кошта) и подићи квалитет услуга (много кошта).

Основне мере у том правцу, требало би да буду:

1. Укидање система виза
2. Већа проходност на границама (побољшати поступак царинења и укинути слање возила на "терминале")
3. Мање дажбине (таксе, осигурање и путарина)
4. Подизање квалитета услуга (квалитет коловоза и пратећих садржаја)

САДАШЊИ И БУДУЋИ АУТОПУТЕВИ

У Србији има изграђених 369 km аутопутева и 171 km полуаутопутева, а у изградњи се налази 70 km аутопутева (Добановци – Бубањ поток 16.8 km, Кочане – Печењевци 6.5 km, Печењевци – Грабовница 23.3 km и Левосој – Прешево 22 km).

У оквиру земаља ЕЗ до 2000. године очекује се раст тражње за друмским саобраћајем око 34%, а у земљама Источне Европе око 50%. Очекивани прираст тражње приближно је око 3 пута већи од капацитета железничке мреже Европе, па стога учешће путева у укупној саобраћајној тражњи и даље ће

расти, упркос удружених напора да се развију капацитети осталих видова саобраћаја.

У већини земаља ЕЗ друмски саобраћај чини око 80% укупног копненог саобраћаја.

Данас се на аутопуту од Фекетића до Београда просечни годишњи дневни саобраћај (ПГДС) креће око 8.000, а за период 2005. до 2015. године очекује се 26.000 (од чега око 8.000 иностраних возила у транзиту).

Граница "ПГДС" за коју се исплати изградња аутопута је 15.000 возила.

На дужи рок, основну мрежу аутопутева би чинили коридори:

- граница са Мађарском – Нови Сад – Београд – Ниш, са крацима ка Македонији и Бугарској
 - граница са Хрватском – Београд – Вршац – граница са Румунијом
 - Београд – Пожега – Бољаре – Подгорица – Јужни Јадран
 - Бар – Подгорица – Приштина – Ниш – Димитровград – граница са Бугарском
 - Прељина – Краљево – Крушевац – Појате
 - Баточина – Крагујевац
 - Граница са Румунијом (Ђердап 2) – Зајечар – Ниш
- До 2015. са мало више оптимизма треба очекивати у области аутопутева:

- завршетак изградње аутопута од границе са Мађарском (Хоргош) – Суботица – Нови Сад – Београд – Ниш
- завршетак изградње аутопута од Ниша до границе са Бугарском (Димитровград)
- завршетак изградње аутопута од Ниша до границе са Македонијом (Прешево)
- завршетак изградње аутопута – обилазнице око Београда, Добановци – Бубањ Поток
- почетак изградње појединих деоница аутопута Београд–море.

Са расположивим средствима без иностраних зајмова или концесија нема могућности за интезивнију изградњу аутопутева. Постојећа изградња и намеравање будуће, као што су Ниш – Приштина – Пећ – Чакор – Морино и Београд – Јадранско море, представљају само блокирање и ово мало средстава што имамо.

ФИНАНСИРАЊЕ ОДРЖАВАЊА И ИЗГРАДЊЕ ПУТЕВА

До увођења ембарга основни извор финансирања путева, као и свуда у свету, био је проценат од малопродајне цене течних горива (бензин и нафта) који је достигао и своју највећу вредност од 36% по цени литре горива у 1991. години. У већини европских земаља овај проценат износи преко 50%. Са друге стране истичемо да је у земљама ОЕЦД-а дошло до драстичног повећања цене бензина и да се она креће од 1.5 до 2 DM.

Најпоштеније и свуда је у свету тако, да корисници путева плаћају сразмерно потрошњи горива и величини осовинског оптерећења накнаде за одржавање путева и то првенствено из цене горива. Због нереално ниске цене горива (које се највећим делом увози) нереална је мобилност становништва,

нерентабилан друмски саобраћај (полупразни аутобуси), путеви препуштени убрзаном пропадању, петрохемијска индустрија у губицима и присутно перманентно одливање капитала из саобраћаја у друге привредне гране.

За време ембарга одлуком меродавних органа накнада из горива намењена за одржавање путева у потпуности је укинута. Путеви су остали без основног и сталног извора финансирања, сведени на буџет и остале изворе као што су таксе на пролаз моторних возила, таксе при регистрацији, путарина, мостарина и др. То је довело да се годишњи буџет Дирекције за путеве Србије у последњих пет година свео на око 50 милиона USA \$, у односу на износ од око 800 милиона USA \$ у 1990. години.

Период трајања санкција оставио је последице и на путну мрежу Републике Србије, јер је познато да се недовољним одржавањем годишње губи 5–10% вредности пута. С друге стране, неблаговремено одржавање доводи до ненадокнадивог губитка употребљивости и касније веома скупих санација. Ако се настави са оваквом тенденцијом неодржавања путева у наредне две године треба очекивати распад путног система (укључујући и објекте на њима).

Недостатак новца проузроковао је недовољну запосленост, па су позната предузећа за грађење путева, као и предузећа за одржавање путева у веома тешком стању. Запослени у путној привреди, њих око 25.000 су на граници egzистенције (просечни лични доходак у 1996. у Србијапуту је 569 дина, а просек у привреди републике 618 дина).

Суспензијом санкција у 1996. години успостављени су нормални токови у промету нафтних деривата. Поново се враћамо у односе који су владали пре увођења ембарга, па морамо да размишљамо са тих позиција, односно да би требало да наставимо са формирањем стабилних и сталних извора прихода који ће омогућити да ублажимо настале последице и почнемо да нормално одржавамо и развијамо путну мрежу.

Уредба о накнади за коришћење путева (Сл. гласник бр. 53/96) о издвајању 0,50 динара усмерена је искључиво на изградњу аутопутева, а не и за одржавање и развој остале мреже. Узгред, ова уредба је у потпуности важила свега пола године. Са стручне тачке гледишта када је саобраћајни систем пред потпуним колапсом инвестирати у изградњу није рационално.

Са обезбеђењем накнаде од малопродајне цене течних горива и уз друге изворе прихода, створили би се услови да се путеви редовно и квалитетно одржавају, граде и пројектују, као и да се подмире трошкови путне администрације и врате узети међународни кредити. Значи, долазимо до тога да путна привреда може бити високо акумулативна привреда, која саму себе може да издржава и оствари максимално квалитетне услуге на путевима.

Дирекција за путеве Србије са малим средствима не може много да уради, тако да путеви, највеће богатство Србије (Југославије), пропадају. Буџет путне привреде у 1998. години на бази сагледаних потреба требало је да износи минимум 2,4 милијарде динара (само за одржавање), односно око 350 ми-

лиона USA \$, а планирано је свега 457 милиона динара (са пренетим обавезама из 1997. у величини од 38,8 милиона динара), од чега за одржавање може да се издвоји свега око 311 милиона динара.

Укупни приходи по свим основама Дирекције за путеве (редовни, од фонда за развој и од накнаде из цене горива) у протеклој години били су 1.154.594.345,04 динара (око 128 милиона SAD \$), а расходи 1.210.227.343,36 динара. Очекивани приходи у овој години су 457 (редовни) + 250 (уредба о накнади за коришћење путева – Сл. гласник бр. 53/96) + 170 (уредба о накнади за коришћење путева Сл. гласник бр. 17/98) = 877 милиона динара (око 80 милиона USA \$).

Практично у овој години (иста је ситуација била и у протеклим) нема средстава за рехабилитацију путева. Пара има само за крпљење рупа, нужну сигнализацију и обележавање коловоза. Чињеница је да располажемо са свега 5% потребних средстава за одржавање путева и да оваква политика неодржавања путева води у брзи распад друмског саобраћајног система.

Основни извор прихода Дирекције тј. њеног финансијског потенцијала је путарина (91,9% од чега 56,9% или 260 милиона динара од корисника са домаћим таблицама и 35,0% или 160 милиона динара – око 46 милиона DM, од корисника са страним таблицама), а остатак су таксе и накнаде. Из буџета Републике, средства намењена за одржавање путева су нула. У суштини се од 1992. не поштује Закон о путевима (члан 52.) у коме се каже да се накнада од малопродајне цене бензина и дизел горива користи за путеве.

Да би путеве довели на ниво стандарда квалитета који важе у ЕЗ, процењује се да је потребно око 5 милијарди долара.

Од 23.11.1996. уведена је накнада за коришћење путева од 0,50 динара по литри горива искључиво намењена за изградњу аутопутева у Републици Србији. У току прошле године по овом основу купљено је 708,2 милиона динара (планирано 2 милијарде динара). Усвојена накнада 0,50 дина./лит. је 1.11.1997. смањена за моторни бензин на 0,38 дина./лит., а за дизел гориво 0,09 дина./лит. Реалан приход у овој години од ове ревидиране накнаде требало би да буде око 250 милиона динара. Петнаестог маја 1998. уведена је нова накнада из цене горива (моторног бензина) од 0,60 динара/литри за саобраћајну инфраструктуру по посебном програму Владе Републике Србије. Ово практично значи да ће за изградњу аутопутева од ове нове накнаде ићи око 0,25 динара/литри, односно до краја године око 170 милиона динара.

Прошле године је од Фонда за развој Дирекција за путеве добила 100 милиона DM за поправке путева и 60 милиона DM за изградњу аутопутева, од чега је на крају године успела да искористи за поправке свега 167,5 милиона динара (62,5%), а за аутопутеве 100,5 милиона динара (37,5%).

Поставља се питање како ће Дирекција за путеве да врати позајмљена средства од Фонда за развој у величини од 268 милиона динара.

После свега остаје отплата анuitета по иностраним кредитима у периоду од 1992. до 1997. доспелих а неплаћених у износу од 263 милиона USA \$, а у 1998. години 22 милиона USA \$.

Финансирање путева

Садашња политика финансирања путне привреде води ка њеном потпуном колапсу. Стога је неопходно предузимање свеобухватних мера, као што су: дефинисање додатних извора финансирања, реорганизовање и реструктурирање путне привреде.

У области финансирања треба да се размотри повећање редовних и омогући увођење допунских извора финансирања.

Накнаде које већ плаћају корисници путева и допунске које би требало увести су:

1. Износ (%) од малопродајне цене нафтних деривата који се наплаћује продајом сваког литра ових деривата (0.5 дин/лит) поново вратити

2. Увођење накнаде из пореза на промет горива (35%) која би се искључиво наменски користила за одржавање и изградњу путева (враћење на стање из 1989. год)

3. Увођење накнаде из пореза на плинско уље (35% од количине која се користи у саобраћају) која би се наменски користила за путеве

4. Повећање годишњих накнада за друмска моторна возила, тракторе и прикључна возила (100 %) која би се наменски користила за локалне путеве и путеве у градовима

5. Таксе које возила стране регистрације плаћају на уласку у нашу земљу за коришћење укупне путне мреже за одговарајући период времена, изузев аутопутева за чије се коришћење плаћа посебна накнада.

6. Надокнада која се плаћа за коришћење путева и објеката на којима се примењује посебан систем наплате (аутопутеви, мостови, тунели и др.), (у просеку око 100 милиона DM, од чега за одржавање око 40 мил. DM).

7. Накнаде за транспорт специјалних и вангабаритних терета, односно возила.

8. Накнада (или део накнаде) које се посебно уводе при регистрацији возила за финансирање одржавања и реконструкције (ревитализације) магистралних и регионалних путева.

9. Посебна накнада за употребу пута, његовог дела и путног објекта.

10. Накнада за закуп одређених делова земљишног појаса и другог земљишта које припада јавном путу (од реклама око 10 мил. дин. и од бензинских пумпи и пратећих садржаја минимум 150 мил. дин.).

11. Накнада за коришћење пољопривредног земљишта или другог земљишта које припада јавном путу.

12. Накнада за прикључење прилазног пута на јавни пут.

13. Накнада за постављање инсталације на путу.

14. Накнада за изградњу и коришћење комерцијалних објеката на које је омогућен приступ са пута ван насељеног места.

15. Накнада од продатих карата. Ако би се за сваку продату карту наплатио додатни 1 динар, очекивани приход би био око 150 милиона динара годишње. Међутим, треба истаћи да се већина карата прода у аутобусима и да не постоји систем контроле продатих карата, нити га је могуће успоставити са 15 инспектора који покривају целу Србију.

Укупни допунски приход од наплате пратећих садржаја поред пута и повећања цене карата за путнички превоз, теоријски износи око 300 милиона динара. Међутим, и овај износ је недовољан за веће интервенције на обнови путева (1 m² слоја од 6 cm за пресвлачење кошта око 100 дин.).

Потребна финансијска средства за изградњу путева

Процена потребних средстава за послове у току заснована је на егзактним подацима, а у случајевима где нема комплетне пројектне документације процене су оријентационе-искуствене.

За изградњу аутопутева у периоду до 2015 потребно је обезбедити:

1. Аутопут Е-75 граница Мађарске – Нови Сад – Београд	672.416.000 DM
2. Аутопут Е-80 Ниш – Димитровград	841.557.500 DM
3. Аутопут Е-75 Лесковац – граница Македоније	2.160.000.000 DM
4. Аутопут Е-75/Е-70 Добановци – Бубањ Поток	315.000.000 DM
5. Аутопут М1.9 Београд – Панчево	22.500.000 DM
6. Аутопут Е-763 Београд – Јужни Јадран	1.000.000.000 DM
Укупно	4.012.473.500 DM

Очигледно је да та средства нисмо у стању сами да обезбедимо и да излаз једино лежи у поновном укључењу средстава Међународне банке за обнову и развој из Вашингтона (IBRD), Европске инвестиционе банке (EIB) и концесионара.

ДУГОВАЊА, КОНЦЕСИЈЕ И ДРУГИ АРАНЖМАНИ

Обавезе наше државе тј. путне привреде према иностраним банкама и повериоцима, износе око 500 милиона USA \$. Кад тад ће ово бремене бити актуелно и проблеми путне привреде бити још сложенији.

Концесија значи дозволу, коју јавна власт издаје домаћим и страним лицима (физичким и правним) ради обављања неке привредне делатности, под посебним (повлашћеним) законом утврђеним условима. Појам концесије се односи и на уговор којим нека власт под одговарајућим условима и на одређено време препушта другој држави или страном (домаћем) предузећу експлоатацију сопствених природних богатава, изградњу и употребу путева, железница, телекомуникација итд.

У области путева први уговор о концесији за изградњу аутопута Ниш – Димитровград закључен је 19.12.1991. године, између Владе Републике Србије и НИС-ПАЛ предузећа за изградњу и експлоатацију аутопута Д.О.О. из Београда. Предмет уговора је изградња и експлоатација поменутог аутопута у

дужини од 107 km, за временски период од 30 година, почев од завршетка 54-ог километра изграђеног аутопута. Концесионар је имао статус мешовитог предузећа, које је основано као југословенско друштво са ограниченом одговорношћу у коме 60% капитала припада италијанској фирми Palatino Invest Spa Piazzale Belle Arti из Рима, а 40% капитала југословенској фирми НИС – Нафтна индустрија Србије.

Концесионар се обавезао да сноси све трошкове изградње и других радова који се односе на предметне деонице аутопута Ниш – Димитровград и других радова који су у вези са тим у року од три узастопне године, од почетка извођења грађевинских радова без прекида, без обзира на могуће препреке, осим у случају више силе. Прописана је висина путарине и она би била приход концесионара. Међутим, у случају више силе (члан 14.) као што су рат, економска блокада итд. трајање концесије се продужава за период једнак трајању више силе. Правно, ово је још увек важећа концесија, али суштински сигурно неважећа (није започета ни израда пројектне документације).

Под BOT (Build Operate and Transfer; изградити – управљати и пренети) аранжманима подразумева се финансирање конкретног пројекта, који по правилу обухвата све фазе од пројектовања објекта, преко његове изградње и опремања, све до његове експлоатације за уговором утврђени период и његово преношење у својину другој уговорној страни. Такав модел финансирања по први пут је начелно уређен у Југославији Законом о страним улагањима од 1988. По истеку уговореног рока објекат преузима наручилац без било каквог додатног плаћања.

Правне претпоставке за уговарање концесија и BOT постоје. Суштински проблем је шта можемо из области путева да понудимо и дугорочно добијемо.

У сваком случају проблем је комплексан и вишезначан имајући у виду следеће чињенице:

1. Путарина је једини извор прихода који се користи за одржавање аутопутева, магистралних и регионалних путева

2. Висина прихода од наплате путарине (на целој мрежи) последњих пет година је реда величине око 80 милиона ДМ годишње

3. Један километар изграђеног аутопута кошта од 6 до 10 милиона USA \$

4. Да је прираст годишњег саобраћаја свега 2–3% (изузетно ове године 38% због нереално мале цене горива)

5. Да је нереално висока мобилност становништва (изазвана ниском ценом горива).

Последњих неколико месеци интензивно ван кругова стручне јавности воде се преговори о концесионој изградњи преостале деонице аутопута од Лесковца до границе са Македонијом.

Основне примедбе са стручне тачке гледишта на логику преговарача су:

1. Изградња аутопута од Лесковца до границе са Републиком Македонијом економски није исплатива, јер повраћај уложених средстава при садашњем и очекиваном нивоу саобраћаја није могућ ни за сто година.

2. Узимање у концесију ове деонице аутопута исплативо је једино ако се да неки добар "мираз". Од прихода–путарине на деоници аутопута од Београда до Лесковца могуће је изградити незавршени део аутопута у наредних десетак година.

3. Да би се разговарало о концесији мора да постоји одговарајућа пројектна документација. С обзиром да она није завршена не зна се ни вредност посла, а онда се поставља питање на основу чега се расписује лицитација (оријентациона вредност 77 km аутопута је око 550 мил. ДМ)

4. Свако министарство треба из домена своје делатности да обрађује концесије и BOT уговоре.

5. Да ли постоји одговорност за уговорену концесију Ниш – Димитровград и настале штете.

ЗАКЉУЧАК

Суштински проблем у путној привреди и друмском саобраћају лежи у чињеници да у систему управљања не постоји стручно тело које стратешки размишља шта нам ваља чинити. Годинама се водила хајка против администрације, што је довело до тога да у нашој привредној грани нема стручног стратешког размишљања. Сви нивои управе углавном решавају текуће проблеме. Оно мало веза са иностраним стручним и владиним асоцијацијама које смо одржавали у потпуности су прекинуте.

Евидентна је употреба путева у дневнополитичке сврхе од стране људи ван наше струке који не разликују пут од пруге, а још мање знају који су приоритети и какво је стање путева.

Са друге стране не постоје ажурне и квалитетне базе података, тако да се тачно стање по било ком параметру о стању путева и друмском саобраћају не може прецизно дефинисати.

Досадашња динамика развоја мреже аутопутева у Републици Србији не омогућава повезивање са окружењем, нарочито на основној саобраћајној осовини Балканског полуострва.

Због недовољног улагања у одржавање путева нашем главном саобраћајном систему (магистралних и регионалних путева) прети убрзано пропадање и треба предузети хитне мере ради очувања њихове економске и функционалне вредности.

Најважнија мера била би успостављање адекватног система накнада за коришћење путне и остале саобраћајне инфраструктуре на бази реалних трошкова и наменско финансирање саобраћајне инфраструктуре.

Концепт привредног и друштвеног преображаја Републике Србије чије интензивирање предстоји, изискује радикалну промену односа према путевима, јер је саобраћај основа за било који развој.

Налазимо се у зачараном кругу јер:

- не знамо тачно са чиме реално располажемо
- шта тачно желимо и куда стремимо
- са чиме да остваримо промене

● ко да оствари промене (јер код оних који би требали да руководе процесом трансформације не постоји искрена жеља да се то и оствари)

● стручна некомпетентност неких који одлучују о судбини путева и саобраћаја.

У области путева у наредном периоду требало би:

1. Хитно спречити распад путног система
2. Обезбедити стабилне и допунске изворе финансирања
3. Успоставити јединствени систем управљања одржавањем и изградњом путева. Сада о путевима (брину) Министарство саобраћаја и веза и Министарство грађевине
4. Формирати Одбор за саобраћај који би руководио развојем и унапређењем саобраћаја. Чланови Одбора морају да буду бирани по критеријумима стручности, а не кључа и подобности. На руководећа места у путној привреди морају да дођу људи од знања и визије
5. Реорганизовати Дирекцију за путеве
6. Помоћи реорганизацију предузећа из области путне привреде

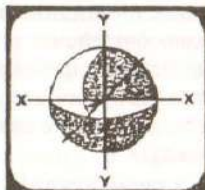
У области друмског саобраћаја у наредном периоду требало би:

1. Формирати јединствене тржишне услове у земљи и омогућити слободно формирање цена услуга
2. Максимално поједноставити царинске и друге формалности ради повећања проходности и величине саобраћаја на нашим путевима. Све неоправдане накнаде на границама попут наплате "паркинга" на којима се врше царински прегледи сместа укинути.
3. Кориговати цене горива, тј. прилагодити онема унутар ЕЗ.
4. Остварити јавност основних података о друмском саобраћају и увести ред у поштовање редова вожње и плаћања пореза. Да би се ово остварило треба формирати базу података о превозницима,

програм за усклађивање редова вожње и систем за контролу одвијања саобраћаја.

5. Увести јединствени товарни лист
6. Стимулисати обнову путничког и теретног возног парка возилима која испуњавају стандарде ЕЗ. Смањити царинске стопе на увоз нових возила и резервних делова.
7. Координирати интеграцију у превозу са другим гранама превоза
8. Дефинисати минимални квалитет услуга и критеријуме ко може да се бави јавним превозом. Постојећи законе прилагодити одговарајућим у ЕЗ, учланити се у одговарајуће међународне транспортне асоцијације и потписати међународне конвенције и споразуме.
9. Заштити и обезбедити домаћим превозницима већи број међународних транзитних дозвола. Убрзати регулисање проблема међународног осигурања
10. Онемогућити дивљање иностраних превозника на нашим путевима. Што пре успоставити Савезну саобраћајну инспекцију
11. Објединити рад свих саобраћајних инспекција (савезне, републичке и градске) и одговарајуће их опремити (кола, рачунари и средства везе).
12. Увести јединствене критеријуме на нивоу Републике о устројству, организованости, квалитету услуге, обавезама и накнадама за такси превознике. Обуздати злоупотребе превозника са возилима регистрованим за сопствени превоз.
13. Поново формирати Комисију која би се бавила проблемом безбедности саобраћаја
14. Подићи квалитет услуга возача, примерено стандардима ЕЗ.

ГРАЂЕВИНСКО, ЗАНАТСКО И УСЛУЖНО ПРЕДУЗЕЋЕ



» З А Н А Т Л И Ј А «

11309 Гроцка, Лештане, Авалска улица бр. 6
11000 Београд, Хаџи Проданова улица бр. 14
Жиро рачун: 40833-601-2-52438
Телефон: 011/8361-129, 437-630
Тел/факс: 011/436-952

ГРАЂЕВИНСКО, ЗАНАТСКО И УСЛУЖНО
ПРЕДУЗЕЋЕ »ЗАНАТЛИЈА« ИЗВОДИ СВЕ
ВРСТЕ РАДОВА НА ОБЈЕКТИМА НИСКО
И ВИСОКЕ ГРАДЊЕ

- ИСКОП
- ТРАНСПОРТ (кип камиони и дамperi)
- ПЛАНИРАЊЕ
- САБИЈАЊЕ
- ЛИМАРСКИ РАДОВИ
- ЗИДАРСКИ РАДОВИ
- МОЛЕРСКО ФАРБАРСКИ РАДОВИ
- ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА
- ГРЕЈАЊЕ
- ЕЛЕКТРО ИНСТАЛАЦИЈЕ

Формирање модела за предвиђање промене стања коловоза на путној мрежи Републике Србије

НЕБОЈША РАДОВИЋ, дипл. инж. грађ.
Др ЂОРЂЕ УЗЕЛАЦ, дипл. инж. грађ.
Институт ИМС, Београд

ПРЕГЛЕДНИ ЧЛАНАК

УДК 625.8.004.624:65.012.12

РЕЗИМЕ

У чланку се даје кратак опис улоге модела за предвиђање промене стања коловоза у системима за управљање коловоза. Дат је осврт на спроведена истраживања у последње три деценије. На основу сагледаних типова и механизма оштећења коловоза као и фактора који утичу на њихово настајање и развој у току времена, дефинисан је предлог критеријума за избор опитних деоница на путној мрежи Републике Србије на којима би се пратио настанак и развој оштећења површине коловоза у локалним условима.

Model Setting – up for Prediction of Pavement Conditions Alterations on the Road Network in the Republic of Serbia

NEBOJŠA RADOVIĆ, B.Sc., C.E.
ĐORĐE UZELAC, Ph.D., B.Sc. C.E.
Institute IMS, Belgrade

REVIEW PAPER

UDC 625.8.001.73(497.11)

SUMMARY

The role and importance of Pavement Performance Models within Pavement Management System are described briefly in this article. Moreover, investigations carried out in the last 30 years are reviewed as well. Based on perceived various pavement distresses and factors exerting influence onto their appearance and development in the course of time, a proposal of criteriae has been made as regards the selection of test sections on the road network of the Republic of Serbia whereon one would be in a position to monitor the occurrence and development of pavement surface distresses under local conditions.

УВОД

У системима за управљање коловозима се велика пажња посвећује моделима за предвиђање промене стања коловоза. Модели за предвиђање промена стања појединих глобалних или појединачних индикатора стања коловоза представљају кључне елементе при доношењу одлука на одговарајућим нивоима управљања.

Модели за предвиђање промена појединих индикатора стања коловозних конструкција користе се у системима за управљање на различите начине, зависно од тога да ли је њихова улога намењена доношењу одлука на нивоу деонице или путне мреже.

Механизми оштећења коловоза се могу генерално посматрати или изоловано и независно по сваком типу оштећења или сви типови оштећења истовремено и у заједничкој интеракцији на комплексан начин. Са данашњим сазнањима, могуће је предвидети сваки облик оштећења коловоза посебно, независно један од других.

Било која математичка релација која изражава неки посебан тип оштећења коловоза у функцији од директно мерених физичких квантитета или у облику индекса изведеног на бази физичких мерења на терену (као нпр. индекс пукотина на површини коловоза), се назива "МОДЕЛ ПРОПАДАЊА КОЛОВОЗА". Модел пропадања коловоза изражава функцију која представља меру оштећења коловоза услед дејства саобраћаја и фактора животне средине у смислу структурног одговора (напона или деформације) коловозне конструкције, саобраћајног оптерећења и његовог понављања, састава и геометрије коловозне конструкције, температуре и влажности постелице.

Модели пропадања коловоза се могу генерално класификовати као детерминистички и пробабистички. Детерминистички модели предвиђају појединачну вредност индикатора оштећености коловоза или ниво оштећења у току времена (као нпр. AASHO модели), док пробабистички модели предвиђају вероватноћу појаве и/или прогресију неког типа оштећења у неком временском тренутку (нпр. VESYS Модел).

Други начин класификације модела пропадања заснива се на анализама и подели модела пропадања на механичке моделе, који су базирани на теоретским анализама у конјункцији са експерименталним подацима (нпр. VESYS Модел) и емпиријске моделе – који се развијају на основу регресионе анализе историјских података (AASHO Модели).

У неким истраживањима понашања коловоза током времена, направљени су покушаји да се стање коловоза (структурно и функционално) изрази у облику глобалног индекса који обухвата различите типове оштећења, као што је на пример индекс употребљивости коловоза (PSI – Pavement Serviceability Index) који зависи од дубине колотрага, површине коловоза захваћене пукотинама и поправкама и средње вредности промене подужних нагиба коловоза (равности).

Према W. Patersonu из Светске Банке најпогоднији приступ моделу пропадања коловоза је модел ко-

ји предвиђа промену сваког типа оштећења појединачно у току времена.

2. ИСТРАЖИВАЊА МОДЕЛА ПРОМЕНЕ СТАЊА КОЛОВОЗА У ПОСЛЕДЊЕ ТРИ ДЕЦЕНИЈЕ

Понашање коловоза у току времена је било предмет интензивних истраживања у последње три деценије. Стога је веома важно осврнути се на неке раније покушаје одређивања модела пропадања коловоза.

Годинама су се инжењери и доносиоци одлука у области путева широм света ослањали на моделе понашања коловоза који су развијани углавном у Северној Америци и Европи за планирање, пројектовање и рехабилитацију коловоза. Ови модели су се развијали на бази закључака мноштва истакнутих истраживачких пројеката иницираних интензивним развојем транспорта и повећаним значајем асфалтних путева на овим континентима. Међутим, ови модели имају нека неизбежна ограничења и нису директно примењиви за подручја са карактеристичним локалним условима.

Прогнозни модели за предвиђање стварања (иницијализацију) и прогресију пукотина услед замора битуменских коловозних слојева су развијени у студијама које су спроведене у Америци, Бразилу и Кенији. Они су изведени на основу статистичких анализа података о перформансама коловоза у току времена.

У складу са извршеним AASHO тестовима на путевима, где је развијен главни концепт употребљивости коловоза, повећана важност је дата процени коловоза од стране корисника пута. Употребљивост коловоза је функција у највећем делу од равности коловоза и већина модела је развијена за оцену употребљивости коловоза пре свега на основу мерења равности површине коловоза. Извршене студије су такође показале да је равност површине коловоза принципијелна мера стања коловоза која је директно повезана са оперативним трошковима возила (Vehicle Operation Cost VOC).

Институт Технологије у Масачусетсу (ИТМ) је 1969. године, под покровитељством Светске Банке за обнову и развој из Вашингтона, иницирао развој модела за економску процену инвестиција у путеве са малим обимом саобраћаја и специфичним за процену грађевинских пројеката и стратегија одржавања коловоза. Програм је завршен 1971. године и резултирао је у интегрисаним релацијама које разматрају трошкове грађења пута, одржавања пута са могућностима за једноставно разматрање варијанти од стране корисника.

Фаза I овог програма је резултирала у изради Модела за одређивање трошкова пута (Highway Cost Model – HCM). Овај модел се разликовао од осталих у томе што је он укључио реалне корелације пропадања пута, феномен који је представљен у изразима трошкова и добити пута који се остварују имплементацијом различитих стратегија одржавања.

Ови резултати су охрабрили Светску Банку да у договору са Лабораторијом за истраживање тран-

спорта и путева из Велике Британије (TRRL – Transportation and Road Research Laboratory) приступи корекцијама модела и развијању међурелација које су по њиховом мишљењу неопходне.

Имајући то на уму, TRRL је иницирао студију у Кенији током 1971 године са специфичним циљем да се измере карактеристике пропадања неких путева и одреде оперативни трошкови возила која користе те путеве. Студија је завршена 1974. године, док је компјутерски модел назван "Road Investment Model" (RTIM) развијен 1975 године. Модел је омогућио прорачун укупних трошкова пута и предвиђање стања површине коловоза у току времена. Међутим, с обзиром да су подаци добијени на основу мерења у Кенији, модел није могао адекватно бити примењен на друге различите локалне услове.

У 1976-ој години, Светска Банка, ИТМ и TRRL удружили су се да заједно изведу модел који би удружио HCM и RTIM и отклонио уочене недостатке. Друга верзија програма је дошла под називом Road Investment Analysis Model (RIAM). Ту је усклађена структура програма развијена у току прве фазе студије, коју је урадио ИТМ и укључени су резултати истраживања које је спровео TRRL у Кенији, заједно са резултатима других техничких студија извршених после 1970. године.

Развијене једначине су повезале утицаје пропадања пута са утицајима одржавања пута. Светска Банка је касније одлучила да измени и прошири модел и развије га као "Модел за пројектовање и одржавање пута" (Highway Design and Maintenance Standard Model – HDM). Друга верзија овог програма је произведена 1979., а трећа 1981. године.

У 1975-ој години, Бразилска влада и UNDP су одлучиле да изврше истраживачки пројекат у Бразилу под називом "Истраживање релација између трошкова грађења, одржавања и коришћења пута" (Research on the Interrelationship Between Costs of Highway Construction, Maintenance & Utilisation) са следећим циљевима:

- да одреди међусобне трошкове изградње, одржавања пута и коришћења пута за Бразилске услове и параметре,
- да развије методе и моделе, са циљем минимизације трошкова транспорта на асфалтним и неасфалтним путевима са малим обим саобраћаја,
- да помогне бразилском техничком особљу у њиховим техничко-економским студијама изводљивости.

Један од производа студије је био модел који се користи за економску процену инвестиција у путевима и пројектован је као Highway Cost Model (HCM). HCM је био резултат укључивања једначина добијених из предходних студија у верзију HDM од 1976. године, са додатком следећих особина:

- Симулација појединих активности на одржавању асфалтних путева које су биле различите од оригиналних садржаних у HDM моделу,
- Корекција прорачуна добити које се остварују у првој години,
- Укључивање прорачуна "cost benefit" релација.

Светска Банка је развила компјутерски модел за економску анализу који је познат као HDM-III мо-

дел. НДМ-ІІ модел се базира на подацима који су прикупљени у Кенији, Бразилу, Карибима и Индији (студија трошкова корисника). То је моћан и кориснички оријентисан модел који поседује могућности за процену економских последица инвестиција у путеве, али захтева прилагођавање и калибрацију за локалне услове.

Истраживања у Индији

Раних седамдесетих година, извршена је студија ради развоја корелација за "Садашњи Индекс Употребљивости" (Present Serviceability Index) за Индијске услове. Корелације су развијене за флексибилне и круте коловозне конструкције, појединачно по зонама на националном нивоу. Процена оштећења је базирана на субјективној процени корисника. Следећа студија је комплетирана средином осамдесетих година под називом "Развој предиминарног модела за удобност возње за путеве за тежак саобраћај – базиран на одржавању путева". Студија је спроведена ради обезбеђивања боље употребљивости пута за корисника и увођења бољег планирања и одговарајућих техника у одржавању путева. Различити модели су развијени узимајући јачину коловоза у облику дебљине слојева коловозне конструкције и повратне дефлексије за процену пропадања коловоза у облику квалитета возње. У саставу пројекта са малим обимом испитивања, биле су обухваћене само две серије обсервација у интервалу 3–6 месеци на бази интерне и визуелне оцене оштећења, и послужиле су као приближан водич за припрему краткорочних планова за одржавање путева.

ПРОПАДАЊЕ КОЛОВОЗА – ФАКТОРИ, ТИПОВИ И МЕХАНИЗМИ

Пропадање коловоза

Коловоз представља структурно-сензитивни систем који се прогресивно мења под утицајем саобраћаја и животне средине и код кога не постоје нагли ломови или колапс структуре.

Дефиниција лоба такве структуре је субјективна зато што се јавља услед акумулације интерних оштећења под саобраћајем и утицаја околине пута у току времена.

Лом структуре се дешава приближавањем процењеном (или дозвољеном) крајњем стању употребљивости те структуре.

Фактори који утичу на оштећења коловоза

Постоји неколико фактора који утичу на развој оштећења и воде ка пропадању структуре коловоза:

а) Носивост тла у постелици

Носивост тла у постелици зависи од врсте и карактеристика, степена збијености и влажности материјала који се налазе у постелици.

б) Карактеристике материјала

У различитим слојевима коловозне конструкције се налазе различити материјали. Јачина матери-

јала који се користе у коловозној конструкцији опада са врха ка дну, најјачи материјали се користе у коловозном застору. Слојеви коловозне конструкције су изложени различитим степенима пропадања у зависности од карактеристика материјала и постигнутог квалитета у току грађења. Напони и деформације као и замор материјала су важни показатељи отпорности и карактеристика различитих материјала. Особине коловоза не зависе само од карактеристика материјала у појединим слојевима већ су веома зависне и од узајамног дејства слојева коловозне конструкције.

ц) Саобраћајно оптерећење

Саобраћајно оптерећење има веома важну улогу у стварању и развоју оштећења коловоза. Може постојати значајна разлика у претпостављеном саобраћајном оптерећењу за сврхе димензионисања коловозне конструкције и стварном саобраћајном оптерећењу које се одвија по коловозу у виду величине осовинског оптерећења, броја понављања оптерећења, притиска у гумама, трансверзалном положају возила у односу на ширину коловоза итд. Ове разлике могу проузроковати значајне варијације у особинама коловоза у односу на особине предвиђене приликом димензионисања коловозне конструкције.

д) Климатски услови

Атмосферске падавине и у функцији од њих варијације влажности материјала у слојевима коловозне конструкције, нарочито у ситнозрним материјалима, проузрокују значајне варијације у стабилности и структурном стању коловоза. Слично, варијације у температури утичу на крутост битумених слојева флексибилне коловозне конструкције. Екстремни климатски утицаји доводе до пропадања битумених коловозних застора.

е) Утицаји околине пута

Висина насипа или дубина усека, стање земљишта, нагиби терена, ниво подземне воде итд. такође утичу на структурно стање коловоза и свеукупне перформансе коловоза.

ф) Пројектовање и одржавање коловозне конструкције

Материјали и дебљине појединих слојева коловозне конструкције се пројектују за почетне услове и прогнозиран саобраћај који не мора бити одговарајући за актуелно стање у току времена у смислу структурне адекватности и површинских карактеристика коловоза. Такође, немогућност примене адекватних и правовремених мера за одржавање и рехабилитацију коловоза услед финансијских ограничења, доводи до раног пропадања структуре коловоза.

Оштећења коловоза – типови и механизми

Оштећења коловоза, као функција предходно наведених фактора су узроци лоба структуре коловоза. Ова оштећења се обично квантификују кроз

прегледе стања коловозне конструкције и генерално се могу класификовати као:

- 1) Фрактура (испуцалост) површине коловоза
- 2) Дезинтеграција структуре коловоза, и
- 3) Деформација коловоза

Ова оштећења се даље деле у различите категорије према типу оштећења у циљу планирања мера санације, а најважнија оштећења су она која директно утичу на одлуку о предузимању одређених мера за одржавање.

Значајни типови оштећења флексибилних коловозних конструкција су:

- 1) пукотине на површини коловоза које настају услед замора,
- 2) термичке пукотине (у хладним подручјима),
- 3) подужне или попречне пукотине које настају услед скупљања у цементном стабилованим слојевима,
- 4) подужне пукотине на ивицама коловоза које настају услед кретања воде по банкама,
- 5) рефлектоване пукотине,
- 6) деформације које настају услед перманентног оптерећења
 - а) попречне деформације или колотрази
 - б) подужне деформације или равност површине коловоза
- 7) деформација коловоза услед деформације постељице.

8) дезинтеграција коловоза (љусање, чупање, спирање битуменог везива и подизање агрегата са површине коловоза)

Саобраћајно оптерећење проузрокује напоне и деформације у коловозној конструкцији као и стварање пукотина услед замора материјала и деформације различитих степена свих материјала у зависности од особина материјала. Временске прилике утичу да битуменски коловозни застори постану кртији и стога подложни дезинтеграцији. Овај процес води ка љусању површине коловоза и до стварања ударних рупа. Отворене пукотине на површини коловоза при лошим условима за одводњавање, омогућавају површинској води да допре кроз пукотине до доњих слојева и ослабе структурни интегритет. Дејство мрза има веома негативан утицај код водопрпусних и испуцалих застора, као и код коловоза недовољне дебљине са постељицом осетљивом на мраз. Кумулативне деформације у свим слојевима коловозне конструкције се манифестују као равност и као колотрази на површини коловозне конструкције.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ИСТРАЖИВАЊА МОДЕЛА ПРОМЕНЕ СТАЊА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Начин и поступци формулисања модела промена стања у системима за управљање коловозима, зависе од самих циљева система и од врсте модела који се желе дефинисати. У фази формирања система за управљање, основни приступ формулацији ових модела предпоставља анализу постојећих и утврђивање могућности њихове директне примене, а потом и дефинисање властитих модела, најчешће

интерпретацијом резултата експерименталних истраживања.

Методе истраживања на експерименталним деоницама

Методе се заснивају на праћењу промене стања коловозних конструкција изграђених на специјалним полигонима или великим, обично кружним пистама, под утицајем датих климатских околности и потпуно контролисаног, симулираног, саобраћајног оптерећења. С обзиром на дуг временски период потребан за утврђивање промена појединих индикатора стања и поред убрзаног деловања оптерећења, уобичајени приступ се састоји у испитивању поддимензионисаних коловозних конструкција. У том скраћењу времена испитивања налазе се и све непогодности коришћења ових поступака јер се тиме би из контроле утицај времена као битног фактора за развој процеса промене посматраног индикатора. Такође је, на пример за познавање времена релаксације потребан временски размак између два сукцесивна оптерећења, који се у експериментима са убрзаним саобраћајем не може остварити. Ова испитивања су поред још неких недостатака (само једна врста саобраћајног оптерећења, итд.) још и веома скупа.

Методе истраживања на путној мрежи

Позната искуства, сумирана од стране AIPCR-a, показују да су путне мреже у експлоатацији служиле као експериментални полигони за ова испитивања. Код тога су коришћена два основна приступа:

- испитивања на појединим деоницама путева, и
- испитивања на узорцима путне мреже.

Први поступак предпоставља избор одређених, репрезентативних деоница путева на путној мрежи, на којој се систем за управљање примењује, а чије се стање појединих индикатора, почев од завршетка изградње, систематски прати. Погодност ових поступака садржана је у евидентирању свих реалних фактора који утичу на промене стања индикатора, као што су саобраћај, клима, старост, одржавање итд. Непогодност се огледа у веома дугачком временском периоду потребном за доношење закључака о испитивању и дефинисању модела.

Испитивања на узорцима путне мреже се састоје у избору репрезентативних деоница путева по параметрима структуре коловозних конструкција, њиховој старости и по карактеристикама саобраћајног оптерећења. Испитивања се могу поставити и тако да дају одговор о променама само једне врсте конструкција у функцији њихове старости. Такав поступак има значајне предности над свим поменутих, али је и ризик расипања резултата највећи.

Гранични услови формирања модела

У литератури се наводи изврстан број принципа и граничних услова који се морају задовољити приликом формулисања законитости промене стања било којих индикатора. Уколико се прихвати да је

оштећење (g) функција одређеног броја понављања оптерећења (N) и да је нагиб криве оштећења, због тога, дефинисан односом (dg/dN), ти се гранични услови, на основу препорука и богатог искуства, дефинишу на следећи начин, како је то учинио Lyton:

1) **Почетна вредност.** Почетна вредност било којег оштећења или индикатора стања је увек нула.

2) **Почетни нагиб криве оштећења.** Питање почетног нагиба је веома значајно и у случају сваког индикатора треба га посебно пажљиво размотрити. За неке врсте оштећења или неке њихове јединичне мере он може имати вредност нула, као што је то случај код пукотина или код вредности индекса употребљивости, док је код других, као што су подужна и попречна равност, лако запазити њихов почетни раст (додатно збијање од саобраћаја), потом стабилизовање вредности, и тек при крају животног века, поновни раст.

3) **Општи тренд промена.** Већина оштећења има неопозив раст и њихов је нагиб увек у порасту.

4) **Промене нагиба.** Већина оштећења је веома подложна утицају климатских околности тако да је могућа промена стања нагиба прираста оштећења зависно од деловања ових фактора. То предпоставља потребу увођења независно променљивих величина у једначину промене оштећења.

5) **Коначни нагиб.** Постоје одређене врсте оштећења код којих, за разлику од других, коначни нагиб линије оштећења мора бити нула. То су сви индикатори и мере оштећења коловозне површине, као што је обим и распрострањеност пукотина, који не може бити већи од 100%, што значи да једначине које их описују морају имати хоризонталну асимптоту. Свака једначина, која код овакве врсте оштећења не задовољава овај услов, мора се сматрати неприхватљивом. Код неких других врста оштећења ово није случај и крајњи нагиб линије оштећења је стога оно по чему се и модели промене њихових стања у првом реду и разликују.

6) **Узајамно оштећење.** Крајњи нагиб криве оштећења може бити одређен и узајамним деловањем једне врсте оштећења на другу. То је, на пример, случај наглог прираста дубине колотрага при крају животног века коловозне конструкције који се објашњава присуством пукотина на површини и деструктивним утицајима површинске воде која се кроз њих инфилтрира у тело конструкције. Модел промене стања дубине колотрага, требало би да, у тренутку појављивања пукотина, укључи и њихов утицај.

7) **Коначна вредност.** Максимална вредност оштећења је ограничена само код оне врсте чији је коначни нагиб једнак нули. Сва друга оштећења немају ограничену вредност.

И приликом избора облика саме једначине која ће се користити у статистичкој интерпретацији података добијених експерименталним истраживањима, такође је потребно поштовати неке принципе. У регресионој анализи се може користити било који облик једначине, а квалитет којим она описује и објашњава неку испитивану појаву, зависи једино од добијених регресионих коефицијената. У случају постигнуте жељене тачности, мора

се одговорити на питање да ли се постигнута задовољавајућа тачност у односу на скуп података који су интерпретирани може екстраполовати и на логичку структуру статистички интерпретираног проблема. Основни принцип код тога је предходна провера сагласности облика једначине са цитираним граничним условима и другим истраживаним физичким величинама, које су имале утицаја на промену стања испитиваних карактеристика. Тек у случају да постоји већи број облика једначина које задовољавају ове услове, избор међу њима се може обавити према вредностима статистички добијених коефицијената регресије.

Ограничења модела

Основни ризик примене овакве врсте модела, посебно уколико су дефинисани на емпиријским основама, представља, као и у свим сличним случајевима преношења емпиријских закључака, опасност од некритичке примене у другачијим условима од оних који су владали током њиховог формулисања. Овај проблем донекле је мање изражен код теоретски добијених модела чије је порекло "механистичко". Они имају добру способност екстраполације и без предходног усаглашавања свих података на основу којих су дефинисани.

ИЗБОР ОПИТНИХ ДЕОНИЦА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Опитне деонице треба да репрезентују путну мрежу Републике Србије по типу коловозне конструкције, карактеристикама материјала који учествују у саставу коловозне конструкције, просечном и акумулираном саобраћајном оптерећењу као и климатским и другим амбијенталним карактеристикама подручја Републике Србије.

Опитне деонице се бирају због вршења периодичних прегледа – обсервација који ће се перманентно обављати 2 пута годишње у наредних 10 година. На основу резултата испитивања обављених у првих 5 година даће се прелиминарни предлог модела пропадања коловоза. То представља минимални статистички узорак за анализу добијених резултата. (период од 5 година у току којег ће се два пута годишње вршити обсервације на изабраним опитним-тест деоницама). Период од наредних 5 година је предвиђен за верификацију предложених модела за промену појединачних типова оштећења коловоза уз настављање периодичних обсервација.

На магистралној путној мрежи Републике Србије извршиће се избор од 20 опитних деоница који задовољавају утврђене критеријуме за избор. Основа за прелиминарни избор биће метеоролошке карте из Хидрометеорошког завода Републике Србије (карте просечних месечних падавина и дубине продирања мрза) и постојеће базе података о путевима и саобраћају, као и видео-архива путне мреже републике Србије које се налазе у Министарству саобраћаја и веза – Дирекцији за путеве. На тих 20 опитних деоница извршиће се прелиминарна теренска испи-

тивања у складу са утврђеним програмом испитивања.

По завршетку прелиминарних теренских испитивања извршиће се елиминација опитних деоница које не испуњавају постављене захтеве и тада ће се доћи до коначног броја опитних деоница.

Предлог критеријума за избор опитних деоница

1) *Опитне деонице морају бити на магистралном путу у дужини од 1 км (мин 0.5 км).*

Дужина опитне деонице од 1 км се препоручује због мерења равности, дефлексија и визуелне процене оштећења коловоза.

2) *На опитним деоницама мора бити флексибилна коловозна конструкција.*

На путевима у Републици Србији преовлађују путеви са оваквим конструкцијама (око 99 % у односу на укупну дужину путне мреже).

За оригиналну коловозну конструкцију (без појачања) коловозни застор мора бити од:

- асфалт бетона преко битуменизованог ГНС, или
- асфалт бетона преко цементом стабилизованог ГНС

За коловозну конструкцију где је вршено појачање:

- асфалт бетон преко асфалт бетона,
- асфалт бетон преко БНС, или
- БНС преко БНС

Оригинални коловоз и појачање коловоза се класификује као млад (мање од 5 година старости) и стар (више од 5 година старости).

3) *Опитна деоница мора бити на правцу како у хоризонталној тако и у вертикалној равни.*

Опитна деоница мора бити на правцу због униформних услова одводњавања за све опитне деонице.

4) *Опитна деоница не сме бити у близини раскрсница или других приступних путева*

Опитна деоница не сме бити у близини раскрснице или других приступних путева због дистрибуције саобраћајних токова и правилног регистровања саобраћајног оптерећења. Због тога се препоручује да опитна деоница по могућности буде лоцирана поред аутоматског бројача саобраћаја (са класификацијом по структури возила)

5) *Опитне деонице не смеју бити лоциране у градским и приградским подручјима*

Опитне деонице се не смеју налазити у подручјима где су изграђене куће са обе стране као и у градским и приградским зонама (због канализационог система и различитих услова саобраћајног тока)

6) *Избегавају се опитне деонице у усеку.*

Опитне деонице морају бити на насипу максималне висине од 1.5 м. Опитне деонице са већом висином насипа могу се разматрати само у изузетним случајевима, ако се услови одводњавања површинских воде значајније не разликују.

7) *Неопходно је располагати са историјским подацима о опитној деоници*

Потребно је располагати о историјским подацима о грађењу деонице (на пример, година изградње, геолошки подаци о терену на којем је изграђена,

структура саобраћајног оптерећења, детаљи о вршеним појачањима коловоза (ако је вршено), година последње обнове хабајућег слоја и детаљи, предходна испитивања (у што већој мери), примењене мере одржавања коловоза итд.

8) *Опитне деонице морају бити униформне у подужном и попречном смислу*

Униформност се односи на геолошки састав терена, постељицу, висину насипа, услове одводњавања, стање коловоза колико год је то могуће.

9) *Опитне деонице треба изабрати са различитим саобраћајним оптерећењем.*

Опитне деонице треба изабрати са различитим саобраћајним оптерећењем како по величини, тако и по структури возила ("Бројање саобраћаја у републици Србији, Министарство саобраћаја и веза – Дирекција за путеве", у периоду 1990 – 1997)

10) *Пожељно је да опитне деонице буду у равничарском терену са максималним нагибом до 4 %.*

Подаци које треба прикупити за прелиминарну идентификацију опитних деоница

За прелиминаран избор опитних деоница треба прикупити следеће податке:

1) *Стање коловоза:* на основу визуелног прегледа треба оценити тип и распрострањеност оштећења на површини коловоза као што су пукотине, поправке, ударне рупе, дубина колотрага, денивелације итд.

2) *Историјске податке о опитној деоници:* година изградње техничке и спецификације, година појачања коловоза и спецификације, година последње обнове хабајућег слоја, стање коловоза пре појачања коловоза или обнове хабајућег слоја, геолошки подаци о терену, подаци о бројању саобраћаја у последњих 5 година, подаци о месечним падавинама у последње 3–4 године, примењене техничке мере одржавања на опитној деоници, са описом обима и врсте мера у складу са стандардима и нормама за одржавање.

Детаљни подаци које треба прикупити за финалну идентификацију опитних деоница

За одабране деонице треба прикупити податке и по потреби извршити испитивања ради утврђивања оштећености површине коловоза, равности површине коловоза, дефлексија и извршити испитивање коловозне конструкције и врста појединих слојева и постељице.

ЗАКЉУЧАК

У овом чланку су описани значај и улога модела за прогнозу промене стања коловоза у току времена. Такође су описани постојећи модели за предвиђање промене стања коловоза у свету који се проучавају и развијају у последње три деценије.

Формулисање и коришћење ових модела обезбеђује следеће битне функције система за управљање коловозима:

– обезбеђује основу за одговор на питање: ГДЕ, КАДА и КАКО планирати и извршити поједине ра-

дове одржавања и рехабилитације на путној мрежи или деоници;

– обезбеђује познавање последица извођења или одлагања појединих радова одржавања и рехабилитације;

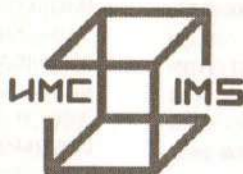
Јасно је да проучавање модела пропадања коловоза захтева вишегодишње праћење појединих индикатора стања коловоза. У ту сврху је неопходно изабрати опитне (тест) деонице на којима ће се стање индикатора систематски пратити. На тај начин се евидентирају сви реални утицајни фактори за промену стања индикатора, као што су саобраћај, клима, старост, одржавање итд.

На крају чланка су описани поступци и критеријуми за избор репрезентативних деоница на путној мрежи Републике Србије као и подаци које треба прикупити у циљу прелиминарне идентификације опитних деоница. Наведена су и мерења која треба и која мерења треба спроводити у циљу формулације модела за предвиђање промене стања коловоза у току времена у локалним условима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цветановић А., Одржавање путева, Наука, Грађевински факултет, Београд, 1994.
- [2] Цветановић А., Коловозне конструкције, Научна књига, Београд, 1992.
- [3] Радојковић З., Системи управљања коловозима, Грађевинска књига, Београд, 1990.
- [4] Институт ИМС д.д., Београд, Студија примене HDM-III модела за потребе управљања и одржавања путева Србије, Институт ИМС д.д., Београд, 1993.
- [5] Светска Банка, Вашингтон, Пропадање путева у земљама у развоју – узроци проблема и предлози за акцију, Београд, 1988.
- [6] Ministry of surface transport, Government of India, Pavement performance study, Volume 1 and 2
- [7] World Bank Washington, The Highway Design and Maintenance model III, Volume 1: Description, 1988
- [8] World Bank, Washington, The Highway Design and Maintenance model III, Volume 2: User's Manual, 1988
- [9] World Bank, Washington, The Highway Design and Maintenance model III, Road Deterioration and Maintenance Effects, 1988
- [10] World Bank, Washington, The Highway Design and Maintenance model III, Vehicle Operating Costs, 1988
- [11] World Bank, Washington, The Highway Design and Maintenance model III, Vehicle Speeds and Operating Costs, 1988
- [12] Toronto, Ontario, Canada, Second Nord American Pavement Management Conference 2-4 November 1988
- [13] OECD Paris, Pavement Management Systems, 1987

11000 Београд, Поштански факс 834
Булевар војводе Мишића 43
Тел. (011) 650 322
Факс: (011) 650 568



11000 Beograd, Yugoslavia, POB 834
Bulevar vojvode Mišića 43
Tel. (3811) 650 322
Fax: (3811) 650 568

ИНСТИТУТ ЗА ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, Д.Д.

АКТИВНОСТИ

- Научно истраживачки рад, пројектовање, надзор, контрола, технологија градње и санационих радова за објекте нискоградње и високоградње.
- Развој нових технологија и опреме, примена рачунара у грађевинарству – пројектовање, базе података, системи специјалне намене.



ИМС ВИДЕО СИСТЕМ

АКВИЗИЦИЈА ПОДАТАКА О ПУТНОЈ МРЕЖИ ЗА
БАЗУ ПОДАТАКА О ПУТЕВИМА – БПП

Примена полимер-модификованих битумена за израду асфалтних мешавина у Југославији

Др МИЛОРАД СМИЉАНИЋ, дипл. инж.

– научни сарадник

Др ИМРЕ ПАП, дипл. инж. – научни сарадник

Институт за путеве, д.д., Београд

МИХАЈЛО ДЕЛАРИ, дипл. инж.

НИС, Рафинерија нафте Нови Сад

ПРЕТХОДНО САОПШТЕЊЕ

УДК 665.775:678.742.004.14

РЕЗИМЕ

У раду је приказан развој и примена полимер модификованих битумена код изградње и одржавања путева, аеродрома и мостова у нашој земљи у последњих неколико година.

Приказане су опитне деонице са првим полимер модификованим битуменима израђене 1988, 1989. и 1991. године на путевима: Кула-Руски Крстур, Зрењанински пут и Раља-Крњево.

Такође, приказана су и најновија искуства у примени домаћих полимер модификованих битумена коришћених код санације асфалтног коловоза и хидроизолационог слоја узводне траке моста "Газела" у Београду, као и код реконструкције асфалтног коловоза полетно-слетне стазе аеродрома "Београд" у току 1996. године.

Данас се полимер модификовани битумен производи у "Грмечу" – Београд од битумена из рафинерије нафте у Новом Саду (нафта Mol-Mix) и полимера на бази стирен-бутадиен-стирена (EUROPREN – Италија и KRATON – Холандија).

Application of polymer-modified Bitumen for Asphalt Mixes in Yugoslavia

MILORAD SMILJANIĆ, B. Sc. Ph.D.

IMRE PAP, B. Sc. Ph.D.

The Highway Institute, Inc., Belgrade

MIHAJLO DELARI, B. Sc.

Oil Refinery – Novi Sad

PRELIMINARY COMMUNICATION

UDK 665.775:678.742.004.14

SUMMARY

The development and application of polymer modified bitumen in the construction and maintenance of roads, airports and bridges in our country in the last ten years has been presented in the paper.

Polymer-bitumen was implemented for the first time in the years 1988, 1989 and 1991 on trial sections on the road Kula-Ruski Krstur, on main road No 24 to Zrenjanin, and on the Highway Beograd-Niš section Ralja-Krnjevo and this has been presented in this paper as well.

The latest experience in the application of domestic polymer-bitumens has been also presented in this paper. These bitumens were used for the repair of asphalt pavement and water-proofing of upstream lane of the Gazela bridge in Belgrade, as well as in the asphalt pavement reconstruction of Belgrade airport runway in 1996.

At present polymer-bitumen is produced in Grmeč, Belgrade out of bitumen from the Oil Refinery Novi Sad (MOL-MIX crude), and of polymer based on styrene-butadiene-styrene (EUROPREN-Italy, and KRATON-The Netherlands).

УВОД

Полимер модификовани битумен (полимер-битумени) представљају хомогену и стабилну мешавину путног битумена и прироног или синтетског полимера. Као синтетски полимери, данас се најчешће користе еластомери (SBS-стирен-бутадиен-стирен, SBR-стирен-бутадиен каучук) и пластомери (EVA-евилвинил ацетат, APP-атактички полипропилен, PE-полиетилен). Додатком полимера у количини од 2 до 10% побољшавају се реолошка, адхезивна и кохезивна својства битумена и отпорност на старење. Асфалтне мешавине са полимер-битуменом поседују већу отпорност на вискозне и пластичне деформације на летњим температурама, већу отпорност на појаву термичких пукотина на зимским температурама, већу отпорност на замор под деловањем динамичког оптерећења, бољу адхезију са каменним материјалом а тиме имају већу трајност у односу на асфалтне мешавине са немодификованим битуменом.

Полимер-битумени имају широку примену не само у изградњи нових асфалтних слојева коловозне конструкције (хабајући и носећи слојеви) већ и за превентивно и редовно одржавање путева. Полимер-битумени се користе као везиво у свим типовима асфалтних мешавина од класичних асфалтних-бетона, мешавина дисконтинуалног гранулометријског састава типа скелетних мастикс-асфалта, дренажних асфалта па до асфалтних мешавина произведених по хладном поступку и разних врста површинских обрада. За израду асфалтних мешавина по хладном поступку и површинских обрада полимер-битумени се користе у облику битуменских емулзија и разређених битумена [1].

ОПШТИ ДЕО

Тридесетих година овог века установљено је да путеви, којима је додат сирови каучук или гума дуже трају и издржавају тешка и дуготрајна саобраћајна оптерећења. Зачетак примене природних полимера у мешавинама са битуменима потиче из давне 1823. године са првим патентом за примену каучука у путне сврхе [2]. Од 1930. године почиње производња већине синтетичких полимера који се и данас највише употребљавају, као и испитивања у примени истих у мешавинама са битуменима. До прекретнице у примени полимер-битумена долази 1973. године. Наиме, тада долази до наглог пораста цене нафте, што је знатно повећано саобраћајно оптерећење доводи до економског оправдања за комерцијалну примену полимер-битумена [3].

Први кораци код нас у примени полимера за модификовање битумена и асфалтних мешавина датирају од раних шездесетих година када се почело са додавањем млевене отпадне гуме из фабрике у Руми у асфалтне мешавине за спортске терене и школска дворишта.

Почетком седамдесетих година Светел [4] објављује чланак о иностраним искуствима у примени синтетичких полимера за побољшање реолошких својстава битумена, а Обрадовић [5] у свом чланку приказује истраживања реолошких својстава асфалтних мешавина којима је додат полимер на

бази природног каучука PULVATEX. Године 1975. Светел [6] у свом раду наводи податак да је ГП "Партизански пут" из Београда, на основу откупљене лиценце 1972. године, изградило први асфалтни коловоз од специјалне асфалтне мешавине типа MAS-TIMAC, са PULVATEX-ом као везивом, у улици Кнеза Милоша и Таковској, а 1973. године у Цвијићевој улици у Београду.

Еластомер на бази природног каучука PULVATEX је седамдесетих година имао широку примену код нас: за израду хидроизолационог и асфалтних слојева на мосту преко Саве "Газела", на мосту преко Дунава код Бешке, на мосту преко Тисе, на улицама у Новом Саду и на више других објеката.

Рад на добијању домаћег полимер-битумена започиње интензивније 1987. године и у њему учествују Рафинерија нафте Нови Сад, Технолошко-металуршки факултет из Београда, Институт за путеве из Београда и Институт за истраживање нафте из Clausthal-Zellerfeld-а Немачка. Као сировине коришћени су: битумен из домаћих нафти Велебит и Келебија (Рафинерија нафте Нови Сад), отпадни полимер на бази SBR-а из фабрике синтетичког каучука FSK-Елемир и као средство за бубрење употребљен је вакуум остатак из нафте Велебит и Келебија. Године 1988. добијен је полимер-битумен чија су реолошка својства побољшана у односу на немодификовани битумен и са њим је направљена прва опитна деоница на путу Кула-Руски Крстур [7].

Истраживања у лабораторији су даље настављена са регуларним полимерима на бази SBR- и SBS- каучука и новим средствима за бубрење полимера на бази пиролизитичког уља (ХИП "Петрохемија", Панчево) и масних киселина ("Мерима" – Крушевац). Резултат истраживања је добијање пет нових адитива за модификовање битумена под називом MEREZ (SBR+масне киселине), PYRES (SBS+пиролизитичко уље), MEPU (комбинација MEREZ+PYRES), FAS (SBR+SBS+масне киселине) и FRS (SBR+SBS+пиролизитичко уље) [8].

У погонима фирме "Грмеч" – Београд, 1989. године произведена је пробна количина полимер-битумена на бази адитива MEREZ и битумена BIT 60 из Рафинерије нафте Панчево и урађена је II опитна деоница: Борча-Палинска Скела.

"Грмеч" 1991. године инсталира нову континуалну мешалницу (VILLAS Construct – Аустрија) и почиње са производњом полимер-битумена умешавањем путних битумена са полимерима типа SBR или SBS под комерцијалним називом POLIBIT.

Рад на производњи полимер-битумена настављен је у правцу добијања стабилних мешавина битумена и полимера [9] и адитива за модификовање битумена на бази ароматских [10] и нафтенских смола [11] као и изради асфалтних мешавина са полимер-битуменима [12, 13, 14, 15].

Опитне деонице са полимер-битуменом

Истраживања полимер-битумена и асфалтних мешавина у лабораторији дала су корисне податке о врсти битумена и типу полимера потребних за добијање оптималних карактеристика полимер-биту-

менских и асфалтних мешавина. Изградња опитних деоница представља врло вредан додатак лабораторијским испитивањима. У том циљу припремљено је, у индустријским количинама, више типова полимер-битумена и са њима су изграђене три опитне деонице: I опитна деоница, Кула – Руски Крстур (1988.), II опитна деоница, Зрењанински пут (1989.) и III опитна деоница аутопут Е 75, деоница Раља–Крњево, (1991.).

Пут: "Кула-Руски Крстур"

I опитна деоница изведена је 1988. године у дужини 2 x 200 m на путу: Кула – Руски Крстур са полимер-битуменом произведеним од 3% отпадног полимера на бази SBR каучука ("дозир бункер" – FSK – Елемир), вакуум-остатка (ВЕЛЕБИТ + КЕЛЕБИЈА) као средства за бубрење и битумена BIT 90 из Рафинерије нафте Нови Сад. С обзиром да директним умешавањем полимера у битумен није било могуће добити хомогену мешавину то је претходно бубрење полимера у вакуум остатку извршено уз помоћ двопаља у "РУМАГУМИ" – Рума. Овако припремљен полимер умешан је у FIM-Кањижа у битумен BIT 90 (PK = 48°C, Pen = 84 1/10 mm), пребачен на асфалтну базу "Бачкапут" у Србобрану и охлађен у резервоарима. После 6 дана битумен је разгрејан и направљена је асфалтна мешавина, која је и уграђена. Резултати испитивања полимер-битумена после умешавања, као и непосредно пре уградње приказани су у табели 1.

На основу резултата испитивања из табеле 1 може се уочити разлика код вредности пенетрације и тачке размекшања по РК за узорке полимер-битумена после умешавања и пре уградње, што указује на

Табела 1. Карактеристике полимер-битумена за опитну деоницу "Кула-Руски Крстур"

Карактеристике	Немод. бит. BIT 90	PmB после умешавања	PmB пре уградње
Пенетрација на 25°C (1/10 mm), (100 g/5s)	84	67	75
Тачка размекшања по РК, (°C)	48	54	52
Индекс пенетрације	-0,40	+0,50	+0,33
Тачка лома по Fraass-у (°C)	-13	-14	-14
Интервал пластичности, (°C) (PK-Fraass)	61	68	66
Дуктилитет на 25°C (cm)	>100	>100	>100
Густина на 25°C (Mg/m³)	1.002	1.007	1.007
Динамичка вискозност на 60°C, (Pa.s)	111	275	288
Кинематска вискозност на 135°C, (mm²/s)	282	775	720
EVT-мешања, (°C) (165 mPa.s)	158	164	162
EVT-збијања, (°C) (275 mPa.s)	138	144	142

неодговарајућу хомогеност и термостабилност полимер-битумена (неодговарајућа опрема за умешавање). И поред овога приметно је повећање индекса пенетрације, интервала пластичности и вискозности што указује на побољшање основних карактеристика битуменог везива.

Зрењанински пут: "Борча-Падинска Скела"

П опитна деоница изведена је 1989. године у дужини од 300 м на зрењанинском путу деоница "Борча-Падинска Скела" са полимер-битуменом произведеним од адитива MEREZ (55% SBR YUKA 1500 FSK-Елемир + 45% отпадне масне киселине МЕРИМА – Крушевац) и битумена BIT 60 из Рафинерије нафте Панчево. Адитив је припремљен у Мери-Крушевац, а затим је 6% адитива у ГРМЕЧ-у умешано са битуменом. Полимер-битумен је пребачен на асфалтну базу "Новог аутопута" у Београду где је складиштен преко ноћи. Сутрадан је на површини полимер-битумена примењена "скрама" од нераствореног MEREZ-а. Накнадним испитивањем утврђено је присуство умреженог полимера у узорку нераствореног полимера. Са оваквим полимер-битуменом направљена је асфалтна мешавина која је уграђена. Резултати испитивања полимер-битумена приказани су у табели 2.

Табела 2. Карактеристике полимер битумена за опитну деоницу "Борча-Падинска Скела"

Карактеристике	Немод. битумен BIT 60	PmB (BIT 60 + 6% MEREZ)
Пенетрација на 25°C (1/10 mm), (100 g/5s)	62	79
Тачка размекшања по РК, (°C)	54	60
Индекс пенетрације	+0,30	+1,10
Тачка лома по Fraass-у (°C)	-15	-20
Интервал пластичности, (°C) (PK-Fraass)	69	80
Дуктилитет на 25°C (cm)	>100	>100
Густина на 25°C (Mg/m ³)	1.003	1.008
Динамичка вискозност на 60°C, (Pa.s)	281	552
Кинематска вискозност на 135°C, (mm ² /s)	406	1054
EVT-мешања, (°C) (165 mPa.s)	164	170
EVT-збијања, (°C) (275 mPa.s)	144	150

На основу резултата испитивања види се да је дошло до смањења тачке лома по Fraass-у и повећања тачке размекшања по РК, као и повећања интервала пластичности и вредности вискозности код полимер-битумена, што указује на побољшање основних карактеристика битумена модификовањем полимерима [16].

Аутопут Е75: "Раља-Крњево"

III опитна деоница изведена је 1991. године у дужини од 300 м на аутопуту Е-75, деоници "Раља-Крњево" са полимер битуменом "POLIBIT" произведеним у "Грмеч"-у. "POLIBIT" је произведен од путног битумена BIT 130 (Велебит) из Рафинерије нафте Нови Сад и 7% руског SBR каучука на мешалици VILLAS Construct (Аустрија).

После умешавања полимер-битумен је складиштен на асфалтној бази П.З.П. "БЕОГРАД" у Малој Крсни 2 дана и са њим је направљена асфалтна мешавина која је и уграђена. Резултати испитивања полимер-битумена приказани су у табели 3.

1. узорак – произведен и узоркован у "Грмеч"-у на дан производње.

2. узорак – узоркован сутрадан из радне цистерне на асфалтној бази П.З.П. "Београд" у Малој Крсни, после 24 сата лагеревања на 180°C

3. узорак – узоркован после 48 сати лагеревања на 180°C и уграђен у опитну деоницу.

Табела 3. Карактеристике POLIBIT-а за опитну деоницу "Раља-Крњево"

Карактеристике	Ознака узорака			Критеријуми
	1.	2.	3.	
Пенетрација на 25°C (1/10 mm)	120	114	100	40-80
Тачка размекшања по РК, (°C)	62	66	69	50-90
Индекс пенетрације	+4.2	+4.8	-4.8	> +0.3
Тачка лома по Fraass-у (°C)	-25	-25	-24	< -18
Интервал пластичности, (°C) (PK-Fraass)	87	91	93	мин. 68
Дуктилитет на 25°C (cm)	45	40	36	мин. 50
Густина на 15°C (cm)	38	30	28	мин. 60
Повратна еласт. деф. на 25°C, (%)	80	76	71	> 70
Хомогеност, микроскопска метода	80	70	70	100
EVT-мешања, (°C) (165 mPa.s)	172	176	179	-
EVT-збијања, (°C) (275 mPa.s)	152	156	159	-

Резултати испитивања узорака POLIBIT-а указују на недовољну хомогеност мешавине битумена и каучука, због употребе неодговарајућег полазног битумена (Велебит), што се одразило на вредност дуктилитета и термостабилност. Остала својства као што су: интервал пластичности, индекс пенетрације и повратна еластична деформација били су задовољавајући [17].

Замена асфалтног застора на мосту "Газела" у Београду

У лето 1996. године обављена је замена коловозног застора и хидроизолације са домаћим материја-

Табела 4. Карактеристике полимер-битумена POLIBIT за мост "Газела"

Карактеристике	Резултати испитивања	Технички услови
Пенетрација на 25°C (1/10 mm)	72	50–90
Тачка размекшања по РК, (°C)	70	> 65
Индекс пенетрације	+3,8	–
Тачка лома по Fraass-у (°C)	–17	<–15
Интервал пластичности, (°C) (РК–Fraass)	87	мин. 80
Дуктилитет на 13°C (cm)	101	мин. 100
Густина на 25°C (Mg/m ³)	1.018	1.0–1.1
Тачка паљења по Cleveland-у, (°C)	233	>200
Повратна еластична деформација на 25°C, (%)	87	>70
Хомогеност током лагровања, (163°C/7–дана) – тест стабилности, туба тест	добра	добра
EVT–мешања, (°C) (165 mPa.s)	180	–
EVT–збијања, (°C) (275 mPa.s)	160	–

лима на узводној страни моста "Газела" у Београду. Као везиво за израду асфалтних мешавина за изравнавајући и хабајући слој употребљен је полимер-битумен POLIBIT ("Грмеч"), чије су карактеристике дате у табели 4. Полимер-битумен произведен је од посебног битумена из НИС Рафинерије нафте Нови Сад, који је компатибилан са SBS–каучуком (EUROPREN – Италија).

На основу резултата испитивања приказани у табели 4 може се закључити да је узорак "POLIBIT"-а Грмеч задовољно услове квалитета прописане у Техничким условима за реконструкцију моста "Газела". Произведени "POLIBIT" одмах је употребљен за припремање асфалтне мешавине, тако да је избегнут процес складиштења, који може негативно да утиче на хомогеност и термостабилност полимер-битуменске мешавине [18].

Поправка асфалтног коловоза полетно–слетне стазе аеродрома "Београд"

Према Техничким условима за израду антипукотинског слоја као везиво било је предвиђено да се употреби полимер-модификовани битумен. За производњу полимер-битумена POLIBIT употребљен је битумен BIT 130 (пен = 140 1/10 mm, РК = 43°C) произведен из посебне нафте (MOL-MIX), која је компатибилна са SBS–каучуком, што је утврђено претходним испитивањем [19] (табела 5). Битумен BIT 130 произведен је у Рафинерији нафте "Нови Сад".

Полимер-битумен POLIBIT произведен је у периоду од 5.09. до 15.09.1996. године у фабрици "Грмеч" у Београду и складиштен је на асфалтним

Табела 5. Контрола квалитета полимер-битумена POLIBIT за аеродром "Београд"

Карактеристике	Претходна испитивања	Контрола испитивања	Технички услови
Пенетрација на 25°C (1/10 mm)	92	80–96	70–100
Тачка размекшања по РК, (°C)	66	63–68	мин. 60
Индекс пенетрације	+4.0	+2.8 до +4.2	–
Тачка лома по Fraass-у (°C)	–20	–21 до –20	<–20
Интервал пластичности, (°C) (РК–Fraass)	86	80–88	мин. 80
Дуктилитет на 13°C (cm)	103	100–103	мин. 100
Густина на 25°C (Mg/m ³)	1.017	1.016–1.017	1.0–1.1
Тачка паљења по Cleveland-у, (°C)	229	229–231	>200
Повратна еластична деформација на 25°C, (%)	78	78–80	>70
Хомогеност током лагровања, (163°C/7–дана) – тест стабилности, туба тест	добра	добра	добра
EVT–мешања, (°C) (165 mPa.s)	176	173–178	–
EVT–збијања, (°C) (275 mPa.s)	156	153–158	–

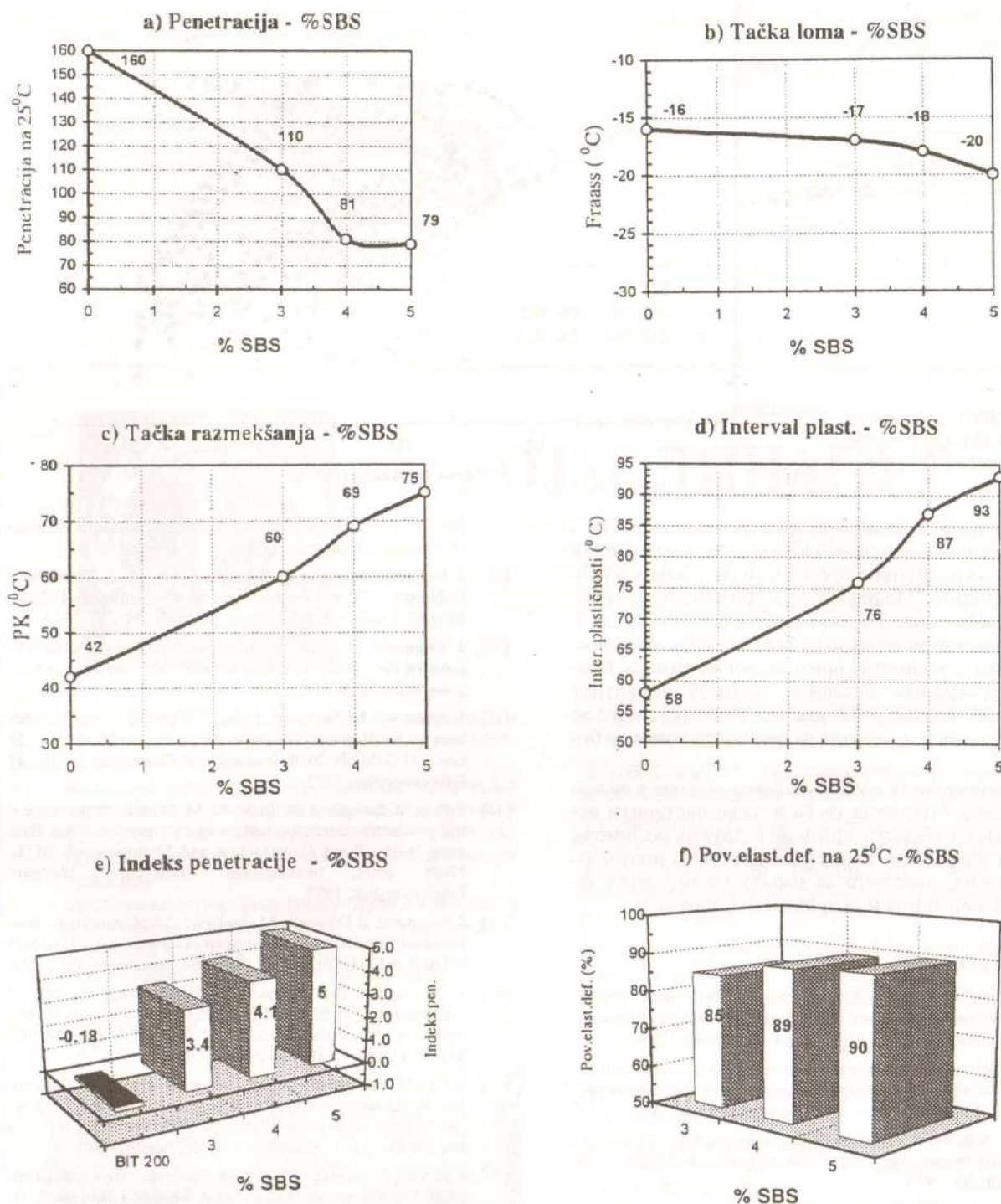
базама: "Сремпут" – Рума, "Војводинапут" – Панчево и "Војводинапут" – Лединци у резервоарима на просечној температури од 80° до 90°C уз сталну циркулацију. Од 20.09.1996. године постепено је повећавана температура полимер-битумена до радне температуре од 160°C (21.09.1996. године), када је почело справљање асфалтне масе за израду специјалног пешчаног асфалта.

Узорци POLIBIT–а узети су из битуменских цистерни на асфалтним базама на почетку и на крају периода лагровања. Резултати контролних испитивања дати су у табели 5.

Као што се види из табеле 5 сви испитани узорци полимер-битумена задовољили су критеријуме квалитета [20] прописане у Техничким условима. Такође, што је још значајније, у току лагровања на асфалтним базама није дошло до битнијих промена карактеристика полимер-битумена у периоду од 16 дана, што указује на добру хомогеност и термостабилност полимер-битуменске мешавине, односно на компатибилност полимерне и битуменске компоненте [21].

На слици 1 (а–ф) приказане су промене карактеристика битумена додатком SBS–полимера [22, 23].

Утицај SBS–полимера на промену комплексног динамичког модела смицања (G^*) и фазног угла битумена (δ) у опсегу фреквенција од 0.1 до 100 rad/s и



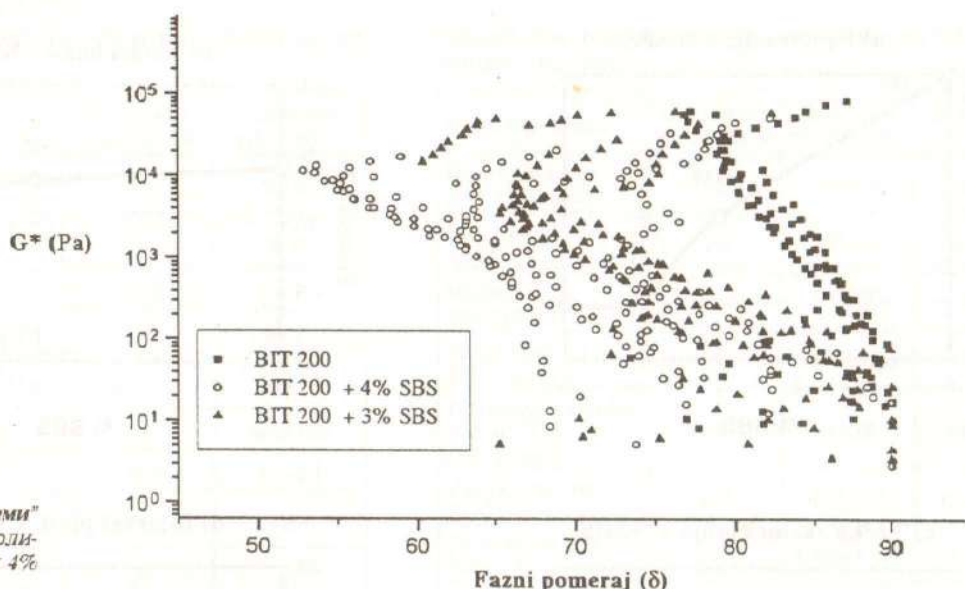
Слика 1 (а-ф). Промена основних карактеристика битумена додатком SBS-полимера

температура од 30° до 130°C ("black" дијаграм) приказан је на слици 2 [24].

ЗАКЉУЧАК

Полимер-битумен је нашао комерцијалну примену и користи се за изградњу путева и објеката посебне намене. Испитивања су показала да је могуће добити хомогене и термостабилне мешавине битумена и полимера уколико се користе битумени

одређеног састава и структуре и одговарајући полимер. За сада се користе полимери из увоза и то: еластomers SBS и SBR, као и пластомери EVA и APP. Додавањем полимера у битумен добијају се везива са побољшаним адхезивним и кохезивним својствима, повећава се интервал пластичности везива, повећава се отпорност на старење, побољшава се термостабилност и смањује осетљивост реолошких карактеристика битумена на промену температуре и трајања оптерећења.



Слика 2. "Black дијаграми" битумена BIT 200 и полимер-битумена са 3% и 4% SBS

Потрошња полимера за модификовање битумена у Европи се последњих година удесетостручила с обзиром на позитивне ефекте који се добијају њиховом применом. Модификовање битумена полимерима повећава цену везива од 2,5 до 3,8 пута, као и цену асфалтне мешавине од 24% до 48% у зависности од типа и количине примењеног полимера. Према литературним подацима трајност асфалтног коловоза са полимер-битуменом повећава се за 2 до 4 пута у односу на асфалт са немодификованим битуменом.

На основу свега досада урађеног код нас у области полимер-битумена треба и даље наставити истраживања у области примене и других полимера, као и са изградњом асфалтних путева са полимер-битуменима, нарочито за израду специјалних асфалтних мешавина и површинских обрада.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И. Пап, М. Смиљанић, М. Делари, Д. Турковић: "Карактеристике асфалтних мешавина са домаћим полимер-битуменом", Пут и саобраћај 1-2, Београд, 1996.
- [2] G. Zenke: "Polymer-modifizierte Strassenbauditumen im Spiegel von Literaturergebnisse-Versuch eines Resumees", Teil I, die Asphaltstrasse 1, 1985.
- [3] E. J. Van Beem, Brasser: "Bituminous Binders of Improved Quality containing Cariflex" Thermoplastic Rubbers", J. Ins. Petrol., 59, 1973.
- [4] Д. Светел: "Примена долова и еластомера у асфалтним мешавинама", Пут и саобраћај 9, Београд, 1971.
- [5] М. Обрадовић: "Прилог проучавању реолошких особина асфалтних мешавина са додатком еластомера", Зборник радова са симпозијума "Трајност битумена у грађевинарству", Будва, 1973.
- [6] Д. Светел: "Специјалне асфалтне мешавине", Пут и саобраћај 21, Београд, 1975.
- [7] М. Смиљанић, I. Pap, P. Rodić, M. Delari: "Possibility of Modification Road Bitumens by use of Waste Polymers", Conference of Bitumen, Eger-Hungary, 1988.
- [8] J. Jovanović, M. Sokić, M. Smiljanić, I. Pap, H. J. Neumann, I. Rahimian: "The Production Stable Bitumen-Polymer Blends", Proceedings of International Symposium Chemistry of Bitumens, Rome, 1991.
- [9] J. Jovanović, M. Sokić, M. Smiljanić, I. Pap, H. J. Neumann, I. Rahimian: "The Production Stable Bitumen-Polymer Blends", Erdol & Kohle, Erdgas, Petrochemie, 46, 1993.
- [10] J. Jovanović, M. Sokić, M. Smiljanić: "Bitumen Additives on Basis of Petroleum Aromatic Resins", 5th Eurobitume Congress, Stockholm, 1993.
- [11] J. Jovanović, M. Smiljanić, I. Pap, I. Popović: "Bitumen Additives on the Basis of Petroleum Aromatic and Naphtenic Resins", BITUMEN 2000, International Conference, Hungary, Balatonszeplak, 1995.
- [12] I. Pap, M. Smiljanić, D. Turković, M. Delari: "Experience in the production and Application of Polymer Modified Bitumens in the Road Construction and Maintenance", BITUMEN 2000, International Conference, Hungary, Balatonszeplak, 1995.
- [13] J. Jovanović, J. Donlagić, M. Smiljanić: "Naphtenic Resin from Residual Pyrolysis Oil as Bitumen Additive", 1st EUROASPHALT & EUROBITUME Congress, Strasbourg May, 1996.
- [14] J. Djonlagić, I. Pap, J. Jovanović: "Rheological Properties of Polymer Bitumen Blends: Black and Cole-Cole Diagram Presentation and Analysis", 1st EUROASPHALT & EUROBITUME Congress, Strasbourg, May, 1996.
- [15] I. Pap, M. Smiljanić: "Yugoslav Experience in the Production and Application of Polymer Bitumens for Hot and Cold Asphalt Mixes", II National Conference on Asphaltic Mixtures and Pavements, Thessaloniki-Greece, April, 1996.
- [16] D. Svetel, J. Jovanović, I. Pap, M. Smiljanić: "Research of Asphalt Mix Properties with Polymer Modified Bitumen", 4th EROBITUME Symposium, Madrid, 1989.
- [17] "Извештај о испитивању узорака полимер-битумена за путеве Полибит-Грмеч", Институт за путеве, Београд, 1991.
- [18] И. Пап, М. Јовановић, М. Смиљанић: "Замена хидроизолације и асфалтног застора на мосту "Газела" у Београду, Симпозијум "Стање и санација мостова у СР Југославији", Нови Сад, 1997.
- [19] И. Пап, М. Смиљанић: "Угљоводонична везива за поправку полетно-слетне стазе аеродрома "Београд", Институт за путеве, Београд, 1996.
- [20] И. Пап: "Методe и критеријуми за оцену квалитета полимер-битумена", Институт за путеве, Београд, 1993.

- [21] И. Пап: "Фактори који утичу на добијање хомогених и стабилних мешавина полимер-битумена", Институт за путеве, 1994.
- [22] М. Смиљанић, И. Пап: "Утицај старења битумена на промену реолошких карактеристика битумена и трајност асфалтног коловоза", Монографија "Савремени проблеми пројектовања, грађења и одржавања путева", Институт за путеве, Београд, 1995.
- [23] И. Пап, М. Смиљанић, М. Делари, П. Родић: "Могућност добијања полимер-битумена од битумена из велебит-

ске сировине". I фаза: Добијање хомогених мешавина полимер-модификованог битумена, Истраживачки пројекат, НИС Рафинерија нафте "Нови Сад", Нови Сад, 1996.

- [24] I. Pap, M. Smiljanić, P. Rodić, M. Delari: "The Visco-elastic Properties of Modified Bitumen based on App- and SBS-polymers", III International Conference "Durable and Safe Roads", Kielce-Poland, May, 1997.



ДЕОНИЧКО ДРУШТВО

ВОЈВОДИНАПУТ

21000 Нови Сад, Јована Ђорђевића бр. 2/3

Телефони: централа 021/56-988

Генерални директор 56-108, 56-677; Факс 021/56-195

Технички сектор 57-704; Финансијски сектор 56-989

Комерцијални сектор 56-677; Општи сектор 56-990.

"ВОЈВОДИНАПУТ", ДД предузеће за изградњу и одржавање путева, аутопутева и свих путних објеката, бави се следећим:

- изградња, реконструкција, одржавање путева и аутопутева, тунела, улица, скверова, путних и аутопутских мостова и других путних објеката;
- производња песка, шљунка и агрегата и њихов транспорт;
- дробљење материјала (укључујући и кречњак) у сопственом каменолому и производња ивичњака и других профила;
- пројектовања путева и путних објеката;
- геодетски радови;
- геомеханичка испитивања, претходна и контролна испитивања асфалта и бетона;



- производња и постављање хоризонталне и вертикалне сигнализације.

"ВОЈВОДИНАПУТ" ДД предузеће регистровано је за обављање радова у земљи и иностранству.

"ВОЈВОДИНАПУТ" има пословне односе са Војвођанском банком ДД, Нови Сад, Југобанком ДД Београд, Панонском банком ДД Нови Сад, Беобанком, Главном филијалом и Привредном банком Панчево.

ДД "ВОЈВОДИНАПУТ" сарађује са следећим кооперантима:

- ГДП "Мостоградња", Београд
- ГДП "Канал", Нови Сад
- ДП "Херој Пинки", Нови Сад

ДРУШТВА У САСТАВУ

Д.Д. "ВОЈВОДИНАПУТ":

Д.Д. "ВОЈВОДИНАПУТ-БАЧКАПУТ"

Нови Сад, Ј. Ђорђевића 2/1, тел.: 021/56-933

А.Д. "ВОЈВОДИНАПУТ"

Суботица, Ђ. Ђаковића 10, тел.: 024/25-759

Д.Д. "ВОЈВОДИНАПУТ-ЗРЕЊАНИН"

Зрењанин, Ж. Зрењанина 75, тел.: 023/36-249

Д.Д. ВОЈВОДИНАПУТ-ПАНЧЕВО

Панчево, Ж. Зрењанина 12-15, тел.: 013/45-812

Д.Д. "ВОЈВОДИНАПУТ-СРЕМПУТ"

Рума, Трг ослобођења 12, тел.: 022/424-108

Д.П. "РУДНИЦИ НЕМЕТАЛА", РАКОВАЦ

Нови Сад, Ј. Ђорђевића 2/1, тел.: 021/57-428

Д.Д. "ЗАВОД ЗА ПУТЕВЕ, МОСТОВЕ И

САОБРАЋАЈ ВОЈВОДИНЕ"

Нови Сад, Ј. Ђорђевића 2, тел.: 021/57-625

Д.Д. "БОЈА"

Сомбор, Б. Кидрича 16, тел.: 025/36-172

Пројектовање и грађење ваздухопловних пристаништа, војних аеродрома и војних ваздухопловних база у Југославији и иностранству (1948–1997. године)

Др МИЛАН МИЛИВОЈЕВИЋ, дипл. инж. грађ.

СТРУЧНИ ЧЛАНАК
УДК 625.717:623.7

РЕЗИМЕ

У уводном делу описани су узроци који су довели до развоја ваздухопловних пристаништа у свету и код нас. Изложена је политика пројектовања и грађења војних и цивилних аеродрома и приказани носиоци те политике, било да су то организације или појединци који имају највише заслуга за развој ове области. Други део обрађује техничко-технолошке карактеристике грађења Војних аеродрома, трећи део обрађује исте карактеристике код грађења цивилних аеродрома у Југославији. Четврти део се бави реконструкцијом војних или цивилних аеродрома. Пети део даје пресек изградње аеродрома у иностранству: на Блиском Истоку, Африци и Русији. Шести део даје закључке и износи елементе који су утицали на изградњу овако великог броја аеродрома у земљи и иностранству.

The Design and Construction of Airports, Military Airports and Military Air-bases in Yugoslavia and Abroad (1948–1997)

MILAN MILIVOJEVIĆ, Ph.D., B.Sc., C.E.

PROFESIONAL PAPER
UDC 625.717:623.7

SUMMARY

In the introductory part, the causes have been described which have brought to the development of airports in the world and in our country as well. The policy of the design and construction of military and civilian airports has been exposed along with advocates of such a policy, either as organizations or individuals deserving the utmost merit for the development of this line of activity. The second part is discussing the technical-technological features of building the military airports, whereas the third part is discussing the same features, yet for civilian airports in Yugoslavia. Reconstruction and upgrading of military and civilian airports are within the framework of the fourth part. As regards the construction of airports in the Middle East, Africa and Russia the same is discussed in the fifth part. The sixth part is revealing the conditions and elements which have exerted influence onto the construction of such a great number of airports in the country and abroad.

УВОД

Од првих дана примене авиона у јавном превозу па до данас прошло је око 70 година, а за војне потребе се авиони користе око 75 година. За ово време пређен је огроман развојни пут који је омогућио да Ваздушни саобраћај стекне примат у превозу робе и путника на великим растојањима. Развоју ваздушног саобраћаја највише је допринело усавршавање превозних средстава и саобраћајних система. Превозна средства – летелице су за релативно кратко време постигла огроман напредак у повећању брзине, капацитета, сигурности и удобности полета и економичности.

Војни авиони такође су достигли за релативно кратко време свој врхунац у погледу свих потребних перформанси: брзине, полета, сигурности и удобности и капацитета.

Паралелно са развојем ваздушног саобраћаја развијала су се и усавршавала ваздушна пристаништа односно аеродроми, тј. скуп објеката, уређаја и инсталација који служе за одвијање Ваздушног саобраћаја на земљи. Један од најважнијих објеката на савременом аеродрому, било да је он војни или цивилни, јесу маневарске површине. Маневарске површине на аеродрому чине полетно-слетне стазе, рулне стазе, стајанке, платформе, спојнице и разводне стазе као и њихови пратећи објекти: дренажна и кишна канализација. Авиони великих тежина наметнули су потребу за изградњом таквих маневарских површина које ће у конструктивном погледу бити у стању да приме саобраћајно оптерећење и пренесу га на темељно тло без штетних деформација, посредством коловозне конструкције.

После II Светског рата, у свету одмах почиње изградња нових ваздухопловних пристаништа, јер стазе коришћене у току рата нису могле да задовоље потребе растућег ваздушног саобраћаја.

Такав је случај био и са Југославијом, која је из II Светског рата изашла без и једног аеродрома са савременим оперативним површинама. У овом раду биће обрађиване само оперативне површине аеродрома, без осталих објеката као што су пристанишне зграде, торњеве, хангари, технички блок, комерцијални блок, снабдевање горивом, енергијом, водом, итд.

Пројектовање, истраживање и грађење аеродрома у Југославији

Политику пројектовања и одређивања приоритета грађења војних аеродрома, одмах после рата водила је К.Р.В. (Команда ратног ваздухопловства) – грађевинско одељење. Тако су пројектовани и изграђени војни аеродроми: Скопље (Петровац), Ниш, Батајница, Тузла, Мостар, Пула, Подгорица, Бихаћ, Приштина, Сомбор, Ковин, Задар, Бања Лука.

Водећи пројектанти били су дипломирани инжењери: Миленко Радовановић (покојни), Петар Милојчић (покојни), Тома Бабић, Ђорђе Миљукановић, Ђуро Милијашевић, Милан Которанин, Бранко Крسمановић.

Истраживање и испитивање грађевинског материјала: претходна као и контролна испитивања за по-

требе пројектовања и грађења војних аеродрома вршило је Одељење за путеве и аеродроме Војнотехничког института на чијем је челу био дипл. инж. Љубомир Филиповић.

Благодарени ентузијазму и знању Инж. Љубомира Филиповића, који је после специјализације у САД заједно са сарадницима увео нове опите и опрему за испитивање и сада се са сигурношћу може тврдити да у оно време нисмо заостајали на овом плану за Америком.

Овде треба истаћи његове сараднике; то су дипломирани инжењери: Ладислав Холуб, Јован Шубић, Милан Миливојевић, Михајло Даниловић (покојни), Злата Кичевац, Станојка Гојгић и виши техничари Будислав Кукуљац и Зоран Марковић.

Грађење војних аеродрома започело је одмах после II светског рата грађ. предузеће "Планум" које је изградило готово све Војне аеродроме, а касније је прешло и на грађење цивилних аеродрома у иностранству.

Треба посебно истаћи следеће стручњаке из ГП "Планум": покојни дипломирани инжењери: Ковачевић Предраг, Милутиновић Стеван, Турудић Недељко, Нешић Миодраг, Пачић Милош, Милеуснић Стева, Солујић Момчило, Анђеловић Слободан, Тошић Душан.

Живи: Гагић Божидар, Ђулибрк Вукашин, Катић Божидар, Миливојевић Милан, Николић Владимир, Исаиловић Милорад, Фрањо Меглић, Прокић Душан, Марковић Живота, Ђурић Ђура, Штулић Миле, Николић Слободан, Пухало Никола, Секуловски Сретен, Жарко Прстојевић, Радаковић Момчило, Милинковић Лаза, Марковић Зоран, Жустрић Милорад, Марко Бећир, Матовић Душан, Ђурић Никола.

Политику планирања и приоритета грађења цивилних аеродрома водила је "Савезна управа за цивилну и ваздушну пловидбу" која је пројектовала следеће аеродроме: Београд, Загреб (Ботинец), Лешће Блед.

Аероинжењеринг из Београда је пројектовао следеће аеродроме: Сплит, Ријека, Марибор, Осиек, Охрид, Тиват, Дубровник.

Грађење аеродрома Ријеке, Београда и другу фазу Дубровника обавило је ГП Планум а остале Аеродроме, СЦГ – Љубљана, Маврово и Опште грађевинско предузеће из Подгорице.

Сва истраживања и испитивања током грађења цивилних аеродрома које је градило ГП Планум вршио је Војно технички институт.

Пројектанти цивилних аеродрома у Југославији били су: из УЦВП – Крсмановић, Лукић Милош, Меденица Василије; из Аероинжењеринга – Милош Лукић, Миленко Радовановић (покојни), Душан Видић, Бранко Калезић, Љуба Стамболић, Часлав Колесар (сви наведени су дипломирани инжењери).

Оснивач "Аероинжењеринга" и дугогодишњи први директор био је Дип. инж. Александар Патрновић.

Са напред изнетим стручњацима "Аероинжењеринг" је пројектовао скоро све војне ваздухопловне базе и цивилне аеродроме у иностранству.

Пројектовање, грађење и истраживање аеродрома у иностранству

Искуство које су наши стручњаци стекли пројектујући и градећи аеродроме у Југославији омогућили су нашој спољно-трговачкој организацији "Унион Инжењеринг" из Београда да као пословна заједница у којој се налазило и предузеће "Планум" учествује на Међународним лицитацијама у иностранству.

Преко УЕ, "Планум" је учествовао на грађењу следећих аеродрома: "Kleiate" – Либан, "Нама" – Сирија; грађење и пројектовање: "Mafrak" у Јордану; грађење велике војне Ваздухопловне базе у Кувајту. Другу базу у Кувајту радило је предузеће "Гранит" из Скопља. Пројектовање и касније пројектантски надзор на извођењу радова за обе базе организовао је "Унион Инжењеринг", Београд, преко "Аероинжењеринга". У Кувајту на једној ваздухопловној војној бази комплетне радове је извело ГП "Планум". Поред оперативних површина на аеродрому су изведени фортификациски објекти (24 калонира потпуно аутономна у погледу снабдевања горивом и стартерима), снабдевање горивом, водом, навигационим уређајима, ноћним стартом, противпожарном заштитом, магацинима, техничким блоком, генераторском станицом, осталим објектима за опслуживање авиона и убојних средстава итд. Треба истаћи да је касарне и училишта извело грађ. предузеће "Рад" из Београда. "Планум" је преко У.Е. обновио и три полетно слетне стазе у Русији, Сибиру и то: Чита, Братск, Кемерово и сада наставља радове на обнови писта у Сибиру, са динамиком од по 2 писте за једну грађевинску сезону, која тамо траје максимално 6 месеци. Реконструисане су писте на аеродрому Магнетогорск и Чељабинск.

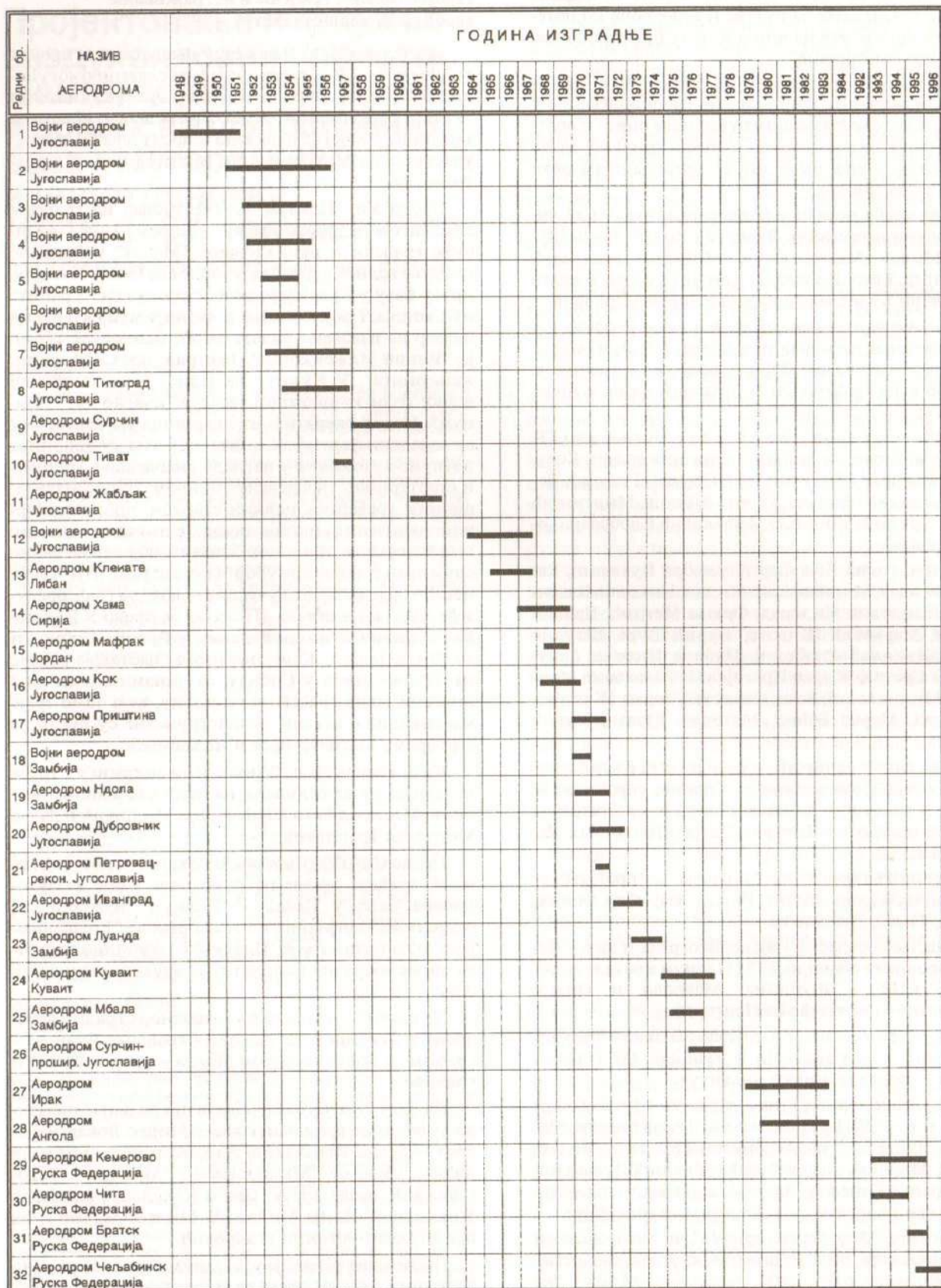
Када говоримо о "Унион Инжењерингу" треба истаћи да су од оснивања на челу ове асоцијације били: Милорад Раковчевић, Илија Милоњић и данас Мирослав Траиловић.

Преко СДПР-а (Савезна Дирекција за посебне намене) грађене су две потпуно нове војне ваздухопловне базе: у Ираку – "Планум" изводио све оперативне површине а остале радове "Енергопројект" и Анголи – где је "Планум" самостално за кратко време изградио комплетну Ваздухопловну војну базу.

"Планум" је самостално изводио и градио аеродроме у Замбији и то: Андола – грађење; Јуангва – грађење и Војни аеродром Мбала – пројектовање и грађење.

На челу "Планума" од оснивања до данас налазили су се (дуже време): пуковник Мирко Локар; Радослав – Браца Косановић, Милан Ђорић, Божидар Катић, Милан Миливојевић, Миодраг Радосављевић; краће време: Свето Капелан, Бранислав Ђириловић, Илија Милоњић, Милош Мачић и од пре 2 године Ратомир Тодоровић.

Писац ових редова је у "Плануму" провео укупно 20 година, а од тог времена је био генерални директор предузећа десет година, технички директор 4 године, директор радова у иностранству 2 године и саветник за техничка питања 3 године.



Слика 1. Динамика извођења аеродрома од 1948. до 1997. године (аеродром градио Г.П. "Планум")

У прилогу на слици 1 је дата динамика извођења радова на аеродромима у Југославији и иностранству у организацији ГП "Планум" од 1948 до 1996. године.

ОСНОВНЕ ТЕХНИЧКО ТЕХНОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ГРАЂЕЊА ПОЈЕДИНИХ ВОЈНИХ АЕРОДРОМА У ЈУГОСЛАВИЈИ ОДМАХ ПОСЛЕ ДРУГОГ СВЕТСКОГ РАТА

У периоду после рата, за пројектовање аеродрома имали смо иностране узор, док у грађењу нисмо имали никаквог искуства. Сем тога, није се располагало потребном механизацијом за рад, а за ову област није било ни довољног броја искусних стручњака. Треба такође напоменути да је заједница уложила доста средстава да се набави савремена механизација која се тада примењивала за грађење аеродрома.

За извођење земљаних радова коришћени су булдозери, у почетку "сајлаши", а затим хидраулични; скрепери са тракторима за вучу у почетку, а затим самоходни скрепери; грејдери; за набијање жељеви, глатки парни и моторни ваљци, а касније и вибрациони ваљци. Често су за превоз земље коришћени вагони са коњском или локомотивском вучом.

За набијање тампонског слоја у почетку су коришћени глатки ваљци, без посебног ефекта, а касније вибрисоли – прво домаће израде, а затим и из иностранства.

Оперативне површине на нашим војним аеродромима грађеним у овом периоду, имале су коловозну конструкцију од цемент бетона. Бетонска плоча је извођена на тај начин што је на сабијени тампонски слој наошан бетон у почетку ручно, а затим са разастирачима пошто су претходно положене "шалунг шине".

Бетон за израду застора справљан је увек централно и то у почетку са "батеријама мешалица", које су биле стационарне на вагонима нормалног колосека и сукцесивно се померале са напредовањем радова, а касније у стационарним фабрикама бетона. Максимална производња ових фабрика бетона била је 25 м³/h.

Бетонирање је вршено у тракама различите ширине 3.9 м; 3.75 м; 4.5 м; 6.10 м; 6.74 м, према уговореној ширини застора и ширини "трофејних" финишера и разастирача. Дужина плоча била је 6.0 м а рађена је у два слоја: доњи од 15–18 см и горњи 5–7 см. Сабијање је вршено финишерима, у почетку старим – од ратне одштете, а касније су купљени у Енглеској. Спојнице су обрађиване ручно у свежем бетону, неговање помоћу кровова, воде и песка. Заливање спојница вршено је мастиком справљеним на градилишту од битумена и филера.

И поред недостатка опреме и искуства, одступања од техничких услова није било а за то су се старали надзорни органи из грађевинског Одељења КРВ-а, градилишне лабораторије предузећа које је изводило радове и лабораторије Војно техничког института ЈНА.

Са напред описаном технологијом грађене су оперативне површине на следећим Војним аеродромима.

– Ниш – у саставу има писту, рулну стазу, стартне стајанке, спојнице и остале објекте који су неопходни за коришћење аеродрома у војне сврхе. Пре неколико година, доградњом извесних објеката, аеродром је оспособљен и за цивилни саобраћај.

– Батајница – у саставу има две писте, смакнуте и на одређеном растојању, рулне стазе, стартне стајанке, хангарске платформе, хангаре, инжењеријско обезбеђење, магацине, технички блок, касарне и комплетну инфраструктуру на целом аеродромском комплексу.

– Скопље – Петровац; Оперативне површине састављене су од писте, паралелне рулне стазе, стартних стајанки, спојница. Такође садрже комплетно инжењеријско обезбеђење, магацине, касарне, инфраструктуру на целокупном комплексу аеродрома. Уз додатак посебне платформе и изградњом нове пристанишне зграде аеродром служи и за цивилни саобраћај.

– Мостар – Садржај оперативних површина исти као и на аеродрому "Скопље". Служио је и за цивилни саобраћај.

– Приштина – од оперативних површина има писту, рулну стазу, стартне стајанке, спојнице, развојне стазе, инжењерско обезбеђење. Такође служи за цивилни саобраћај.

– Подгорица – У саставу има писту, паралелну рулну стазу, стартне стајанке, платформе, касарне, училишта. Једном речју изграђени су сви објекти потребни за коришћење авиона у војне сврхе. За цивилни саобраћај изграђена је посебна платформа са пристанишном зградом.

– Тузла.

ОСНОВНЕ ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ГРАЂЕЊА ЦИВИЛНИХ АЕРОДРОМА У ЈУГОСЛАВИЈИ (Карактеристични примери)

Простор не дозвољава да се говори о грађењу свих цивилних аеродрома у Југославији, па ће бити говора само о аеродромима "Београд", "Ријека" и "Дубровник". Кроз приказ грађења ових аеродрома видеће се ниво технике и технологије грађења оперативних површина на аеродромима у претходној Југославији.

Аеродром Београд

Прва етапа грађења започета је крајем 1957. године, а завршена 28. априла 1962. године. У даљем излагању дати су основни технолошки поступци грађења цемент-бетонске коловозне конструкције.

За израду цемент бетона коришћен је шљунковито-песковити материјал из Раче који је просејаван у четири фракције и то: 0–7, 7–15, 15–30 и 30–50 mm. Фракција од 30–50 mm употребљавана је само за доњи слој. Често је доњи слој рађен без фракције од 30–50 mm због тога што је она недостајала у природној мешавини шљунка.

Употребљаван је цемент РС-350 из Новог Поповаца, а вода из бунара који је избушен на самом гради-

лишту. За можданике коришћен је челик "ст. 37". Испод бетонске плоче је стављена жилава хартија.

Бетон је припреман непосредно поред рулне стазе и сама фабрика бетона постављена је тако да може радити а да не смета нормалном летењу.

Довоз природне мешавине материјала вршен је железницом која је била постављена са једне и друге стране погона. Истовар материјала из вагона вршен је ручним путем, што је често задавало потешкоће у погледу брзине рада. На једном колосеку истовариван је материјал који се употребљава за тампонски слој, а са депоније поред другог колосека материјал је помоћу траке транспортован у гранулатор. Гранулатор је био вибрационог система са плетеним ситима отвора рупе 50, 30, 16 и 7 mm. Свака фракција ишла је посебно у свој бункер. Из појединих бункера материјал је сипан на ваге где се одмеравао, а затим пуштао на траку транспортера који је транспортовао шљунак до сабирног бункера мешалице. Мешалица је била капацитета 3 m^3 и то са слободним падом. Из магацина је цемент допреман вагонетима по дековилском колосеку у специјалним бурадима која су се одвајала од вагонета и дизала помоћу дизалице до бубња мешалице. Вода је додавана пошто је претходно измерена водомером. Мешање је трајало око 3 минута. Транспорт бетона до места вршен је кип-камионима марке "Чепел". Капацитет овако организоване производње износио је око 300 m^3 за 8 h.

Током 1960. и 1961. године уведена је још једна фабрика бетона француског порекла. Ова фабрика је била потпуно механизована и њен капацитет је износио око 200 m^3 за 8 h.

После набијања тампонског слоја до потребне збијености приступљено је полагању шалунг шина. Шалунг шине полагане су директно на тампонски слој и учвршћиване су помоћу гвоздених клинова. Како је висина шина била 30 cm, то је при изградњи коловоза на рулној стази испод њих подметана храстова даска дебљине 5 cm. После полагања шина, између њих је нанесен слој ситног песка који је испеглан малим вибрационим ваљком а затим је полагана жилава хартија и арматура за спојнице. На овај начин извршене су све предраде за наношење бетона. Бетон је довожен кип камионима и истоваран у разастирач који је вршио разастирање. После тога је вршено сабијање помоћу финишера, у једном прелазу по читавој дебљини слоја. Овакав начин збијања није се показао ефикасним, тако да се касније прешло на сабијање у два слоја. После сабијања је следила израда спојница и обрада површина, а затим заштита бетона крововима и нега помоћу песка и воде. Саобраћај по израђеном коловозу дозвољен је тек након 14 дана од бетонирања. Радови на извођењу бетонског коловоза контролисани су стално.

У закључку може се истаћи следеће:

– Радови на извођењу горњег строја (тампонског слоја и бетонског коловоза) изведени су савременим механизацијом. Као и код израде доњег строја уско грло у напредовању радова била су средства за збијање (вибросол). Набијање бетонског застора је у почетку радова било прилично слабо, јер се целокупна дебљина слоја набијала у једном прелазу фини-



Слика 2. Учесници прославе са отварања аеродрома, 14. септембра 1969. године

шера. Касније је пређено на сабијање застора у два посебна слоја, што се показало као много боље;

– Сви радови су били подвргнути перманентним контролним испитивањима градилишних геомеханичких и бетонских лабораторија. Сматрамо да су геомеханичка испитивања вршена систематски и са више пажње од бетонских испитивања мада су ова последња деликатнија. Ово се односи на бетонска испитивања у почетку грађења, конкретно на 1958. и 1959. годину.

Аеродром "Дубровник"

Аеродром је грађен у две фазе и то:

I фаза од 1959. до 1962. године, када је радове изводила инж. јединица ЈНА и II фаза, 1971. и 1972. године, када је радове изводио ГП "Планум".

Бетонски застор је извођен у тракама ширине 7,5 m. Ову ширину диктирао је финишер којим је градилиште располагало. Извођење бетонског застора вршено је на следећи начин:

Пошто је подлога претходно испитана у погледу збијености и равности, приступило се полагању и учвршћивању шалунг шина. У усецима где се испод подлоге одмах наилазило на стену, претходно је извршено бушење рупа пнеуматичким чекићем, а онда су шалунг шине учвршћиване помоћу гвоздених клинова. После полагања шалунг шина наносен је слој битуменизираног песка дебљине 1 cm и затим је полагана арматура за спојнице. После разастирања оба слоја бетона помоћу разастирача, приступљено је збијању, обради спојница и неговању бетона. Неговање је вршено на класичан начин тј. најпре крововима, а затим песком и квашењем воде.

Аеродром "Дубровник" пуштен је у саобраћај 13. маја 1962. године и то као недовршен, некомплетан и недовољно опремљен, јер се није очекивао тако брзо промет робе и путника. Међутим, промет се на аеродрому из године у годину повећавао. Примера ради, у 1962. години био је број слетања и полетања 2.464 авиона, а у 1970. години 11.000 авиона. Број путника је износио 64.544 у 1962. а 560.000 у 1970. години.

Ради оваквог пораста саобраћаја било је неминовно извршити проширење и реконструкцију постојећег аеродрома, уз обављање следећих радова:

- продужење полетно–слетне стазе на 700 m у правцу Цавтата;
- проширење платформе за пријем авиона (пристанишна платформа);
- израде паралелне рулне стазе;
- израда паркинга за аутомобиле;
- проширење постојећих спојница и изградња нових.

Реконструкцију аеродрома је на лицитацији добило предузеће "Планум" које се врло брзо организовало и почело са грађењем оперативних површина на аеродрому.

Извођење радова под саобраћајем захтевало је специјални режим безбедности у раду кога се извођач морао придржавати.

Грађење аеродрома "Ријека"

ПСС на аеродрому "Ријека" је у погледу коловозне конструкције комбинованог типа, тј. почетак и крај је од цементног бетона као и пристанишне платформе, а остале оперативне површине су изграђене применом флексибилне коловозне конструкције.

Захтевана марка бетона била је $\min. 350 \text{ kp/cm}^2$ односно савојна чврстоћа испитана на гредицама после 28 дана, требала је да буде $\min. 50 \text{ kp/cm}^2$. Употребљен је цемент РС 350 а количина по m^3 бетона износила је 320 kp .

Производња цемент–бетона вршена је у стационираном постројењу капацитета 20 m^3/h . Одмеравање појединих компонената које улазе у састав бетона вршено је тежински. Транспорт бетона вршен је помоћу кип камиона. Разастирање бетона вршено је помоћу разастирача за бетон, а набијање са финишером. Ширина траке износила је 3,75 m. Гарнитура машина кретала се по шалунг шинама, испод бетона полагана је жилава хартија. Спојнице у бетону су образоване пошто је бетон очврснуо, сечење је вршено помоћу машине "АВГ" производње. Заштита бетона вршена је помоћу специјалне масе производње "Sika" Швајцарска. Сви су радови изведени квалитетно и на време.

ОСНОВНЕ ТЕХНИЧКО–ТЕХНОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ РЕКОНСТРУКЦИЈА АЕРОДРОМА У ЈУГОСЛАВИЈИ (Карактеристични примери)

Реконструкција аеродрома "Београд"

Грађењу аеродрома се приступило на основу усвојеног генералног решења аеродрома Београд, које је омогућило етапну изградњу у зависности од развоја саобраћаја. Прва етапа је грађена од 1958–1962. године, када је аеродром и почео са радом. Међутим, нагло повећање ваздушног саобраћаја условило је изградњу нове пристанишне зграде, продужетак ПСС–а и изградњу нове и проширење старих пристанишних платформи, као и реконструкцију постојеће писте.



Слика 3. Извођење цемент бетонског коловоза

Да ли је баш требало радити нову пристанишну зграду а не радити нову паралелну ПСС је било велико питање у моменту одлучивања. Преовладало је тада мишљење да треба изградити зграду, а грађење нове писте одложити за касније. Сада се и практично види да је прво требало градити паралелну ПС стазу па тек онда пристанишну зграду. За овакво решење се залагао и аутор чланка.

Када је инвеститор "Аеродромско предузеће Београд" крајем 1976. године расписао јавну лицитацију само за грађење зграде, продужетак ПСС–а и изградњу нове и проширење постојеће пристанишне платформе, "Планум" је учествовао на лицитацији и посао добио у оштрој домаћој конкуренцији.

Коловозна конструкција на продужетку ПСС–а пројектована је и изведена према следећим техничким решењима: 35 cm, бетон МВ 350 на тампонском слоју дебљине 40 cm, са димензијом плоче 6,0 x 3,75 m. На сваких 108 m предвиђена је и изведена дилатациона спојница на класичан начин. Укупно је изведено 24.561 m^2 површине.

Коловозна конструкција пристанишне платформе је пројектована и изведена како следи: 35 cm бетона МВ 400, 15 cm стабилизације са цементом и 25 cm тампонског слоја. Бетонске плоче су димензије 4,0 x 3,75 m без дилатационих спојница. Укупно је изведено 41.376 m^2 површине.

Као инертни материјал за производњу цемент–бетона коришћен је шљунак "Моравац" подељен на фракције 0/4; 4/8; 8/16 и 16/31. Цемент је коришћен из Беочина и Косјерића.

Мешавина за производњу бетона била је следећег састава:

Цемент "Беочин" ПЦ 152450 у количини 370 kp/m^3 $W = 0,43$, аеранта у количини 0,14% од тежине цемента.

Агрегат: 0/4 = 25%; 4/8 = 20%; 8/16 и 16/31 по 39%.

Справљање бетона вршено је помоћу постројења "Елба" капацитета 35 m^3/h са аутоматским дозирањем и одмеравањем фракција тежинским путем.

Транспорт бетона вршен је кип камионима, а разастирање и уграђивање бетона машинама "АБГ" производње.

У новембру 1980. године извршена је прва интервенција на писти са танким слојем асфалта у циљу побољшавања равности.

Током 1986. године извршено је наношење још једног слоја асфалта са идејом да та пресвлака траје до 1994. године док се не изгради нова писта. Обе реконструкције обавио је "Планум" са "Аутопутем". Године 1996. обављена је и трећа поправка писте наношењем слојева асфалта. Поправку је обавио "Унион Инжењеринг" са "Војводина-путем" из Новог Сада.

Реконструкција аеродрома "Подгорица"

Пре него што изнесемо основне црте реконструкције писте на аеродрому "Титоград" потребно је да кажемо неколико речи о потреби обнове изграђених војних писта као и њихова испитивања носивости пре приступања пројектовања реконструкције.

Због неравности коловозне конструкције на пистама и појаве пукотина у бетону, појавила се потреба за њиховим испитивањем у погледу носивости и равности. Први пионирски полухват на испитивању носивости бетонских писта у Југославији обавио је Војно технички институт на аеродрому "Плесо". Тада је усвојена Енглеска метода, тзв. LCN метода, набављена је опрема и започето плански са испитивањем свих писта у Југославији, како војних тако и цивилних. Писац ових редова заједно са сарадницима из ВТИ-а усвојио је ову методу, а затим је настављено са њеном применом и усавршавањем. До 1988. године, благодарећи истраживањима које је спровео ВТИ, све писте у Југославији имале су тачно одређену квалификацију изражену преко броја LCN. Испитане су писте и рулне стазе на следећим аеродромима: Батајница, Петровац, Бихаћ, Тузла, Мостар, Пула, Подгорица. На бази ових испитивања пројектоване су и реконструисане писте помоћу асфалтних слојева дебљине од 10 cm па до чак 25 cm. Без обзира на тако дебеле слојеве свуда су се, у асфалтној пресвлаци, рефлектовале пукотине из старог бетонског коловоза.

Писта на аеродрому "Подгорица" обновљена је од 10.04.1976. до 10.07.1976. године према следећем решењу:

- 6-9 cm изравнавајућег слоја
- 6 cm биндера
- 4 cm хабајућег слоја
- Укупно: 17-19 cm

Радови на ојачавању извођени су са савременом механоопремом уз коришћење високо квалитетног материјала и уз сталну лабораторијску контролу радова и материјала.

Реконструкција аеродрома "Петровац" – Скопље

Прва реконструкција писте на аеродрому "Петровац" извршена је 1971. године. Пресвлака је такође била од асфалта а наношена у три слоја. Први изравнавајући 3-8 cm, други 6-9 cm а трећи 7 cm. Без обзира на овако велику дебљину асфалтне плоче изнад старог бетонског коловоза, долазило је до рефлектовања пукотина. Због појаве великог броја пукотина морало је да се приступи 1980. године наношењу новог асфалтног слоја. Без обзира што је у извесним стручним круговима владало мишљење да треба да се писта обнови системом "бетона на бе-

тон" преовладала је струја стручњака која је потпуно заборавила на цемент бетон као грађевински материјал за извођење коловозних конструкција, било на аутопутевима или пистама код нас. За разлику од тога у свету, а нарочито у Русији, тј. Сибиру, при обнављању писти готово увек иде изградња новог бетонског коловоза преко старог.

КАРАКТЕРИСТИКЕ ГРАЂЕЊА ОПЕРАТИВНИХ ПОВРШИНА НА АЕРОДРОМИМА У ИНОСТРАНСТВУ

Аеродроми на Блиском Истоку

Извођење радова на аеродрому "Kleiate" у Либану

Изградња војног аеродрома "Kleiate" у Либану је био први посао ГП "Планум"-а у иностранству. Посао је добијен на међународној лиценцијацији, а радови су извођени у 1965. и 1966. години.

За производњу бетона монтирано је постројење, а технолошки поступак производње бетона био је следећи:

Поједине фракције материјала узимане су утоваривачем и убациване у бункер, одакле је материјал тракастим транспортером транспортован у бункере изнад мешалице. Из бункера, пошто је претходно измерен на вагама тачности од 1 kg, материјал иде у сабирни бункер изнад мешалице одакле се пушта у мешалицу. Цемент је од фабрике до градилишта транспортован цистернама и под притиском истовариван у силосе који су постављени непосредно поред саме мешалице. Из силоса је цемент под притиском ишао најпре на вагу за мерење тежине а онда изручиван у буџу мешалице. Вода је одмеравана са тачности до 1 kg. Барапласт (пластификатор) мерен је помоћу мензуре и убациван директно у резервоар за воду одакле је помешан са водом ишао у буџу за мешање.

Разастирање бетона вршено је разастирачем капацитета 40 m³/h, а уграђивање је изведено у једном слоју са два финишера која су ишла непосредно један иза другог. Набијање са два финишера било је неопходно због високе температуре и честих ветрова који су сушили свежи бетон.

Пошто је бетон обрађен, површина је прскана препаратом за заштиту бетона "Compaund Curing". Када је прскање завршено стављени су кровови за заштиту бетона од безавних челичних цеви са покривком од цирадног платна.

Сечење спојница дијамантским дисковима вршено је после 6 h од момента уграђивања.

За све време извођења радова постојала је градилишна лабораторија снабдевена свом опремом и инструментаријумом за претходно и контролно испитивање бетона.

Благодарећи перманентној контроли и постигнутим резултатима од стране инвеститора су извођачу исплаћене премије за постигнути квалитет.

Изградњом овог аеродрома квалитетно и на време, остварени су услови за даљу експанзију грађења аеродрома на Блиском Истоку.

Извођење радова на аеродрому "Ната" у Сирији

"Планум" је овај посао добио на међународној лиценцијацији. Било је потребно извршити реконструкцију постојеће ПС стазе, продужити је и реконструисати стајанке и платформе. Стручна екипа "Планум"-а је обавила овај посао за две године. Коловозна конструкција, изнад старе постојеће флексибилне, састојала се од туцаника (15 cm) и цемент бетонске плоче дебљине 20 cm са мрежом отвора ~ 6 cm. Димензије плоче биле су 7,5 m и 10 m. Ваља истаћи проблем пуцања плоча и то скоро свих на дужини 5,0 m. Значи да оно што није предвидео пројектант, учинили су се спољни утицаји, тј. температура средине – оформиле су се плоче димензије 7,5 x 5,0 m. Било је великих проблема да се те пукотине обраде и залију.

Извођење радова на аеродрому "Mafrak" у Јордану

Оперативне површине на аеродрому "Mafrak" биле су оштећене у јунском рату између Арапа и Израелаца 1967. године. Екипа југословенских инжењера из "Планум"-а на челу са проф. Милошем Лукићем је у августу 1967. године припремила техничку документацију за обнову и реконструкцију свих оперативних површина, доградњу нових разводних стаза са заштитним грађевинама за авионе.

Колико год да је пројекат реконструкције аеродрома завршен за рекордно кратко време толико је и само грађење извршено за непуних једанаест месеци укључујући и припремне радове. Ако се узме обим радова које је требало извести, онда је то био "Планум"-ов рекорд у брзини извођења радова.

Радови су изведени не само брзо већ и високо квалитетно на опште задовољство јорданске армије која је била инвеститор. У овом временском интервалу изграђено је 24 капонира за смештај авиона.

Код свечаног отварања аеродрома учествовао је и краљ Хусеин са комплетном владом и том приликом доделио три висока јорданска одликовања. Директор радова био је писац ових редова који је такође добио високо јорданско одликовање. Уговор је ишао преко "Унион Инжењеринга" Београд. На

слици 2 је приказано свечано отварање аеродрома 14.09.1969. године.

Извођење радова при грађењу ваздухопловне базе у Кувајту

Захваљујући референцама добијеним од војних инвеститора на Блиском истоку, Министар одбране Кувајта који је у два наврата посећивао градилиште "Mafrak", позвао је "Унион Инжењеринг" из Београда да припреми техничку документацију и изведе две савремене ваздухопловне базе у Кувајту. Слободно се може рећи да су све идејне пројекте за прве преговоре са инвеститором урадили стручњаци из ГП "Планум"-а, а касније кад су преговори зашли већ у фазу уговарања посла и нуђења по систему "кључ", за пројектовање свих објеката нискоградње, високоградње и капонира ангажовани су "Аероинжењеринг" и "Центропројект". На челу пројектантске групе био је проф. Милош Лукић. Може се слободно тврдити да са ангажовањем "Аероинжењеринга" на овом послу од стране "Планум"-а, почиње практично и његов нагли успех.

Посао изградње две савремене ваздухопловне базе добијен је непосредном погодбом. Радови су извођени преко пословне заједнице "Унион Инжењеринг" Београд, а непосредни извођачи били су "Планум", "Гранит" и "Рад". На оваквим пословима једино техничко искуство имао је "Планум" и његова је највећа заслуга што су базе изграђене на време, уз постизање високог квалитета радова. Аеродромске базе грађене су од 1974. до 1978. године.

У детаље извођења врло компликованих објеката нећемо улазити, већ ћемо изнети основни закључак да су у то доба биле најсавременије ваздухопловне базе на Блиском Истоку.

Извођење радова при грађењу ваздухопловне базе у Ираку

Током извођења радова на ваздухопловним базама у Кувајту, у Југославији је формирана Савезна дирекција за посебне намене у оквиру ССНО-а која је почела да се бави поред класичне трговине још и извођењу инвестиционих радова за потребе страних Армија. Први људи дирекције који су били задужени за инвестиционе радове, одлазили су у Кувајт са циљем да виде како се то ради, да простудирају проблеме и да прикупе искуство, нарочито у погледу организовања менаџмента.

Почетком 1978. године "СДПР" је почела преговоре са ирачком армијом за грађење три савремене ваздухопловне базе. Будући да је "Планум" имао најбоље референце код ЈНА јер је радио све војне аеродроме у Југославији, то је он прво и позван да заједно са "Енергопројектом" изгради ваздухопловну базу северно од Багдада. Све објекте инфраструктуре оператива "Планум"-а је урадила високо квалитетно и на време, у временском интервалу од 1979. до 1983. године.

Укупно је изведено цемент бетонског коловоза у количини око 650.000 m².

Ширина финишерских трака била је 7.5 m. На сваких 4,125 m предвиђена је трансферзална слепа



Слика 4. Извођење цемент бетонског коловоза

спојница а свака десета је дилатациона, тј. на дужини од 41.25 m.

Бетон је справљен у бетонском постројењу које је такође изабрано врло рационално, са мешалицом високог квалитета и уређајима за потпуно аутоматско снабдевање мешалице материјалима. Цело ово постројење набављено је ново код фирме SGMC из Белгије и за све време рада на њему није било скоро никаквих кварова.

Транспорт бетона од мешалице до финишерских гарнитура вршено је килп камионима са специјално припремљеним сандуцима за брзо кипање бетона.

За уграђивање бетона коришћена је гарнитура машина набављене код фирме ASG – 3. Немачка и то: 2 разастирача P.V. 590, 2 финишера VAS 512 и 1 машина за наношење средства за негу бетона.

Распоред појединих машина при уграђивању бетона био је следећи: први разастирач, затим финишер, наношење мреже преко доњег слоја бетона, други разастирач, други финишер, машина за наношење кјуринга и на крају заштитни кишни кровови.

За заштиту бетона коришћено је хемијско средство "Comiz CM 90 W" у количини од 0.3 lit/m². Сећење спојница у очврслом бетону вршено је са машином "WAK" за "KF 40" и са дијамантским плочама производње "Tyrolit" из Аустрије. Заливање спојница вршено је масом "Kekolux TF – специјал".

Сви радови на аеродрому контролисани су од стране градилишне лабораторије која је била снабдевена са целокупним инструментаријама и високо стручним кадром оспособљеним за ову врсту послова. Сви резултати добијени испитивањима су одговарали захтевима из техничких услова, а самим тим је и квалитет грађења цемент бетонског коловоза био на високом нивоу.

Завршавајући излагање о извођењу радова на оперативним површинама ваздухопловне базе у Ираку где је био ангажован "Планум", потребно је истаћи следеће:

- градилиште у Ираку је за "Планум" било највеће, како по обиму посла тако и по новчаној суми која је добијена за реализацију тог посла,
- извођење цемент–бетонског коловоза на овом објекту је било максимално достигнуће "Планум"–а како у погледу примене савремене механоопреме за производњу и уграђивање цемент бетона, тако и у погледу дневних односно месечних учинака,
- стручњаци "Планум"–а су успели да класичним начином уградње цемент–бетона, применом статичке оплате–шалунг шине, достигну веома високе дневне учинке.

Извођење оперативних површина на аеродромима у Африци

Аеродром у Замбији

Ndola – Радови су обављани на реконструкцији и проширењу постојећег аеродрома у модерно ваздухопловно пристаниште за међународни саобраћај.

Радови су обухватили изградњу писте дужине 2.500 m, ширине 60 m; рулне стазе дужине 1100 m и ширине 22,5 m; дренажног и канализационог систе-

ма; окретнице за авионе на почетку и крају писте и приступног пута до аеродрома.

Коловозна конструкција на писти је од бетона на подлози од мршавог бетона, а на рулној стази од асфалта.

Посао је добијен на међународној лицитацији.

– Luangva – Комплетно нови аеродром са пистом, паралелном рулном стазом са платформама. Коловозна конструкција од асфалт бетона на подлози од стабилизације са цементом.

– Mbala – Изградња потпуно новог војног аеродрома на локацији где је постојала само травната писта. Изграђена је нова писта, паралелна рулна стаза, платформе и стајанке. Коловозна конструкција је од асфалтног застора на подлози од цемента и стабилизованог локалног латерита.

Ваздухопловна база Лумбанго у Анголи

То је велика и савремена Ваздухопловна база са свим објектима инжењеријског обезбеђења, магацинима, касарнама, водоснабдевањем, системима за снабдевање горивом и енергијом.

Коловозна конструкција на оперативним површинама била је флексибилног типа, док је на платформама и стајанкама изграђена конструкција крутог типа.

Аеродроми у Рисији – Сибиру

Са распадом СССР–а и стварањем Удружених Република Русије, Сибир са својим областима као највећа површина у оквиру Русије, изузетно богата рудним богатством, почео је да се отвара према странцима и да ангажује иностране партнере за извођење капиталних инвестиционих објеката.

Наши грађевинари из области високоградње изводили су инвестиционе радове још за време постојања СССР–а. Изводили су хотеле, болнице и индустријска постројења и постигли су завидне резултате. Грађевинари високоградње наставили су са радовима и после распада СССР–а и данас, наравно под променљивим условима, успешно изводе радове у областима Русије па и Сибира.

Наша оперативна нискоградња све до 1990. године није била уопште ангажована на извођењу саобраћајних инфраструктурних објеката.

Крајем 1991. године у организацији фирме из Београда "Унион Инжењеринг ДД" обављено је путовање наших стручњака из ГП "Планум" и "Унион Инжењеринг" са циљем да се обиђе један аеродром у Сибиру, прегледају оперативне површине и да се заједно са руским стручњацима предложи решење за реконструкцију, а затим да се ти радови и изведу.

Писац ових редова био је члан ове техничке групе која је прегледала терен, дискутовала са инвеститором, прегледала постојећу документацију и дала пројектно решење. Обрађена је посебна студија о квалитету асфалтне мешавине, предложена технологија рада, рокови извођења.

Једном речју дати су сви елементи потребни за потписивање уговора. До уговора није дошло између Руског инвеститора и "Унион Инжењеринга" већ је уговор са инвеститором потписао "Аероинжењеринг" из Београда а главни извођач било је

предузеће за путеве из Титовог Ужица. Шта је и како је урађено на реконструкцији писте на аеродрому "Радужни" писту ових редова није познато.

Паралелно са студирањем и пројектовањем решења реконструкције писте на аеродрому Радужни стручњаци из "Унион Инжењеринга" и "Планум" – а обишли су више аеродрома у Сибиру и дошли до следећих закључака:

– Све оперативне површине на постојећим аеродромима рађене су по једном униформном пројекту како у погледу генералног решења тако и у погледу решења коловозне конструкције. У погледу генералног решења сви аеродроми имају писту, паралелну рулну стазу, стајанке, спојнице и изузетно велику пристанишну платформу. Коловозне конструкције су од монтажних армирано бетонских елемената положених на цементну стабилизацију или од монолитног бетона рађеног са доста неравнина и са изузетно лоше изведеним спојницама у бетону. Током одржавања вршен је покушај да се те спојнице санирају, али без посебног успеха.

Због изузетно оштре климе у Сибиру, лошег извођења и донекле и под утицајем саобраћаја дошло је до денивелације површина. Саобраћај је јако угрожен у погледу безбедности и долази до абнормалног трошења гума и стајних трапова. Удобност путника при слетању и узлетању је никаква.

Због тога су се пред инвеститорима – Аеродромским предузећима – појавили следећи проблеми:

– На који начин извршити реконструкцију оперативних површина?

– Које материјале користити и коју технологију рада прихватити?

– Како радове изводити с обзиром на климатске услове?

– Да ли аеродром затворити или не?

"Унион Инжењеринг" из Београда као носилац посла и "Планум" из Земуна су са изузетним успехом обновили 1994. године писту у Чити. Направљено је 2/3 нове писте у Кемерову, а 1995. године је обновљена писта у Братску, па ће о овим пројектима бити речи у даљем излагању.

Пројектовање и грађење аеродрома "Кемерово"

Пројектовање реконструкције обављено је од стране наших стручњака и стручњака из "Сибропројекта" из Краснојарска.

Основни елементи новог генералног решења јесу следећи:

– гради се нова писта дужине 3.500 m, ширине 60 m, за пројектовани авион 747–200 "Boeing"

– гради се нова кишна канализација

– гради се нови ноћни старт

– постављају се нови навигациони уређаји у новим зградама

– ради се постројење за пречишћавање отпадних вода са платформе

– гради се нова пристанишна платформа уз нову зграду за међународни саобраћај

– гради се нова спојница за везу нове писте и нове пристанишне платформе

– обнављају се постојеће спојнице

– обнавља се стара велика пристанишна платформа.

У погледу извођења припремних и главних радова може се рећи следеће:

Припремни радови извођени су у релативно кратком времену и израђени су: управна зграда градилишта, градилишна лабораторија, механичарска радионица, армирачки погон, боксови за депонију материјала за бетон и монтирана је нова бетонска база "Elba" са капацитетом од 100 m³/h са компјутерским дозирањем.

Сви земљани радови извођени су уз примену најсавременије опреме за транспорт и уграђивање. Мршави бетон произведен је у бетонској бази, транспортован камионима и уграђиван финишерима за асфалт, а затим набијен вибрационим ваљцима.

Цемент бетон за бетонску плочу произведен је у бетонири "Elba", уз додатак пластификатора руског порекла. Транспорт је вршен камионима. Разастирање и уграђивање бетона у коловозу вршено је са 2 гарнитуре разастирача и финишера фирме АВС из Немачке. Сечење спојница вршено је машинама произвођача "Wakra" из Немачке, са брусним плочама "Tyrolit" – Аустрија, које су се приликом тестирања на терену показале најекономичније. Неговање бетона вршено је са кјурингом фирме "Sika" из Швајцарске.

Квалитет материјала за тампоне, мршави бетон и бетон као и сам бетон контролисан је од градилишне лабораторије коју је организовао "Планум". С времена на време испитивања су вршена и на Грађевинском факултету у Кемерову.

Радови су у току и њихово напредовање зависи од финансијских средстава инвеститора.

Пројектовање и грађење аеродрома "Чита"

Идејне и главне пројекте реконструкција оперативних површина на аеродрому "Чита" урадили су наши стручњаци заједно са стручњацима из Института "Сибропројекта" из Краснојарског.

Пројектним решењем је извођење подељено у две фазе.

I фаза: проширење рулне стазе без израде нове бетонске плоче, реконструкција писте дужине 2.810 m и ширине 60 m, репарација кишне канализације дуж писте, репарација ноћног старта.

Ова фаза је урађена током 1994. године тако да се сада саобраћај одвија коришћењем нове писте и нове пристанишне зграде коју је такође урадио "Унион Инжењеринг" у 1993. години.

II фаза: због недовољно финансијских средстава, предвиђено је да се заврши у 1995. и 1996. години, мада је оперативна ГП "Планум" – а била способна да целу другу фазу уради у 1995. години.

Током 1994. године урађени су припремни радови, започето са главним радовима који су завршени 1.09.1994. године. Тада је нова писта пуштена у саобраћај, уз присуство гостију из целог Сибира и Русије.

Од припремних радова треба посебно истаћи монтирање бетонске базе "Elba" капацитета од 100 m³/h и силоса за цемент капацитета 6.000 t. Овако велики силос за цемент морао је да буде обезбеђен јер

је фабрика цемента удаљена од градилишта 1200 km и цемент је транспортован специјалним маршрутним возовима вагонима цистернама који су морали да буду врло брзо истоварени у стациониране цистерне.

Стациониране цистерне нађене су на 500 km од градилишта, а њихов транспорт извршен је војним хеликоптером највеће носивости у Русији. Ово је обављено на такав начин да се с правом може казати да је обављено право мајсторско дело, можда јединствено у свету.

Нова бетонска база транспортована је из Франкфурта авионом "Andonovim" до суседног аеродрома удаљеног 400 km од градилишта, а онда камионима до градилишта.

Производња и уграђивање бетона ишла су следећим редом:

- бетон је справљен у аутоматској, потпуно компјутеризованој, бетонској бази марке "Elba", из Немачке, капацитета 100 m³/h

- транспорт бетона вршен је кипер камионима руске производње

- разастирање и уграђивање бетона вршено је са 2 гарнитуре "бетонског воза" марке ABG Немачка

- сечење спојница машинама "Wakra" (Немачка) и са дијамантским тестерама фирме "Tyrolit" (Аустрија)

- неговање бетона кјурингом произвођача "Sika" Швајцарска

- заливање спојница вршено је машином произвођача "Braijning" (Немачка)

- за заливање спојница коришћена је антикерозинска маса, произвођача "Sika" – Швајцарска.

Сви материјали и радови су контролисани од стране градилишне лабораторије и сви резултати су задовољили тражене захтеве из пројекта.

Пројектовање и грађење аеродрома "Братск"

Писта на аеродрому "Братск" обновљена је 1955. године. Њена дужина била је 3.000 m а ширина 45 m.

Технологија израде цемент бетонског коловоза била је већ добро позната "Планум"-овим стручњацима. Ваља напоменути да је овде "Планум" вршио само уграђивање бетона, док је производњу и транспорт обавио руски инвеститор. И овај аеродром је рађен преко "Унион Инжењеринга" из Београда.

Опредељење да се уђе у реконструкцију писта у Сибиру било је велики изазов за стручњаке ГП "Планум" из неколико разлога:

- због тешких климатских услова (грађевинска сезона максимално 4 месеца по нашим мерилима)

- због удаљености градилишта како од европског дела Русије тако и Југославије

- због снабдевања градилишта грађевинским материјалима са велике удаљености.

Без обзира што у овом делу света нисмо имали искуства при грађењу оперативних површина на аеродромима, благодарећи искуству стеченом у осталом делу света, сви проблеми су савладани.

Радам на ова четири аеродрома "Унион Инжењеринг" и "Планум" су стекли поверење код руских инвеститора и располажу са таквим бетонским капацитетима, да, практично, сваке године могу да обнове две писте или да израде једну потпуно нову. У 1996. години обновљене су две писте на аеродрому Магнетогорск и Чељабинск.

ЗАКЉУЧАК

За реализацију сваког грађевинског подухвата па и за извођење оперативних површина на аеродрому потребно је да предузеће има: оспособљене стручне кадрове, адекватну механизацију и савршено планирање свих технолошких процеса са таквим њиховим међусобним везама да се временски зазори сведу на најмању меру.

Предузеће "Планум" које је изводило велики број аеродрома, располаже са напред изнетим ресурсима и у досадашњем раду је имало пуно успеха, не само на техничком већ и на економском плану.

Ретко које предузеће у Југославији па и у свету може да се похвали да је извело овако велики број аеродрома, искључиво са својим стручним кадровима, без икакве техничке помоћи са стране.

У погледу коришћења механизације и њихове набавке може се констатовати да је са узимањем нових послова предузеће набављало нову механизацију и донекле користило постојећу. Тако, на пример, за послове на аеродрому "Београд" и за Ндолу, Кувајт и Ирак, набављена је нова, за оно време, најсавременија механизација, док је за аеродроме Kleiate, Напа и Mafrak коришћена стара ремонтвана механизација, а исто тако, за Дубровник, Ријеку и продужетак ПСС-а на аеродрому Београд као и за комплетно грађење аеродрома "Приштина". За аеродром у Анголи и за аеродроме у Русији набављена је нова механизација.

Техника мрежног планирања од аеродрома "Mafrak" па на даље је увек била примењена при планирању извршења уговорених послова, укључују израду цемент бетонског коловоза, најпре ручном а касније компјутерском обрадом података. Технологија рада је усавршавана и пратила савремена светска достигнућа и на тај начин "Планум" је постао конкурентан на домаћем и светском тржишту. На крају треба истаћи да "Планум" јануара 1998. године слави педесетогодишњицу од оснивања и успешног рада, а "Унион Инжењеринг" је октобра 1997. године прославио 35 година од оснивања и успешног рада.

Терен као средина за грађење објеката

Аутор: Др Петар Митровић

У издању Института за путеве д.д. и Друштва за путеве Србије, изашла је књига под наведеним насловом, аутора Др Петра Митровића.

Сам наслов много говори о интересантном садржају књиге. У нашој иначе оскудној стручној литератури из ове области, овакав наслов ће сигурно заинтересовати широк круг читалаца.

Реч "терен" и његову дефиницију са гледишта инжењерске геологије увео је давне 1958. године проф. Бранко Степановић, професор на Рударско геолошком факултету и она је прихваћена у инжењерској пракси. Та иначе француска реч је употребом у току времена добила различита значења (за геодете једно, за војнике друго, за агрономе треће итд.). Професор Степановић је дефинисао "терен" као, "део литосфере од њене површине до дубине до које допире садејство (интеракција) са вештачким објектима". Та дубина може бити десетину или стотину метара (и више), зависно од врсте вештачких објеката. Највећа је за подземне објекте у рударству. Терен није дакле површина, већ одређен простор – средина (облицима површине терена се бави геодезија (топографија). Синоним речи "терен" је наша реч "тло". Међутим, "тло" је као и "терен" у разним струкама добијала знатно ужа (специфична) значења, што је сигурно доводило до неспоразума. Тако је у механици тла "тло" одређена врста, за разлику од чврсте везаних стена (или само стена) у механици чврстих стена.

Др. П. Митровић је у својој књизи прихватио термин "терен", организирајући се на терене на којима се граде грађевински и други вештачки објекти.

Књига обухвата текст од око 350 страна са око 190 слика и табела. На крају текста дат је списак литературе са 40 наслова.

Читава материја је изнета у 18 поглавља, од којих је најобимније "поглавље 10" које обрађује "отпорност тла и стена", затим "поглавље 13" које обрађује "сеизмичност терена", као и "поглавље 15", са називом "стабилност терена".

Прва четири поглавља аутор је посветио "природним теренима" и утицајима којима су они изложена. При томе је посебну пажњу посветио разматрању "повољности" терена за грађење објекта. Користећи се што стратиграфским

карактеристикама уобичајеним у теологији, навео је главне врсте и њихове карактеристике. Придржавајући се у свету уведене главне поделе, поделио их је на две главне класе: терене изграђене од "невезаних" маса (средина) тј. тла, терене израђене од чврстих стена (односно стена).

Како се на теренима изграђеним од невезаних маса тј. "тлу" више и чешће граде објекти, јер су на њима најчешће: насеља, саобраћајнице, пољопривреда и индустрија, аутор је њима посветио главну пажњу, и у "поглављу 5", издвојио 15 главних врста конструкција терена. Ово је први пут да се у нашој, а и у странијој стручној литератури овом проблему посвећује дужна пажња. Познато је да се у природи јавља готово бесконачан број варијација терена. Полазећи од чињенице да и грађевинских објеката и конструкција може бити много, али су оне током времена грађења и напретком искуства и теорије, сврстане у одређене врсте са познатим карактеристикама, аутор је на сличан начин систематизовао и класирао терен и тако добио 15 главних врста конструкција терена. Назвао их је намерно "конструкцијама"; и тако дошао до две конструкције које интимно сарађују да би се остварила равнотежа (стабилност) и напона и деформација, и да би у једној и у другој конструкцији њихове величине биле у дозвољеним границама за одређени век трајања. Те две конструкције су *терен и објекат*.

Историјски посматрано, дуго времена сматрано је да је грађевински објекат у центру пажње пројектанта и градитеља, а да је терен недеформиран и да до лома може доћи само у грађевинском објекту, јер се он сагледљиво рушио. Заслуга је напретка механике тла и механике стена (данас геотехника), што је ова заблуда напуштена.

Пошто терен израђује "тла" и "стене", односно њихове комбинације, у последње време се рађа нова дисциплина (посебно развијена у Француској) назване "механика терена". Аутор нас на то својом књигом подсећа, и то је један од њених главних квалитета.

У "поглављу 10" аутор знатан простор посвећује отпорности тла и стена. При томе наводи савремене критеријуме лома, нарочито за анизотропна тла.

У "поглављу 11" анализира напоне и деформације у терену, а не "средици".

То је у ствари почетак "механике терена". При томе се служи моделима и методом коначних елемената.

За практичну употребу даје примере прорачуна напона у "тлу" када се оно сматра хомогеним и изотропним, мада у највећем броју случајева оно то није.

У "поглављу 12", аутор даје параметре за тла и чврсте стене, који се користе у геотехничким анализама.

У "поглављу 13" обрађена је сеизмичност терена и дају се параметри сеизмичког дејства и фактори који утичу на јачину земљотреса, као и динамичка анализа објеката под дејством сеизмичких утицаја и југословенски сеизмички прописи.

У поглављима 14, 15 и 16 дају се методе за прорачуне слегања, "тла" под оптерећењем, стабилности косина и носивост "тла".

У посебном прилогу на крају књиге аутор даје веома користан преглед неких основних геотехничких параметара за разне врсте "тла" и стена који ће практично бити прве информације о физичко-механичким својствима, па ће као такав корисно послужити за практичну употребу.

У целини узето књига Др. Петра Митровића је велико освежење наше стручне литературе из области геотехнике.

По нашој оцени највећи значај и корист од ове књиге је што ће натерати пажљивог читаоца да и сам размишља о неким питањима која су у књизи изнешена, поред тога што ће му послужити као практично помагало код решавања бројних геотехничких проблема који се срећу у свакодневној пракси грађевинских инжењера.

Напомена: Различита значења речи "терен" и "тло" и даље остају разлог бројних неспоразума међу различитим наукама и струкама. Зато смо ове две речи посебно обележавали под знацима навода.

По нашој садашњој терминологији у грађевинарству и геотехници и југословенским стандардима из ове области, реч "тло" има карактер дефинисања физичко-механичких карактеристика, док реч "терен" има карактер природне конструкције (грађе), како је то претходно изнето.

Проф. Јован Шутић

Комеморативни скуп посвећен успомени на живот и рад проф. др Здравка Јоксића

Поводом годишњице смрти проф. др Здравка Јоксића, на Грађевинском факултету у Београду је одржан комеморативни скуп. Породицу, колеге и пријатеље, који су се окупили 3. јуна, поздравио је декан Грађевинског факултета проф. др Бранислав Ђорић, а затим је реч препустио представницима установа и организација у којима је професор Јоксић био активан и истакнут члан дуго година.

Први се скупу обратио проф. др Александар Цветановић у име Катедре за грађевинску геотехнику, својој личној своје личне успомене, да би затим прочитао текст припремљен од проф. др Милена Максимовића, шефа Катедре:

Грађевински факултет и Катедра за грађевинску геотехнику је пре годину дана изгубила још једног свог истакнутог припадника, професора Здравка Јоксића.

Своју професионалну каријеру, као млад инжењер започео је 1953. године у предузећу "Партизански пут" где је на почетку радио на грађењу и реконструкцији путева у Србији, да би затим прешао у Институт за испитивање материјала СР Србије у Београду, где се бавио и применом механике тла у грађењу путева. Тако се нашао истовремено у две грађевинске дисциплине; путоградњи и механици тла у геотехници.

Механика тла у путоградњи за ланка можда и није атрактивна област, јер се позитивно геотехничко достигнуће ретко када сасвим јасно види, али је неуспех у путоградњи увек очигледан. Професор Јоксић се током низа година бавио проблематиком геомеханичких подлога за грађење и контролом квалитета грађења на многим путним правцима у Србији и Црној Гори. Веома је значајан допринос проф. Јоксића у увођењу метода испитивања коловозних конструкција у експлоатацији и методама за санацију и побољшање носивости коловозних конструкција са све већим захтевима због увећаних саобраћајних оптерећења. Кроз рад у лабораторији, на терену и за пројектантским столом ангажовао се у пуној мери да савлада дисциплину о којој се у то време у нашој средини релативно мало учило и знало. Темелит и истрајан у таквом раду за кратко време је упознао њене основе и

загледао се у ову струку. У више наврата борао је на неколико специјализација у иностранству, најчешће у Француској, те у Швајцарској и Совјетском Савезу. Освојена знања претаче у праксу, и веома рано их почиње несебично преносити на инжењере и техничаре у струци.

Професор Здравко Јоксић докторирао је 1971. године, од 1977. до 1984. предаје предмете "Путеви" на Грађевинском факултету у Сарајеву, а наставом почиње да се бави још од 1968. године, када почиње да предаје на последипломским студијама на факултетима у Београду, Загребу, Сарајеву, Нишу и Скопљу. У наставничко звање изабран је 1977. године у звање хонорарног ванредног професора на Свеучилишту у Загребу, а 1977. за сталног ванредног професора грађевинског факултета Универзитета у Сарајеву. За професора на Грађевинском факултету у Београду изабран је 1980. године где је до скоро предавао предмет "Основи геотехнике" на Одсеку за путеве и железнице. За овај предмет је написао и уџбеник. Отишао је у заслужену али сасвим формалну пензију с јесени 1993. године.

Професор Јоксић је објавио импресиван број од преко 150 стручних и научних радова из области којима се бавио. Ван факултета професор Јоксић прихватио и један од фундаменталних канона Грађевинске струке; подржавао је рад свих професионалних удружења као што је Друштво за механику тла и фундамирање Србије и Југославије, Друштво за путеве Србије и Југославије. У овим друштвима био је биран и у извршне одборе, а био је и члан низа комисија које су ове организације формирале. Посебно треба истаћи уређивачку активност професора Јоксића; био је главни и одговорни уредник часописа "Пут и саобраћај", члан издавачког савета часописа "Изградња", Одговорни уредник за "Саобраћајнице" у часопису "Документација за грађевинарство и архитектуру", члан издавачког савета, "Грађевинске књиге" и других редакционих колегија из области којом се бавио.

Професор Јоксић је био члан Катедре за Грађевинску геотехнику на нашем факултету од њеног оснивања. Познато је да је он сматрао да би можда требао да учествује и у раду катедре за

путеве. Дозволићу себи слободу да претпоставим, да када би професор Јоксић био члан катедре за путеве, можда би сматрао да треба да учествује у раду катедре за грађевинску геотехнику. С обзиром да двојно припадање катедрама још увек, није регулисано Статутом факултета, ми сматрамо да је наша катедра имала среће да професора Јоксића има у свом саставу и имала је великих тешкоћа да му нађе какву-такву замену након његовог одласка у пензију, ако се замена за искуство у путоградњи и геотехници у једном човеку уопште и може наћи.

Нажалост, професор Јоксић, после пензионисања, није дуго остао међу нама да, ослобођен обавеза и одговорности којима је до сада био оптерећен, и даље учествује у струци којој се посветио и да ужива у резултатима свог рада. Смрћу професора Здравка Јоксића Грађевински факултет и грађевинска струка у целини губе једног од врхунских стручњака из области коловозних конструкција и геотехнике. Међутим, и после његове смрти остају његови радни резултати од којих трајну вредност имају његови радови, посебно његове књиге због којих ће бити помињан као незаобилазна референца у техничкој области којом се тако успешно бавио и тако још јако дуго неће бити заборављен.

Нека му је вечни помен, слава и хвала.

Милан Максимовић
Јуни 1998.

Др Ђорђе Узелац је говорио о раду професора Здравка Јоксића у Институту за испитивање материјала Србије

Проф. др. Здравко Јоксић је своје најкреативније године провео у Институту за испитивање материјала.

Дошао је у Институт 1956. године као млад, перспективан инжењер, са три године искуства стеченог у оперативни Партизанског пута, да би после 24 године из Института изашао као научни саветник и уважени професор, оставивши за собом богато наслеђе својим сарадницима и генерацијама које долазе.

Његов рад у Институту карактеристично изражава оријентација ка истражи-

вањима и развоју у области путева, посебно у механици коловоза и геотехници. Докторат и научноистраживачки пројекти Здравка Јоксића донели су изванредан допринос развоју савременог погледа на механику коловоза код нас, као и увођењу у праксу метода и технологија које су значиле велики корак напред у путарској техници. Безбројни су стручни и научни задаци на којима је професор Јоксић радио, а могло би се рећи да је са посебним жаром приступио проблемима испитивања коловозних конструкција и истраживањима фактора који утичу на њихов век. Његова књига "Носивост флексибилних коловозних конструкција", издата 1973. године и данас је актуелна. Познато је и упорно ангажовање професора Јоксића на испитивању утицаја мраза на коловозне конструкције, из кога су проистекли драгоцени резултати.

Као дугогодишњи руководиоца одељења за путеве, са својим вредним сарадницима поставио је организационе основе и радне критеријуме који су представљали озбиљан кодекс за рад одељења. Може се рећи да тај дух, ред и ентузијазам у области стручног и истраживачког рада и данас живи у одељењу за путеве Института за испитивање материјала Србије.

Као колега, шеф или сарадник, својом позитивном енергијом је око себе стварао креативну атмосферу. Увек спреман да подетакне и помогне, посебно је то чинио када су у питању млађи кадрови. Комуникативност Здравка Јоксића је обезбеђивала блиске контакте и сарадњу са скоро свим институцијама и стручњацима из области путева из Југославије, а такође и са многобројним организацијама и експертима из иностранства.

Његов предан рад на пословима уредника часописа Друштва за путеве "Пут и саобраћај" почео је 1976. и трајао је више од двадесет година, при че-

му је ентузијазам професора Јоксића био један од кључних услова за квалитет, редовност, понекад и за превазилажење egzистенцијалних проблема часописа које је окружење наметало.

Нама, који смо имали част и задовољство да са професором Здравком Јоксићем сарађујемо, он остаје у животној успомени, а младим генерацијама ће његово дело остати као пример и вредно наслеђе за даљи развој путарске технике.

Захвалини смо му на свему што је учинио!

У име Друштва за путеве Србије и Југославије скупу се обратио Момчило Крстајић, дипл. инж. у име одсутног Председника друштва проф. др Петра Митровића:

Поштовани пријатељи!

У овим тужним моментима, када се сећамо нашег драгог друга и пријатеља проф. доктора Здравка Јоксића и када евоирамо успомену и осветљавамо његов лик, неизбежно је ту слику допунити са још једном области у којој се Здравко исказао и којој је посветио велики део свог живота, а то је његов рад у Друштву за путеве Србије и Друштву за путеве Југославије.

Више од 40 година Здравко је активни члан Друштва за путеве Србије и Друштва за путеве Југославије. Стално је био у акцији у смислу подизања квалитета рада друштва. Био је пионир усвајања нових метода и технологија у путарству. Изузетно је радио на едукацији стручних кадрова. Био је активан учесник на доношењу прописа и стандарда за пројектовање, грађење и одржавање путева.

Часопис "Пут и саобраћај" тесно је везан са активношћу Здравка Јоксића. Главни и одговорни уредник тог најстаријег и најквалитетнијег путарског

часописа био је више од 20 година. Својом стручношћу, личном културом и изузетним радом, успео је да овај часопис подигне до нивоа европских часописа. Поред уређивачког рада и сам је у часопису објавио око 80 чланака.

Између осталих активности у Друштву за путеве дао је идеју и активно радио на изради информационог система "Ко је ко у путарству". Исто тако активно је радио на изради терминолошког речника путарства.

Учествовао је на многим стручним манифестацијама које је организовало Друштво за путеве, како у земљи тако и у иностранству, не само као члан већ са стручним радовима. Објавио је 67 радова од којих је 12 приказано на међународним конгресима и симпозијумима.

Дуго година био је покретач превозна стручне документације као и стручних материјала са светских путарских конгреса. На тај начин је допринео да се употпуни наша стручна и научна литература.

Не могу, а да и овом приликом не истакнем Здравкове стручне и људске особености. Као стручњак поседовао је изузетне високе квалитете. Поред тога, у послу је био професионалан, педантан, тачан. Стране су му биле импровизације. Здравко је био пример стручности, упорности, марљивости, моралности, хуманости, поштења. Као човек био је благодан, толерантан, никад повишеног гласа, васпитан у најбољој традицији нашег народа.

У свакодневном понашању красили су га грађевински манири, љубазност, предусетљивост. Био је пример толеранције и разумевања. Изнад свега био је частан и поштен човек.

У име Друштва за путеве Србије и Друштва за путеве Југославије изражавам неизмерну захвалност Здравку Јоксићу на великом делу које је оставио путарству.

Нека му је вечна слава и хвала!

BITUMENSKE EMULZIJE

BITUMENSKE KATJONSKE EMULZIJE

Polustabilna emulzija	KP 40
Polustabilna rezana emulzija	KP 60 K*
Stabilna zimska emulzija	KS 60 RZ

PROIZVODI ZA POVRŠINSKE PRESVLAKE I POBOLJŠANJA

Bitumenske emulzije po austrijskom standardu (ÖNORM B 3501)

COLAS	O 60 K*
COLAS	O 65 K*
COLAS	O 70 K*

Modifikovane emulzije sa polimerima po austrijskom standardu (ÖNORM B 3502)

COLFLEX	O 65 K - PM
COLFLEX	O 70 K - PM

Modifikovane emulzije sa polimerima po austrijskom standardu (ÖNORM 3503)

COLFLEX	HB 40 K - PM
COLFLEX	HB 60 K - PM



Tehnologija emulgiranja bitumena u vodi počela je već u dvadesetim godinama ovog veka.

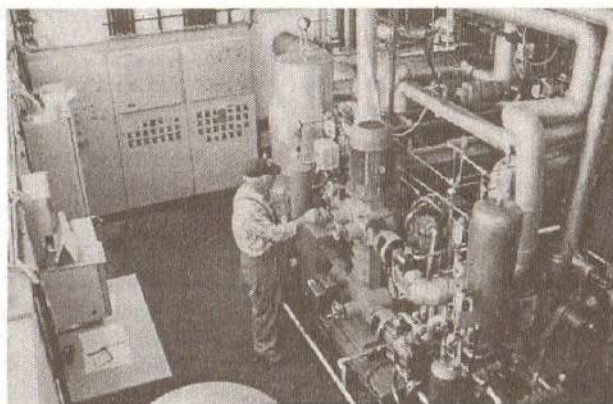
Ta tehnologija omogućava hladnu obradu bitumenskog veziva, koje je inače tekuće samo u toplom stanju.

Na taj način, uz uštedu energije proizvodimo bitumenske emulzije koje bez teškoća skladištimo i transportujemo.

Niske temperature produkta obezbeđuju visoku sigurnost u proizvodnji.

Sa strane COLASA i IZOLIRKE, razvijeni postupci zadovoljavaju i u mnogim osobinama premašuju stroge propise o zaštiti okoline.

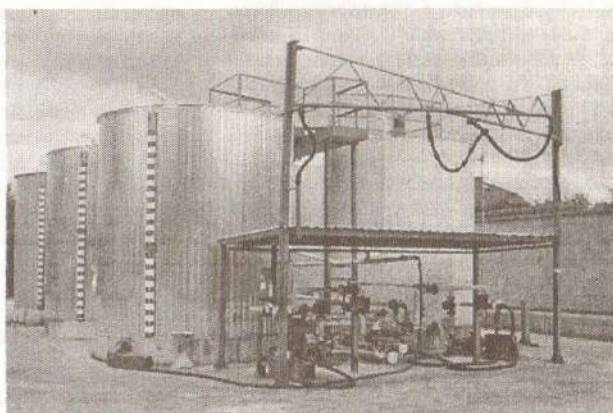
COLAS kao vodeći austrijski proizvođač emulzija je član "GÖBE, Güteschutzansschuß Österreich Bitumenemulsionserzeuger" ustanove austrijskih proi-



zvođača bituminoznih veziva, koja se obavezala da opsežnim sistemom ispitivanja osigura odgovarajući kvalitet.

IZOLIRKA je vodeći slovenački proizvođač bitumenskih proizvoda sa 60-godišnjom tradicijom.

Stalna tekuća ispitivanja i periodične kontrolne provere od strane državno autorizovanih ustanova za proveru kvaliteta, osiguravaju najviši standard kvaliteta naših proizvoda.



POSEBNI PROIZVODI

Bitumenske emulzije za hladne mase

Colas F - 60 K*

Tekući bitumen za hladne mase

PBS - letnji tekući bitumen

PBV - zimski tekući bitumen

Bitumenske emulzije za vezivanje s recikliranjem ili za upotrebu mase sitnog agregata, primenjen takođe za upotrebu sa cementom.

NOVACOL

COLFOR

Bitumenske emulzije za ozelenjavanje

COLAS H S - 60

*Mogućnost dobave anjonskog tipa

MAŠINE ZA POMOĆ PRI IZVOĐENJU RADOVA



MAŠINA ZA BRIZGANJE
za ujednačen nanos emulzije pri izvođenju
površinskih presvlaka



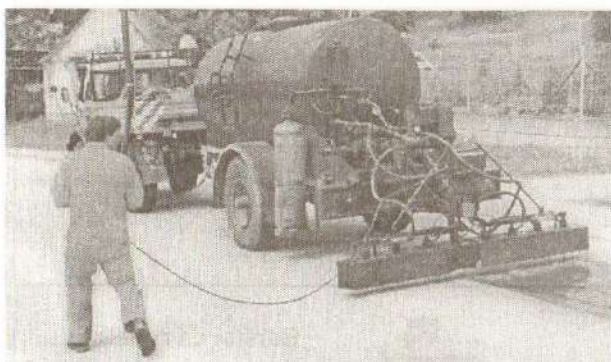
VALJSKASTI POSIPAČ
upotrebljava se za ujednačno posipanje agregata



VOZNA KOMPOZICIJA ZA IZVOĐENJE SANACIJA
na manjim ili većim površinama. Emulzija i agregat
se nanose pomoću jedne mašine.



VALJAK SA PNEUMATSKIM TOČKOVIMA
za utiskivanje agregata u emulziju



SERVISNA CISTERNA
upotrebljava se kod manjih radova održavanja



PRIKOLICA ZA TRANSPORT EMULZIJE
kratkoročna upotreba kao cisterna

izolirka

industrija izolacionog materijala

60 godina kvaliteta

IZOLIRKA Ob železnici 18, 1110 Ljubljana, Slovenija, tel. +386 61 14 03 096, fax: +386 61 445 182

MR – Komerc, g. Mika Pitić, tel/fax: (0)11 84 80 1

ТЕКНОХ D.O.O.

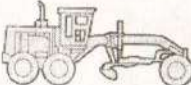
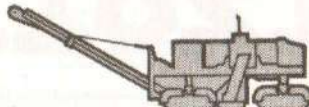
11070 БЕОГРАД • Омладинских бригада 86
Тел. 011/222-58-18 • Факс: 011/222-59-62

Ваш CATERPILLAR дилер

Увек са вама у градњи

- путева
- железница
- аеродрома
- хидроцентрала
- тунела
- високоградња

Са потпуно новим и најширим асортиманом машина
и потпуном подршком **CATERPILLAR** производима.
Обезбеђен сервис и резервни делови.

	Хидраулични багери		Дампери
	Универзалне машине за ископ и утовар		Грејдери
	Утоваривачи точкаши		Вибрациони ваљци
	Утоваривачи гусеничари		Ваљци са гуменим точковима
	Булдожери		Финишери
	Скрејпери		Глодалице за асвалт



СРБИЈАПУТ

СЛОЖЕНО ПРЕДУЗЕЋЕ ЗА ЗАШТИТУ, ОДРЖАВАЊЕ, РЕКОНСТРУКЦИЈУ И ИЗГРАДЊУ ПУТЕВА И ПУТНИХ ОБЈЕКТА, СА НЕОГРАНИЧЕНОМ СОЛИДАРНОМ ОДГОВОРНОШЋУ

11000 БЕОГРАД

Булевар револуције 282

Телефони: централа 011/417-955
директор 411-735
техн. директор 413-694
факс 413-936

Телефакс 12093

Телефакс 011/413-936

Поштански преградак 64



Основна делатност СП "Србијапут", Београд је:

- одржавање, реконструкција, грађење путева и објеката везаних за пут;
- производња грађевинског материјала и опреме пута и путне сигнализације за путеве и објекте на њима;
- комерцијални послови на обезбеђењу репроматеријала за обављање основних делатности предузећа.

СП "Србијапут", Београд располаже савременом механизацијом и опремом за грађење путева и објеката и запошљава велики број стручних радника и инжењерско-техничког кадра.

Са својим стручним, инжењерско-техничким кадром и механизацијом са којом је опремљен, може самостално да изводи радове на грађењу: ауто-путева, магистралних и регионалних путева, свих објеката за потребе пута (мостови, тунели и др.), да изврши опремање путева сигнализацијом и опремом потребном за пут.

УДРУЖЕНА ПРЕДУЗЕЋА ЗА ПУТЕВЕ

Предузеће за путеве "Београд"

11000 Београд, Видска 24

Телефон: централа 011/4440-722
Директор 4442-769
Техн. директор 4447-829
Факс 455-793

ЈКП "Београдпут" Београд

11000 Београд, Доситејева 21

Телефон: централа 011/763-966
Директор 625-361
Комерцијала 752-440
Факс 763-277

Предузеће за путеве "Београд-одржавање"

11050 Мали Мокри Луг,
29. новембра 1

Телефон: централа 011/4440-722
Директор 4441-757
Техн. директор 438-226
Факс 4441-757

Предузеће за путеве "Пожаревац"

12000 Пожаревац,
Трг Ратка Вујовића бр. 1

Телефон: централа 012/222-170
Директор 222-170
Факс 222-257

Предузеће за путеве "Ваљево"

14000 Ваљево, М. Глишића 94

Телефон: централа 014/21-486
Директор 21-485
Факс 22-325

Предузеће за путеве "Крушевац"

37000 Крушевац

Телефон: централа 037/24-999
Директор 24-999
Факс 23-896

Предузеће за путеве "Врање"

18500 Врање,

Боре Станковића 21

Телефон: централа 017/22-567
Директор 23-427
Техн. директор 22-765
Факс 21-752

Предузеће за путеве "Нови Пазар"

36300 Нови Пазар, Шабана Коче 19

Телефон: централа 020/24-911
Директор 25-692
Комерцијала 23-721
Факс 23-794

Предузеће за путеве "Путеви"

Пожага

31210 Пожега

Телефон: централа 031/814-098
Директор 814-098
Факс 814-098

Предузеће за путеве "Путеви" Ужице

31000 Ужице, Хероја Дејовића 38

Телефон: централа 031/23-822
Директор 24-090
Комерцијала 25-971
Факс 48-096

"Магистрала" Приштина

38000 Приштина

Телефон: централа 038/23-437
Директор 23-437
Факс 22-481

Предузеће за путеве "Крагујевац"

34000 Крагујевац, Илићево бб

Телефон: централа 034/69-520
Директор 60-515
Комерцијала 67-283
Факс 69-524

Предузеће за путеве "Ниш"

18000 Ниш, Владимира Назора 13

Телефон: централа 018/46-699
Директор 47-160
Набав служба 46-699
Факс 44-245

Предузеће за путеве "Зајечар"

19000 Зајечар, Бориса Кидрича 68

Телефон: централа 019/22-548
Директор 21-251
Наб. служба 25-264
Факс 21-130

Предузеће за путеве "Путеви" Чачак

32000 Чачак

Телефон: централа 032/24-580
Директор 24-580
Факс 24-582

Предузеће за путеве "Путеви" Ивањица

32250 Ивањица

Телефон: централа 032/831-820
Директор 831-820
Факс 831-820

Предузеће за путеве "Путеви" Ужице РЈ Пријеполје

Телефон: централа 033/22-335
Факс 22-335

"Косметпут" Приштина

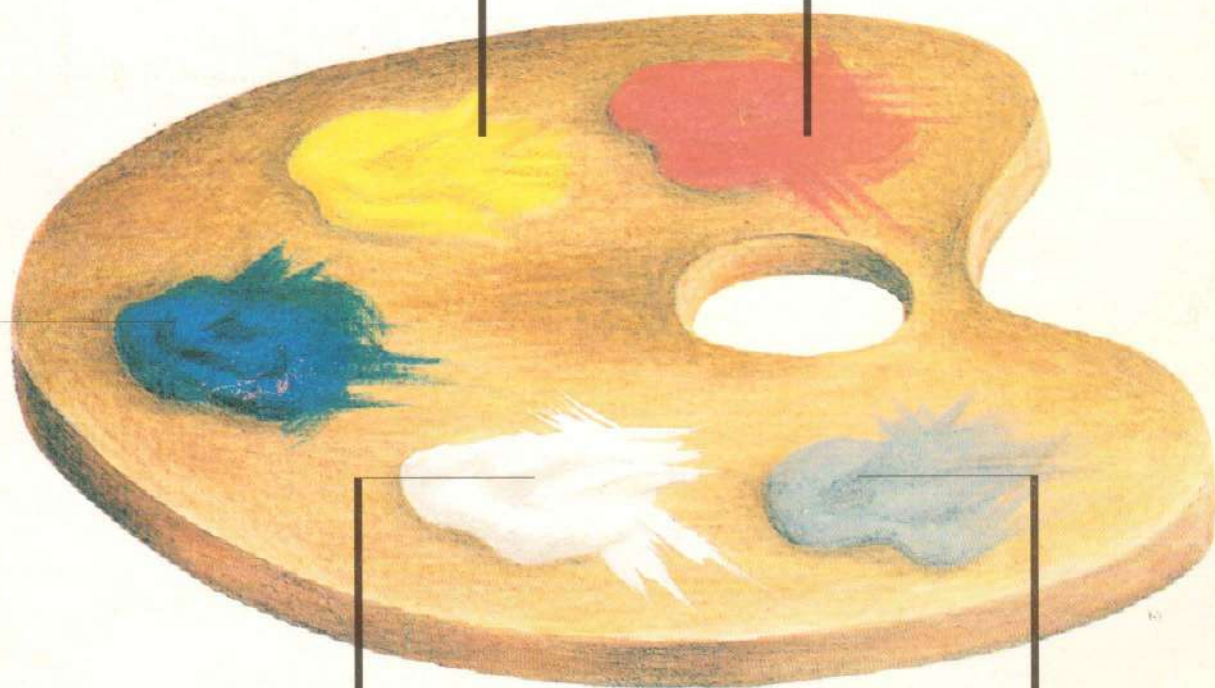
38000 Приштина

Телефон: централа 038/40-018
Директор 40-011
Факс 40-416

Duga

Premazna sredstva
za industriju saobraćajnih
sredstava, mašingradnju
i metaloprerađivačku
delatnost

Sintetski polimeri
za industrijsku preradu



Dekorativna
premazna
sredstva

Premazna sredstva
za proizvodnju finalnih
proizvoda od drveta
i rezanu grada

Premazna sredstva
različitih namena

**MI NE PRODAJEMO PROIZVODE
MI NUDIMO SISTEME ZAŠTITE**



Jugoslavija, 11000 Beograd, Viline vode 6, tel: 381 11-753255. fax: 381 11-766147, 764064, telex: YU 11128